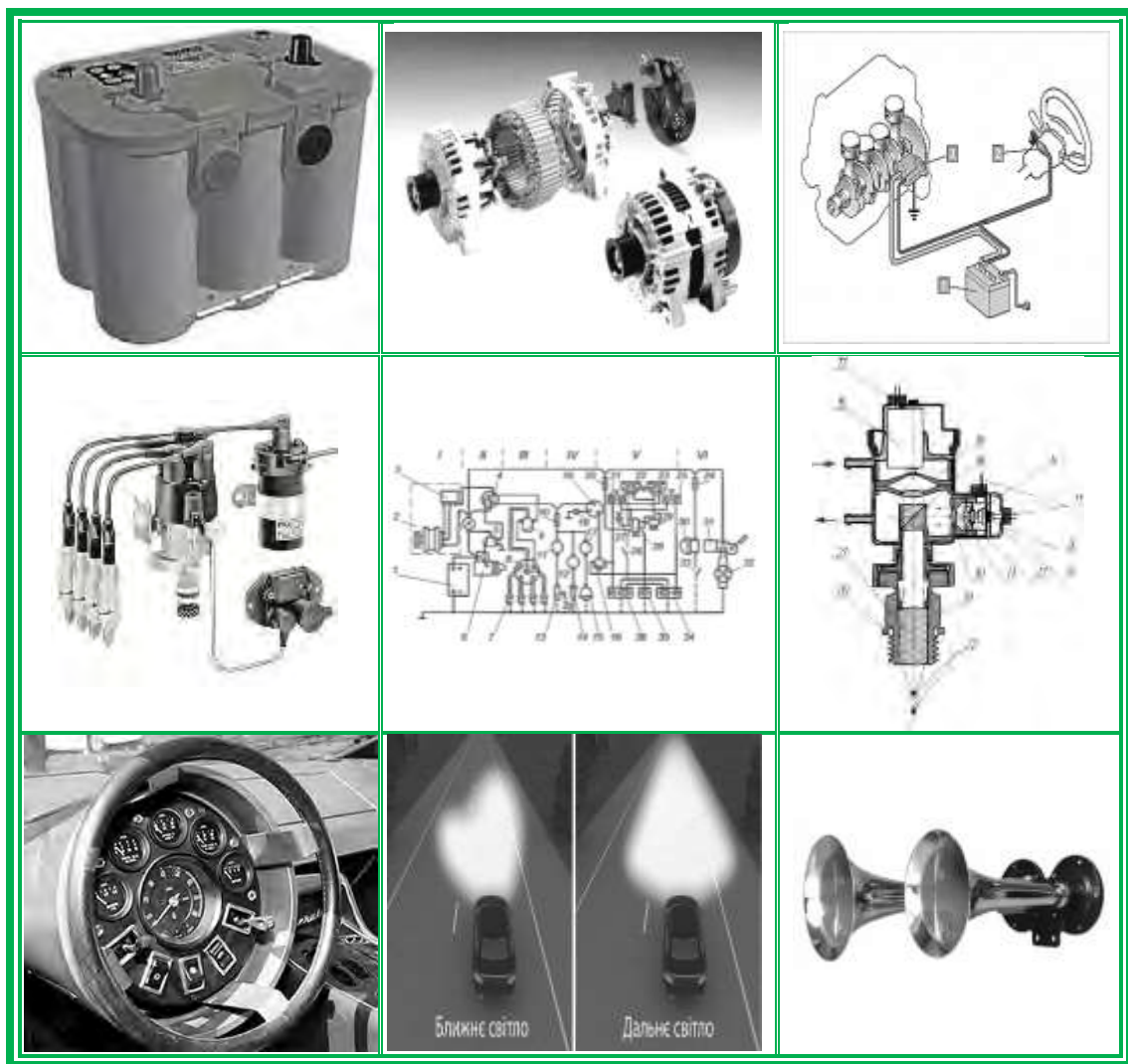


Г.В. ШКАРІВСЬКИЙ

ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ МОБІЛЬНИХ МАШИН



Київ 2020

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Г.В. Шкарівський



ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ МОБІЛЬНИХ МАШИН

*Навчальний посібник для студентів інженерних факультетів
вищих навчальних закладів спеціальності «Агроінженерія»*



Київ 2020

УДК 631.372

ББК 40.74

Ш 66

Рекомендовано до друку Вченою радою Національного
університету біоресурсів і природокористування України - протокол
№ 2 від 23 вересня 2020 р.

Рецензенти:

Головач І.В. - доктор технічних наук, професор (*Національний
університет біоресурсів і природокористування України*)

Барановський В.М. - доктор технічних наук, професор
(*Тернопільський національний технічний університет імені Івана
Пулюя*)

Мироненко В.Г. - доктор технічних наук, професор (*Національний
науковий центр «Інститут механізації та електрифікації
сільського господарства»*)

Ш 66 Шкарівський Г.В.

Електрообладнання мобільних машин: [навчальний посібник] Г.В.
Шкарівський. – К.: ЦП «КОМПРИНТ», 2020. – 857 с.

ISBN

Навчальний посібник присвячений детальному вивченню загальної
конструкції і основ функціонування електрообладнання мобільних машин.
Наведено основні відомості про: загальні схеми електрообладнання
мобільних машин; групи приладів електрообладнання; особливості
конструкції, принцип дії, основні несправності, методи їх усунення, основні
операції технічного обслуговування приладів електрообладнання.
Розроблено і викладено тести для контролю знань студентів, що є
невід'ємною частиною вивчення відповідного розділу дисципліни «Трактори
і автомобілі» яка викладається для студентів інженерних факультетів вищих
навчальних закладів спеціальності 208 – «Агроінженерія», ОС – бакалавр.

Рекомендується вченим, аспірантам, докторантам, студентам та
інженерним працівникам.

УДК 631.372

ББК 40.74

ISBN

© Шкарівський Г.В., 2020

© НУБіП України, 2020

ЗМІСТ

Передмова.....	14
1 Загальні відомості про електричне обладнання мобільних машин.....	18
1.1 Етапи розвитку електрообладнання мобільних машин.....	18
1.2 Призначення електрообладнання мобільних машин.....	21
1.3 Умови експлуатації електрообладнання. Основні технічні вимоги.....	22
1.4 Номінальні параметри приладів електрообладнання мобільних машин.....	28
1.5 Умовні позначення виробів електрообладнання мобільних машин.....	29
1.6 Класифікація систем електрообладнання.....	30
1.7 Схеми електрообладнання тракторів і автомобілів та їх читання.....	36
1.7.1 Типові схеми електрообладнання.....	36
1.7.2 Короткий огляд побудови схем електрообладнання сучасних мобільних машин та їх читання.....	48
1.7.2.1 Стандартні ланцюги живлення.....	48
1.7.2.2 З'єднання в електричних схемах мобільних машин.....	51
1.7.2.3 Запобіжники в електричних схемах мобільних машин.....	55

1.7.2.4	Реле в електричних схемах мобільних машин.....	57
1.7.2.5	Контрольно вимірювальні прилади в електричних схемах мобільних машин....	59
1.7.2.6	Складні елементи в схемах електрообладнання мобільних машин.....	59
1.7.3	Загальні правила підключення споживачів в електричних схемах мобільних машин.....	66
1.8	Основні електричні величини і поняття.....	67
2	Джерела електричного струму.....	71
2.1	Акумуляторна батарея.....	73
2.1.1	Загальні відомості про акумуляторні батареї.....	73
2.1.2	Призначення і класифікація акумуляторних батарей для мобільних машин.....	80
2.1.3	Короткий аналіз різновидів сучасних акумуляторів і акумуляторних батарей на їх базі для мобільної техніки та перспективи їх розвитку.....	83
2.1.3.1	Сурмянисті акумулятори і акумуляторні батареї на їх базі.....	83
2.1.3.2	Малосурмянисті акумулятори і батареї на їх базі	85
2.1.3.3	Кальцієві акумулятори і батареї на їх базі.....	87

2.1.3.4	Гібридні акумулятори і батареї на їх базі.	89
2.1.3.5	AGM і гелеві акумулятори та батареї на їх базі.....	90
2.1.3.6	Лужні акумулятори і батареї на їх базі....	93
2.1.3.7	Літій-іонні акумулятори та батареї на їх базі.....	96
2.1.3.8	Розвиток конструкцій акумуляторів і батарей на їх базі.....	98
2.1.4	Хімічні процеси, які протікають у свинцево-кислотних акумуляторах.....	100
2.1.5	Будова свинцево-кислотного акумулятора.....	104
2.1.6	Будова свинцево-кисlotної акумуляторної батареї.....	113
2.1.7	Позначення на акумуляторних батареях..	120
2.1.7.1	Маркування акумуляторних батарей.....	120
2.1.7.2	Інформація про дату виготовлення акумуляторної батареї.....	136
2.1.8	Основні характеристики свинцево-кислотних акумуляторів і акумуляторних батарей на їх базі.....	141
2.1.9	Саморозряд свинцево-кислотного акумулятора та батареї на його базі.....	153
2.1.10	Технічне обслуговування акумуляторів і батарей на їх базі.....	156
2.1.10.1	Підготовка акумуляторної батареї до експлуатації.....	157

2.1.10.2	Способи заряджання акумуляторних батарей.....	165
2.1.10.3	Автоматичні зарядні пристрої.....	166
2.1.10.4	Зберігання акумуляторних батарей.....	171
2.1.10.5	Технічне обслуговування акумуляторних батарей.....	174
2.1.10.6	Основні правила техніки безпеки при роботі з акумуляторними батареями.....	177
2.1.10.7	Основні несправності акумуляторних батарей і аналіз можливих методів їх попередження та ліквідації.....	179
2.1.10.8	Сучасні прилади для контролю технічного стану акумуляторної батареї...	191
2.2	Генераторна установка.....	194
2.2.1	Загальні відомості про генераторну установку.....	194
2.2.2	Генератори в конструкціях електрообладнання мобільних машин.....	197
2.2.2.1	Генератори постійного струму.....	199
2.2.2.2	Генератори змінного струму.....	209
2.2.2.3	Привід генераторів мобільних машин.....	222
2.2.2.4	Випрямлячі напруги.....	230
2.2.2.5	Регулятори напруги.....	241
2.2.2.6	Найбільш поширені схеми генераторних установок.....	259

2.2.2.7	Найбільш поширені маркування клем на корпусі генератора, або генераторної установки.....	270
2.2.2.8	Технічне обслуговування та основні несправності генераторних установок.....	271
3	Стартер і його обладнання.....	284
3.1	Система пуску двигуна внутрішнього згорання. Загальні відомості.....	285
3.2	Система пуску електричним стартером.....	289
3.3	Електричний стартер.....	290
3.3.1	Електричний двигун стартера.....	292
3.3.2	Тягове реле стартера.....	302
3.3.3	Механізм приводу електричного стартера.....	306
3.4	Реле вмикання стартера.....	314
3.5	Реле блокування стартера.....	319
3.6	Електромеханічні характеристики стартерів.....	323
3.7	Допоміжні електричні пристрої для полегшення пуску двигунів внутрішнього згорання мобільних машин.....	326
3.7.1	Короткі відомості про допоміжні пристрої і заходи для полегшення пуску..	326
3.7.2	Засоби полегшення пуску двигунів.....	327
3.7.3	Допоміжні джерела живлення стартера...	329
3.7.4	Свічки розжарювання.....	330
3.8	Основні несправності та технічне обслуговування стартера і його обладнання.....	337

3.8.1	Основні несправності стартера і його обладнання.....	337
3.8.2	Основні правила технічного обслуговування стартера і його обладнання.....	338
4	Прилади системи запалювання.....	340
4.1	Загальні відомості про систему запалювання.....	340
4.2	Призначення, основні вимоги, класифікація та принципові схеми систем запалювання.....	340
4.3	Сутність процесу запалювання робочої суміші електричним розрядом.....	346
4.4	Теоретичні аспекти іскроутворення в циліндрах двигуна.....	353
4.5	Будова та принцип дії агрегатів і пристроїв системи запалювання.....	362
4.5.1	Переривник-розподільник.....	362
4.5.2	Котушка запалювання.....	373
4.5.3	Іскрові свічки запалювання.....	379
4.5.4	Провідники високої напруги.....	389
4.5.5	Пристрої для зниження радіоперешкод...	391
4.6	Особливості конструкцій систем запалювання різних типів.....	393
4.6.1	Контактна (класична) система запалювання.....	394
4.6.2	Контактно-транзисторна система запалювання.....	399
4.6.3	Безконтактно-транзисторна система запалювання.....	407

4.6.4	Цифрові та мікропроцесорні системи запалювання.....	420
4.6.5	Форкамерно-факельне запалювання.....	466
4.6.6	Система запалювання від магнето.....	469
4.7	Використання агрегатів і пристроїв систем запалювання на автомобілях.....	482
4.8	Методика встановлювання запалювання на двигуні..	482
4.8.1	Процес встановлювання запалювання на бензиновому карбюраторному двигуні....	487
4.8.2	Окремі особливості встановлювання запалювання на сучасних двигунах.....	493
4.9	Установка магнето на пусковий двигун.....	503
4.10	Рядова експлуатація системи запалювання та її основні несправності.....	505
4.11	Технічне обслуговування систем запалювання.....	522
4.11.1	Загальні ідомості.....	522
4.11.2	Діагностування системи запалювання на автомобілі.....	524
4.12	Основні напрями вдосконалення систем запалювання.....	526
4.12.1	Системи лазерного запалювання.....	526
4.12.2	Радіочастотне електростатичне запалювання.....	538
4.12.3	Запалювання за допомогою коронного розряду.....	541
5	Контрольно-вимірювальні прилади.....	543
5.1	Загальні відомості.....	543

5.2	Загальна будова та принцип дії основних контрольно-вимірювальних приладів.....	547
5.2.1	Вимірювання тиску оливи.....	548
5.2.1.1	Напівпровідниковий датчик тиску оливи.	550
5.2.1.2	Вимірювання тиску оливи електронними засобами.....	552
5.2.1.3	Сигналізатори аварійного тиску оливи...	553
5.2.2	Вимірювання температури.....	554
5.2.2.1	Термобіметалевий імпульсний вимірювач температури.....	557
5.2.2.2	Логометричний вимірювач температури..	558
5.2.2.3	Сигналізатори аварійної температури.....	559
5.2.3	Вимірювання рівня палива.....	561
5.2.4	Вимірювання сили струму і напруги.....	564
5.2.4.1	Амперметри.....	565
5.2.4.2	Вольтметри.....	568
5.2.5	Вимірювання швидкості руху і пройденого шляху.....	570
5.2.5.1	Спідометри з механічним приводом.....	572
5.2.5.2	Спідометри з електричним приводом.....	577
5.2.6	Вимірювання частоти обертання (тахометри).....	578
5.2.7	Вимірювання виконаної роботи (тахографи).....	581
5.3	Панелі приладів.....	585
6	Прилади освітлення і світлової сигналізації	605
6.1	Загальні відомості.....	605

6.2	Світлові прилади.....	608
6.3	Світлотехнічні параметри світлових приладів.....	610
6.4	Головне освітлення мобільних машин.....	611
6.4.1	Фари головного освітлення.....	611
6.4.2	Галогенні фари.....	619
6.4.3	Ксенонові фари.....	619
6.4.4	Коректори фар головного освітлення.....	621
6.5	Головне освітлення сучасних мобільних машин.....	624
6.5.1	Фара з дворежимним гомофокальним відбивачем.....	625
6.5.2	Еліпсоїдна фара.....	626
6.5.3	Матрична фара.....	628
6.5.3.1	Загальні відомості.....	628
6.5.3.2	Загальна будова.....	634
6.5.3.3	Логіка і принцип дії системи адаптивного освітлення.....	636
6.5.3.4	Переваги і недоліки адаптивного освітлення на базі матричних фар.....	637
6.5.4	Лазерна фара.....	637
6.6	Прилади світлової сигналізації.....	642
6.7	Блок-фара.....	646
6.8	Прилади внутрішнього освітлення.....	648
6.9	Джерела світла.....	649
6.10	Світлоповертачі.....	652
6.11	Місця розташування приладів освітлення і світлової сигналізації на мобільній машині.....	653

6.12	Маркування приладів освітлення і світлової сигналізації.....	655
6.13	Основні несправності та технічне обслуговування приладів освітлення та світлової сигналізації.....	660
6.13.1	Основні несправності приладів освітлення та світлової сигналізації.....	660
6.13.2	Технічне обслуговування приладів освітлення та світлової сигналізації.....	664
7	Інші споживачі електричної енергії.....	670
7.1	Звуковий сигнал.....	671
7.2	Електродвигун.....	678
8	Контрольні запитання.....	685
8.1	Контрольні запитання для швидкого опитування.....	685
8.1.1	Загальні відомості про електричне обладнання мобільних машин.....	686
8.1.2	Джерела електричного струму. Акумуляторні батареї.....	698
8.1.3	Джерела електричного струму. Генераторні установки.....	723
8.1.4	Стартер і його обладнання.....	737
8.1.5	Прилади системи запалювання.....	747
8.1.6	Прилади освітлення і світлової сигналізації.....	779
8.1.7	Контрольно-вимірювальні прилади. Допоміжне обладнання. Електронні системи автоматичного керування двигуном та трансмісією.....	794

8.2	Запитання для підсумкового контролю знань.....	803
8.3	Варіанти оформлення результатів опрацювання тестів.....	836
8.3.1	Приклади побудови структури правильних відповідей на підсумкові запитання.....	836
8.3.2	Приклад заповнення карточки з відповідями на білет.....	839
	Список використаних джерел.....	840

ПЕРЕДМОВА

В сучасному сільськогосподарському виробництві, як і в інших галузях економіки широкого використання набули мобільні машини, зокрема мобільні енергетичні засоби (МЕЗ) та автомобілі, які забезпечують переміщення та привід робочих органів машин і знарядь, переміщення вантажів, пасажирів тощо. Останнє дозволяє створювати на базі таких МЕЗ машинно-тракторні агрегати які, в свою чергу, забезпечують виконання тієї чи іншої технологічної операції.

В загальному випадку як мобільний енергетичний засіб, так і автомобіль включає наступні складальні одиниці: двигун; трансмісія; ходова частина; системи керування; робоче, допоміжне і додаткове обладнання. Ефективна взаємодія названих складальних одиниць в одній машині базується на їх глибокій теоретичній та конструкторській проробці і, в кінцевому випадку, визначає показники ефективності застосування цієї машини. І, якраз, показники ефективності застосування стимулюють більш детальне вивчення окремих елементів конструкції машини, які є найбільш впливовими при аналізі її ефективності. Зокрема, згідно аналізу статистичних даних поломок мобільних машин, близько 30 % несправностей припадає на електричне і електронне обладнання.

Викладене дало поштовх до написання навчального посібника «Електрообладнання мобільних машин» для студентів вищих навчальних закладів, які отримують освіту за спеціальністю 208 «Агроінженерія».

Сьогодення розвитку мобільних машин пов'язане з широким застосуванням їх в складі машинно-тракторних агрегатів різного призначення і конструкції, автопоїздів тощо. Основними

визначальними аспектами в оцінюванні здатності забезпечення мобільними машинами вимог, які висуваються до них сучасними технологіями є динамічні та економічні характеристики енергетичної установки, якою обладнано мобільний енергетичний засіб, динамічні та тягові показники мобільних енергетичних засобів як мобільних машин, показники безпеки праці при виконанні технологічних операцій та характеристики використання потенційних можливостей мобільних енергетичних засобів в процесі виконання діючих та новітніх технологій агрегатами на їх базі. Сучасні мобільні машини виконані так, що можуть забезпечувати названі вимоги шляхом використання контролюючих і коригуючих пристроїв різної складності, основа роботи яких базується на використанні параметрів, які, здебільшого, представляються електричними величинами, що і визначає важливість електрообладнання в загальній конструкції машини та необхідність забезпечення високого рівня технічного обслуговування електрообладнання, що неможливо забезпечити без належного рівня знань.

Від вибору типу і конструкції як системи електричного обладнання загалом, так і системи запалювання, пуску, освітлення та їх характеристик зокрема, залежать основні експлуатаційні та економічні показники роботи як двигуна, так і машини створеної з його використанням. Важливим чинником отримання найкращих експлуатаційних та економічних показників роботи двигуна внутрішнього згоряння є також стабільність оптимальних характеристик приладів, обладнання і систем та наявність і доступність методик і обладнання для їх налаштування.

В посібнику на доступному для сприйняття рівні різними категоріями споживачів викладено основи конструкції

електрообладнання мобільних машин, які сьогодні експлуатуються в підприємствах різних спрямувань та форм власності, включаючи і сільськогосподарські.

Зокрема, посібник включає: трактовку основних понять, які пояснюють дію агрегатів, приладів і підсистем електрообладнання; класифікацію, загальну будову і принцип дії приладів і систем, які забезпечують появу електричного струму на борту мобільної машини; теоретичні аспекти запалювання робочої суміші в циліндрах двигуна та технічні рішення для їх реалізації; основні принципи функціонування інших споживачів різного призначення, включаючи прилади освітлення і світлової сигналізації, контрольно-вимірювальні і керуючі прилади, прилади забезпечення мікроклімату на робочому місці оператора та технічні рішення для їх реалізації; особливості експлуатації приладів електрообладнання, основні несправності, їх ознаки, причини та методику діагностування; основні етапи технічного обслуговування.

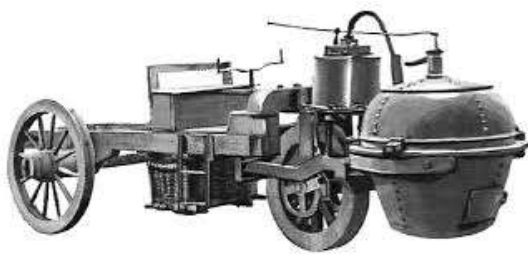
Особливістю даного посібника є наявність запитань для здійснення контролю засвоєння знань з розглянутого матеріалу. В посібнику наведено запитання двох видів, а саме:

- для проведення швидкого контролю знань – запропоновані одновибіркові тестові запитання, відповідь на які вимагає від студента прийняття рішення на зразок «так», або «ні». Такі запитання корисні для перевірки готовності студента до лабораторної роботи, поточного опитування в процесі її виконання та, в окремих випадках, для захисту роботи;
- для підсумкового контролю знань – запропоновані запитання змішаного типу, які дозволяють перевірити засвоєння

вивченого матеріалу опираючись як на пам'ять, так і на логіку мислення студента, розуміння ним концептуальних схем, залежностей тощо.

Матеріал викладений в посібнику сформований з використанням загальновідомих літературних джерел, перелік яких наведено в кінці посібника та апробованих, в достатній мірі, особистих напрацювань автора.

Видання є посібником з дисципліни «Трактори і автомобілі», де передбачено вивчення розділів «Конструкція тракторів і автомобілів», та «Електрообладнання тракторів і автомобілів».



РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЕЛЕКТРИЧНЕ ОБЛАДНАННЯ МОБІЛЬНИХ МАШИН

1.1. Етапи розвитку електрообладнання мобільних машин

Електрообладнання на мобільних машинах, порівняно масово, започатковане ще на межі 19-го та 20-го століть і розвивалося та розвивається і в наш час значними темпами. На основі аналізу появи тих, або інших технічних рішень в конструкціях мобільних машин (табл 1.1) можна виділити такі основні етапи розвитку електрообладнання:

- запалювання робочої суміші в циліндрах двигуна;
- забезпечення освітлення з використанням генераторів змінного струму);
- електростартерний запуск двигуна з переходом на постійний струм для підзарядки акумуляторної батареї;
- поява напівпровідникових приладів, що привело до повернення використання на борту машини змінного струму;
- просування на ринку мобільних енергетичних засобів машин з тяговими електроприводами.

Поява напівпровідникових приладів і стрімкий розвиток електроніки та мікропроцесорної техніки започаткували нові віхи в розвитку електричного обладнання мобільних машин – табл. 1.2.

Тут варто виділити наступні основні етапи розвитку:

Таблиця 1.1 – Етапи розвитку електрообладнання

Етапи розвитку електрообладнання	Часові рамки етапів розвитку електрообладнання	Особливості етапів розвитку електрообладнання
I	часові рамки відповідають появі перших двигунів з іскровим запалюванням і мобільних машин, обладнаних ними (друга половина 19-го століття)	Запалювання робочої суміші в циліндрах двигуна
II	часові рамки відповідають подальшому розвитку загальної конструкції мобільних машин	Забезпечення освітлення (змінний струм)
III	часові рамки відповідають подальшому розвитку загальної конструкції мобільних машин	Електростартерний запуск двигуна, перехід на постійний струм для підзарядки АКБ
IV	друга половина 20-го століття	Поява напівпровідникових приладів, перехід на змінний струм
V	наш час	Просування на ринку мобільних енергетичних засобів машин з тяговими електроприводами

- поява лампових автомобільних радіоприймачів;
- впровадження інтегральних схем для забезпечення

Таблиця 1.2 – Етапи розвитку електронних систем не борту мобільних машин

Етапи розвитку електрообладнання	Часові рамки етапів розвитку електрообладнання	Особливості етапів розвитку електрообладнання
I	30-і роки 20-го століття	Лампові автомобільні радіоприймачі
II	60-і роки 20-го століття	Застосування інтегральних схем
III	1973 р	Законодавчі акти в США стосовно підвищення безпеки автомобілів. Впровадження системи запобігання запуску двигуна при не використанні ременів безпеки
IV	1976 р	Застосування мікро ЕОМ для керування кутом випередження запалювання
V	наш час	Широке впровадження електроніки та мікропроцесорної техніки

функціонування приладів електрообладнання та керування роботою агрегатів і систем машини;

➤ прийняття законодавчих актів в США стосовно підвищення безпеки автомобілів. Впровадження системи запобігання запуску двигуна при не використанні ременів безпеки;

➤ застосування мікро ЕОМ для керування кутом випередження запалювання;

➤ широке впровадження електроніки та мікропроцесорної техніки для забезпечення ефективного функціонування як приладів електрообладнання, так і інших вузлів і агрегатів мобільної машини в цілому.

1.2. Призначення електрообладнання мобільних машин

Автотракторне електрообладнання призначене для отримання і використання електричної енергії на борту машини з метою забезпечення робочого процесу двигуна, підвищення безпеки і надійності тракторів і автомобілів, автоматизації робочих процесів і покращення умов праці оператора.

Електрообладнання тракторів і автомобілів включає такі системи і прилади:

- джерела електричної енергії;
- електричний стартер та його обладнання;
- прилади запалювання;
- прилади електричного освітлення та світлової сигналізації;
- контрольно-вимірювальні прилади;
- звуковий сигнал;
- електроприводи;
- запобіжники;
- розподільна апаратура.

Кількість і потужність споживачів електроенергії на тракторах і автомобілях постійно збільшуються. Відповідно, зростає потужність джерел електричної енергії. На зміну колишньому електрообладнанню приходять нові, складніші за конструкцією і схемними рішеннями

електричні та електронні вироби і системи. Від технічного стану електрообладнання багато в чому залежить експлуатаційна надійність і продуктивність машин.

1.3. Умови експлуатації електрообладнання. Основні технічні вимоги

Умови роботи електрообладнання залежать від кліматичної зони експлуатації і місця установки на автомобілі. Вироби електрообладнання випускаються в кліматичних виконаннях У (для помірного клімату), ХЛ (для холодного клімату), О (загальнокліматичне виконання), Т (тропічне виконання). Вироби виконання типу У-ХЛ, У-Т тощо допускають можливість експлуатації електрообладнання в різних кліматичних зонах. Вироби електрообладнання та автотракторної електроніки повинні бути працездатними при експлуатації в умовах, які характеризуються параметрами, наведеними в табл. 1.3 [19, 59].

Крім того, електрообладнання автомобіля повинне зберігати роботоздатність після впливу температури $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ для виконання ХЛ і $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ для виконання У і Т при транспортуванні і під час неробочих періодів автомобіля.

Також електрообладнання мобільних машин повинне витримувати вібраційні й ударні навантаження, розмір яких наведений в табл. 1.4. Допустимі значення перевищення температури електричних машин і апаратів тривалого режиму роботи при температурі навколишнього середовища $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ наведені в табл. 1.5 [19, 59].

Електричні машини повинні витримувати випробування на

Таблиця 1.3 - Умови експлуатації виробів електрообладнання
[19, 59]

Температурні і атмосферні умови	Кліматичне виконання		
	У	ХЛ	Т
Максимальна температура навколишнього середовища, ° С: - для виробів, що встановлюються на двигуні і в моторному відсіку - для виробів, що встановлюються в кабіні або зовні: - робочі - граничні	70 55 65	80, 90 55 65	* 55 65
Мінімальна температура навколишнього середовища, ° С: - для виробів, що встановлюються зовні або в кабіні, а також для виробів, які мають працювати до передпускового підігріву: - робочі - граничні - для виробів, що встановлюються на двигуні і в моторному відсіку і включаються тільки після передпускового підігріву	 -45 (-40)** -50 (-45)** -40	 -60 (-55)** -60 -40	 -20 -45 -20
Відносна вологість повітря для всіх виробів при температурі $(40 \pm 2)^\circ \text{C}$, %	95 ± 3	95 ± 3	95 ± 3
Мінімальний атмосферний тиск для виробів, кПа (на висоті 4000 м над рівнем моря)	61	61	61

* - температура для виробів вибирається з наведеного ряду і встановлюється в стандартах або технічних умовах на вироби.

** - в дужках вказані температури для виробів, розроблених до 09.01.88 р.

підвищену частоту обертання в режимі холостого ходу:

- протягом 20 с - електростартерів та інші електричні машини з тривалістю роботи менше 1 хв.;
- протягом 2 хв. (120 с) - інші електричні машини.

Таблиця 1.4 - Допустимі вібраційні та ударні навантаження для виробів автомобільного електрообладнання [59]

Найменування виробів	Вид навантаження	Частота вібрації, Гц		Максимальне прискорення (або уповільнення), м/с ²	Тривалість випробувань
		при періодичних випробуваннях	при типових випробуваннях		
Вироби, що встановлюється на двигуні	Вібраційне	50	50 - 250	100	8 год.
	Ударне	-	150	150	100 ударів
Інші вироби	Вібраційне	50	50	50	8 год.
	Ударне	-	100	100	1000 ударів

Таблиця 1.5 - Допустимі теплові навантаження електричних машин і апаратів тривалого режиму роботи [59]

Назви частин електричних машин і апаратів	Допустимі перевищення температури для різних класів ізоляційних матеріалів, °С				
	класи				
	<i>A</i>	<i>E</i>	<i>B</i>	<i>Г</i>	<i>H</i>
Обмотки генераторів і електродвигунів	-	-	125	140	-
Колектори й контактні кільця	100	115	145	155	160
Обмотки реле різного призначення	-	-	130	145	-

Випробувальна частота обертання повинна бути на 20% вище максимальної частоти обертання, можливої в експлуатації, і частоти обертання в режимі холостого ходу для стартерів.

Вироби електрообладнання мобільних машин можуть бути розраховані на тривалий номінальний режим роботи S1, короткочасний номінальний режим роботи S2 з тривалістю періоду незмінного номінального навантаження 5, 10 і 30 хв. і повторно-короткочасний номінальний режим тривалістю включення 15, 25, 40 і 60 %.

Вироби електрообладнання повинні бути сумісні між собою і зовнішнім середовищем та зберігати працездатність в умовах електромагнітного впливу відповідно до даних табл. 1.6 і 1.7.

Таблиця 1.6 – Параметри імпульсних напруг в аномальних режимах (спрацювання запобіжників, пуск двигуна від сторонніх джерел, при відключенні акумуляторної батареї тощо) [59]

Номінальна напруга, В	Рівень напруги (миттєві значення), В, не більше, при різній тривалості				
	0,3 мкс	10 мкс	0,3 мс	10 мс	300 мс
14 (12)	150*/-20	112/-28	62/0	42/3	21/6
28 (24)	150/-56	112/-56	84/0	58/7	42/14

**) - в чисельнику максимальні, а в знаменнику мінімальні значення.*

Таблиця 1.7 – Параметри імпульсних напруг бортової мережі в нормальних режимах експлуатації [59]

Номінальна напруга, В	Рівень напруги (миттєві значення), В, не більше, при різній тривалості				
	0,3 мкс	10 мкс	0,3 мс	10 мс	300 мс
14 (12)	42*/6	42 / 6	28 / 6	23 / 8	17,5/10,3
28 (24)	56/14	56/14	56/14	45/15, 5	35/21

**) - в чисельнику максимальні, а в знаменнику мінімальні значення.*

Ізоляція обмоток та струмопровідних деталей виробів електрообладнання мобільних машин відносно корпусу повинна витримувати без пошкоджень протягом 1 хв. вплив синусоїдальної змінної напруги частотою 50 Гц, діючі значення якої вказані в табл. 1.8.

Таблиця 1.8 – Електрична стійкість ізоляції [19, 59]

Найменування деталей виробів	Напруга (діюче значення), В
1. Обмотки електричних машин і апаратів, струмопровідні деталі цих виробів, обмотки контрольно-вимірювальних приладів та їх датчиків, струмопровідні деталі комутаційної апаратури, що працюють в головних колах або в ланцюгах, що містять індуктивність, елементи ланцюгів низької напруги апаратів запалювання, звукових сигналів	550
2. Обмотки та струмопровідні деталі електродвигунів з електромагнітним збудженням	250
3. Струмопровідні деталі комутаційної апаратури (за винятком зазначених у п. 1), настановних виробів, освітлювальних і світлосигнальних приладів	220
4. Струмопровідні деталі й елементи ланцюгів високої напруги апаратів запалювання	22000

Ступінь іскріння (клас комутації) за шкалою нормативного документу (використано ГОСТ 183-74) повинна бути не більше 1,5 для електричних машин тривалого режиму роботи, не більше 2 для електричних машин повторно-короткочасного перемежованого і короткочасного режиму роботи (тривалістю 5 хв. і вище) і не більше 3 для електричних машин короткочасного режиму роботи тривалістю 3 хв. і менше.

Вироби автотракторного електрообладнання повинні працювати в однопроводній схемі, в якій з корпусом машини («масою») з'єднаний негативний полюс системи. Допускається застосування виробів, у яких від корпусу ізолювані обидва полюси.

Електрообладнання мобільних машин повинно бути захищене від проникнення сторонніх тіл, пилу, бруду, крапель води і при цьому надійно та безвідмовно працювати в продовж необхідного терміну служби. Захист від корозії повинен здійснюватися лакофарбовими, гальванічними, хімічними покриттями або їх поєднаннями.

Надійність виробів електрообладнання характеризується:

- для ремонтпридатних або не ремонтпридатних виробів - гамма-відсотковою безвідмовністю і середнім напрацюванням (в кілометрах пробігу автомобіля, годинах роботи двигуна, кількості включень) або інтенсивністю відмов;
- тільки для ремонтпридатних виробів додатковим показником довговічності – гамма-відсотковим ресурсом.

Напрямки обертання валів виробів електрообладнання визначаються таким чином:

- для електричних машин з одним вихідним кінцем валу (стартер, електродвигун, генератор, датчик спідометра) - з боку приводного кінця вала;
- для розподільників запалювання - з боку кулачка переривника;
- для електричних машин з двома вихідними кінцями валу - спеціально називається в технічній документації на вироби.

Для електричних машин і апаратів запалювання переважно застосування обертання за годинниковою стрілкою.

Для зниження рівня радіоперешкод застосовуються такі пристрої:

- неекрановані або екрановані наконечники іскрових свічок запалювання;
- високовольтні провідники з розподіленим опором;
- фільтри придушення радіоперешкод;
- перешкодопридушувальні резистори в роторах розподільників або в іскрових свічках запалювання.

1.4. Номінальні параметри приладів електрообладнання мобільних машин

Номінальні параметри виробів електрообладнання мобільних машин (потужність, сила струму, напруга тощо) встановлюються при нормальних значеннях кліматичних факторів зовнішнього середовища:

- температура навколишнього повітря (25 ± 10) °C;
- атмосферний тиск 630-800 мм рт. ст.

Значення номінальної напруги споживачів електроенергії приймається з ряду 6; 12; 24 В (визначається номінальною напругою акумуляторної батареї), а генераторів - 7, 14, 28 В.

Номінальні значення параметрів для джерел і споживачів струму, працюючих до початку руху автомобіля, встановлюють при номінальній напрузі. Номінальні значення параметрів для споживачів струму, що працюють тільки під час руху мобільної машини (автомобіля, трактора тощо), встановлюють при напругах 6,7; 13,5 або 27 В. Споживачі електроенергії, які працюють під час руху мобільної машини, повинні бути працездатними при зміні напруги, яка

підводиться в діапазоні 90 – 125 % від встановленого для них значення номінальної напруги.

1.5. Умовні позначення виробів електрообладнання мобільних машин

Згідно наказу Міністерства економічного розвитку і торгівлі України №352 від 20.03.2012 маркування електрообладнання мобільних машин виконується за галузевою нормалью ОН 025 215-69 – «Автомобильный подвижной состав. Спецификация типовых деталей электрооборудования» та іншими нормативними документами [1, 33, 109].

Прилади електрообладнання вітчизняних автомобілів і мотоциклів позначається дев'яти- чи десятизначними цифровими номерами з точкою, що проставляється між другим і третім (а) або третім і четвертим знаками (б) [1, 109]:

а) 00.0000000 - повний номер базової моделі виробу в зборі, його вузлів і деталей;

б) 000.0000000 - повний номер модифікації виробу, його вузлів і деталей, в яких:

- ✓ 00 - перші два знаки означають порядковий номер виробу (моделі) агрегату або вузла (перша модель починається з 11);

- ✓ 0 - третій знак - модифікацію виробу (при відсутності модифікації цей знак опускається);

- ✓ точка відділяє номер моделі або модифікації виробу від номера типової групи або підгрупи і номера деталі;

- ✓ 0000 - номер типової групи або підгрупи (00 або 0000);

- ✓ 000 - порядковий номер деталі в межах типової підгрупи, що

✓ встановлюється відповідно до специфікацій типових деталей автомобілів і причепів і номерними книгами по позначенню деталей на підприємствах.

Таким чином, в основу маркування покладено дві групи цифр, розділених крапкою. Загальний принцип маркування: перша група цифр - «номер виробу»; крапка; друга група цифр - «код виробу», його «різновид».

«Номер виробу» включає 2 або 3 цифри. «Різновид» виробу також може бути прихований в «номері виробу» (перша або третя цифра).

Приклад: 133.3701 - третя базова модель, третя модифікація базової моделі генератора

З кінця минулого століття (після 1990 року) «номер виробу» може складатися з 4-х цифр. Перші дві, як з самого початку, означають номер виробу, третя – модифікація, четверта – виконання.

Виходячи з викладеного вище можна підсумувати, що для виробів автотракторного електрообладнання може використовувати ся цифрове позначення виду 0000.0000, де перші два знаки відповідають порядковому номеру моделі (маркування виробу (моделі) починається з числа 11, тобто перша модель - 11, друга модель - 12 і т.д.), третій знак - модифікація виробу, четвертий - виконання (табл. 1.9), чотири знаки після крапки вказують на «код виробу», його «різновид», або, що одне і те ж номер типової підгрупи (табл. 1.10).

1.6. Класифікація систем електрообладнання

Виходячи з викладеного вище варто згрупувати прилади електрообладнання в окремі загальні класифікаційні групи за певними класифікаційними ознаками, а саме:

Таблиця 1.9 - Позначення виконання виробу [1, 109]

Цифровий код позначення	Виконання
0001.0000	Для холодного клімату
0002.0000	Загальнокліматичне виконання
0003.0000	Для помірної кліматичної зони
0006.0000	Експортне виконання
0007.0000	Тропічне виконання
0008.0000	Для виробів, призначених на експорт до країн з холодним кліматом
0009.0000	Для виробів загальнокліматичного виконання, призначених на експорт

Таблиця 1.10 - Позначення деяких типових підгруп виробів електрообладнання, що застосовуються на вітчизняних автомобілях і тракторах [1, 109]

Номер підгрупи	Виріб
1	2
3701	Генератор
3702	Реле-регулятор (регулятор напруги)
3703	Акумуляторна батарея
3707	Провід й свічки запалювання
3708	Стартер і вимикач стартера
3709	Перемикачі
3710	Вимикачі
3711	Фари
3712	Підфарники і передні покажчики поворотів
3713	Патрони ламп
3714	Плафони внутрішнього освітлення
3715	Лампи (переносна і підкапотна)
3716	Задні ліхтарі (сигнальні і освітлювальні)
3717	Ліхтарі освітлення номерного знака
3720	Вимикачі сигналу гальмування
3721	Звукові сигнали
3722	Запобіжники електричних ланцюгів
3723	З'єднувачі електропроводів (панелі, штепсельні розетки та ін.)

Продовження таблиці 1.10

1	2
3724	Електропроводи
3726	Показчики поворотів
3728	Магнето
3730	Електродвигуни
3737	Вимикачі «маси»
3740	Свічки розжарювання
3741	Електрообладнання пускових підігрівальних та опалювальних пристроїв
3747	Реле різного призначення
3759	Перетворювачі напруги
3802	Спідометри
3803	Ліхтарі контрольних ламп
3805	Щитки приладів
3806	Приймачі показчиків палива
3807	Приймачі показчиків температури
3808	Приймачі показчиків тиску
3810	Приймачі показчиків тиску масла
3811	Показчики струму
3812	Показчики напруги
3818	Лічильники мотогодин
3827	Датчики показчиків рівня палива
3828	Датчики показчиків температури
3829	Датчики показчиків тиску
3832	Датчики температури блоку циліндрів двигуна
3839	Прилади й засоби сигналізації
3844	Сигналізатори температури
5205	Склоочисники
5208	Склоомивачі

✓ за природою струму:

- постійного;
- змінного;

✓ за значенням прийнятої напруги:

- 6 В;
- 12 В;

- 24 В;
- ✓ за потужністю;
- ✓ за кількістю провідників:
- однопровідна:
 - « - » провідник на корпусі машини;
 - « + » провідник на корпусі машини;
- двох провідна.

В той же час існує класифікація автомобільного бортового обладнання в розрізі поколінь його розвитку [34, 64] – рис. 1.1. Для запропонованої класифікації поетапне впровадження нових технічних рішень, які з'являлися в конструкції електрообладнання було обрано як головну класифікаційну ознаку. Було виокремлено чотири покоління розвитку електрообладнання без урахування технічних рішень, які вже існували до 1920 - 1930 років. Сутність виокремлених поколінь розвитку електрообладнання викладена нижче.

- Перше покоління – характерні ознаки:
 - електрифікація автомобіля;
 - створення класичного електрообладнання.
- Друге покоління – характерні ознаки:
 - впровадження аналогових напівпровідникових схем на дискретних радіоелементах;
 - створення простих схем управління електричними пристроями на базі електронних пристроїв;
 - впровадження релейного обладнання для автоматизації технологічних процесів пристроїв та обладнання.

Друге покоління включає в себе напівпровідникові випрямні схеми для генераторних установок та перші роботоздатні контактні



АБС – гальмівна система з електронним керуванням; АКБ – акумуляторна батарея; ДВЗ – двигун внутрішнього згорання; ЕК – екологічна система; ЕМ – електромеханічний; ЕН – електронний; ЕНСЗ – електронна система запалювання; ЕО – електрообладнання; ЕСАК – електронна система автоматичного керування; КВП – контрольно-вимірювальні прилади; КСЗ – контактна система запалювання; М – механічний; МПСЗ – мікропроцесорна система запалювання; НП – напівпровідниковий; ПОС – прилади освітлення і сигналізації; СВП – система впорскування; СВП т. Д – система впорскування палива типу Д (переривчастого розподіленого впорскування на основі внутрішнього утворення суміші); СД – система діагностики; палива; СЗ – система запалювання; СК – система контролювання; УЗС – ультразвукова система; ЦБК – центральний бортовий комп'ютер; К – механічне неперервне розподілене за циліндрами впорскування на основі змішаного утворення суміші; L – переривчасте розподілене впорскування на основі зовнішнього утворення суміші; M – система впорскування, інтегрована в ЕСАК двигуном;

Рис.1.1. Варіант класифікація автомобільного електрообладнання [64]

транзисторні системи запалювання.

➤ Третє покоління – характерні ознаки:

- впровадження електронного обладнання заснованого на цифрових принципах дії;
- впровадження більш сучасних бортових систем автоматизації;
- впровадження електронного керування впорскуванням палива;
- впровадження цифрового управління кутом випередження запалювання;
- впровадження електронного управління гальмівною системою;
- екологізація викидів відпрацьованих газів;
- впровадження бортових систем самодіагностики тощо.

Для реалізації характерних ознак систем електрообладнання третього покоління бортові системи автоматизації почали використовувати різноманітні гідравлічні пристрої, засоби пневмоавтоматики, оптичної електроніки, локації, радіотехніки, ультра- та інфразвуку, комп'ютеризації. В результаті таких новацій з'явився термін «автотронне обладнання», в якому об'єднано всі технічні рішення, що стосуються бортової автоматики. В основу автотронного обладнання покладено різні фізичні принципи і автоматичні засобів управління і контролю, функціонування яких засноване на використанні електронно-цифрових пристроїв автоматизації з використанням бортового комп'ютера.

➤ Четверте покоління – характерні ознаки:

- повна комп'ютеризація процесів автоматичного управління, контролю і регулювання з використанням центрального бортового комп'ютера зі значним розширенням його функцій;
- використання автомобільних радарів;
- розробка і створення нових принципів керування автомобілем і його складовими елементами, а саме:
 - пересування автомобіля в режимі автопілота;
 - самозахист автомобіля від аварійних ситуацій;
 - самопозиціонування автомобіля (визначення координат з прив'язкою до місцевості для полегшення руху автомобіля по міських і інших автомобільних дорогах);
 - пошук автомобіля для надання необхідної допомоги тощо.

1.7. Схеми електрообладнання тракторів і автомобілів та їх читання

1.7.1 Типові схеми електрообладнання

Схеми електрообладнання мобільних машин в технічній літературі представлені різними варіантами. Основна мета такої побудови схем – полегшити роботу з ними споживачам різних категорій. Тому тут часто застосовуються контурні та схематичні зображення агрегатів і приладів, а також маркування провідників за кольором та іншими позначеннями. Загалом схеми, які приводять в

різній технічній літературі є, переважно, принциповими. На принциповій схемі не вказане фізичне взаємне розташування елементів, а лише показано, як ці елементи пов'язані один з одним. Важливо розуміти, що якщо два елементи на такій схемі зображені поруч один з одним - на самому кузові (на борту машини) вони можуть бути абсолютно в різних місцях.

При першому перегляді таких схем споживач (власник мобільної машини, автоелектрик тощо) може губитися в символах і термінах, хоча насправді все досить просто. Крім того, всі елементи позначаються однаково для кожного транспортного засобу незалежно від моделі та виробника. Однак деякі графічні символи можуть дещо відрізнятися. Схема може містити як кольорові, так і чорно-білі елементи. Алфавітні символи розробники схеми намагаються використовувати однакові. Популярними зараз є тривимірні електричні схеми, які легко читати навіть початківцям, оскільки всі агрегати показані більш наочно (рис. 1.2 – рис. 1.8).

Читаючи схему електрообладнання сучасної мобільної машини, слід враховувати деякі особливості, а саме:

- електрична проводка позначена одним або двома кольорами. Якщо є додаткове кольорове позначення, зазвичай є риси, які розташовані поперек або вздовж;
- одноколірні провідники у одному джгуті завжди з'єднані між собою;
- при вході в джгут кожен провідник має певний нахил, який вказує напрямом, в якому він прокладений (рис. 1.9) [47];
- чорний колір провідника завжди використовується для з'єднання на масу;

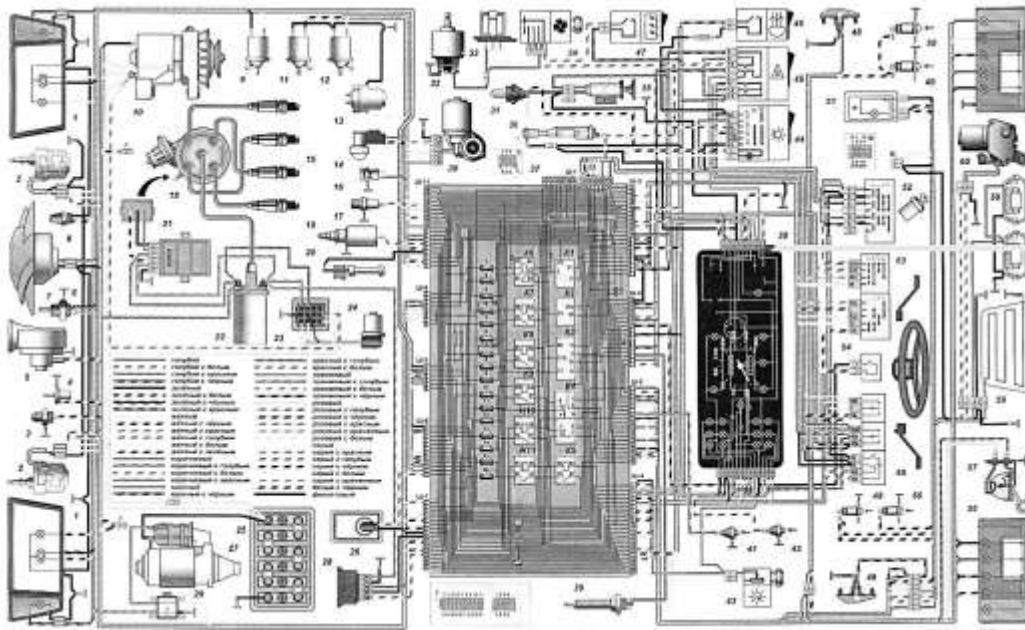


Рис. 1.2. Схема електрообладнання автомобілів ВАЗ-2108 та ВАЗ-2109

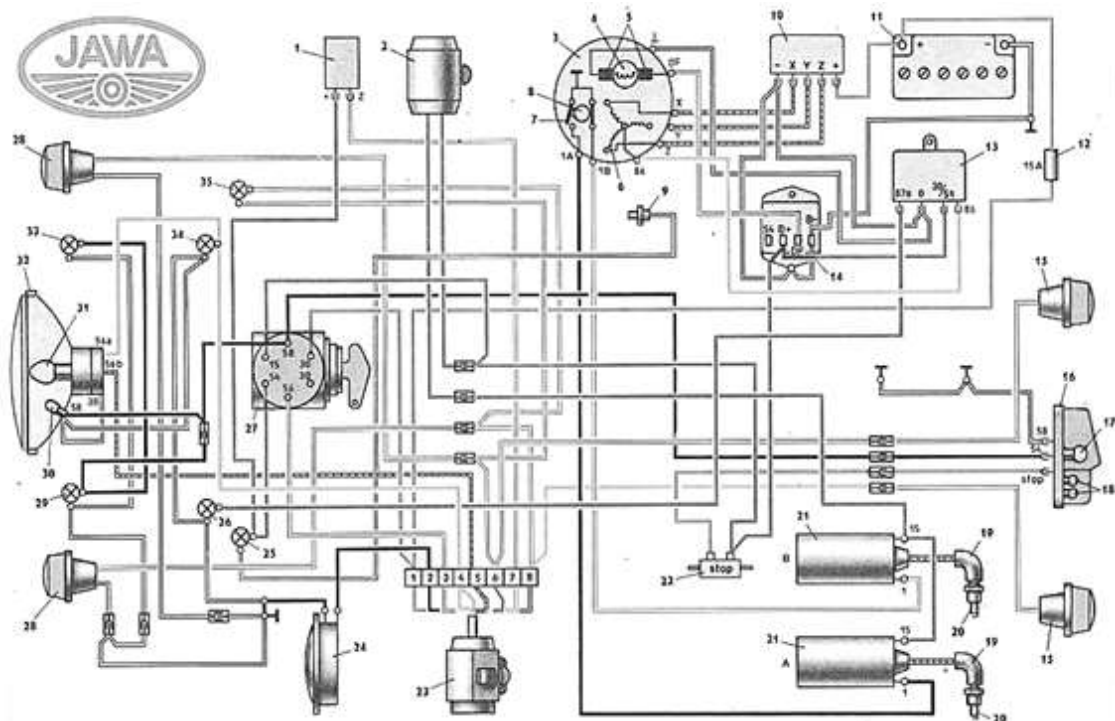


Рис. 1.3. Схема електрообладнання мотоцикла ЯВА 350 638

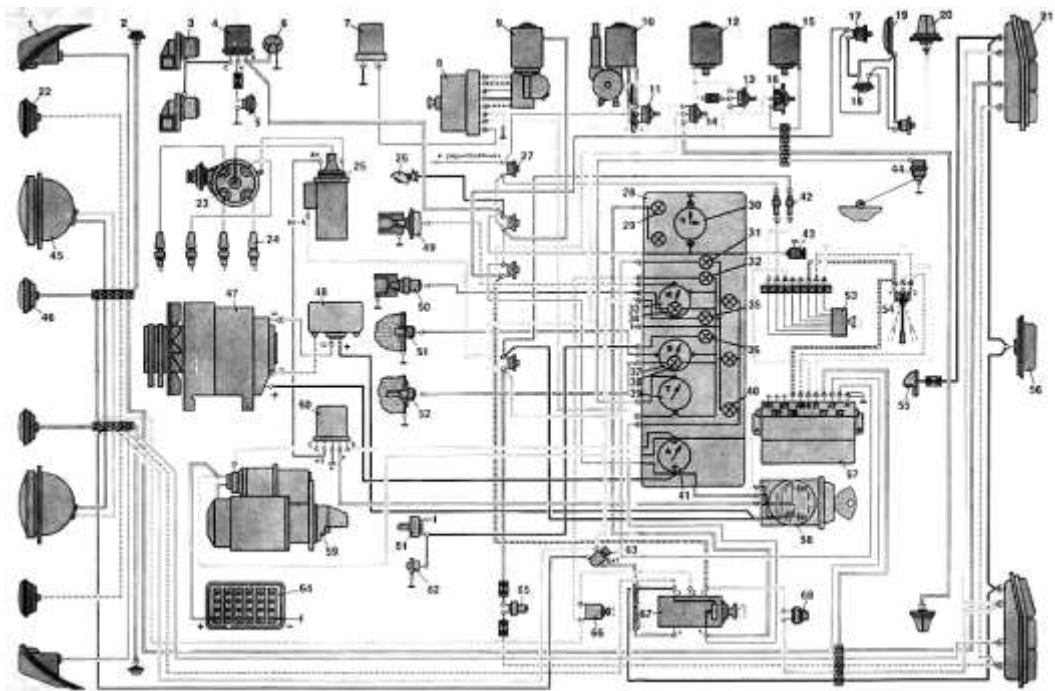


Рис. 1.4. Схема электрообладнання автомобіля типу ГАЗ-3307

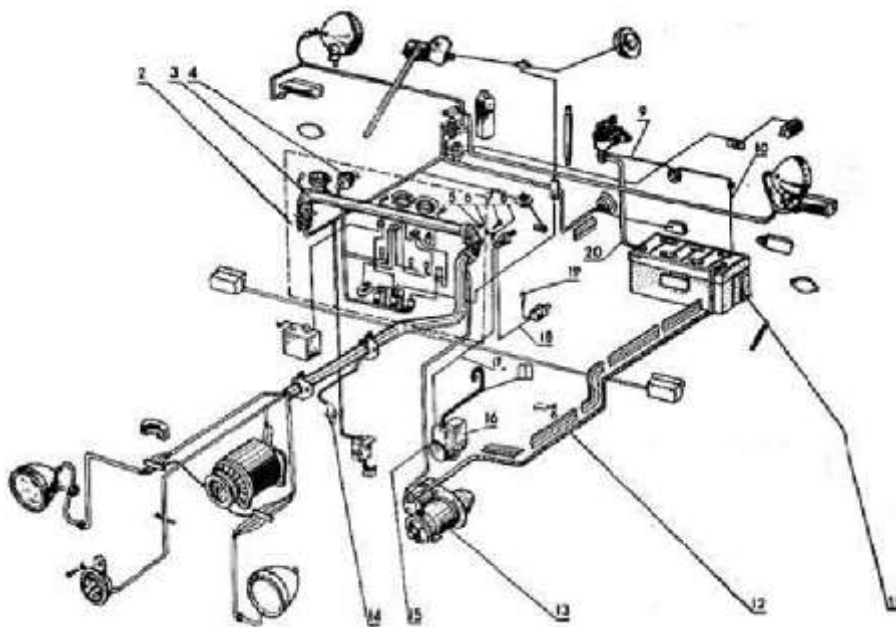


Рис. 1.5. Схема електрообладнання трактора типу МТЗ-80 обладнаного бензиновим пусковим двигуном для пуску основного дизельного двигуна

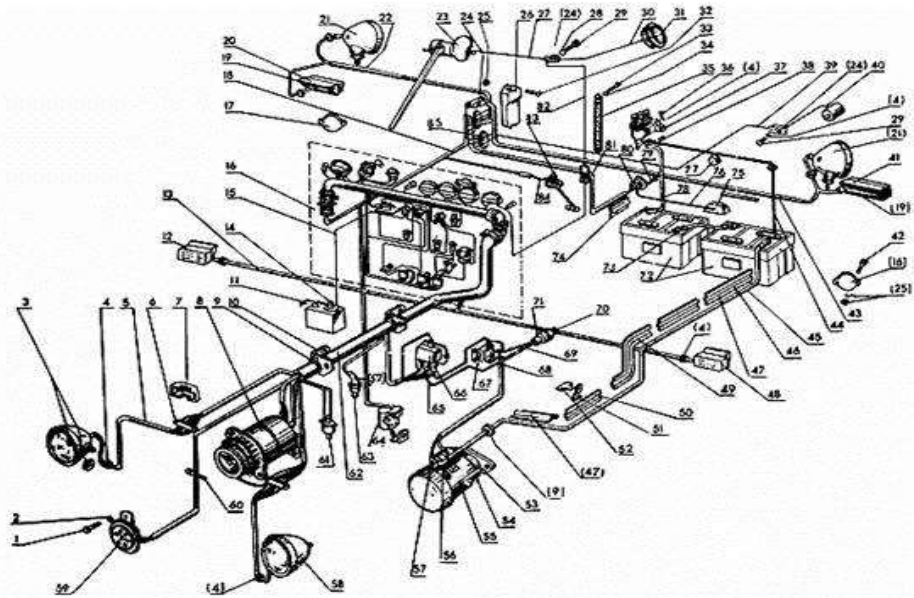


Рис. 1.6. Схема електрообладнання трактора типу МТЗ-82 з прямим електростартерним пуском дизельного двигуна

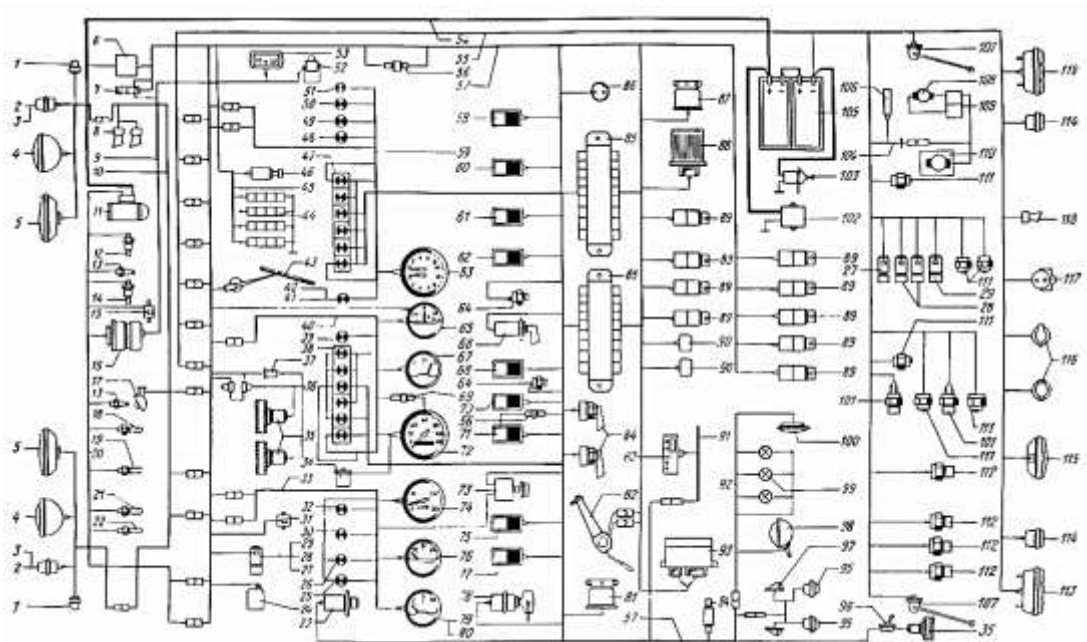


Рис. 1.7. Схема електрообладнання автомобіля типу КрА3-65055 з прямим електростартерним пуском дизельного двигуна

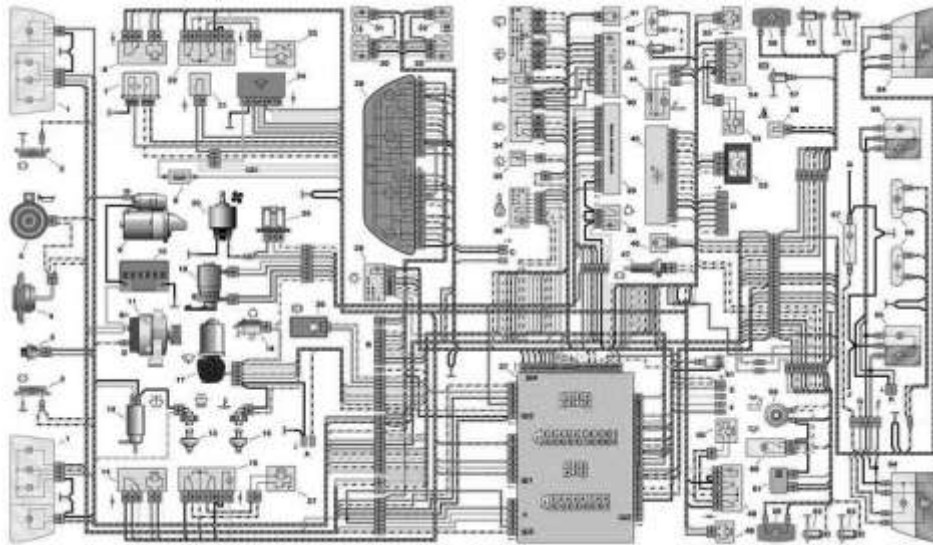


Рис. 1.8. Схема електрообладнання сучасної мобільної машини

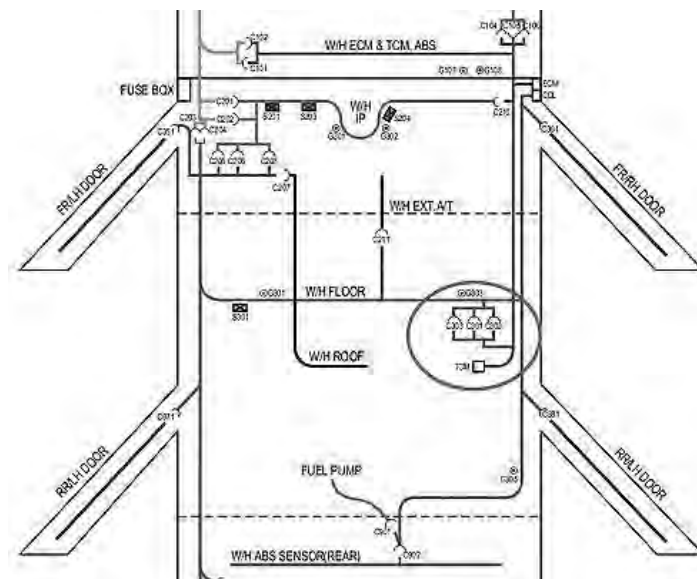


Рис. 1.9. Варіант схеми трасування кіс провідникових джгутів і орієнтовного розташування роз'ємів на кузові мобільної машини [47]

- деякі провідники можуть мати цифрове позначення в певній точці підключення, що допомагає встановити, звідки підведений провідник, не переглядаючи всю схему.

В технічній літературі зустрічаються і інші різновиди схем електрообладнання мобільної машини. Зокрема, до таких схем можна віднести трьохвимірну точну схему розташування електричних компонентів автомобіля. Також є такі схеми, які вже показують, як саме і де проходить джгут провідників в корпусі мобільної машини, а також точки під'єднання «маси» – рис. 1.10 [47].

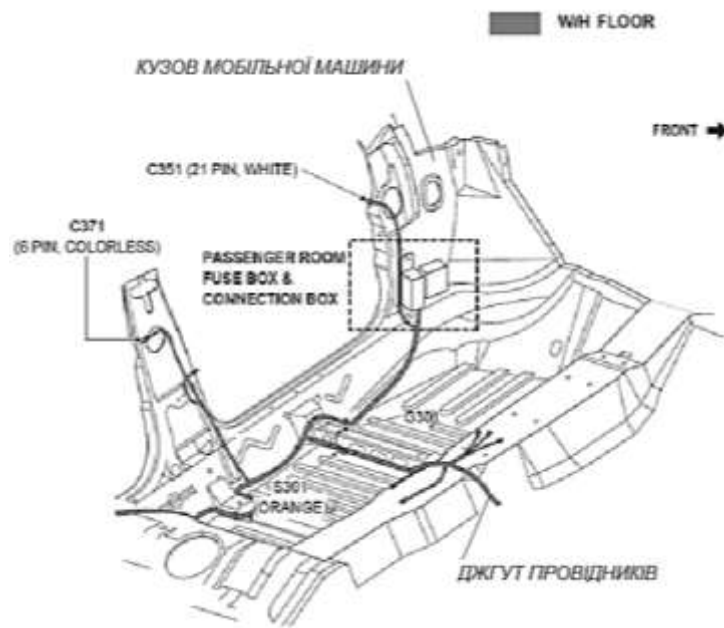


Рис. 1.10. Схема розташування джгута провідників в корпусі мобільної машини та точок під'єднання «маси» [47]

Ключовими моментами читання схем електрообладнання є:

- кожен електричний пристрій має живлення, яке підводиться за певними, позначеними тонкими лініями маршрутами з допомогою провідників;
- колір провідника, зображений на схемі повинен відповідати кольору реального провідника в електричній схемі машини;

- кожен електричний пристрій має живлення, яке підводиться за певними, позначеними тонкими лініями маршрутами з допомогою провідників;
- колір провідника, зображений на схемі повинен відповідати кольору реального провідника в електричній схемі машини;
- якщо електрична схема електрообладнання мобільної машини складається з багатьох елементів, то траса на ній може зображатися окремими відрізками і розривами, але при цьому в обов'язковому порядку вказуються місця їх з'єднання, або ж підключення (рис. 1.11);

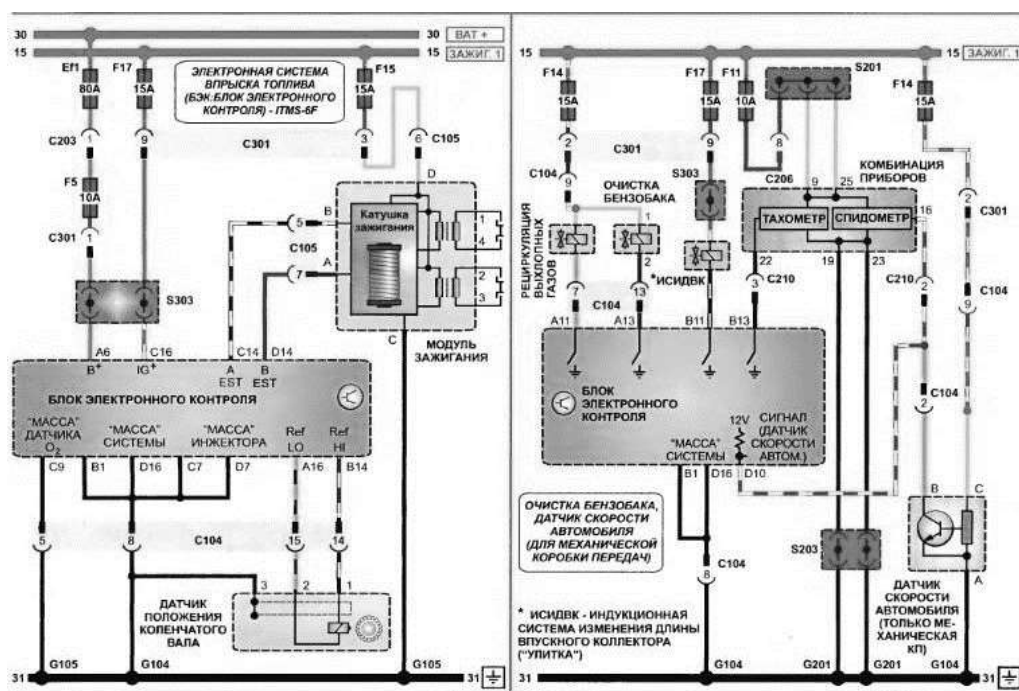


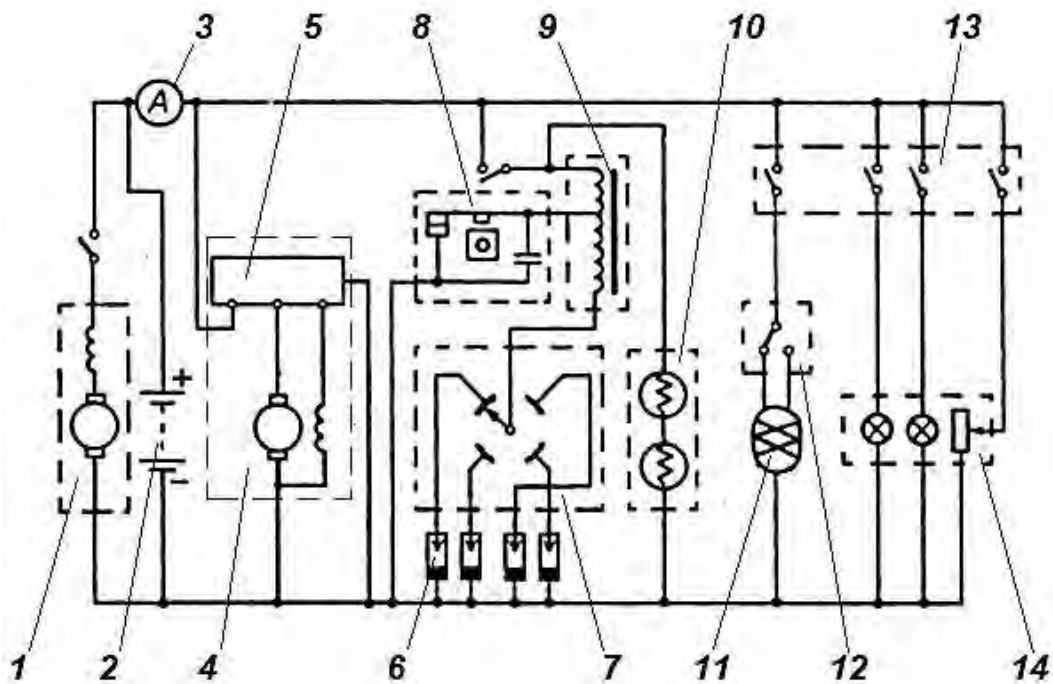
Рис. 1.11. Схема електрообладнання сучасної мобільної машини з багатьма показаними окремо елементами [47]

- номери, вказані на вузлах, повинні відповідати реальним числам на схемі. Числа в колах позначають місця з'єднання

провідників з «масою», а позначення струмопровідних доріжок, полегшує пошук елементів, що знаходяться в різних контурах. Комбінації цифр і літер повинні відповідати позначенням роз'ємних з'єднань. Існують спеціальні таблиці, за допомогою яких елементи електричних ланцюгів можна ідентифікувати. Такі таблиці доступні як в мережі інтернеті, так і в посібниках для фахівців. Автоматичні електричні схеми, як правило, легко читаються. Найголовніше - зрозуміти, як працюють її елементи, і слідкувати за числовими позначеннями (див. рис. 1.11).

В навчальних цілях доцільно використовувати схеми електрообладнання, які давали б уявлення про принципові засади їх побудови і дозволяли б студенту безпомилково їх характеризувати з точки зору застосування та загальної будови - рис. 1.12 [64].

Крім того, доцільно щоб в такій схемі були окремо розташовані групи приладів електрообладнання мобільної машини. Електричну схему, яка використовується в навчальних цілях доцільно будувати з мінімальною кількістю схемних ускладнень з тим, щоб на початку вивчення спростити розуміння користувачем маршрутних ліній включення окремих груп приладів електрообладнання. Приклад схеми електрообладнання мобільної машини з бензиновим двигуном, яка відповідала б таким вимогам представлено на рис. 1.13, де римськими цифрами позначені групи приладів електрообладнання, а арабськими – власне прилади, вузли і агрегати. Схема електрообладнання машини з бензиновим двигуном більш складна, у порівнянні з аналогічною схемою машини з дизельним двигуном, через наявність групи приладів запалювання. Схема, представлена на рис. 1.13 більш універсальна і

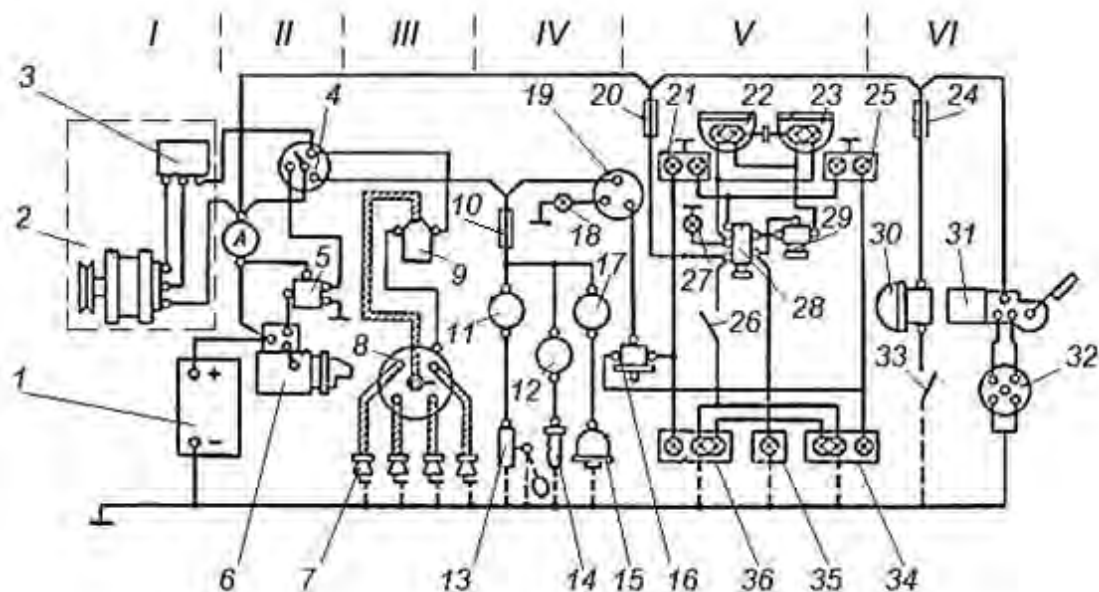


1 - стартер; 2 - акумуляторна батарея; 3 - амперметр; 4 - генератор; 5 - регулятор напруги; 6 - свічки запалювання; 7 - розподільник; 8 - переривник; 9 - котушка запалювання; 10 - контрольно-вимірювальні прилади; 11 - головні фари; 12 - перемикач світла фар; 13 - центральний перемикач світла головних фар; 14 - прилади освітлення і світлової сигналізації

Рис. 1.12. Найпростіша принципова схема електрообладнання мобільної машини з бензиновим двигуном [64]

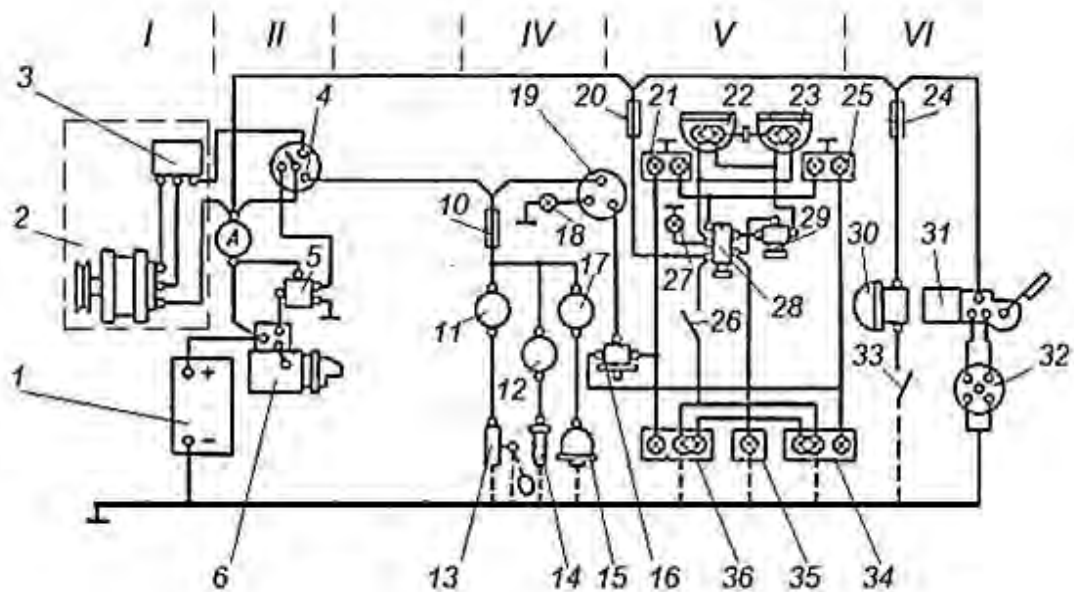
має елементи візуалізації окремих, найбільш відповідальних агрегатів, що додатково полегшує роботу з її ознайомленням та вивченням [61].

За умови видалення з приведеної на рис. 1.13 групи приладів запалювання, дана схема може використовуватись для вивчення і аналізу схеми електрообладнання мобільної машини з дизельним двигуном – рис. 1.14.



- групи приладів електрообладнання (позначені римськими цифрами): I – джерела струму; II – стартер і його обладнання; III – прилади запалювання; IV – контрольно-вимірювальні прилади; V – прилади освітлення і світлової сигналізації; VI – інші споживачі;
- прилади, вузли і агрегати електрообладнання (позначені арабськими цифрами): 1 - акумуляторна батарея; 2 - генераторна установка; 3 - регулятор напруги (реле-регулятор); 4 - вимикач запалювання; 5 - реле вмикання стартера; 6 - стартер; 7 – іскрова свічка запалювання; 8 – переривник-розподільник запалювання; 9 - котушка запалювання; 10, 20, 24 - термобиметалевий запобіжники; 11, 12, 17 - показчики відповідно рівня палива, температури і тиску; 13, 14, 15 - датчики відповідно рівня палива, температури і тиску; 16 - перемикач показчиків повороту; 18 - контрольна лампа показчиків повороту; 19 - реле-переривник показчиків повороту; 21, 25 - передні ліхтарі; 22, 23 - фари; 26 - вимикач сигналів гальмування; 27 - контрольна лампа дальнього світла; 28 - центральний перемикач світла; 29 - перемикач світла фар; 30 - звуковий сигнал; 31 - електродвигун склоочисника; 32 - перемикач електродвигуна склоочисника; 33 - кнопка включення звукового сигналу; 34, 36 - задні ліхтарі; 35 - ліхтар освітлення номерного знака

Рис. 1.13. Принципова схема електрообладнання мобільної машини з бензиновим двигуном та візуалізацією основних агрегатів [61]



- групи приладів електрообладнання (позначені римськими цифрами): I – джерела струму; II – стартер і його обладнання; IV – контрольно-вимірювальні прилади; V – прилади освітлення і світлової сигналізації; VI – інші споживачі;
- прилади, вузли і агрегати електрообладнання: 1 - акумуляторна батарея; 2 - генераторна установка; 3 - регулятор напруги (реле-регулятор); 4 - вимикач запалювання; 5 - реле вмикання стартера; 6 - стартер; 10, 20, 24 - термобиметалевий запобіжники; 11, 12, 17 - показчики відповідно рівня палива, температури і тиску; 13, 14, 15 - датчики відповідно рівня палива, температури і тиску; 16 - перемикач показчиків повороту; 18 - контрольна лампа показчиків повороту; 19 - реле-переривник показчиків повороту; 21, 25 - передні ліхтарі; 22, 23 - фари; 26 - вимикач сигналів гальмування; 27 - контрольна лампа дальнього світла; 28 - центральний перемикач світла; 29 - перемикач світла фар; 30 - звуковий сигнал; 31 - електродвигун склоочисника; 32 - перемикач електродвигуна склоочисника; 33 - кнопка включення звукового сигналу; 34, 36 - задні ліхтарі; 35 - ліхтар освітлення номерного знака

Рис. 1.14. Принципова схема електрообладнання мобільної машини з дизельним двигуном та візуалізацією основних агрегатів

1.7.2. Короткий огляд побудови схем електрообладнання сучасних мобільних машин та їх читання

1.7.2.1. Стандартні ланцюги живлення

Важливим елементом схем електрообладнання сучасних мобільних машин залишається розташування провідників. Електричні ланцюги живлення, струмопровідні елементи схеми, елементи електричного ланцюга передачі представляються на схемах лініями різного кольору (якщо схема кольорова) і розташування, а саме: у верхній частині електричної схеми розміщені електричні ланцюги з позитивним потенціалом («плюс» акумуляторної батареї) – рис. 1.15, а внизу - з нульовим потенціалом, тобто заземлення («мінус» акумуляторної батареї) – рис. 1.16 [47].



Рис. 1.15. Приклад позначення на електричній схемі ланцюга з плюсовим потенціалом [47]

Окремі провідники також можуть мати цифрову мітку в точці підключення до відповідного електричного пристрою. За допомогою цієї цифрової мітки з'являється можливість, без читання і аналізу всього електричного кола, чи схеми визначити з яким приладом, або роз'ємом з'єднаний цей провідник. Ці мітки узагальнені в DIN 72552.



Рис. 1.16. Приклад позначення на електричній схемі ланцюга заземлення («маси») [47]

Мітки, які найбільш використовуються носять наступний зміст – табл. 1.11:

Таблиця 1.11 – Найбільш поширені цифрові мітки на провідниках електричних схем [47]

Цифрова мітка контакта на схемі	Вихідне з'єднання
15	Плюс акумуляторної батареї після контактів замка запалювання
30	Плюс акумуляторної батареї напряму
31	Мінус акумуляторної батареї напряму, або «маса»
50	Керування стартером
53	Склоочисник
56	Фари головного освітлення
56a	Далеке світло фар головного освітлення
56b	Близьке світло фар головного освітлення
58	Габаритні вогні
85	Обмотка реле (-)
86	Обмотка реле (+)
87	Загальний контакт реле
87a	Нормально замкнутий контакт реле
87b	Нормально розімкнутий контакт реле
88	Загальний контакт 2 реле
88a	Нормально замкнутий 2 контакт реле
88b	Нормально розімкнутий 2 контакт реле

В сучасній технічній літературі для зручності на схемах з'єднання між елементами подають в кольоровій гамі різними кольорами. Ці кольори відповідають кольорам ізоляції провідників, з яких змонтована ця схема. Окремі розробники вказують ще і поперечний переріз провідників. Якщо ж принципова схема електрообладнання мобільної машини виконується в чорно-білому кольорі, то біля провідників проставляється умовне позначення кольору провідника буквами – табл. 1.12 [47].

Таблиця 1.12 – Основні позначення кольорів провідників на схемах електрообладнання мобільних машин [47]

Позначення буквами	Колір	Позначення буквами	Колір
Br	Коричневий	Sb	Світло голубий
G	Зелений	R	Червоний
V	Фіолетовий	L	Голубий
P	Розовий	Y	Жовтий
W	Білий	Gr	Сірий
Or	Помаранчевий	B	Чорний
Lg	Світлозелений		

Іноді на схемах електрообладнання мобільних машин можна зустріти порожнє коло у вузлі (рис. 1.17) - це означає, що це з'єднання залежить від комплектації мобільної машини. При цьому схемні лінії, як правило, підписуються.

Варто зазначити, що сучасні мобільні машини та схеми їх електрообладнання широко використовують різні варіанти комплектації, а схемні рішення залишаються без істотних змін, що, з одного боку здорожчує машину, а з іншого – спрощує процес



Рис. 1.17. Варіант зображення ланцюга живлення споживача, який встановлюється, або не встановлюється відповідно до комплектації мобільної машини [47]

створення машини виробником.

1.7.2.2. З'єднання в електричних схемах мобільних машин

Важливим елементом побудови електричної схеми мобільної машини є позначення на ній рознімних з'єднань (роз'ємів, конекторів).

Провідники в джутах електропроводки мобільних машин можуть підключатися декількома способами, основними серед них є:

- використання з'єднувачів – рис. 1.18;

На рис. 1.18 з'єднувачі позначені буквою «С» та порядковим номером. На рисунку 1.18 представлено варіант схематичного зображення з'єднань провідникових джгутів через з'єднувачі. Приведений фрагмент схеми читається наступним чином: «... термінал (в технічній

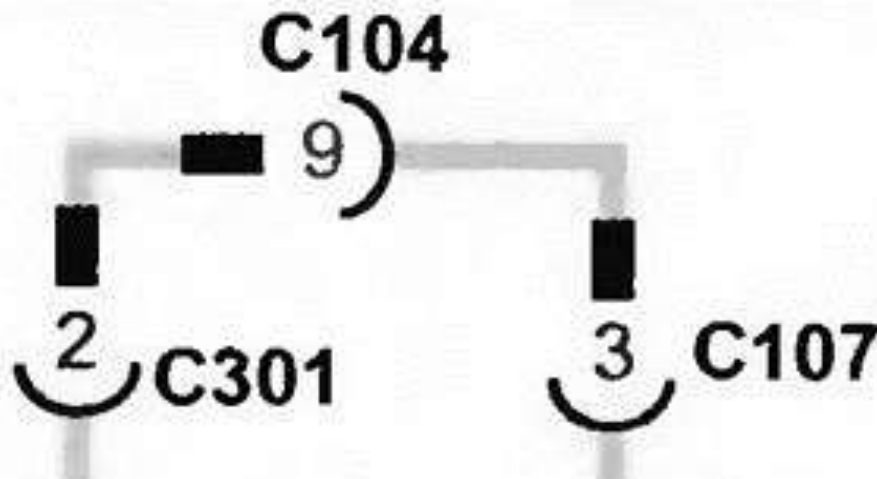
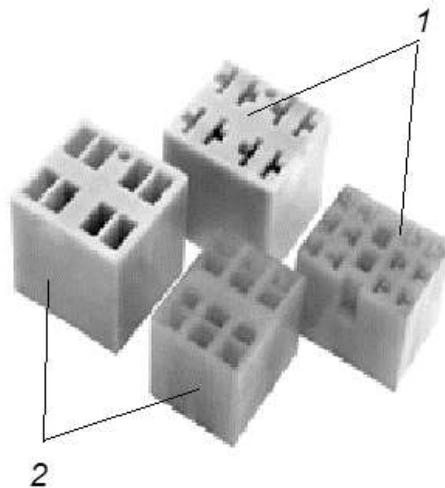


Рис. 1.18. Варіант схематичного зображення з'єднань провідникових джгутів через з'єднувачі [47]

літературі часто використовують замість терміну «термінал» терміни «порт», «пін», «фішка» тощо) №2 з'єднувача С301 підключений до терміналу № 9 з'єднувача С104, який, в свою чергу, підключений до терміналу № 3 з'єднувача С107.

На рис. 1.19. показано загальний вигляд з'єднувачів для облаштування електричної проводки мобільних машин. Позицією 1 рис. 1.19 показано термінал з контактом голкоподібного типу, робоча поверхня якого буде розташована зовні контактного елемента, не залежно від того, яку форму він має циліндричну, прямокутну, чи якусь іншу (так званий термінал «папа»), а позицією 2 - термінал з контактом трубчатого типу, робоча поверхня якого буде розташована всередині контактного елемента, не залежно від того, яку форму він має циліндричну, прямокутну, чи якусь іншу (так званий термінал «мама»).

На рис. 1.20 показано варіант загального вигляду терміналів типу «папа» і «мама» та нумерацію контактів у них. Контакти нумеруються рядок за рядком починаючи з верхнього кута зліва направо на терміналі



1 - термінал з контактом голкоподібного типу, робоча поверхня якого розташована зовні контактного елемента; 2 - термінал з контактом трубчатого типу, робоча поверхня якого розташована всередині контактного елемента

Рис. 1.19. Загальний вигляд виконання блоків з'єднувачів для облаштування електричної проводки мобільних машин

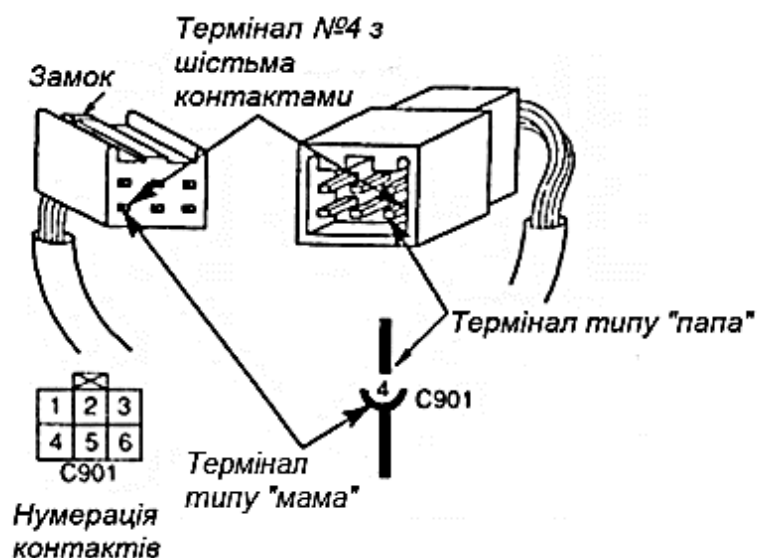


Рис. 1.20. Варіант загального вигляду терміналів типу «папа» і «мама» та нумерацію контактів у них [47]

«мама». На терміналі «папа» нумерація носить дзеркальне відображення [47].

- використання з'єднувальних колодок – рис. 1.21.

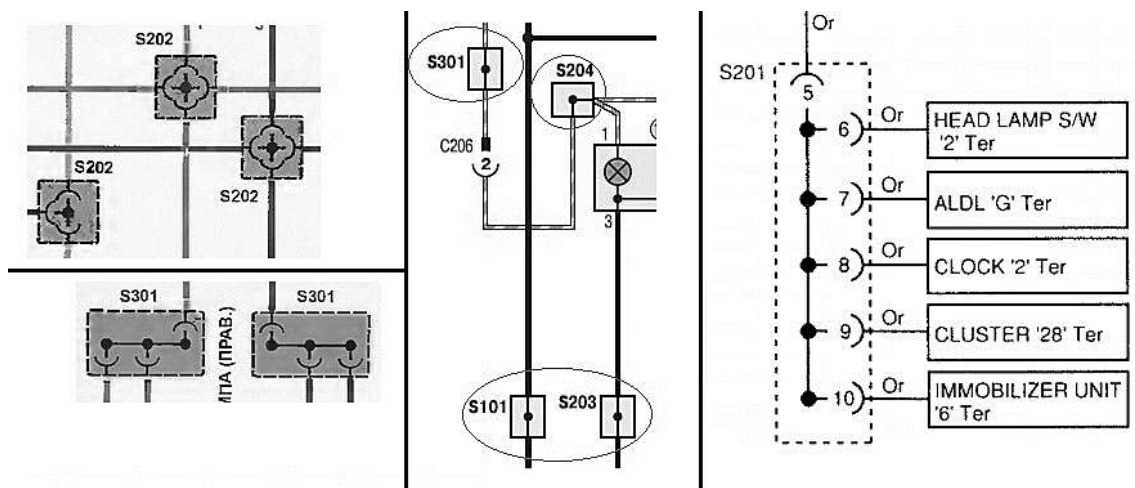


Рис. 1.21. Варіанти позначення з'єднувальних колодок на електричних схемах електрообладнання мобільних машин [47]

Крім роз'ємів, провідники в мобільній машині з'єднуються з допомогою пакету перемичок або колодок з'єднання. В електричних ланцюгах мобільних машин для позначення з'єднувальних колодок використовується буква «S» (від англійського «splice» - зрощення). Як показано на рис. 1.21, поля з'єднання позначені буквою «S» та порядковим номером, наприклад: S101, S202, S301 тощо [47].

В окремих електричних схемах електрообладнання мобільних машин приводять опис кожної колодки і розписано призначення провідників, які до неї підходять – рис. 1.22. Головна відмінна особливість з'єднувальної колодки від з'єднання полягає в тому, що група провідників на колодці включає, як правило, один вхідний

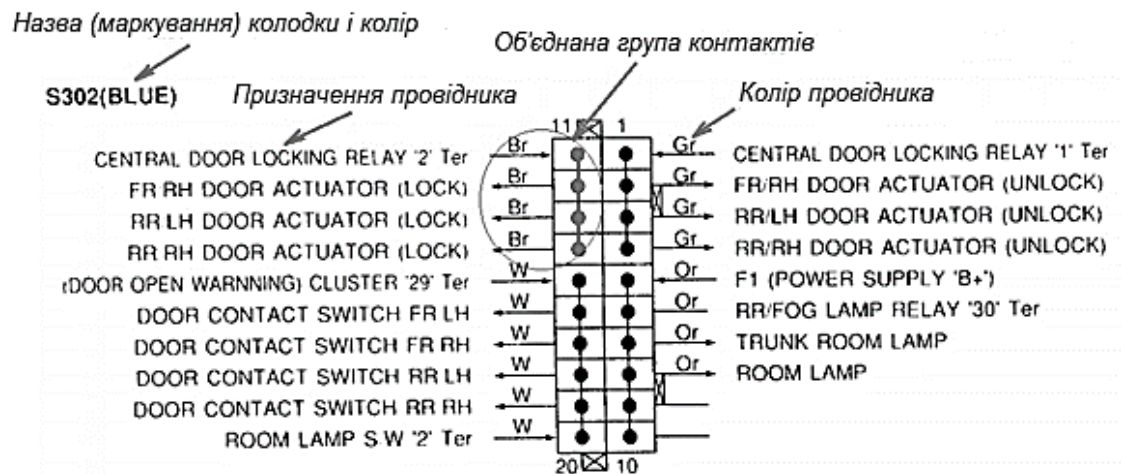


Рис. 1.22. Варіант опису колодки [47]

провідник і групу вихідних провідників, які ідуть до споживачів. Колодки, переважно, використовуються як шини живлення.

1.7.2.3. Запобіжники в електричних схемах мобільних машин

Важливим елементом електричної схеми мобільної машини є запобіжник. Запобіжники в автомобілі мають два позначення – рис. 1.23 [47]. Для запобіжника, який знаходиться у моторному відсіку прийнято позначення ***Ef*** - engine fuse, а для запобіжника, який знаходиться в салоні автомобіля прийнято позначення ***F*** – fuse. Після позначення запобіжника (***Ef***, або ***F***) на електричній схемі вказується його порядковий номер і номінальне значення струму, на який він розрахований. Значенню номінального струму, на який розрахований запобіжник відповідає певний колір. Відповідність номіналів запобіжників і їх кольорів приведено в таблиці 1.13. Для зручності

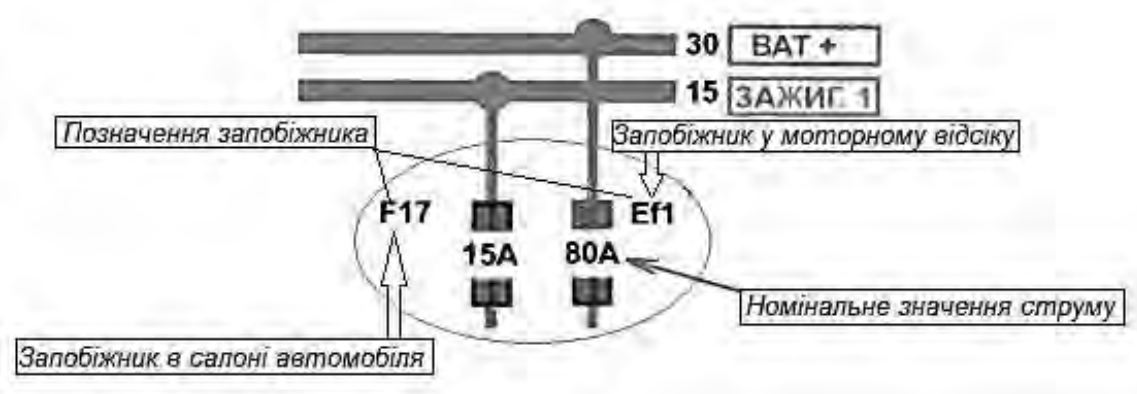


Рис. 1.23. Позначення запобіжників на схемах електрообладнання автомобіля [47]

Таблиця 1.13 - Відповідність номіналів запобіжників і їх кольорів

№ п/п	Номінал запобіжника, А	Колір запобіжника
1	1	Чорний
2	2	Сірий
3	3	Фіолетовий
4	5	Коричнево-жовтий
5	7,5	Коричневий
6	10	Червоний
7	15	Голубий
8	20	Жовтий
9	25	Білий
10	30	Зелений
11	40	Помаранчевий
12	60	Голубий
13	70	Коричневий
14	80	Світло-жовтий
15	100	Бузковий

обслуговування всі запобіжники розташовані поряд, в блоках запобіжників і реле – рис. 1.24.



Рис. 1.24. Розташування блоків запобіжників [47]

1.7.2.4. Реле в електричних схемах мобільних машин

В електричних схемах керування мобільних машин широко використовуються реле – рис. 1.25. Як правило реле мають чотири, або п'ять контактів, два з яких керуючі, а інші комутують контакти по яким протікають струми великих значень – рис. 1.26 [47].

На рис. 1.26 керуючими контактами є контакти позначені позиціями 85 та 86. На заводі виготовлювачі всі реле, як правило розташовують разом з блоками запобіжників (див. рис. 1.24). В окремих випадках реле можуть встановлюватися і в інших місцях, особливо коли їх встановили додатково до штатної схеми електрообладнання.

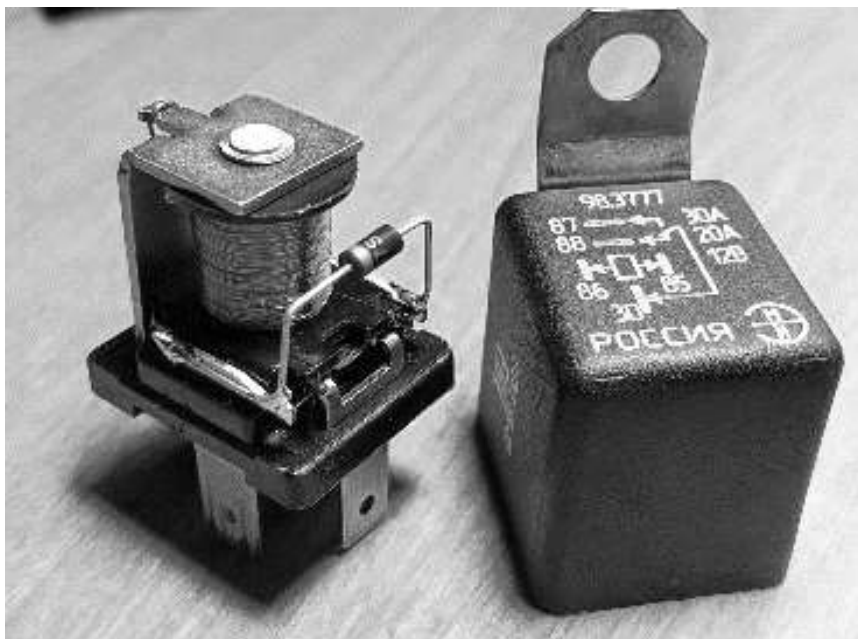


Рис. 1.25. Загальний вигляд одного з типів реле, які використовуються в електричних схемах мобільних машин (реле паливного насоса) [47]

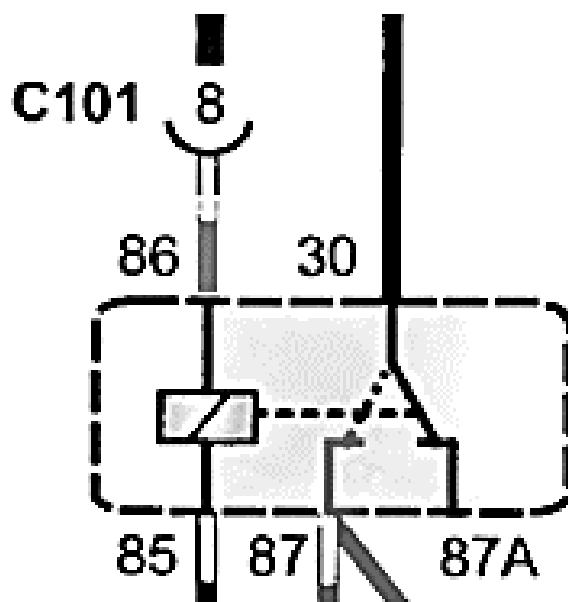


Рис. 1.26. Принципова схема одного з типів реле з позначенням контактів (реле паливного насоса) [47]

1.7.2.4. Контрольно вимірювальні прилади в електричних схемах мобільних машин

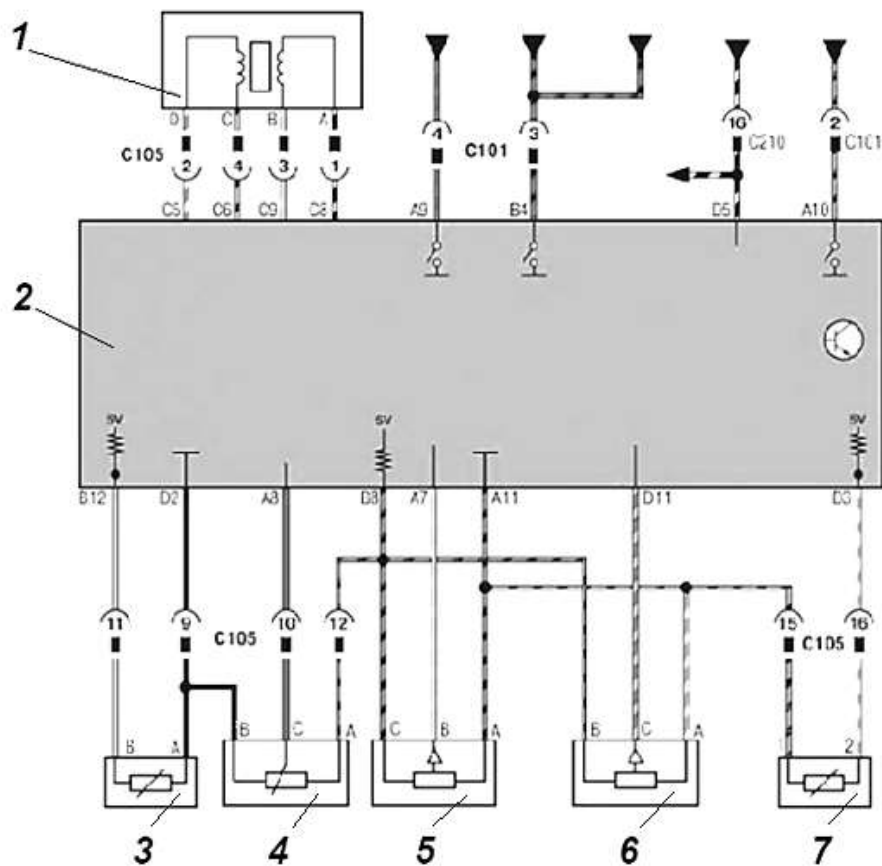
Досить вагомою і відповідальною групою приладів електрообладнання мобільної машини є контрольно вимірювальні прилади. Основою контрольно вимірювальних приладів сучасних мобільних машин є датчики, оскільки, залежно від рівня автоматизації машини показчик приладу може бути і відсутнім, а всі параметри датчиків концентруються і обробляються в електронному блоці управління. В електричних схемах мобільних машин датчики контрольно вимірювальних приладів зображаються елементарними функціональними схемами як елементи електричної схеми – рис. 1.27.

На рис. 1.27 представлені основні типи датчиків, які можуть бути використані в мобільній машині. В окремих конструкціях перелік таких датчиків може бути як звуженим, так і розширеним. Це визначається комплектацією машини, типом її двигуна, трансмісії тощо [47].

Умовне позначення датчиків на різних схемах може відрізнятися, але всі вони позначаються, як і всі інші елементи, які перетворюють енергію в електричній мережі мобільної машини.

1.7.2.6. Складні елементи в схемах електрообладнання мобільних машин

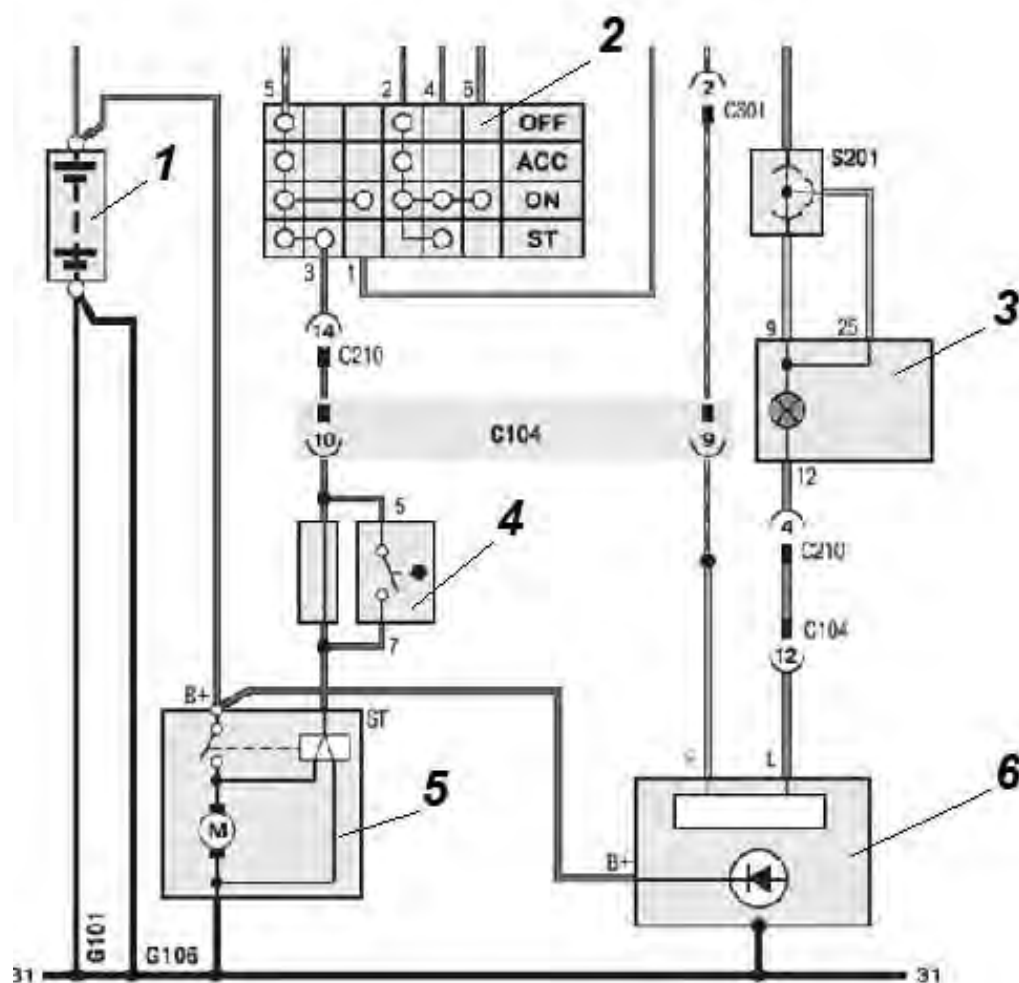
На електричних схемах зображаються і інші, більш складні елементи, такі як стартер, котушка запалювання, замок запалювання тощо. На сучасних електричних схемах мобільних машин для позначення таких складних елементів використовують відповідні



1 - датчик холостого ходу (ДХХ); 2 - електронний блок управління (ЕБУ) двигуном; 3 - датчик температури охолоджуючої рідини; 4 - датчик положення дросельної заслінки (ДПДЗ); 5 - датчик абсолютного тиску повітря у впускному колекторі (ДАТ); 6 - датчик тиску в системі кондиціювання повітря; 7 - датчик температури повітря у впускному колекторі

Рис. 1.27. Принципова схема одного з типів реле з позначенням контактів (реле паливного насоса) [47]

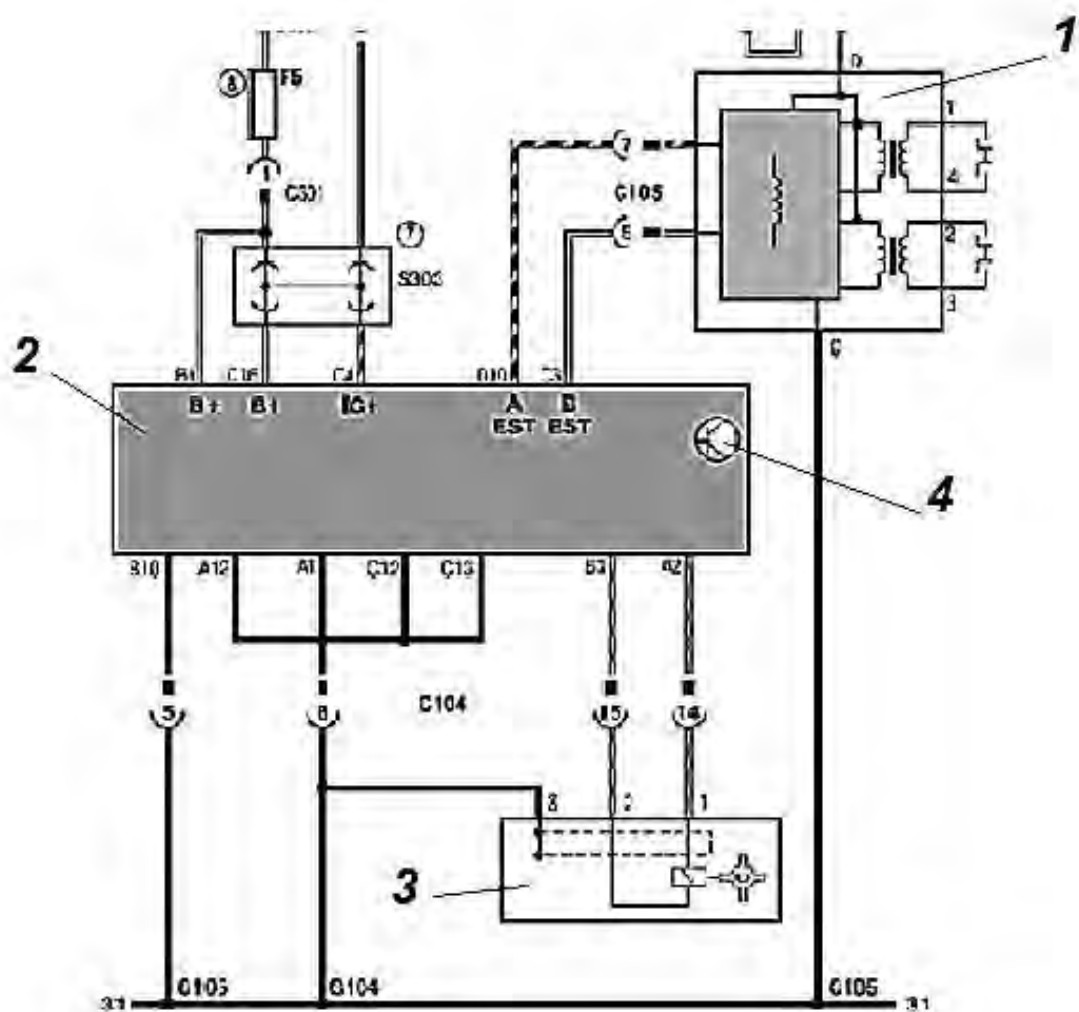
символи, які інтуїтивно дозволяють їх визначити. При цьому позначення таких елементів може варіювати в досить широких межах, а позначення залишається стабільним. Розглянемо позначення на схемах окремих елементів. Окремі варіанти позначення і зображення складних елементів на схемі показано на рис. 1.28 – рис. 1.32 [47].



1 - акумуляторна батарея (АКБ); 2 - замок запалювання; 3 - комбінація приладів; 4 – вимикач; 5 – стартер і його обладнання; 6 – генераторна установка

Рис. 1.28. Джерела струму, комутаційна апаратура, контрольно вимірювальні прилади та стартер з його обладнанням в електричних схемах мобільних машин – зображення і позначення [47]

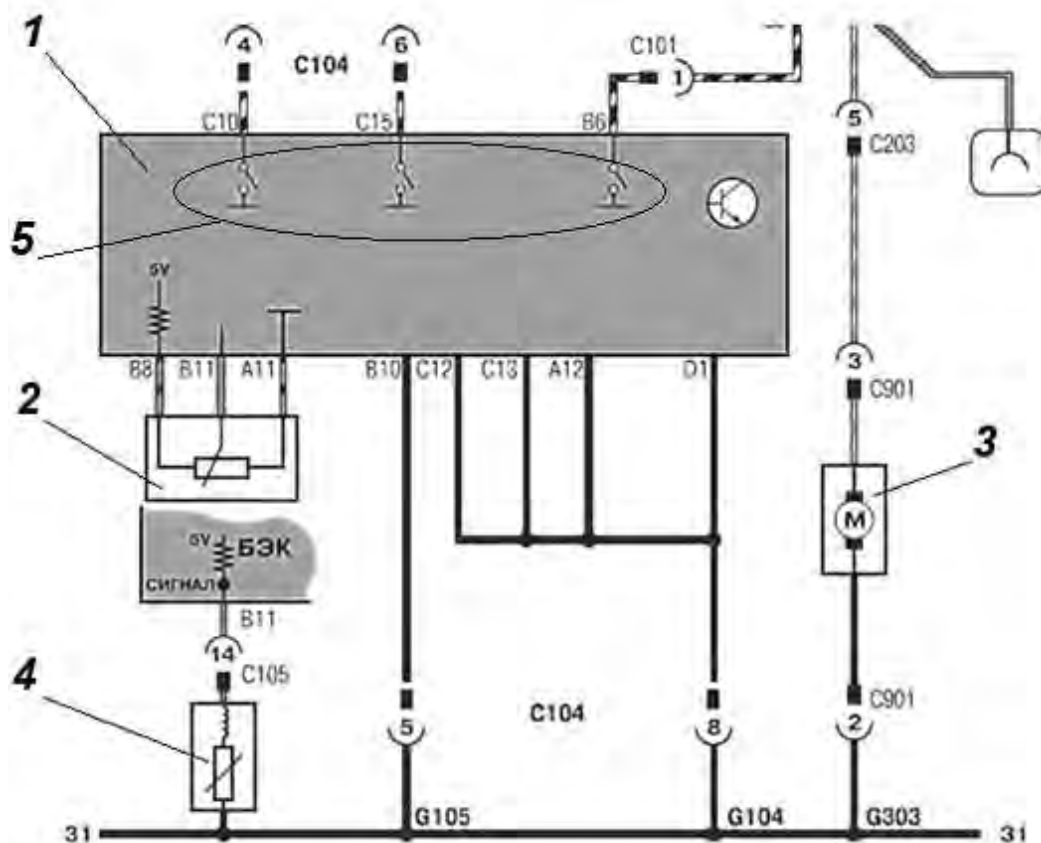
Знання здобуті в курсі фізики стосовно умовного позначення електричних та електронних приладів (електродвигун, діод, ключ,



1 - котушка запалювання; 2 - електронний блок управління двигуном (ЕБУ); 3 - датчик положення колінчастого вала; 4 – позначення елемента мережі, який має мікросхеми, або транзисторні ключі

Рис. 1.29. Котушка запалювання, блок управління двигуном та датчик положення колінчастого вала в електричних схемах мобільних машин – зображення і позначення [47]

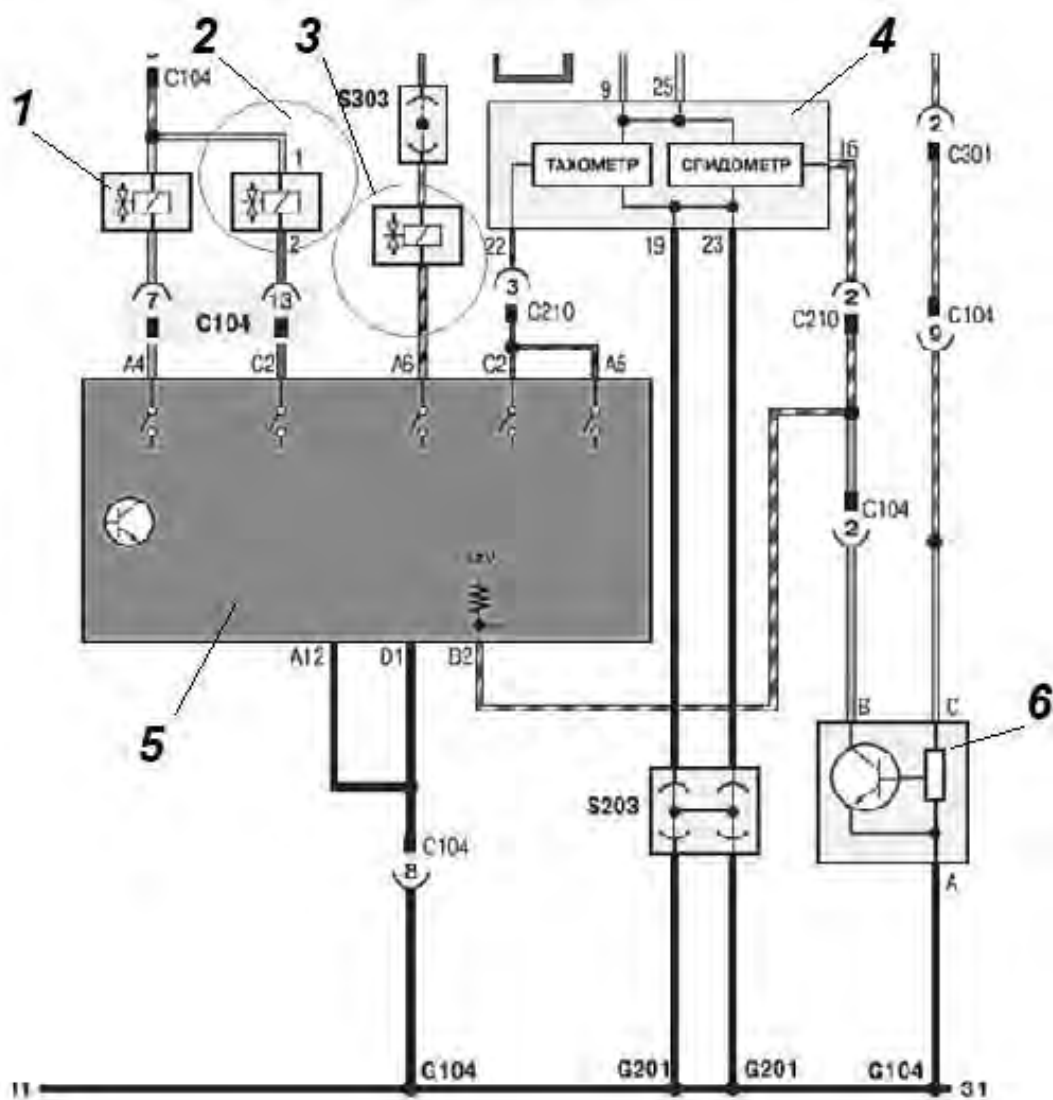
елемент живлення лампа розжарювання) також істотно спрощують читання схем електрообладнання мобільних машин.



1 - блок управління двигуном (ЕБУ); 2 - октан-коректор; 3 - електродвигун (в даному випадку – електродвигун бензонасоса); 4 - датчик концентрації кисню; 5 – електронні ключі в блоці управління двигуном мобільної машини

Рис. 1.30. Складні елементи управління робочим процесом двигуна в електричних схемах мобільних машин – зображення і позначення [47]

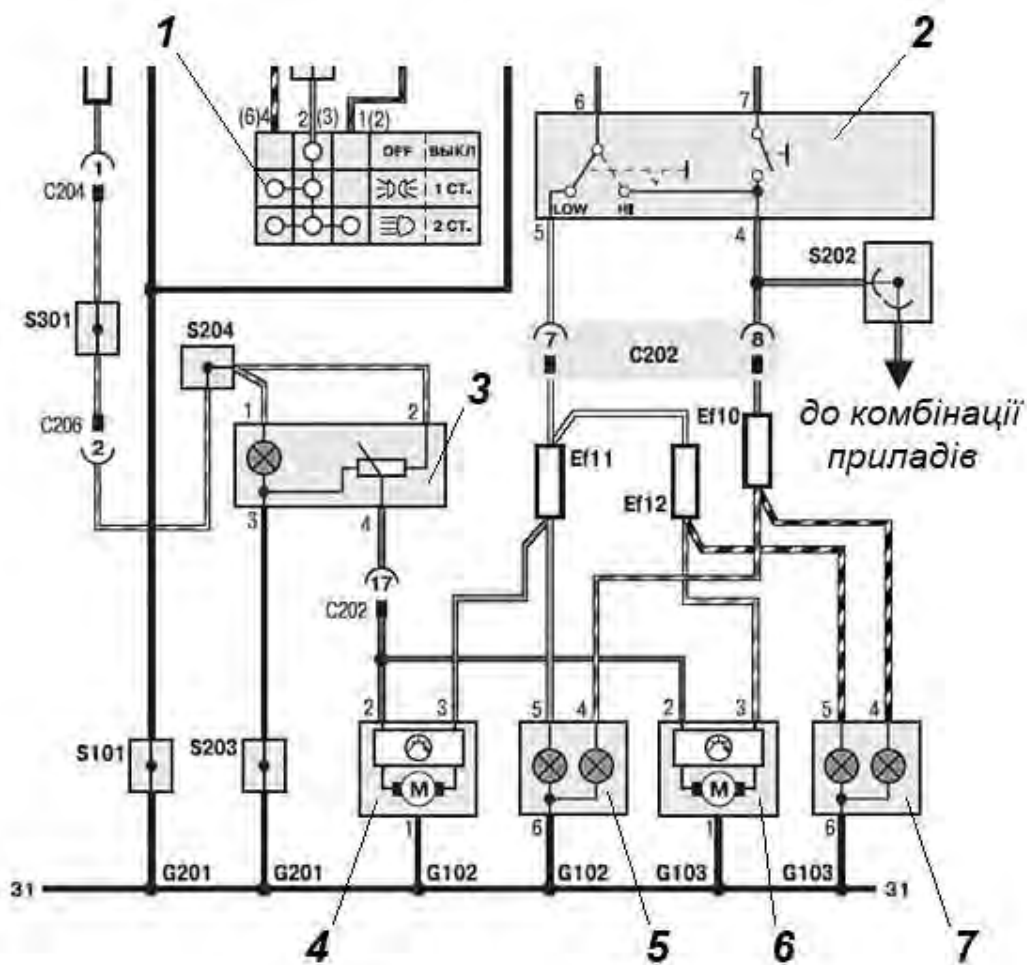
На частині електричної схеми представлений на рис 1.29 показано досить складний елемент – електронний блок управління (ЕБУ). Такий блок ще можуть називати контролером. На даному рисунку зображені не всі виводи ЕБУ, а лише ті, які потрібні для наведеної схеми. На схемах приведених нижче також буде присутній ЕБУ, але вже з тими виводами, які необхідні для конкретної схеми [47].



1 - електромагнітний клапан рециркуляції відпрацьованих газів; 2 - двоходовий клапан; 3 - гравітаційний клапан; 4 - комбінація приладів; 5 - електронний блок керування двигуном; 6 - датчик швидкості

Рис. 1.31. Клапани в електричних схемах мобільних машин – зображення і позначення [47]

Варто також відзначити, що кожен складовий елемент мережі мобільної машини, який має транзисторні ключі, або мікросхеми в своєму складі помічається значком з зображенням транзистора.



1 – центральний перемикач зовнішнього освітлення; 2 - перемикач показників повороту; 3 - перемикач коректора фар; 4 - коректор лівої фари; 5 - ліва фара автомобіля; 6 - коректор правої фари; 7 - права фара автомобіля

Рис. 1.32. Прилади освітлення в електричних схемах мобільних машин – зображення і позначення [47]

На схемі, представлений на рис. 1.30 також зображений ЕБУ, але вже з іншими виводами. За зображеними на схемі електронними ключами 5 в ЕБУ можна зрозуміти, яку функцію в даному випадку виконує контролер: замикає дані лінії на «масу», тобто живить елементи, підключені до цих провідників і плюсової клеми АКБ [47].

На рис. 1.31 показано приклад схеми із зображенням клапанів. Тут варто розрізняти клапани. Зокрема, у двухходового клапана контакти пронумеровані, а в інших не пронумеровані. На зображенні датчика швидкості зображений транзистор, значить в елементі присутній напівпровідниковий елемент.

На рис. 1.32 зображено елементи освітлення мобільного транспортного засобу. У таких складних перемикачів як замок запалювання або центральний перемикач зовнішнього освітлення є набір контактів, між якими в різних положеннях перемикача комутується струм. На схемі показаній на рис. 1.32 видно, в якому режимі роботи перемикача які контакти з'єднуються [47].

1.7.3. Загальні правила підключення споживачів в електричних схемах мобільних машин

Для забезпечення ефективної і надійної роботи приладів електрообладнання мобільної машини необхідно дотримуватись загальних правил підключення споживачів, а саме:

- до акумуляторної батареї, як правило, підключаються агрегати, які споживають струм великої сили і працюють короткочасно (стартер, прикурювач), а також агрегати, які повинні працювати в аварійних умовах (звуковий сигнал, переносна і підкапотна лампи тощо);
- до генератора, як правило, підключаються ті агрегати, які споживають струм не великої сили і працюють тривалий час;
- через замок запалювання, як правило, підключаються прилади і агрегати, які працюють тільки під час роботи двигуна;

- через центральний перемикач освітлення, як правило, підключаються всі прилади освітлення.

1.8. Основні електричні величини і поняття

Вивчення електрообладнання мобільних машин супроводжується використанням основних електричних величин і понять, перелік і сутність яких приведено нижче.

Електрика – сукупність явищ, пов'язаних з існуванням, рухом і взаємодією електричних зарядів. Існує два роди електричних зарядів:

- позитивні;
- негативні.

У просторі, де знаходиться електричний заряд існує електричне поле, що проявляється у притягуванні, або відштовхуванні зарядів. Однією з характеристик електричного поля є електрична сила.

Електрична сила – це сила, з якою електричне поле діє на внесений в нього заряд.

Електричний струм – впорядкований (направлений) рух заряджених частинок (електронів). Обов'язкова умова отримання електричного струму – наявність замкнутого електричного кола.

Зовнішнє електричне коло – частина електричного кола, яка приєднана до затискачів джерела струму.

Сила струму – кількість електричного заряду, який проходить через поперечний переріз провідника за одну секунду.

Електрорушійна сила (ЕРС) – сила, яка викликає рух електричного струму по всьому електричному колу.

Напруга – частина ЕРС, яка викликає рух електричного струму по зовнішньому колу. Це величина, яка характеризує електричне поле.

Провідники – матеріали, які створюють не значний опір проходження струму.

Непровідники (діелектрики, ізолятори) – матеріали, які практично не проводять струм у нормальних умовах.

Напівпровідники – матеріали, які займають проміжне положення між провідниками і ізоляторами. Їх питомий опір змінюється залежно від температури (в оберненій пропорційності) і наявності постійних домішок.

Електричний опір – протидія провідника рухові електричного струму. Опір залежить від довжини, перерізу і матеріалу провідника. Тонкі і довгі провідники мають більший опір ніж товсті і короткі. Мідний провідник має менший опір ніж сталевий.

Закон Ома. Сила струму I прямо пропорційна прикладеній напрузі U і обернено пропорційна опору провідника R ,

$$I = \frac{U}{R}. \quad (1.1)$$

Потужність електричного струму – робота, яка здійснюється за 1 с. (виражається добутком сили струму на напругу).

$$W = I \times U, \quad (1.2)$$

де W - потужність електричного струму, Вт;

I - сила струму, А;

U – напруга, В.

Змінний струм – електричний струм, який змінюється за напрямком і значенням.

Постійний струм – електричний струм, який забезпечує рух електронів (заряджених частинок) в одному напрямку.

Магнітне поле – поле, яке виникає в просторі, який оточує провідники з струмом і постійні магніти. Магнітне поле не має джерела.

Електромагнітна індукція – явище виникнення електричного струму в замкнутому провіднику (котушці) при пересіченні ним магнітних силових ліній, або зміни кількості і напрямку силових ліній навколо провідника. На явищі електромагнітної індукції базується робота генератора.

Вихрові струми – при переміщенні масивної деталі в магнітному полі, в ній індукується струм. При проходженні таких струмів в замкнутих контурах масивних деталей останні нагріваються. Таке явище може призвести до порушення ізоляції провідників і втрат енергії. Для ліквідації цього явища такі деталі виготовляють з тонких пластин металу (статори, трансформаторне осердя тощо).

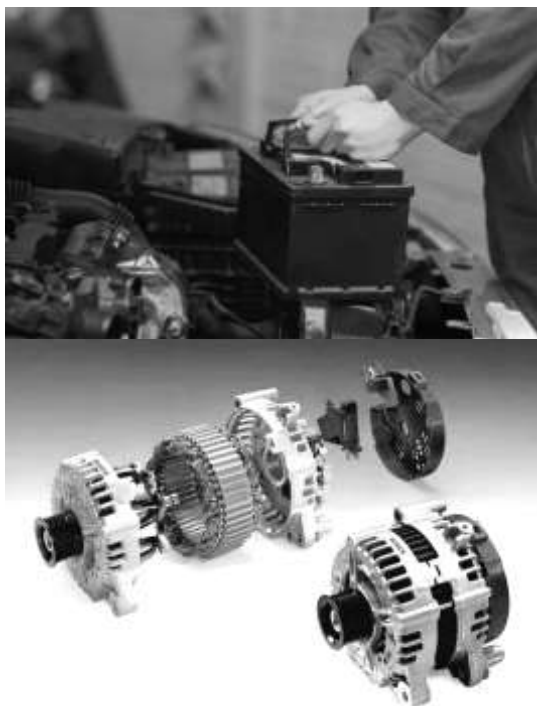
Електрорушійна сила самоіндукції і взаємоіндукції. Якщо в середині котушки якимось чином змінити магнітний потік (шляхом зміни величини, або напрямку струму), то при зміні власного магнітного поля котушки її витки перетинаються власними магнітними силовими лініями і тому в витках індукується ЕРС (ЕРС самоіндукції).

Якщо на одному осерді розмістити дві котушки і змінювати струм в одній, то буде змінюватися магнітний потік і індукуватися ЕРС в обох котушках. При цьому ЕРС першої котушки називається ЕРС самоіндукції, а ЕРС другої – ЕРС взаємоіндукції.

Явище індуктивності використовується при перетворенні струму (котушки, трансформатори тощо).

Електрична ємність – здатність тіла вміщувати певну кількість електричної енергії. Електрична ємність вимірюється в фарадах (Φ).

Таким чином, в першому розділі посібника ми ознайомилися з загальними відомостями щодо електрообладнання мобільної машини. Зокрема, ознайомились з основними історичними віхами стосовно розвитку електрообладнання, умовами його роботи та основними вимогами до нього. Ознайомилися з загальними принципами побудови схем електрообладнання мобільних машин в розрізі груп приладів, які його утворюють. Розглянули варіанти представлення схем електрообладнання мобільних машин в технічній літературі. Ознайомилися з особливостями читання схем електрообладнання сучасних мобільних машин. В наступних розділах посібника розглянемо особливості конструкції приладів електрообладнання в розрізі їх груп.



РОЗДІЛ 2.

ДЖЕРЕЛА ЕЛЕКТРИЧНОГО СТРУМУ

Функціонування мобільної машини можливе за умови забезпечення робочого процесу енергетичної установки, здійснення керування нею зокрема і мобільною машиною (її вузлами і агрегатами) в цілому, автоматизації процесів керування тощо. Для забезпечення цих вимог сучасна мобільна машина повинна включати розгалужену систему електричних і електронних пристроїв, робота яких заснована на використанні електричного струму, який повинен вироблятися, у будь-який спосіб, на борту машини. Тобто на борту машини для забезпечення роботи електричних та електронних пристроїв необхідно мати, принаймні одне, або кілька джерел струму.

З шкільного курсу фізики відомо, що електричний струм можна отримати з допомогою рамки, яка обертається в магнітному полі. На цьому заснований принцип дії найпростішого генератора – механічного джерела енергії. Саме такий пристрій покладено в основу головного джерела енергії на мобільній машині. Однак, в процесі роботи як мобільна машина в цілому, так і силова установка мобільної

машини, від вихідного вала якої, зазвичай, здійснюється привід генератора, може працювати в різних режимах, а саме:

- пуск двигуна не рухомої мобільної машини;
- робота двигуна не рухомої мобільної машини на холостому ході;
- усталений рух мобільної машини з малими навантаженнями;
- усталений рух мобільної машини з середніми навантаженнями;
- усталений рух мобільної машини з номінальним навантаженням;
- розгін мобільної машини;
- сповільнення мобільної машини.

Останнє приводить до різних частот обертання ротора генератора і, відповідно, до різних значень струму, який подає генератор в мережу мобільної машини. Робота приладів електрообладнання на різних струмах приведе до різних значень вихідних параметрів величин, які повинні бути отримані на виході електричних і електронних пристроїв електрообладнання, що може привести як до помилкових показів вимірювальних приладів, не штатних режимів роботи обладнання, так і до виходу з ладу цих приладів та обладнання. З метою уникнення подібної ситуації, а також для забезпечення запуску силової установки на мобільних машинах використовують, в якості додаткового джерела струму, ще і акумуляторну батарею – хімічне джерело струму. Крім того, сьогодні широкого застосування набули мобільні машини, які працюють повністю на електриці, що вносить суттєві корективи в сутність робочого циклу таких машин, які, в першу чергу пов'язані з їх електрообладнанням.

Нижче приведені характеристики, загальна будова, принцип дії, несправності та технічне обслуговування джерел струму, які використовуються на мобільних машинах.

2.1. Акумуляторна батарея

2.1.1. Загальні відомості про акумуляторні батареї

В основі сучасних акумуляторів і акумуляторних батарей на їх базі лежить гальванічний елемент - хімічне джерело електричного струму, названий на честь його винахідника Луїджі Гальвані. Принцип дії гальванічного елемента заснований на взаємодії двох металів через електроліт, що призводить до виникнення в замкнутому ланцюзі електричного струму.

Перше роботоздатне хімічне джерело струму було винайдено в 1800 році італійським вченим Алессандро Вольтою. Це був «елемент Вольта» – місткість, в якій розміщували цинкові та мідні пластини залиті сірчаною кислотою. Вольта зібрав батарею з цих елементів, яку згодом назвали «вольтовим стовпом» - рис. 2.1 [118]. Цей винахід згодом був використаний іншими вченими у своїх дослідженнях. Наприклад, російський академік В. В. Петров побудував у 1802 році вольтову колону з 2100 елементами, щоб генерувати дугу. У 1836 році англійський хімік Джон Даніель вдосконалив елемент Вольта, помістивши цинкові та мідні електроди в розчин сірчаної кислоти. Ця конструкція отримала назву «елемент Даніеля».

У 1859 році французький фізик Гастон Планте винайшов свинцево-кислотний акумулятор, розмістивши тонку свинцеву пластину, згорнуту в рулон в сірчаній кислоті. Цей тип елемента і до



*Алессандро Джузеппе
Антоніо Анастасіо Вольта*

Вольтів стовп

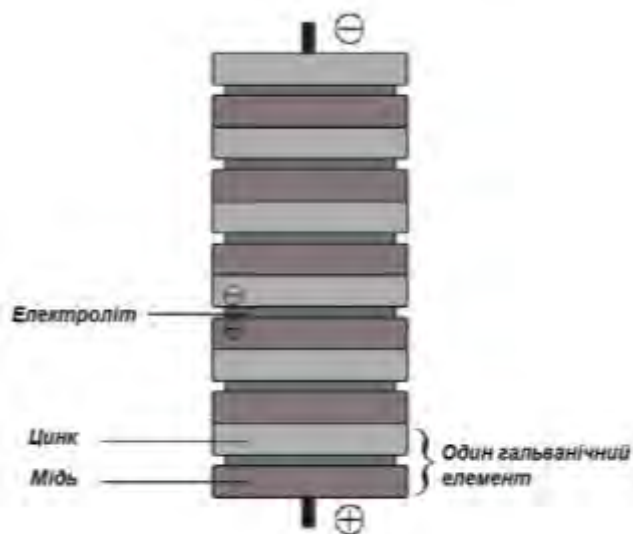


Рис. 2.1. Алессандро Вольта і вольтів стовп

тепер використовується в якості основного типу акумулятора для мобільних машин.

У 1865 році французький хімік Ж. Лекланше запропонував власний гальванічний елемент (елемент Лекланше), який складався з цинкової склянки, наповненої водним розчином хлориду амонію або іншої хлоридної солі, в якій агломерат оксиду марганцю (*IV*) MnO_2 використано в якості деполяризатора з вугільним струмовідводом. Модифікація цієї конструкції досі використовується в соляних батареях для різних побутових приладів.

У 1890 році російський емігрант Конрад Хюберт створив перший ліхтарик у Нью-Йорку. І вже в 1896 році компанія «National Carbon» розпочала масове виробництво перших в світі сухих елементів Лекланше «Колумбія».

Найдавніший досі функціонуючий гальванічний елемент - срібно-цинкова батарея, яка була виготовлена в Лондоні в 1840 р. Підключений до двох таких послідовно з'єднаних акумуляторних батарей, дзвінок працює досі в Кларендонській лабораторії Оксфордського університету.

На даний момент в світовій практиці використовується п'ять основних типів акумуляторів, які відрізняються хімічним складом активних речовин, а саме [8]:

❖ основа активних речовин *нікель-кадмій (NiCd)*. Добре розвинена і вивчена технологія створення акумуляторів *NiCd*, однак щільність енергії для таких акумуляторів має низькі значення. Застосовуються там, де важлива довговічність, можливість забезпечити високий струм навантаження і низьку вартість. Основні сфери застосування батарей на базі акумуляторів типу *NiCd* [8]:

- портативні радіоприймачі;
- медичне обладнання;
- професійні відеокамери;
- електроінструменти.

Акумулятори *NiCd* містять токсичні речовини та забруднюють навколишнє середовище.

❖ основа активних речовин *гідрид нікелю (NiMH)*. Порівняно з акумуляторами в основі активних речовин яких використано *NiCd*, вони мають більшу щільність енергії, але коротший термін експлуатації. Акумулятори типу *NiMH* не містять токсичних матеріалів. Переважна сфера застосування акумуляторних батарей на базі акумуляторів типу *NiMH* [8]:

- мобільні телефони;

- портативні комп'ютери.

❖ основа активних речовин літій-іонний (Li-ion). Технологія створення акумуляторів, яка сьогодні розвивається найбільш швидкими темпами. Акумуляторні батареї на базі акумуляторів типу **Li-ion** застосовуються там, де потрібна висока щільність енергії та мала вага. Акумулятор типу **Li-ion** дорожчий за всі інші акумулятори. Під час роботи необхідно, з міркувань безпеки, суворо дотримуватися режими заряду та розряду, які визначені виробником. Основна сфера використання батарей створених на базі акумуляторів типу **Li-ion** [8]:

- комп'ютери;
- мобільні телефони.

❖ основа активних речовин літій-полімер (Li-polymer).

Акумулятор, в основі якого використано літій-полімерні активні речовини розроблений як більш дешева версія літій-іонних акумуляторів. Цей тип акумуляторів за щільністю енергії схожий на акумулятори типу **Li-ion**. Це робить батареї, створені на базі акумуляторів типу **Li-polymer** дуже компактними. Основне місце використання:

- мобільні телефони.

❖ основа активних речовин свинець - двоокис свинцю - кислота (LA) свинцево-кислотні акумулятори. Найбільш поширеніший тип акумуляторів у світі виходячи з їх ємності. Використання батарей, створених на базі свинцево-кислотних акумуляторів передбачається, переважно, там, де потрібна велика потужність, а вага має не істотне значення. Основна сфера застосування батарей на базі свинцево-кислотних акумуляторів [8]:

- стартерні акумуляторні батареї.

Різновидом свинцево-кислотних акумуляторів є герметичні свинцево-кислотні акумулятори (*SLA*). Це тип свинцево-кислотних акумуляторів і акумуляторних батарей на їх базі використовують там, де потрібна велика потужність, а вага не другорядне значення. Основними сферами використання батарей на базі акумуляторів типу *SLA* є:

- стаціонарне медичне обладнання;
 - електромобілі;
 - системи аварійного електроживлення;
 - джерела безперебійного живлення (ДБЖ).
- ❖ основа активних речовин *алкаліни (метали - луги)*

(алкалінові акумулятори, або лужні акумулятори). Батареї, створені на базі лужних акумуляторів призначені для заміни побутових батарей. Батареї на базі лужних акумуляторів використовують у випадках, коли немає потреби у великій потужності. Короткий термін служби цих акумуляторів компенсується дуже низьким струмом саморозряду. В побуті батареї на базі лужних акумуляторів використовуються для [8]:

- портативних радіоприймачів;
- портативних ліхтариків.

В табл. 2.1 приведені параметри найбільш популярних акумуляторів.

Як вказувалось вище, для практичного використання акумулятори об'єднують в акумуляторні батареї. Сьогодні, такі акумуляторні батареї використовуються на різних типах мобільних машин. Вони відрізняються призначенням, типом, розмірами тощо. На рис. 2.2 показано акумуляторну батарею стартерного типу, яка використовується на тракторах, автомобілях і інших подібних

Таблиця 2.1 – Технічні та технологічні характеристики акумуляторів [8]

Найменування показника	<i>NiCd</i>	<i>NiMH</i>	<i>Lead Acid</i>	<i>Li-ion</i>	<i>Li-ion polymer</i>	<i>Reusable Alkaline</i>
Щільність енергії (Вт× год/кг)	45-80	60-120	30-50	110-160	100-130	80
Внутрішній опір, мОм	100-200 (6V)	200-300 (6V)	<100 (12V)	150-250 (7.2V)	200-300 (7.2V)	200-2000 (6V)
Кількість циклів заряду-розряду (до досягнення 80% від номінальної ємності)	1500	300 - 500	200 –300	500 - 1000	300 -500	50 (до 50%)
Час швидкого заряду, год	1	2 - 4	8 - 16	2 - 4	2 - 4	2 - 3
Чутливість до перезаряду	середня	висока	низька	дуже висока	висока	середня
Саморозряд за місяць (при кімнатній температурі), %	20	30	5	10	≈ 10	0.3
Напруга осередку (номінальне)	1.25 В	1.25 В	2 В	3.6 В	3.6 В	1.5 В
Струм навантаження (о відношенню до ємності <i>C</i>) - піковий - оптимальний	20 <i>C</i> 1 <i>C</i>	5 <i>C</i> 0.5 <i>C</i> або нижче	5 <i>C</i> 0.2 <i>C</i>	> 2 <i>C</i> 1 <i>C</i> або нижче	> 2 <i>C</i> 1 <i>C</i> або нижче	0.5 <i>C</i> 0.2 <i>C</i> або нижче
Робоча температура (тільки під час розряду)	-40 - 60 °С	-20 - 60 °С	-20 - 60 °С	-20 - 60 °С	0 - 60 °С	0 - 65 °С
Вимоги до періодичності обслуговування	30 - 60 днів	60 - 90 днів	3 - 6 місяців	не потрібно	не потрібно	не потрібно

мобільних машинах. На рис. 2.3. показано акумуляторний відсік підводного судна. Як видно з рисунка 2.3 акумуляторні батареї можуть мати дуже великий розмір і, відповідно, займати багато місця в корпусі машини, що приводить до необхідності виділення окремого приміщення для розташування акумуляторних батарей.

На рис. 2.4. показано один з варіантів компонування акумуляторних батарей на наземній мобільній машині з електричною тягою.

Більш детально розглянемо акумулятори і батареї на їх базі, які використовуються на наземних мобільних машинах.



Рис. 2.2. Акумуляторна батарея стартерного типу для автомобіля



Рис. 2.3. Акумуляторний відсік підводного судна

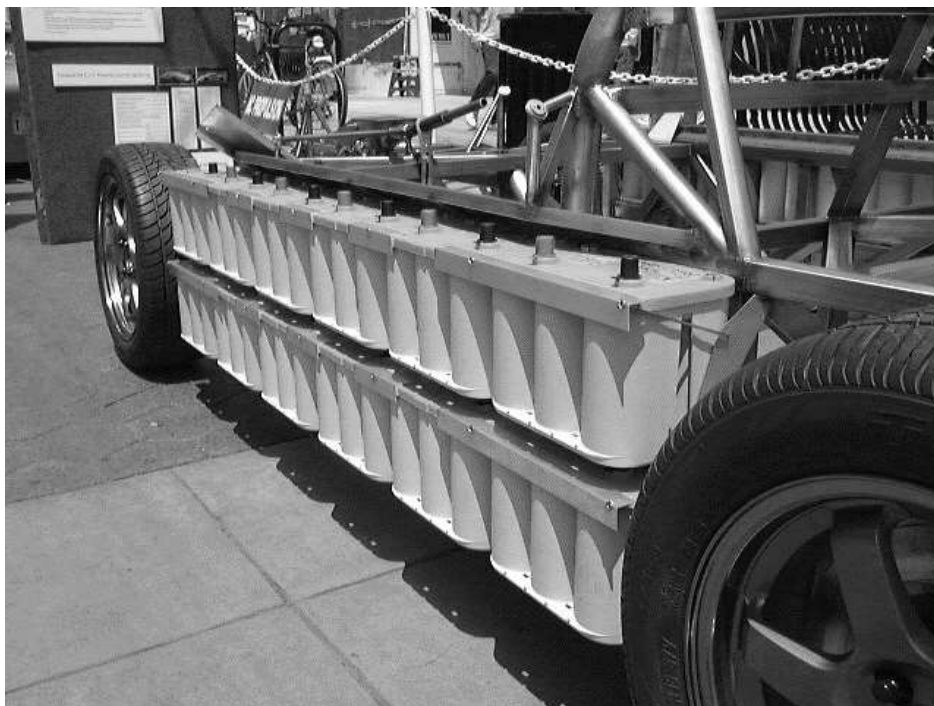


Рис. 2.4. Акумуляторна батарея мобільної машини на електричній тязі

2.1.2. Призначення і класифікація акумуляторних батарей для мобільних машин

На мобільних машинах, для забезпечення необхідної потужності, використовуються акумуляторні батареї, які складаються з акумуляторів.

Акумулятор – хімічне джерело енергії багаторазової дії, яке необхідно попередньо заряджати.

Перетворення енергії в акумуляторі здійснюється в результаті хімічних процесів. З'єднання де-кількох акумуляторів в одному корпусі утворює акумуляторну батарею.

Акумуляторна батарея, яка встановлюється на мобільній машині призначена для живлення споживачів електричної енергії при непрацюючому двигуні, при пуску його і роботі з не високими частотами обертання, коли напруга генератора менша ніж напруга акумуляторної батареї.

Акумуляторні батареї, які використовуються на мобільних машинах класифікуються за наступними ознаками:

- за хімічним складом робочої рідини:
 - лужні;
 - свинцево-кислотні;
- за номінальною напругою:
 - 6 В;
 - 12 В;
- за кількістю акумуляторів в батареї, шт:
 - 3;
 - 6.

Акумуляторна батарея, яка використовується на мобільній машині може бути створена на базі 3-х, 6-и і, навіть 12-и акумуляторів, однак 12 акумуляторів практично не використовується в наземних мобільних машинах. Номінальна напруга одного акумулятора, який входить до батареї складає 2 В.

На мобільних машинах використовують переважно свинцево-кислотні акумулятори. Це пояснюється тим, що на сучасних мобільних машинах основним джерелом енергії є двигун внутрішнього згоряння (ДВЗ), пуск якого здійснюється якраз з допомогою електричного стартера з двигуном постійного струму. І під час прокручування колінчастого вала ДВЗ для створення необхідного крутного моменту такий електричний двигун стартера споживає значний струм (150 ...

1500 А). Високими розрядними характеристиками володіють якраз свинцево-кислотні акумулятори.

Крім того, важливим показником є габарити батареї. Зокрема, для складання батареї однакової напруги і ємності, лужна акумуляторна батарея буде більшою за своїми габаритами за кислотну у 2,0 ... 2,2 рази. Енергетичний і ємнісний К.К.Д. Свинцево-кислотних акумуляторів також вищий ніж лужних. Останнє пояснюється тим, що падіння напруги при включенні навантаження у кислотних (свинцевих) акумуляторів менше тому, що їх внутрішній опір значно нижчий ніж лужних.

Однак лужні акумулятори мають і свої переваги. Основними серед них є наступні:

- ✓ не значний саморозряд;
- ✓ під час розряду струмами великої сили пластини (електроди) лужних акумуляторів не піддаються коробленню;
- ✓ пластини не розбухають і не б'ються коротких замикань;
- ✓ лужні акумулятори мають значну міцність.

Названі вище переваги лужних акумуляторів багато в чому і визначили сферу їх застосування. В основному це мережі, де недопускається їх значний розряд і можливі механічні навантаження, зокрема вібрації. На мобільних машинах лужні акумулятори можуть використовуватися в якості тягових на електромобілях і інших, подібних їм машинах.

Загалом сьогодні можна виокремити і інші типи акумуляторів. Розмаїття типів акумуляторів продиктоване намагання виробників знайти найбільш ефективну конструкцію для тривалого і надійного використання в умовах рядової експлуатації. В такому випадку доцільним є короткий аналіз основних типів існуючих акумуляторів з висвітленням їх головних переваг і недоліків, що проведено з використанням доступних інтернет джерел [12].

2.1.3. Короткий аналіз різновидів сучасних акумуляторів і акумуляторних батарей на їх базі для мобільної техніки та перспективи їх розвитку

Перед початком розгляду даного матеріалу важливим є усвідомлення того, що в даний час існує багато конструкцій акумуляторів і акумуляторних батарей, які створені на їх базі. Таке розмаїття може бути пояснене різноманітністю сфер їх застосування. Сучасні акумулятори і акумуляторні батареї, створені на їх базі використовуються в різних сферах життєдіяльності людини (портативні електричні і електронні пристрої, блоки живлення тощо). Відомо, що найбільш поширеними сьогодні є акумулятори для мобільної техніки. Ці пристрої працюють в підкапотному просторі автомобіля, спеціальному акумуляторному відсіку трактора, самохідного комбайна, надводних та підводних суден, літальних апаратів по всьому світу. Однак, не всі акумулятори і акумуляторні батареї, створені на їх базі однакові за конструкцією, умовами експлуатації та характеристиками. Розглянемо найбільш поширені конструкції акумуляторів і акумуляторних батарей, створених з їх використанням.

2.1.3.1. Сурмянисті акумулятори і акумуляторні батареї на їх базі

Це застарілий тип акумуляторів, які широко використовувалися в обслуговуваних акумуляторних батареях – рис. 2.5. В свинцевих пластинах цих акумуляторів міститься більше 5 % сурми (**Sb**). Сурма в акумуляторах використовувалась для підвищення міцності пластин

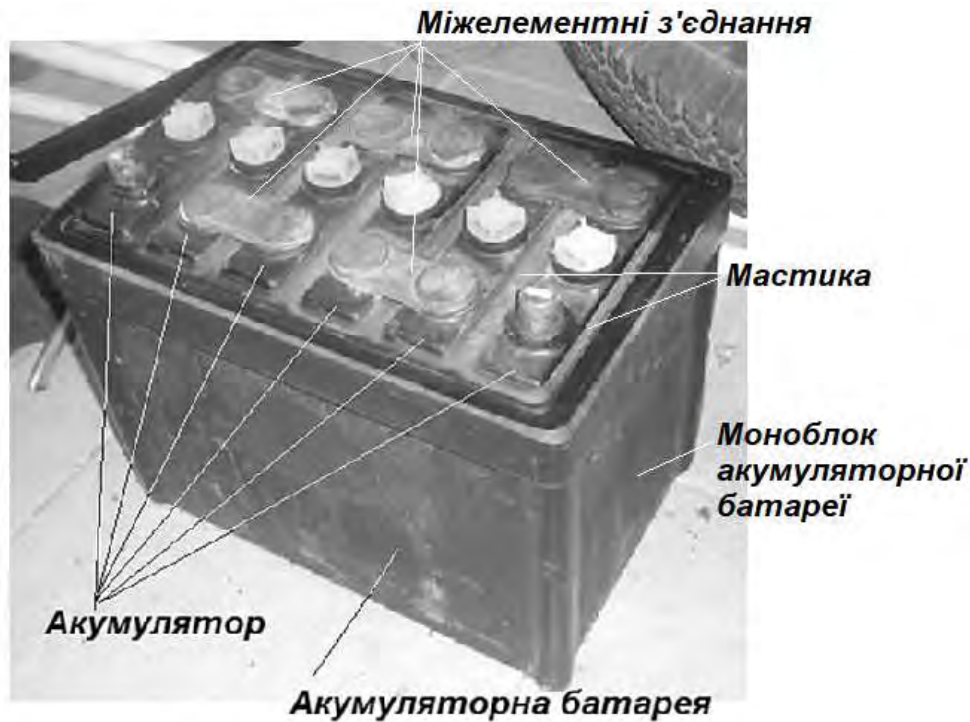


Рис. 2.5. Сурмянісі акумулятори в батареї

(електродів акумулятора). Чистий свинець дуже м'який і у чистому вигляді не підходить для використання в акумуляторі. Сурма викликає різке підвищення активності процесу електролізу, який розпочинається в акумуляторі за напруги 12 В. В результаті електролізу виділяється водень і кисень. Візуально цей процес виглядає як закіпання електроліту з інтенсивним газовиділенням у вигляді бульбашок [12].

В сурмянистих акумуляторах велика втрата води з електроліту за рахунок випаровування. Через зниження рівня електроліту оголяються пластини електродів. Щоб цього не відбувалося потрібно періодично перевіряти рівень електроліту і доливати, за необхідності, дистильовану воду. В результаті цього сурмяністі акумулятори називають обслуговуваними. Крім того, акумуляторні батареї, створені на базі сурмянистих акумуляторів можна ремонтувати шляхом заміни акумулятора, який вийшов з ладу. Для цього варто розрізати пилкою

для металу міжелементні з'єднання, видалити мастику і демонтувати (витягнути) пошкоджений акумулятор з моноблока (див. рис. 2.5). Після демонтажу не справного акумулятора вставляють у моноблок справний акумулятор, герметизують його мастикою в корпусі, пропаюють міжелементні з'єднання, заливають електролітом, заряджають акумуляторну батарею на зарядній станції і після зарядки передають в експлуатацію.

Сьогодні сурмянисті батареї практично не використовуються в якості стартерних. Їх змінили більш прогресивні модифікації акумуляторів.

Сурмянисті акумулятори ще використовуються в батареях для стаціонарних джерел струму, де головним критерієм є невибагливість батареї. А сучасні акумулятори для акумуляторних батарей мобільних машин випускають із значно меншим вмістом сурми [12].

2.1.3.2. Малосурмянисті акумулятори і батареї на їх базі

Пластини (електроди) з меншим вмістом сурми почали використовувати для того, щоб зменшити інтенсивність випаровування води з електроліту. До малосурмянистих типів акумуляторів відносяться ті, які мають у складі пластин менше 5 % сурми. В результаті їх використання вдалося уникнути частого доливання дистильованої води. Однак, це говорить про те, що такі акумулятори майже не потребують обслуговування. Ще однією перевагою малосурмянистих акумуляторів є менший саморозряд під час зберігання, порівняно з сурмянистими акумуляторами. Акумуляторні батареї, створені на базі таких акумуляторів часто називають

необслуговуємими, але більш правильно буде називати їх малообслуговуємими – рис. 2.6 [12].



Рис. 2.6. Акумуляторна батарея на базі малосурмянистих акумуляторів

Твердження про «необслуговуємість» малосурмянистих акумуляторних батарей – це рекламний лозунг. Втрати води в цих акумуляторах також присутні, тому перевіряти рівень і доливати дистильовану воду, хоч і рідше ніж у сурмянистих батарей, але все ж потрібно, про що свідчить наявність пробок в кришці акумуляторної батареї відповідно кількості акумуляторів [12].

До переваг малосурмянистих акумуляторних батарей можна віднести їх пристосованість до електричних параметрів бортової мережі. Якщо в мережі виникають перепади напруги, то параметри батареї не істотно реагують на них. Ця особливість малосурмянистих акумуляторів і батарей на їх базі не характерна для сучасних нових типів акумуляторів: кальцієвих, AGM, гелевих. Спеціалісти вважають, що малосурмянисті акумуляторні батареї найкраще пристосовані для експлуатації на вітчизняних мобільних машинах. Це пояснюється тим, що ще далеко не на всіх мобільних машинах вітчизняних виробників забезпечується стабільність напруги бортової мережі і, крім того, досить важливою причиною такого висновка є доступна вартість власне акумуляторних батарей [12].

2.1.3.3. Кальцієві акумулятори і батареї на їх базі

В окремих типах акумуляторів до свинцю, з якого відливають решітки електродів додають кремній. Додавання кремнію в свинцеві решітки замість сурми також стало вирішенням проблеми зменшення випаровування дистильованої води з електроліту. Іноді на акумуляторних батареях цього типу проставляють маркування типу **Ca/Ca** – рис. 2.7. Таке позначення вказує на те, що кальцій включений до решіток пластин позитивних і негативних електродів. Окремі виробники ще додають, в не значних кількостях, срібло. Останнє дозволяє зменшити внутрішній опір акумулятора зокрема і батареї в цілому, що приводить до підвищення ККД і ємності. Однак головною особливістю кальцієвих акумуляторів і батарей на їх базі стало зниження інтенсивності електролізу і, відповідно, інтенсивності зниження рівня електроліту через викіпання води [12].



Рис. 2.7. Маркування на кальцієвій батареї

Сьогодні випускаються моделі кальцієвих акумуляторних батарей, в яких за весь термін експлуатації випаровування дистильованої води практично відсутнє. За таких умов за весь термін експлуатації практично не потрібно перевіряти рівень електроліту і його густину. В такому випадку по відношенню до такого акумулятора, чи акумуляторної батареї термін «не обслуговуєма» буде коректним. Окрім не значного випаровування дистильованої води акумулятори кальцієвого типу володіють низькою схильністю до саморозряду. Порівняно з сурмянистими акумуляторами саморозряд менший, орієнтовно, на 70 %. В підсумку акумуляторні батареї типу **Ca/Ca** можуть значно довше зберігати свої експлуатаційні характеристики під час зберігання. По суті, в результаті заміни сурми кальцієм вдалося підвищити напругу, яка необхідна для запуску процесу електролізу з 12 до 16 В. Тому і перезаряд акумулятора став не критичним.

Однак, будь-який пристрій має як переваги, так і недоліки. До недоліків кварцевих акумуляторів можна віднести те, що вони більш чутливі до сильного розряду на відміну від інших типів акумуляторів. Достатньо 3 ... 4 сильних розряди, як ємність акумуляторної батареї (і, відповідно,

аккумулятора) незворотно падає. Це означає, що сильно зменшується кількість накопичуваного батареєю струму. У такому випадку аккумуляторна батарея потребує заміни.

Також слід зауважити, що батареї кальцієвого типу дуже чутливі до електричних характеристик бортової мережі мобільної машини. Вони не пристосовані до значних коливань напруги бортової мережі. Тому, перед встановленням такої аккумуляторної батареї на мобільну машину необхідно переконатися в паспортній роботоздатності генераторної установки і інших пристроїв бортової мережі машини.

Варто також звернути увагу на те, що вартість аккумуляторної батареї кальцієвого типу вища ніж малосурмянистої аккумуляторної батареї. Зазвичай аккумуляторні батареї **Ca/Ca** встановлюють на іномарки з стандартним набором опцій. На таких мобільних машинах встановлюються якісні прилади електрообладнання і гарантується стабільність електричних характеристик. При виборі аккумуляторних батарей кальцієвого типу не потрібно забувати, що під час експлуатації не варто допускати глибокого розряду батареї [12].

2.1.3.4. Гібридні аккумулятори і батареї на їх базі

На моноблоці, чи кришці таких аккумуляторних батарей іноді проставляють маркування **Ca +**, або **Ca/Sb** – рис. 2.8. Решітки електродів в таких аккумуляторах виконуються за різними технологіями. Позитивні електроди виготовляються з додаванням сурми, а негативні – з додаванням кальцію. Гібридні аккумулятори – це спроба поєднати позитивні властивості цих типів аккумуляторів і, відповідно, батарей на їх базі. Результатом такого поєднання стали середні характеристики аккумуляторів.



Рис. 2.8. Маркування на гібридній акумуляторній батареї

Витрати дистильованої води в гібридних акумуляторних батареях в процесі випаровування менші ніж у малосурмянистих батарей і більші ніж у кальцієвих. Однак цей тип акумуляторів і батарей більш стійкий до глибокого розряду і перепадів напруг в електричній мережі мобільної машини [12].

2.1.3.5. AGM і гелеві акумулятори та батареї на їх базі

Акумулятори і акумуляторні батареї, які випускаються згідно технології AGM і GEL (зазвичай їх називають гелевими), мають електроліт у зв'язаному вигляді – рис. 2.9.



Рис. 2.9. Акумуляторна батарея, яка випускаються згідно технології AGM або GEL

Цей вид батарей став спробою вирішити проблему безпечної експлуатації батарей. Адже в класичних акумуляторах і батареях електроліт може витекти при перевертанні машини, або руйнуванні моноблока (корпуса). Сірчана кислота є агресивною речовиною і несе в собі небезпеку для оточуючого середовища і людини. Тому проблему спробували вирішити за рахунок зміни агрегатного стану електроліту – перевели його у зв'язаний стан і обмежили текучість. Окрім покращення показників безпеки в гелевих акумуляторах і батареях вдалося обмежити обсіпання активної маси електродів [12].

Відмінності між технологіями AGM і GEL полягає у способі зв'язування електроліту. В батареях типу AGM електролітом насичується пористе скловолокно, яке знаходиться між пластинами.

Абревіатура AGM розшифровується як Absorbent Glass Mat або в перекладі на українську «скломатеріал що абсорбує». За технологією GEL електроліт переводять в гелеподібний стан з допомогою добавок сполук кремнію. Часто акумуляторні батареї, виконані за цими технологіями, узагальнено називають гелевими.

Оскільки цей тип акумуляторів не містить, в якості активної речовини, рідкого електроліту, то вони не бояться встановлення в похилому положенні. Однак, не дивлячись на заяви маркетологів, експлуатувати ці акумуляторні батареї в перевернутому стані не слід.

До переваг акумуляторних батарей типу AGM і GEL слід віднести низький рівень саморозряду і високу стійкість до вібрації. Крім того, акумуляторні батареї такого типу мають ще одну перевагу. Вони можуть видавати високий пусковий струм незалежно від заряду батареї і, практично, до її повного розряду. Після глибокого розряду акумуляторні батареї типів AGM і GEL повністю відновлюють свою ємність і можуть витримувати велику кількість заряд-розряд (біля 200).

Недоліком акумуляторних батарей типів AGM і GEL є процес їх заряду. Заряд цього виду акумуляторних батарей проводиться меншими значеннями струму, ніж у випадку класичних свинцево-кислотних моделей. Ці акумуляторні батареї потребують використання зарядного пристрою із спеціальними можливостями. До вибору зарядних пристроїв для гелевих акумуляторних батарей необхідно відноситись зважено, керуючись певними рекомендаціями, які можна відшукати в мережі Internet.

Крім того, акумуляторні батареї гелевого типу вимогливі до стабільності електричних параметрів в бортовій мережі мобільної машини.

За низької температури (нижче 0 °C) акумулятори типу AGM і GEL працюють подібно акумуляторам з рідким електролітом, тобто можуть

утворюватися збої в роботі. За мінусових температур падає провідність гелеподібного електроліту. Термін експлуатації батарей цього типу може досягати 10 років, але на практиці ця межа досягає, в середньому, 6 ... 7 років. В окремих випадках гелеві акумулятори підлягають відновленню. Умови і методику відновлення акумуляторних батарей типів AGM і GEL можна відшукати в мережі Internet.

В мобільних машинах акумуляторні батареї типів AGM і GEL використовуються менше ніж інші типи батарей. Їх розповсюдження обмежує висока вартість. Частіше такі батареї зустрічаються в джерелах безперервного живлення (ДБЖ), в мотоциклетній техніці, водних транспортних засобах. Гелеві батареї в автомобілях можна зустріти на дорогах авто провідних зарубіжних виробників преміум класу та позашляховиках, де використовується велика кількість споживачів електричного струму [12].

2.1.3.6. Лужні акумулятори і батареї на їх базі

В лужних акумуляторах в якості електроліту (однієї з активних речовин) використовують луги, а не кислоту, чи її розчин. Лужних акумуляторів існує багато типів, але лише два типи можуть використовуватися для створення стартерних акумуляторних батарей на мобільних машинах – рис. 2.10. Варто відмітити, що лужні акумуляторні батареї зустрічаються на автомобілях дуже рідко. Значно частіше вони зустрічаються на мобільних машинах обмеженого радіуса дії (складські транспортні засоби, навантажувачі тощо) в якості тягових акумуляторних батарей – рис. 2.11.

Ni – Cd акумулятори мають позитивні електроди з покриттям



Рис. 2.10. Лужна акумуляторна батарея



Рис. 2.11. Лужна тягова акумуляторна батарея

$NiO(OH)$ (гідроксид **Ni** , або метагідроксид **Ni** , або гідрат окису **$Ni III$**). Мінусові електроди покриті сумішшю заліза з кадмієм [12].

Позитивні електроди в батареї нікель-залізо аналогічно покриті гідроксидом **Ni** . Негативний електрод виготовлений із заліза. В якості електроліту в акумуляторах цього типу використовується їдкий калій (**KOH**). Пластини тут, аналогічно свинцево-кислотним акумуляторам, знаходяться в «конвертах», але виконані з перфорованих металевих пластин. Активна маса запресована в ці конверти, що істотно підвищує стійкість акумулятора до вібрації.

Варто відмітити, що в акумуляторних батареях лужного типу відрізняється кількість позитивних і негативних електродів. В лужному акумуляторі типу **$Ni - Cd$** (нікель-кадмієвий) на один позитивний електрод (пластину) більше ніж негативних електродів. Власне пластини розташовані з країв і з'єднані з корпусом акумулятора. В акумуляторі типу **$Ni - Fe$** (нікель-залізо) на один негативний електрод більше, ніж позитивних електродів. В акумуляторних батареях лужного типу потрібно значно менше електроліту, ніж в кислотних, оскільки під час проходження реакції він не витрачається.

Основні переваги лужних акумуляторів і акумуляторних батарей на їх базі над свинцево-кислотними:

- ✓ лужні акумулятори без критичних наслідків витримують перерозряд;
- ✓ зберігання лужних батарей здійснюється практично без втрати експлуатаційних характеристик;
- ✓ лужні акумулятори значно краще працюють при низьких температурах;
- ✓ лужні акумулятори мають нижчий саморозряд;
- ✓ в лужних акумуляторах відсутні шкідливі випари;

✓ лужні акумулятори здатні накопичувати більшу ємність на одиницю своєї маси, що дозволяє при експлуатації їх в режимі тягових акумуляторів віддавати струм на протязі більшого проміжку часу.

Основні недоліки лужних акумуляторів і акумуляторних батарей на їх базі порівняно з свинцево-кислотними:

✓ лужні акумулятори мають меншу напругу, ніж свинцево-кислотних. В результаті для досягнення потрібної напруги потрібно об'єднувати більшу кількість акумуляторів (банок), що веде до збільшення габаритних розмірів акумуляторних батарей;

✓ вартість лужних батарей значно вища за вартість свинцево-кислотних.

На сьогоднішній день стартерні лужні батареї випускаються лише для окремих вантажних автомобілів. Головна сфера застосування лужних батарей – це тягові акумуляторні батареї (зокрема для складської техніки тощо) [12].

2.1.3.7. Літій-іонні акумулятори та батареї на їх базі

Літій-іонні (*Li – ion*) акумулятори сьогодні є дуже перспективними в розумінні додаткових джерел електричного струму – рис. 2.12.

В таких батареях носіями струму є іони літію. При цьому матеріал електродів таких акумуляторів часто змінюється, що викликано вдосконаленням технологій виготовлення. На початковому етапі розробок в якості негативного електрода використовувався металічний літій. Через високу вибухонебезпечність літію останній, з часом, замінили графітом. В якості позитивного електрода



Рис. 2.12. Літій-іонна акумуляторна батарея

використовувались різноманітні оксиди літію, в які додавали марганець, або кобальт В сучасних зразках літій-іонних акумуляторних батарей їх замінюють на літій-феро-фосфатні сплави з тих причин, що вони мають нижчу вартість, нижчу токсичність і простіше переробляються під час утилізації, що є досить вагомим чинником покращення екологічної чистоти виробу [12].

Основні переваги літій-іонних акумуляторів і акумуляторних батарей на їх базі:

- ✓ велика питома електрична ємність (ємність на одиницю маси акумулятора);
- ✓ напруга окремого акумулятора вища ніж у стандартних свинцево-кислотних акумуляторів (4 В проти 2 В у класичного акумулятора);
- ✓ низька ступінь саморозряду.

Акумуляторні батареї ***Li – ion*** типу мають і ряд недоліків, які не дозволяють масово використовувати їх в схемах електрообладнання мобільних машин. Основними серед цих недоліків є:

- ✓ чутливість до мінусових температур. При зниженні температури знижується струм, який здатна віддавати літій-іонна батарея;
- ✓ кількість циклів розряду-заряду на даний час досить низька (орієнтовно 500 циклів);
- ✓ старіння літій-іонних батарей. Тобто, під час зберігання знижується їх ємність. За два роки ємність зменшується приблизно на 20 %;
- ✓ чутливість до глибокого розряду;
- ✓ потужність акумуляторних батарей ***Li – ion*** типу недостатня для використання їх в якості стартерних.

Переважаючі літій-іонні акумуляторні батареї використовуються для забезпечення живлення різноманітної мобільної електроніки. В перспективі, за умови усунення названих вище недоліків, літій-іонні акумулятори і батареї на їх базі зможуть замінити свинцево-кислотні акумулятори [12].

2.1.3.8. Розвиток конструкцій акумуляторів і батарей на їх базі

Роботи з вдосконалення типів акумуляторів і батарей на їх базі ведуться з часу їх створення і до сьогоднішнього дня. Основні напрями вдосконалення можна описати наступними групами:

- збільшення енергоємності;

- підвищення морозостійкості;
- підбір екологічних і безпечних матеріалів [12].

Реалізація висвітлених напрямів висуває і вимоги до акумуляторів і батарей на їх базі, а саме:

- зменшення габаритних розмірів акумуляторів і батарей на їх базі;
- використання акумуляторних батарей у всіх кліматичних зонах;
- підвищення безпеки експлуатації акумуляторів і батарей на їх базі;
- спрощення утилізації акумуляторних батарей.

На думку експертів, свинцево-кислотні акумулятори поступово будуть виводитися з експлуатації. Сучасні гелеві акумулятори являються проміжною ланкою в еволюції акумуляторних батарей. В майбутньому акумулятори для мобільних машин, з метою забезпечення їх безпечності, не будуть мати рідину в якості активної речовини. Крім того, батареї виготовлятимуться різноманітної форми, що в перспективі може привести до застосування змінних (аморфних) форм, для зручності встановлення на машині. Також прогнозується зменшення габаритних розмірів при збільшенні електричних характеристик [12].

В табл. 2.2 приведені основні характеристики різних типів акумуляторів, які знаходяться у використанні.

Свинцево-кислотні акумулятори і акумуляторні батареї, створені на їх базі, використання яких на мобільних машинах обумовлено, здебільшого, забезпеченням нормального пуску двигуна електричним стартером, називають іще «стартерними».

За таких умов розглянемо більш детально будову і дію свинцево-кислотних акумуляторів.

Таблиця 2.2 – Основні характеристики окремих типів акумуляторів

Тип акумулятора	Активні речовини акумулятора			Напруга, В
	анод	катод	електроліт	
Літій-залізо-дисульфідний елемент	<i>Li</i>	<i>FeS₂</i>	-	1,50
Марганцево-цинковий елемент	<i>Zn</i>	<i>MnO₂</i>	<i>KOH</i>	1,56
Марганцево-олов'яний елемент	<i>Sn</i>	<i>MnO₂</i>	<i>KOH</i>	1,65
Марганцево-магнієвий елемент	<i>Mg</i>	<i>MnO₂</i>	<i>MgBr₂</i>	2,00
Свинцево-цинковий елемент	<i>Zn</i>	<i>PbO₂</i>	<i>H₂SO₄</i>	2,55
Свинцево-кадмієвий елемент	<i>Cd</i>	<i>PbO₂</i>	<i>H₂SO₄</i>	2,42
Свинцево-хлорний елемент	<i>Pb</i>	<i>PbO₂</i>	<i>HClO₄</i>	1,92
Ртутно-цинковий елемент	<i>Zn</i>	<i>HgO</i>	<i>KOH</i>	1,36
Ртутно-кадмієвий елемент	<i>Cd</i>	<i>HgO₂</i>	<i>KOH</i>	1,92
Окисно-ртутно-олов'яний елемент	<i>Sn</i>	<i>HgO₂</i>	<i>KOH</i>	1,30
Хром-цинковий елемент	<i>Zn</i>	<i>K₂Cr₂O₇</i>	<i>H₂SO₄</i>	1,80 – 1,90

2.1.4. Хімічні процеси, які протікають у свинцево-кислотних акумуляторах.

Як вказувалося раніше, акумулятор – це хімічне джерело енергії, у якому струм виникає в процесі хімічної реакції. Для протікання такої реакції необхідно мати реагенти, в якості яких виступають складові елементи акумулятора. Головними складовими акумулятора, а також реагентами хімічної реакції у свинцево-кислотному акумуляторі є:

- позитивний електрод;
- негативний електрод;
- електроліт.

Звісно, хімічна реакція протікає у хімічно не активному корпусі. Більш детально розглянемо активні речовини свинцево-кислотного акумулятора. Активними речовинами повністю зарядженого акумулятора є:

- *позитивний електрод*. В якості позитивного електрода повністю зарядженого акумулятора використовують двоокис свинцю **PbO_2** - колір коричневий, отриманий в результаті багаторазового заряду і розряду під час формування пластин;
- *негативний електрод*. В якості негативного електрода повністю зарядженого акумулятора використовують губчастий свинець **Pb** – колір сірий, отриманий в результаті багаторазового заряду і розряду під час формування пластин;
- *електроліт*. В якості електроліту у свинцево-кислотному акумуляторі використовують водний (дистильована вода) розчин сірчаної кислоти **$H_2SO_4 + H_2O$** .

В акумуляторі протікають хімічні процеси розряду (виробляється в процесі хімічної реакції між активними речовинами і віддається стороннім споживачам електрична енергія) і заряду (поглинається електрична енергія від стороннього джерела і накопичується активними речовинами акумулятора).

Хімічні процеси в свинцево-кислотному акумуляторі.

➤ Розряд акумулятора. При замиканні зовнішнього кола через споживач електричної енергії (лампу, електродвигун тощо) по колу починає протікати струм – рис. 2.13. В процесі розряду акумулятора активні маси негативного і позитивного електродів, взаємодіючи з сірчаною кислотою **H_2SO_4** електроліту, перетворюються у сульфат свинцю **$PbSO_4$** (сірчаноокислий свинець).

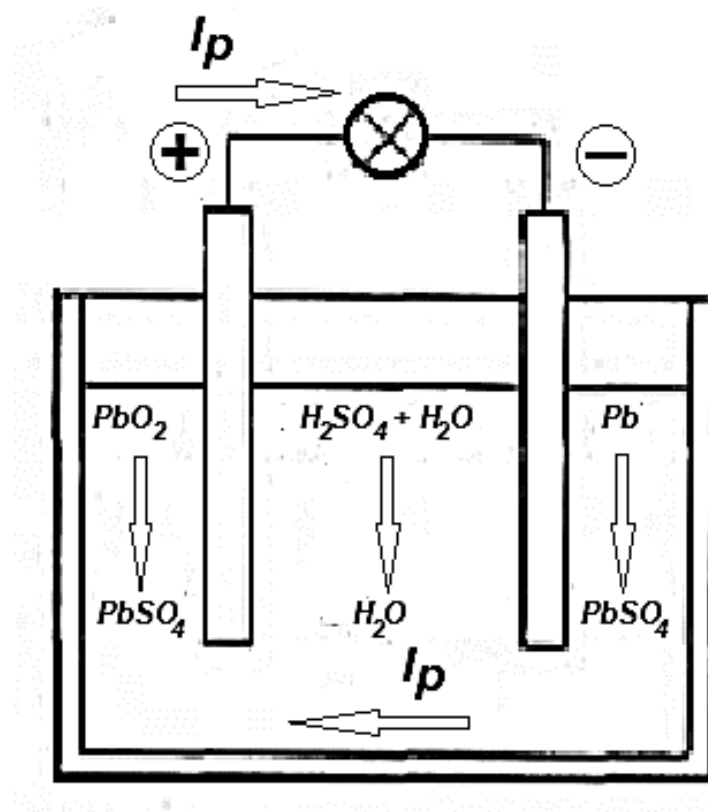


Рис. 2.13. Схема процесу розряду акумулятора

Під час розряду відбувається розкладання сірчаної кислоти на водень H_2 і кислотний залишок SO_4 . Кислотний залишок взаємодіє з активними масами електродів, а вода, яка виділяється залишається в електроліті і густина електроліту знижується.

➤ Заряд акумулятора. У процесі заряду акумулятора струм протікає по колу у протилежному напрямку, тобто від «мінуса» акумулятора до «плюса» - рис. 2.14. Процес заряду супроводжується відновленням активної маси електродів:

- на позитивному електроді – двоокису свинцю PbO_2 ;
- на негативному електроді – губчатого свинцю Pb .

Поряд з відновленням активної маси електродів спостерігається відновлення сірчаної кислоти і збільшення її кількості в електроліті, від

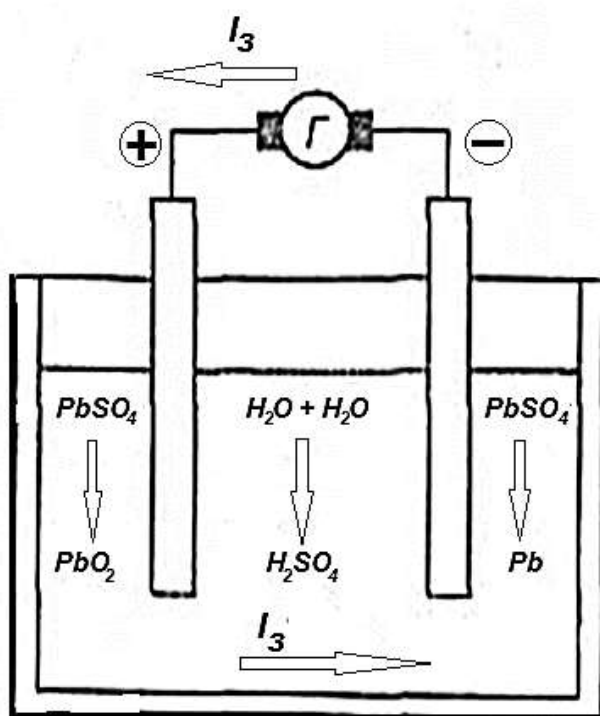
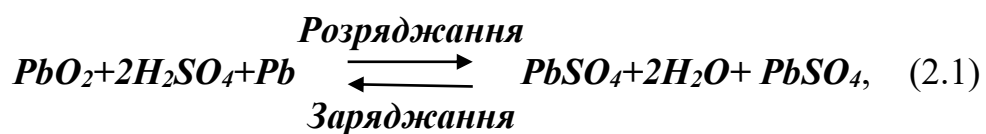


Рис. 2.14. Схема процесу заряду акумулятора

чого густина електроліту підвищується. Після повного відновлення активних мас електродів припиняється підвищення густини електроліту, що слугує ознакою кінця заряду акумулятора. У кінці заряду акумулятора починається процес розкладання води на водень ***H*** і кисень ***O₂***, що супроводжується появою бульбашок на поверхні електроліту.

Хімічні процеси, які протікають при розряді і заряді акумулятора, описуються рівнянням окисно-відновної реакції:



або, що одне і те ж



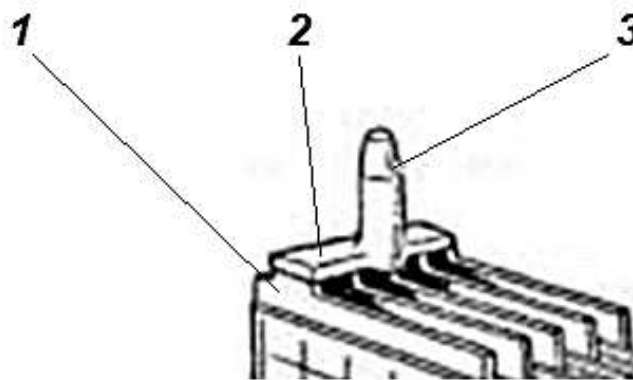
2.1.5. Будова свинцево-кислотного акумулятора

Свинцево-кислотний акумулятор, який є основою для створення свинцево-кислотної стартерної акумуляторної батареї складається з елементів, які забезпечують ефективний перебіг приведеної вище окисно-відновної реакції, стійкі механічно та мають стійкість до дії агресивних середовищ.

Акумулятор розміщений у окремому ізольованому відсіку, виготовленому з хімічно стійкого матеріалу і складається з набору позитивних і негативних електродів (пластин), розділених сепараторами. Електроди (пластини) однієї полярності 1 зварені між собою свинцевими перемичками (баретками) 2 з полюсними виводами 3 (іноді, в літературі, полюсні виводи називають «штирями»), утворюючи напівблоки електродів (пластин) – рис. 2.15.

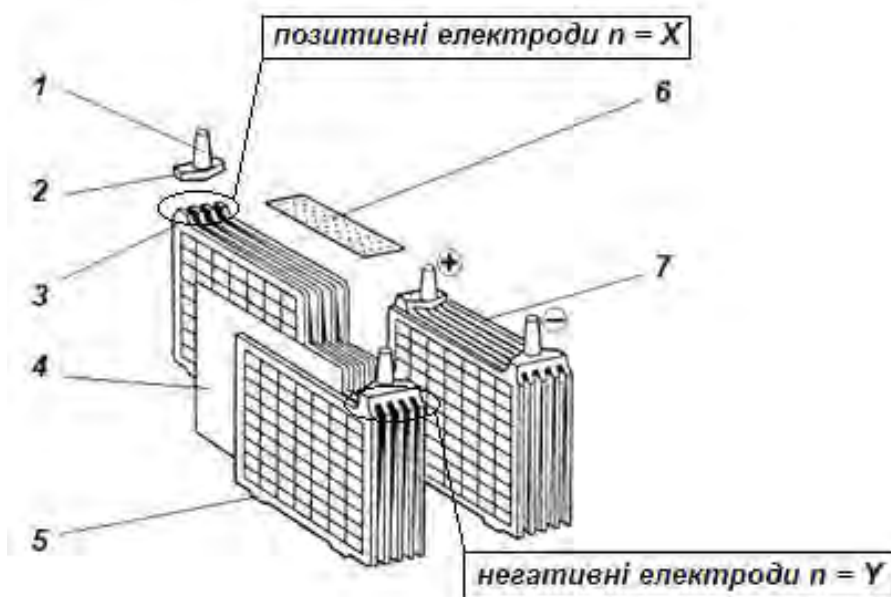
Умовою формування напівблоків у такий спосіб є те, що у напівблоках негативних пластин ставлять на одну більше ($n = Y$), ніж позитивних пластин ($n = X$) – рис. 2.16. З напівблоків формується блок електродів акумулятора. Це досягається шляхом вставляння напівблоків один у другий таким чином, щоб чергувались позитивні 3 і негативні 5 електроди. В такому випадку, у блоці електродів акумулятора 7, кожна позитивна пластина (електрод) стоїть між двома негативними. Така конструкція запобігає коробленню позитивної пластини при глибокому розряді акумулятора.

Для забезпечення достатньої надійності і ефективності протікання окисно-відновної реакції в акумуляторі електроди вигодовляють в кілька етапів, а саме:



1 – електрод акумулятора; 2 – перемичка (баретка); 3 – полюсний вивід (штир)

Рис. 2.15. Напівблок електродів акумулятора



1 – полюсний вивід; 2 – баретка; 3 – позитивний електрод (пластина); 4 – сепаратор; 5 – напівблок негативних електродів (пластин); 6 – захисний щиток (останнім часом може не встановлюватись); 7 – блок електродів акумулятора

Рис. 2. 16. Будова свинцево-кислотного акумулятора

✓ відливають пластину із свинцевого сплаву (свинець + сурма, або свинець + кальцій тощо у відповідних співвідношеннях з метою забезпечення міцності, покращення ливарних якостей, зменшення випаровування води при експлуатації тощо) згідно типу електрода:

- позитивний – двоокис свинцю **PbO_2** ;
- негативний – губчастий свинець **Pb** ;

✓ втирають (впресовують) у відлиту решічасту пластину електрода аналогічний, але подрібнений, з метою забезпечення кращого змочування і збільшення площі, а звідси і активності реагента, матеріал:

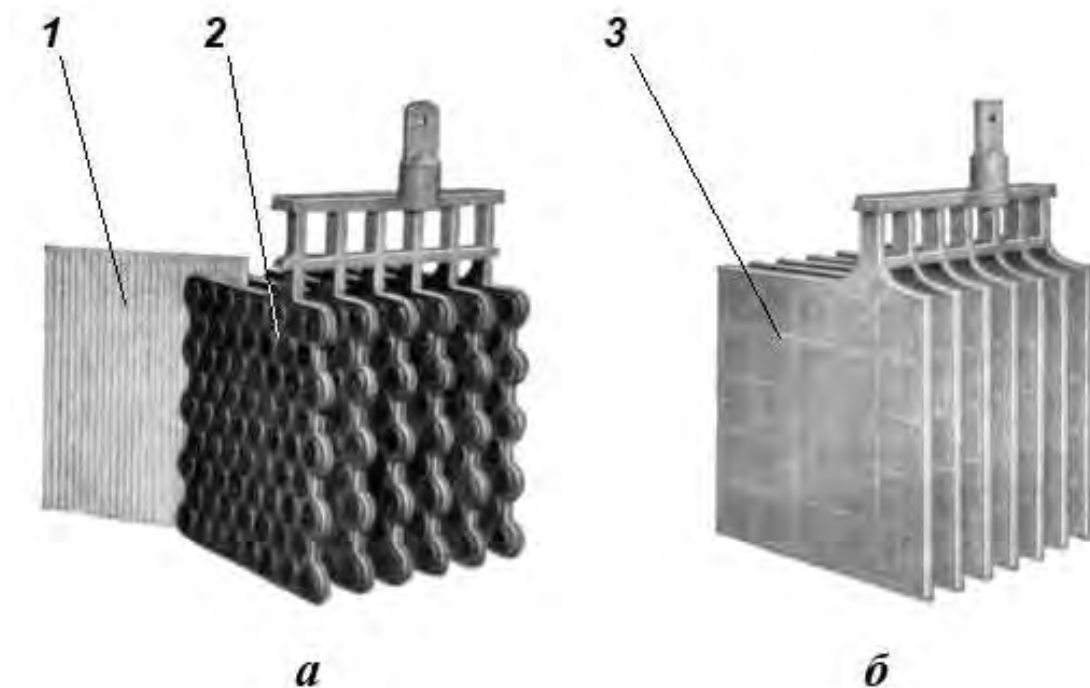
- позитивний – двоокис свинцю **PbO_2** ;
- негативний – губчастий свинець **Pb** ;

Потім електроди приварюють до баретки і формують, в такий спосіб, напівблоки. Можливі варіанти решіток електродів напівблока можуть мати різну форму – рис. 2.17.

Між позитивними і негативними електродами блока встановлюють сепаратори *1* (див. рис. 2.17), основним призначенням яких є ізоляція електродів і їх змочування електролітом для більш ефективного протікання реакції. Крім того, сепаратор запобігає надмірному висипанню подрібненої і запресованої активної маси з решіток електродів.

Сепаратор всередині аккумулятора застосовується для розділення позитивних і негативних електродів з метою уникнення коротких замикань.

Сепаратори, як правило, являють собою тонкі пористі пластини. Тонкі пори сепаратора дозволяють електричному заряду переходити між пластинами без короткого замикання.



а – напівблок електродів з решітками, чарунки яких виконані у вигляді кола; б – напівблок електродів з решітками, чарунки яких виконані у вигляді прямокутника; 1 – сепаратор; 2 – решітка з чарунками у вигляді кола; 3 – решітка з чарунками у вигляді прямокутника

Рис. 2.17. Варіанти виконання решіток електродів акумулятора

Від розміру пор сепаратора, його еластичності та стійкості до агресивного середовища, залежить термін експлуатації акумулятора.

Виходячи з викладеного варто допустити, що до матеріалу для виготовлення сепаратора висуваються певні вимоги. Матеріал для виготовлення сепараторів використовують різний, основними вимогами до нього є:

- ✓ не проводити струму;
- ✓ не значна товщину;
- ✓ достатня міцність на розрив;

- ✓ задовільна стабільність конструкції на протязі всього періоду експлуатації акумулятора
- ✓ достатня гігроскопічність;
- ✓ пори повинні бути рівномірно розподілені по всьому сепаратору;
- ✓ матеріал сепаратора повинен бути сумісним з електролітом;
- ✓ матеріал сепаратора повинен легко змочуватися (сухі ділянки сепаратора можуть привести до виходу з ладу акумулятора).

На протязі всього періоду розвитку сучасних акумуляторів в якості сепараторів використовувалося безліч різних матеріалів, а саме:

➤ речовини натурального походження (з 1800 року до середини 1900 року), а саме:

- скло;
- волокняне полотно;
- каучук;
- полотно різних типів;
- дерев'яна і целюлозна основа;

➤ дерев'яний шпон (з середини 1900 року – 1960 рік), а саме:

○ Port Orford Cedar (найбільш використовуваний тип деревини);

○ пориста структура, попередньо вимочена до її використання;

➤ скляні і целюлозні волокна (кінець 1960-х до наших днів в обмеженій кількості), а саме:

- 100% скловолокно;
- скляне і целюлозне волокно;

➤ полімери (кінець 1930-х років по теперішній час), а саме:

- полівінілхлорид (ПВХ);
- пористий каучук (1940-і роки);
- поліетилен (1970-ті роки) [8].

В цьому переліку приведені матеріали, які використовувались для виготовлення ранніх типів акумуляторів, але окремі з них і до тепер використовуються в їх основній електрохімічній формі. Кисотно-свинцева батарея, вперше продемонстрована Раймондом Гастоном Плантам, є однією з провідних.

Залежно від типу акумулятора вимоги до матеріалів сепараторів змінюються. Тип сепаратора визначається хімічними процесами, які протікають в акумуляторній батареї і необхідними її вихідними показниками.

Властивості і технічні характеристики сепараторів, які використовуються в свинцево-кислотних акумуляторах. Свинцево - кислотні акумулятори - це найбільш популярний тип акумуляторів в світі - на їх частку припадає близько 80% світового виробництва, і від 75 % до 90 % виробництва, в залежності від регіону. Відповідно, основні виробництва і розробки в області сепараторів спрямовані саме на даний тип акумуляторів. Залежно від типу свинцево-кислотного акумулятора в світовій практиці широко використовуються конструктивні рішення щодо сепараторів, які можна розділити у дві групи покликані виконувати певні функції, а саме:

- виконують розділяючу функцію;
- поєднують розділяючу функцію з абсорбуючими можливостями.

У свинцево-кислотних акумуляторах з рідким електролітом використовується велика кількість матеріалів для виготовлення сепараторів. На початку використовувались матеріали природного

походження (тканини, деревина та її продукти, волокна, природний гумовий лист тощо), однак, з розвитком полімерів, синтетичний полімер став одним з головних матеріалів.

Одним з особливо цікавих аспектів заміни дерев'яної основи сепаратора на синтетичний матеріал було відкриття того, що видалення лігнінної складової, яка характерна для матеріалу деревинного і целюлозного походження істотно впливало на термін експлуатації акумулятора. Без лігнінного компонента негативна активна маса електрода ставала більш ущільненою і втрачала пористість, що обмежувало ефективні показники роботи акумулятора. Усунення цього недоліку було здійснено за рахунок використання експандерного матеріалу, який містив різні лігнінні похідні. Сьогодні експандерний матеріал є необхідною добавкою до пластин негативних електродів, що істотно продовжило термін експлуатації акумуляторів і підвищило ефективність їх експлуатації.

Перспективою, щодо вдосконалення конструкцій сепараторів є впровадження сепараторів листового типу, виготовлених у вигляді конвертів з поліетилену (ПЕ). Такі рішення дозволяють покращити ізоляцію електродів та автоматизувати процеси складання акумуляторів під час виготовлення [87].

В табл. 2.3 приведені типи сепараторів і матеріал виготовлення для основних типів акумуляторів залежно від сфери застосування акумуляторної батареї (АКБ).

Основними якостями сепараторів, які впливають на їх технічні та електрохімічні характеристики є:

- ❖ конфігурація ребер і товщина основного шару (визначає можливість утримання енергетичної маси електродів та забезпечує можливість протікання електроліту; товщина основного шару

Таблиця 2.3 – Типи і матеріал виготовлення найбільш вживаних типів акумуляторів залежно від сфери застосування акумуляторної батареї [87]

№, п/п	Призначення акумуляторної батареї	Тип сепаратора	Матеріал виготовлення сепаратора
1	Стартерна АКБ	Сепаратор-конверт	ПЕ
		Листовий сепаратор	ПВХ (міпор)
		Листовий сепаратор	целюлоза
		Листовий	Каучук/поліетилен
		Рукавний	Каучук/поліетилен (жорсткий)
2	Тягова АКБ	Листовий сепаратор	Каучук
		Листовий сепаратор	ПВХ
3	АКБ глибокого циклу розряду	Листовий сепаратор	Каучук/ПЕ
4	Гольф-машини, навантажувачі	Сепаратор-конверт	ПЕ
5	Стаціонарні джерела живлення	Листові сепаратори	Каучук/поліетилен
		Листові сепаратори	Поліетилен
6	Джерела неперервного живлення, телекомунікації	Листові сепаратори	Основа – фенолові смоли

сепаратора впливає на електричний опір; типові форми ребер – діагональні, вертикальні, криволінійні);

- ❖ пористість і конструкція пор сепаратора (впливоим є: середній і дуже великий розмір пор; кількість пор (у відсотках); криволінійність пор);

- ❖ електричний опір (визначає напругу під час розряду) визначається основною товщиною сепаратора, конструкцією пор і їх криволінійністю);

- ❖ хімічна чистота (визначається наявністю важких металів і

органічними сполуками; негативно впливає на напругу акумуляторної батареї);

- ❖ опір окисленню (визначається опором до електроліту та опором до матеріалу електродів);

- ❖ норми до виробництва та експлуатації (визначаються типом сепаратора – конверт або лист).

Приведеними якостями можна керувати і змінювати їх відповідно до критеріїв, яким повинна відповідати акумуляторна батарея що виготовляється.

Деякі додаткові властивості, які можуть вплинути на показники роботи акумуляторної батареї можуть бути досягнуті за рахунок використання в конструкції сепаратора каучуку, або гібриду гуми і поліетилену, які збільшують термін експлуатації акумуляторної батареї внаслідок коригування процесу протікання хімічної реакції.

Основи технології виготовлення сепараторів. Практично у в всіх базових типах сепараторів, за винятком сепараторів на основі фенольних смол, застосовується дрібнопористий кремнезем, який утворює в матеріалі пористу конструкцію. Кремнезем вводиться в конструкцію сепаратора на основі поліетилену, каучуку тощо. При цьому, з метою забезпечення необхідних властивостей використовуються оливи або волога. Після формування основи сепаратора рідину з конструкції видаляють з допомогою особливого розчинника і шляхом просушування. Залишок після просушування утворює достатньо міцну конструкцію з кремнезему кварцу і визначає пористу конструкцію сепаратора, яка характеризується розміром пор, пористістю (у відсотках) та звивистістю (криволінійністю). У всіх виробничих процесах, за винятком одного, профіль ребер сепаратора формується з використанням каландра (каландр - машина для

безперервного формування листа полімеру або паперу методом пропуску його через зазор між обертовими валами. В результаті каландрування виходить полотно необхідної товщини і ширини. Основними характеристиками каландра є число валиків, їх довжина, діаметр і взаємне розташування). Винятком є сепаратори на основі фенольних смол, в яких для виготовлення профілів ребер застосовується гофрований ремінь [87].

В попередні роки матеріал сепаратора виробник вказував у маркуванні акумуляторної батареї, що буде розглянуто нижче.

Як вказувалось вище, акумулятор є базою для сворення акумуляторної батареї, конструкцію, окремі характеристики та маркування якої розглянемо нижче.

2.1.6. Будова свинцево-кислотної акумуляторної батареї

Батарея – з'єднання кількох однотипних приладів, пристроїв в одну систему або пристрій для сумісної дії. Виходячи з викладеного визначення, акумуляторною батареєю є об'єднання кількох акумуляторів в одному корпусі – моноблоці з метою отримання конкретних характеристик електричного струму, який вони виробляють.

Акумулятори в секціях моноблка закривалися окремими кришками (в ремонтуючих акумуляторних батареях попередніх років випуску з сурмянистими акумуляторами – рис. 2.18 а) та закриваються загальною кришкою – рис. 2.18 б).

Загальна конструкція сурмянистої акумуляторної батареї з окремими кришками акумуляторів показана на рис. 2.19.

а

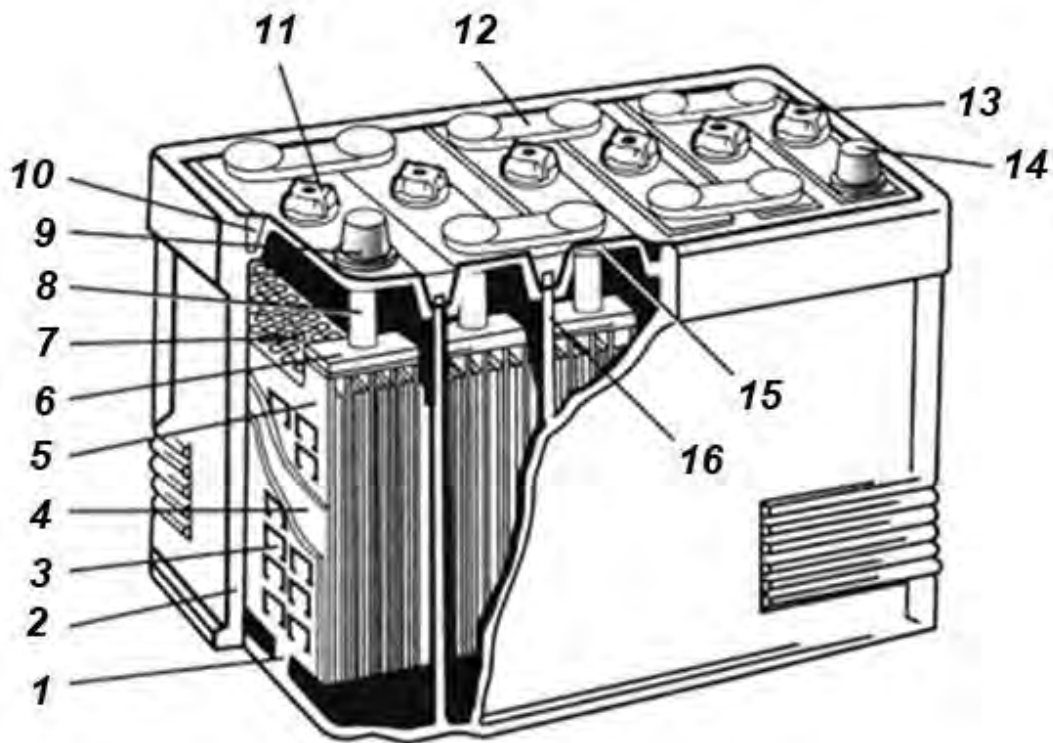


б



а – сурмяниста; б - малосурмяниста

Рис. 2.18. Свинцево-кислотні акумуляторні батареї



1 – опорна призма для блока електродів; 2 – моноблок; 3 – негативний електрод; 4 – сепаратор; 5 – позитивний електрод; 6 – баретка; 7 – захисний щиток; 8 – вивідний борн; 9, 14 – полюсні виводи; 10 – ущільнююча кислотостійка мастика; 11 – пробка заливного отвору; 12 – міжелементне з'єднання (перемичка); 13 – вентиляційний отвір у пробці заливної горловини; 15 – кришка акумулятора; 16 – перегородка моноблока

Рис. 2.19. Розріз акумуляторної батареї з окремими кришками на кожен акумулятор, створеної на базі сурмянистого акумулятора [110]

Акумуляторні батареї з окремими кришками збирають у моноблоці 2, розділеному перегородками 16 на окремі камери-осередки. У кожному з осередків поміщений блок, що складається із позитивних 5 і негативних 3 електродів, що чергуються, розділених

сепараторами 4. Простір між дном моноблока й верхнім краєм опорних призм 1 служить для накопичення шламу (рис. 2.20). Вивідний борн 8 послідовно з'єднує сусідні акумулятори між собою в батарею з допомогою міжелементних з'єднань (перемичок), які розташовані зовні над кришками акумуляторів. Для зменшення втрат при передачі енергії від одного акумулятора до іншого, міжелементні з'єднання виконують великого поперечного перерізу.

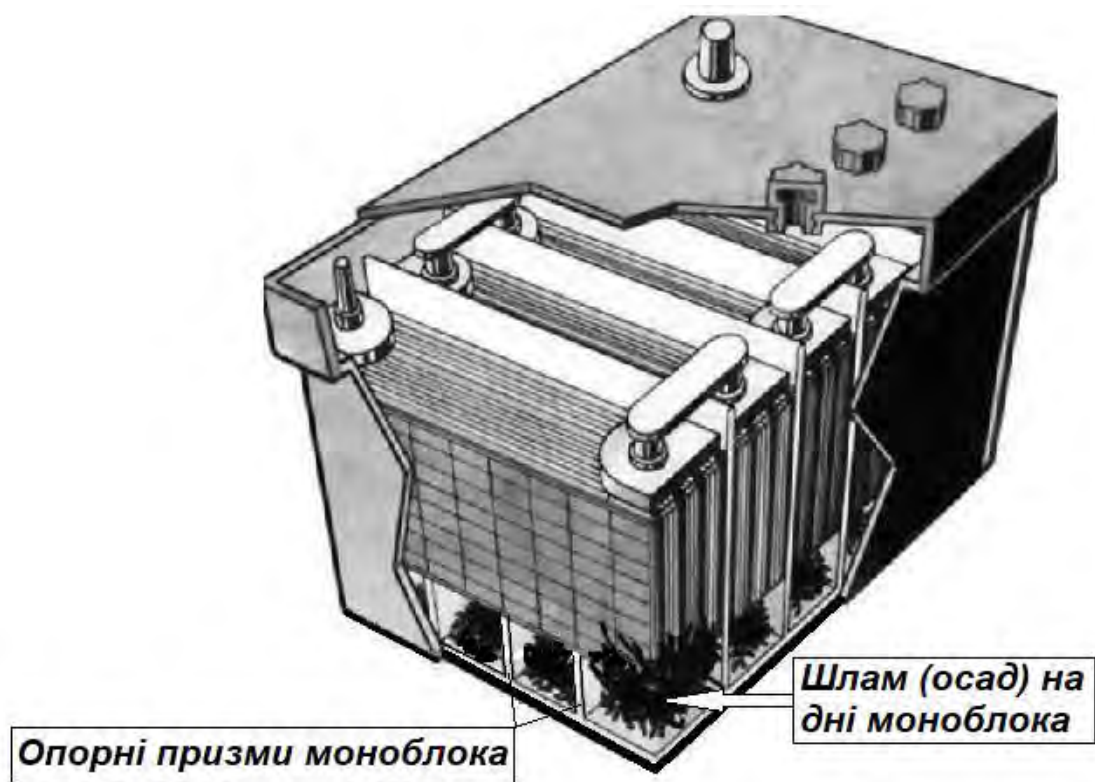


Рис. 2.20. Шлам на дні моноблока

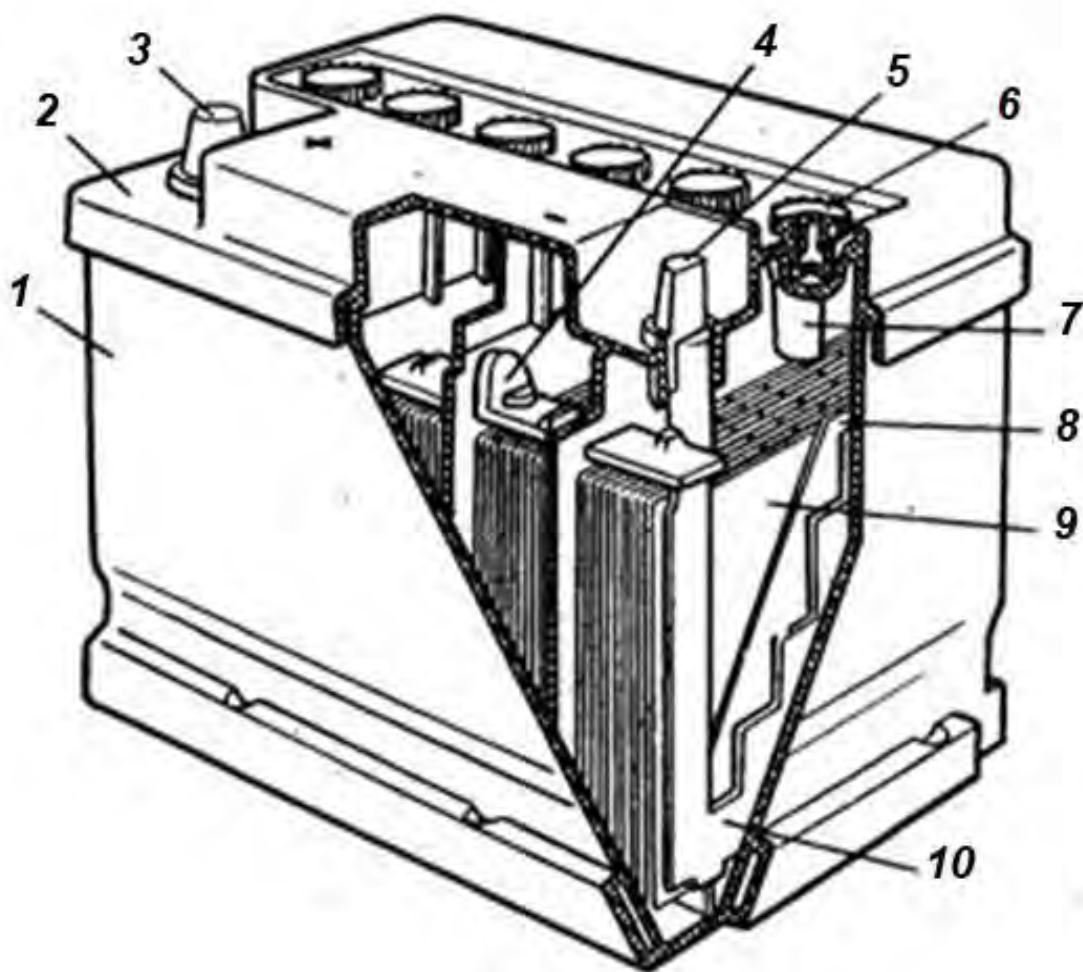
До вивідних борнів крайніх акумуляторів батареї приварюються полюсні виводи 9 і 14, що служать для з'єднання батареї із споживачами електричної енергії на борту мобільної машини, або іншими споживачами, за умови використання батареї не на мобільній машині.

У верхній частині блока електродів акумулятора встановлюють захисний щиток 7, який захищає верхню частину сепараторів 4 і пластин електродів 3 і 5 від ушкодження при вимірах рівня й густини електроліту. Кожен акумулятор закривають зверху окремою пластмасовою або ебонітовою кришкою 15. Після установки кришки акумулятора проводять остаточну герметизацію кислотостійкою мастикою 10. У випадку, якщо моноблок має спеціальні посадочні місця для кришок акумуляторів, то ущільнення (а це гумові прокладки, або азбестовий шнур для ущільнення перед герметизацію мастикою) не застосовуються.

Зібраний, встановлений у камеру-осередок у моноблці і герметизований акумулятор заливають електролітом через різьбовий отвір. Після заливання електроліту різьбовий отвір закривають пробкою 11, яку обладнано вентиляційним отвором 13, призначеним для виходу газів при експлуатації [110].

Акумулятори в батареї з загальною кришкою також з'єднані між собою міжелементними з'єднаннями 4, але їх конструкція інша і вони захищені під загальною кришкою 2 моноблока 1 (рис. 2.21). Така конструкція істотно зменшує довжину міжелементних з'єднань 4 та опір проходження електричного струму. Самі ж перемички з'єднуються через герметизовані отвори в перегородках моноблока. Таке зменшення довжини міжелементних з'єднань 4 майже вдвічі знижує їх електричний опір, що забезпечує підвищення розрядної напруги на 0,1 ... 0,2 В.

Загальний вигляд моноблока акумуляторної батареї укомплектованого акумуляторами перед установленням загальної кришки в процесі виготовлення представлений на рис. 2.22. На рисунку чітко видно міжелементні з'єднання пропаяні чарез перегородки



1 – корпус; 2 – кришка; 3 – позитивний вивід; 4 – міжелементне з'єднання; 5 – негативний вивід; 6 – пробка; 7 – індуктор для перевірки рівня електроліту (тубус); 8 – сепаратор; 9, 10 – позитивні і негативні пластини; 11, 12 – напівблоки позитивних і негативних пластин; 13 – блок пластин

Рис. 2.21. Розріз акумуляторної батареї з загальною кришкою на всі акумулятори, створеної на базі малосурмянистого акумулятора [70]

моноблока. Довжина таких міжелементних з'єднань істотно менша ніж у акумуляторної батареї з окремими кришками на кожен акумулятор (див. рис. 2.18 а).



Рис. 2.22. Загальний вигляд моноблока акумуляторної батареї укомплектованого акумуляторами перед установленням загальної кришки

Загальна кришка проварюється по контуру відсіків всіх акумуляторів герметизуючи їх і утворюючи разом з корпусом нерозбірний моноблок. Доступ до акумулятора може бути здійснений через заливний отвір закритий пробкою *б* (див. рис. 2.20) з метою контролю рівня електроліту та доливання дистильованої води (або заливання електроліту), за необхідності. Технологія виготовлення та рядова експлуатації акумуляторних батарей з загальною кришкою не передбачає проведення ремонту на відміну від батарей з окремими кришками на кожен акумулятор. Така конструкція спрощує експлуатацію батареї та підвищує коефіцієнт її технічної готовності через відсутність герметизації акумуляторів з допомогою мастики, а звідси і недоліків, які з цим пов'язані.

2.1.7. Позначення на акумуляторних батареях

З метою забезпечення можливості отримання інформації про акумуляторну батарею, на її корпус, кришку, перемичку чи в іншому, передбаченому нормативними документами місці наносяться умовні позначення, які несуть інформацію про марку АКБ, товарний знак виготовлювача, дату виготовлення, вихідну інформацію про нормативний документ, згідно вимог якого виготовлено батарею.

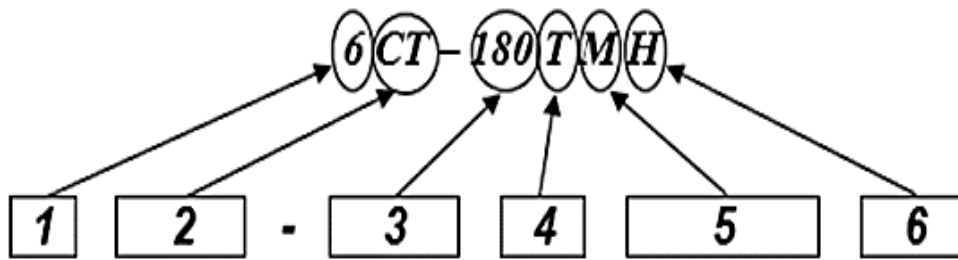
В процесі розгляду даного питання, окрім раніше висвітлених нюансів, доцільно концентрувати увагу на інформації, яка важлива для споживача, для якого і пропонується дане навчальне видання. Така інформація концентрується в марці акумуляторної батареї та даті її виготовлення.

2.1.7.1. Маркування акумуляторних батарей

Варіант маркування акумуляторної батареї попередніх років виготовлення могло мати вигляд **6СТ-180ТМН**. Сутність цього маркування вкладено на рис. 2.23.

Враховуючи те, що маркування акумуляторної батареї має ключове значення при її виборі, варто зазначити, що сьогодні на ринку України присутні акумуляторні батареї від виробників різних країн світу. В такому випадку варто ознайомитись і проаналізувати варіанти маркувань акумуляторних батарей, виготовлених за різними нормативними документами.

Існує чотири основні стандарти, відповідно до яких на акумуляторну батарею наноситься інформація про її технічні



1 - кількість послідовно з'єднаних акумуляторів у батареї (у наведеному прикладі цифра 6); **2** - тип акумуляторної батареї (у наведеному прикладі букви **СТ**): а) **СТ** – стартерна з електродними пластинами товщиною 2,05 та 1,8 мм (призначені до застосування переважно на автомобілях); б) **ТСТ** – стартерна акумуляторна батарея з потовщеними електродними пластинами товщиною 2,5 та 2,05 мм з подвійними сепараторами підвищеної надійності (передбачалися для використання, в основному, на важких машинах, де може виникати значна вібрація, зокрема, на тракторах. Їх і називали «тракторна стартерна»); **3** - ємність акумуляторної батареї в ампергодинах ($A \times год$) при 20-годинному режимі розряду (у наведеному прикладі число 180); **4** - матеріал моноблока (у наведеному прикладі буква **Т**): **Э** – ебоніт; **Т** – термoplast; **П** – пластмаса тощо; **5** - матеріал сепаратора (у наведеному прикладі буква **М**): **М** – міпласт; **Р** – міпор; **С** – скловолокно; **МС** – міпласт з скловолокном; **РС** – міпор з скловолокном; **6** - виконання (у наведеному прикладі буква **Н**): **А** - загальною кришкою; **Н** – несухозаряджена.

Рис. 2.23. Варіант маркування акумуляторних батарей попередніх років випуску

характеристики, а саме:

- російський;

- європейський;
- американський;
- азійський (японський / корейський).

Ці стандарти відрізняються як системою подачі, так і описом окремих значень характеристики батареї. Тому при розшифровці маркування акумуляторної батареї або року її випуску необхідно, в першу чергу, встановити відповідно до якого стандарту (російського, європейського, американського чи азійського) відноситься представлена інформація.

Важливим елементом відмінностей акумуляторних батарей є розташування полюсних виводів (клем). Так, зокрема, на російських АКБ «плюс» розташовують на лівій клемі, а «мінус» - на правій (якщо дивитися на акумулятор спереду, з боку наклейки). На батареях, випущених в Європі і Азії (в більшості випадків, але не завжди) навпаки [53]. Що стосується американських стандартів, то там зустрічаються обидва варіанти, проте частіше європейський – рис. 2.24.

Акумуляторні батареї відрізняються ще і розмірами клем. Так, «плюс» в європейських АКБ має діаметр 19,5 мм, а «мінус» - 17,9 мм. У азійських виробів «плюс» виконують з діаметром 12,5 мм, а «мінус» - 11,1 мм [53]. Така відмінність в діаметрах «плюсової» і «мінусової» клем виконана з метою виключення помилок, пов'язаних з підключенням батарей до бортової електромережі машини (див. рис. 2.24).

Одними з головних параметрів характеристики АКБ, на які орієнтуються при їх виборі є напруга і ємність, однак, при виборі батареї необхідно обов'язково враховувати максимальний пусковий струм (його називають ще струмом холодної прокрутки, який визначається при температурі – 18 °C), на який вона розрахована. У

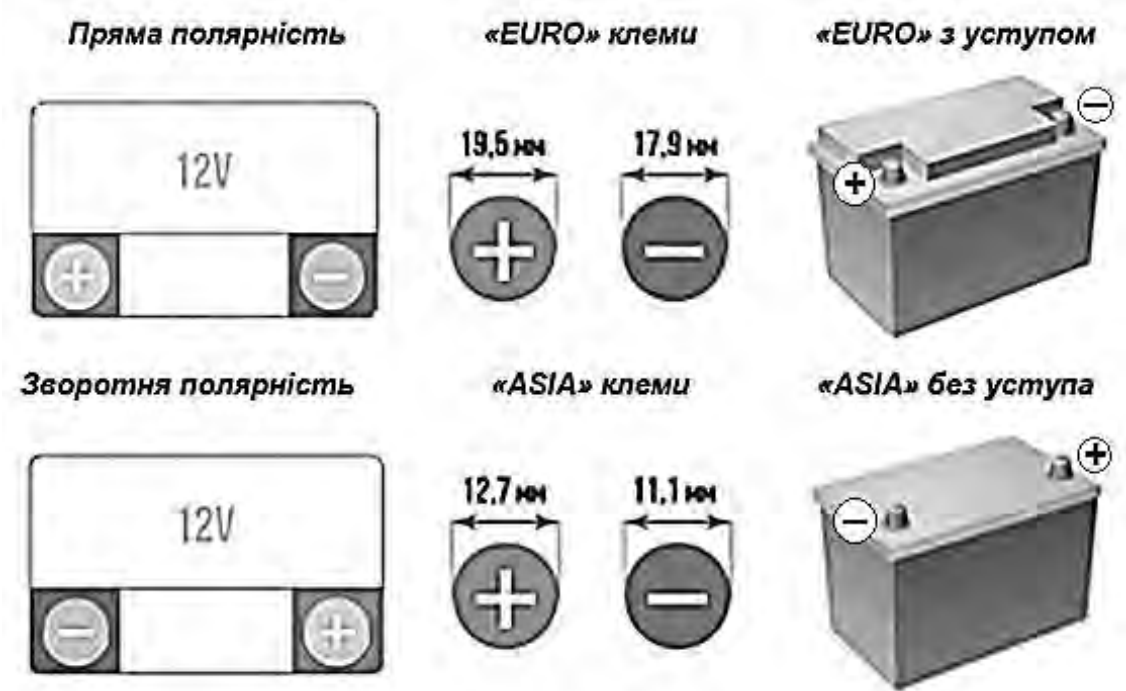


Рис. 2.24. Основні відмінності акумуляторних батарей [53]

маркуванні акумуляторної батареї мобільної машини не завжди у прямому вигляді є така інформація. І в батареях, виготовлених за різними стандартами можуть бути присутні різні варіанти позначень цього показника [53].

Розглянемо сучасне маркування акумуляторних батарей, виготовлених за різними стандартами.

📄 Російський стандарт. В Росії діє стандарт ГОСТ 0959 – 2002, відповідно до якого маркування акумуляторних батарей ділиться на чотири основні частини, головні елементи яких відповідають варіанту маркування наданого на рис. 2.23, а саме:

- ✓ кількість акумуляторів в АКБ;
- ✓ позначення типу АКБ;
- ✓ ємність АКБ;

✓ виконання акумулятора і тип матеріалу його корпусу.

Варіант сучасного маркування акумуляторної батареї за російським стандартом приведений на рис. 2.25.

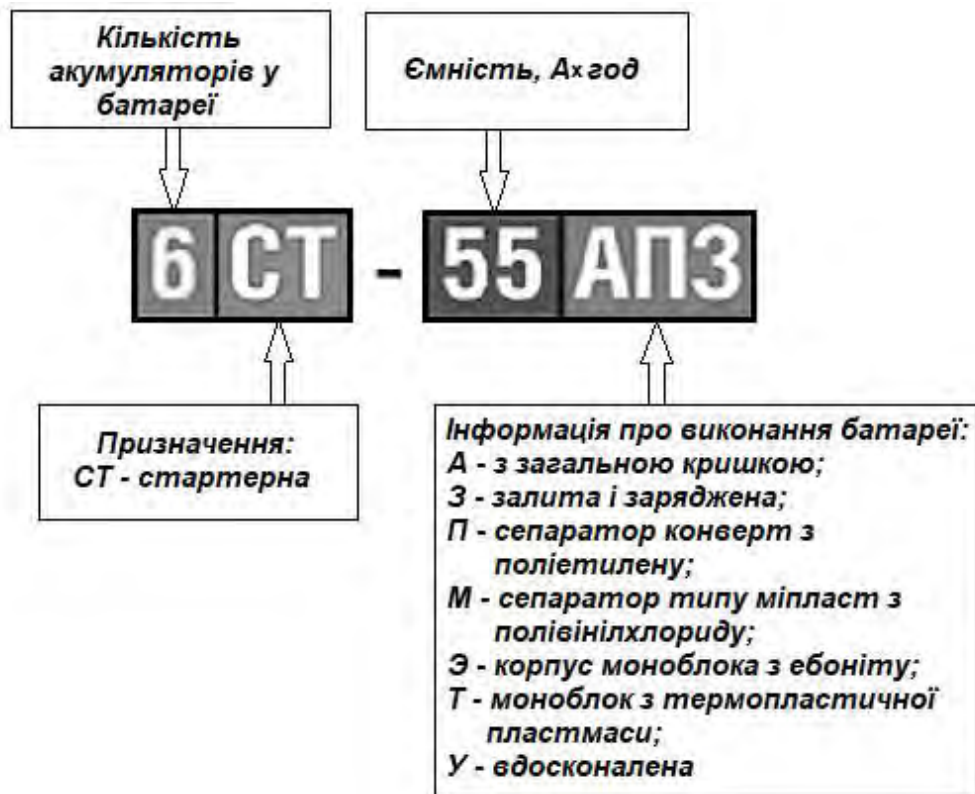


Рис. 2.25. Варіант сучасного маркування акумуляторної батареї за російським стандартом [53]

Стосовно пускового струму, то в російському стандарті він не вказується явно на етикетці, чи в маркуванні. Однак інформація про нього обов'язково є в наклейках біля маркування. Наприклад, напис «270 А» або схоже значення [53].

Відповідність марки акумуляторної батареї, її сили розрядного струму, мінімальної тривалості розряду та габаритних розмірів за російським стандартом приведена в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 - Відповідність марки акумуляторної батареї, її сили розрядного струму, мінімальної тривалості розряду та габаритних розмірів за російським стандартом [53]

Марка акумуляторної батареї	Стартерний режим розряду		Габаритні розміри батареї, мм		
	сила розрядного струму, А	мінімальна тривалість розряду, хв	довжина	ширина	висота
6СТ-55	255	2,5	262	174	226
6СТ-55А	255	2,5	242	175	210
6СТ-60	180	3,0	283	182	237
6СТ66А	300	2,5	278	175	210
6СТ-75	225	3,0	358	177	240
6СТ-77А	350	2,5	340	175	210
6СТ-90	270	3,0	421	186	240
6СТ-110А	470	2,5	332	215	230

 Європейський стандарт. Європейський стандарт **ETN** (європейський типовий номер) має офіційну назву EN 60095 - 1. Код складається з дев'яти цифр, які діляться на чотири окремі області-комбінації – рис. 2 26 [53].

Більш конкретно зупинимося на згаданих областях-комбінаціях:

✓ *Перша цифра.* Вона умовно означає ємність батареї. Найчастіше можна зустріти цифру 5, яка відповідає діапазону 1 ... 99 А×год. Цифра 6 означає діапазон від 100 до 199 А×год, а 7 - від 200 до 299 А×год [53].

✓ *Друга і третя цифри.* Вони точно вказують на значення ємності АКБ, в А×год. Наприклад, число 55 буде відповідати ємності 55 А×год [53].

✓ *Четверта, п'ята і шоста цифри.* Інформація щодо



Рис. 2.26. Варіант маркування акумуляторної батареї за європейським стандартом [53]

конструкційного виконання батареї. У комбінації зашифрована інформація про тип полюсних виводів, їх розмір, тип газовідводу, наявності ручки для перенесення акумуляторної батареї, особливості кріпильних елементів, особливості конструкції, тип кришки, стійкість акумулятора до впливу вібрації тощо [53].

✓ *Останні три цифри.* Вони означають струм «холодної прокрутки». Однак щоб дізнатися його значення останні дві цифри потрібно помножити на десять (наприклад, якщо на маркуванні акумуляторів в якості трьох останніх цифр написано 043, то це означає, що 43 потрібно помножити на 10, в результаті чого отримаємо шуканий пусковий струм, який буде дорівнює 430 А) [53].

Крім основних характеристик акумуляторної батареї зашифрованих цифрами на деяких сучасних АКБ розміщують

додаткові піктограми (інформаційні картинки). Такі наочні картинки повідомляють для яких саме автомобілів підходить дана батарея, з яким додатковим обладнанням, а також окремі особливості її експлуатації. Наприклад: ілюструють використання для системи «старт/стоп», міський режим, використання великої кількості електронних пристроїв тощо.

Існує ще кілька позначень, які можна зустріти на європейських акумуляторних батареях, виготовлених за європейським стандартом, а саме:

- **CCA.** Означає маркування максимально допустимого струму при пуску двигуна в зимових умовах.
- **BCI.** Максимально допустимий струм в зимових умовах було виміряно за методом Battery Council International.
- **IEC.** Максимально допустимий струм в зимових умовах було виміряно за методом International Electrotechnical Commission.
- **DIN.** Максимально допустимий струм в зимових умовах було виміряно за методом Deutsche Industri Normen [53].

Варіант маркування акумуляторної батареї, виготовленої за європейським стандартом приведений на рис. 2.27.

 Німецький стандарт. Одним з різновидів європейських позначень є німецький стандарт, який має назву **DIN**. Його часто можна зустріти в якості маркування акумуляторів BOSCH. Він має 5 цифр, які за інформацією схожі з зазначеним вище європейським стандартом.

Маркування виуонане за німецьким стандартом можна розшифрувати наступним чином:

- ✓ *перша цифра* означає порядок ємності (цифра 5 означає, що АКБ має ємність до 100 А×год, 6 - до 200 А×год, 7 - понад 200 А×год);
- ✓ *друга і третя цифри* - точна ємність АКБ, в А×год;

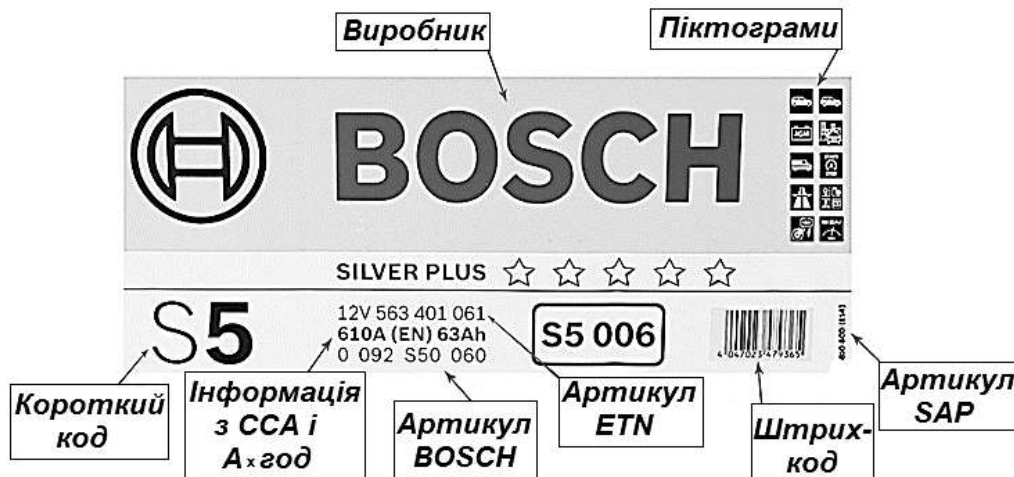


Рис. 2.27. Варіант маркування акумуляторної батареї виготовленої за європейським стандартом фірмою BOSCH [53]

✓ *четверта і п'ята* означають приналежність акумулятора до певного класу, який відповідає типу кріплення, габаритам, позиції виводів та інше.

У разі використання стандарту **DIN** струм холодної прокрутки не вказується явно, проте цю інформацію можна знайти десь поруч з вказаною наклейкою або маркуванням [53].

📄 Американський стандарт. Має позначення **SAE J537**. Маркування акумуляторної батареї, виконаної за американським стандартом включає одну літеру і п'ять цифр – рис. 2.28.

Сутність літер і цифр, які використовуються у маркуванні за американським стандартом достатньо повно висвітлена на рисунку, однак варто додати окремі пояснення і уточнення, а саме:

- ✓ *літера A* - автомобільна акумуляторна батарея;
- ✓ *перша і друга цифри* - означають номер типорозмірної групи, а також при наявності додаткової літери - полярність. Наприклад, число 34 означає приналежність до відповідної групи,



Рис. 2.28. Варіант маркування акумуляторної батареї виготовленої за американським стандартом [53]

згідно якої розмір акумуляторної батареї буде окреслюватися паралелепіпедом з розмірами сторін 260×173×205 мм (відповідно, довжина – ширина – висота). Якщо після числа 34 немає букви R (як в нашому прикладі), то це означає, що полярність виводів пряма (полюсний вивід «плюс» розташований зліва), а якщо буква R присутня, то полярність зворотня (полюсний вивід «плюс» розташований справа);

✓ останні три цифри – пряма вказівка на значення струму холодного пуску. Цікавий момент полягає в тому, що в стандартах **SAE** і **DIN** пускові струми (струми холодної прокрутки) значно відрізняються. У першому випадку це значення більше. Щоб перевести

одне значення в інше потрібно провести додаткові обчислення з використанням поправочних коефіцієнтів, а саме [53]:

- для акумуляторних батарей з ємністю до 90 А×год:

$$I_{SAE} = 1,7 \times I_{DIN}; \quad (2.3)$$

- для акумуляторних батарей з ємністю від 90 до 200 А×год:

$$I_{SAE} = 1,6 \times I_{DIN}, \quad (2.4)$$

де I_{SAE} – струм холодної прокрутки, визначений за нормативами **SAE**,
А;

I_{DIN} – струм холодної прокрутки, визначений за нормативами **DIN**,
А;

1,7 і **1,6** - поправочні коефіцієнти.

Поправочні коефіцієнти обрані емпірично, на основі практики автомобілістів. Нижче, в табл. 2.5 наведена відповідності струму холодного пуску для акумуляторних батарей за різними стандартами.

 Азіатський стандарт. Має назву **JIS** і є одним з найскладніших адже загального стандарту маркування акумуляторних батарей «азія» немає. За цим стандартом виготовляються і маркуються японські та корейські акумуляторні батареї. На практиці може бути відразу кілька варіантів (старий – рис. 2.29, або новий тип) позначення розмірів, потужності та інших характеристик. Для точного переведення значень з азіатського стандарту в європейський необхідно користуватися спеціальними таблицями відповідностей. Також слід пам'ятати, що зазначена на АКБ азіатського виробництва ємність

Таблиця 2.5 – Відповідність струмів холодного пуску задекларовані різними стандартами, А [53]

Стандарти виготовлення акумуляторних батарей		
DIN 43559 (ГОСТ 959-91)	EN 60095 (ГОСТ 959-2002)	SAE J537
170	280	300
220	330	350
255	360	400
255	420	450
280	480	500
310	520	550
335	540	600
365	600	650
395	640	700
420	680	750



Рис. 2.29. Маркування АКБ Rocket азіатського стандарту старого зразка [53]

відрізняється від аналогічної на європейських АКБ. Наприклад, 55А×год на японській або корейській батареї відповідає лише 45 А×год на європейській.

У найпростішому трактуванні маркування акумуляторної батареї за стандартом **JIS D 5301** складається з шести символів – рис. 2.30 [53].



Рис. 2.30. Варіант маркування акумуляторної батареї виготовленої за азійським стандартом [53]

Сутність літер і цифр приведена на рисунку, однак варто додати окремі пояснення і уточнення, а саме:

✓ *перші дві цифри* - ємність батареї, помножена на поправочний коефіцієнт (експлуатаційний показник, який характеризує співвідношення між ємністю акумулятора і роботою стартера). Цей коефіцієнт називають коефіцієнтом потужності акумуляторної батареї. Чим більше число, тим більший пусковий струм і резервна ємність батареї;

✓ *третій символ* - літера, яка вказує на належність АКБ до певного класу, яким визначається форма батареї, а також її розміри. Літера в позначенні, яка стоїть на третій позиції означає ширину і висоту акумулятора. Іноді може відображати форм-фактор або розмір бічної поверхні. Всього існує 8 груп, які позначаються літерами

латинського алфавіту від **A** до **H** і, як правило, вказують на ширину і висоту акумуляторної батареї (на легкових авто, як правило, встановлюють акумуляторні батареї, в позначенні яких використовуються тільки чотири перших літери), а саме:

- **A** - 125×160 мм;
- **B** - 129×203 мм;
- **C** - 135×207 мм;
- **D** - 173×204 мм;
- **E** - 175×213 мм;
- **F** - 182×213 мм;
- **G** - 222×213 мм;
- **H** - 278×220 мм.

Азіатські розміри можуть відрізнятися в межах 3 мм [53].

✓ *четвертий і п'ятий символ* - число, яке відповідає базовому розміром акумуляторної батареї, зазвичай так позначається його округлена довжина в сантиметрах;

✓ *шостий символ* - літери **R** або **L**, які позначають розташування негативної клеми на акумуляторній батареї [53].

Тип батареї позначається аббревіатурою, яка стоїть на початку маркування. У наведеному прикладі використана аббревіатура **SMF** (Sealed Maintenance Free). В перекладі вона означає, що дана батарея не потребує постійного обслуговування, тобто відноситься до необслуговуваних. Це означає, що доступ до окремих акумуляторів батареї закритий, доливати в них воду або електроліт неможливо, та й не потрібно. Таке позначення може стояти як на початку, так і наприкінці основного маркування. Крім **SMF** також зустрічається **MF** (Maintenance Free) – обслуговувана батарея і **AGM** (Absorbent Glass Mat)

- необслуговуюєма, так само як і у першому варіанті, оскільки там абсорбований електроліт, а не рідкий, як це є в класичному варіанті свинцево-кислотних акумуляторів.

Іноді маркування має в кінці додаткову букву **S**, яка дає зрозуміти, що у батареї в якості струмовиводів використані тонкі клеми «азіатських» розмірів або стандартні європейські (див. рис. 2.24) [53].

У нашому прикладі використане маркування корейської акумуляторної батареї Rocket **SMF 85D26L**. Ця батарея не обслуговується, достатньо потужна, розмірами (260×173×204 мм), з зворотною полярністю (правий плюс). Також на наклейці цієї батареї присутні звичні позначення: **ССА** - 650А (пусковий струм за європейським стандартом при температурі -18 °С), **СА** - 780А (пусковий струм за американським стандартом при температурі 0 °С) і ємність 80 А×год [79].

У способі вимірювання ємності у виробників японських і корейських батарей є свої особливості. В Європі та Україні акумуляторній батареї присвоюється значення ємності, яка підрахована при розряді малим струмом (струмом 20-годинного розряду) до напруги 10,5 В. В нашому прикладі: струм 4 А × 20 годин = 80 А×год. Для європейця ємність Rocket **SMF 85D26L** дорівнює 80 А×год [79].

Японці вважають за краще вираховувати ємність автомобільного акумулятора розряджаючи його також до напруги 10,5 В, але струмами вище в кілька разів: значеннями близькими до реальних навантажень в автомобілі. В Азії для цього ж акумулятора вказується ємність 65 А×год, обчислена при випробуванні струмом 5-годинного розряду. У нашому прикладі: 13 А × 5 годин = 65 А×год [79].

В Америці потрібно сповіщати покупців про те, яка у АКБ «резервна ємність» (**RC**) в хвилинах. Це значення фіксують, заміряючи час розряду струмом 25 А повністю зарядженій батареї до рівня напруги 10,5 В. Резервна

ємність Rocket 85D26L - 130 хвилин. В житті, при поломці генератора, у водія є 130 хв., Щоб дістатися до станції техобслуговування [79].

В Європі, вибираючи батареї, порівнюють значення пускового струму. Солідні цифри **ССА** 600А або 800А викликають повагу у водіїв, але не дають їм інформацію в розкритому вигляді. У японському стандарті **JIS** існує більш зрозумілий споживачеві тест. При температурі -15 °С автомобільні акумулятори випробовують навантаженням 150А або 300А (залежить від категорії батареї). АКБ з нашого прикладу тестують навантажувальним струмом в 300А до рівня падіння напруги 6 Вольт і фіксують отриманий результат в хвилинах. Наприклад, для нашого Rocket **SMF 85D26L** час розряду струмом 300 А дорівнювало б 3 хв. Це значення в зрозумілій для будь-якого водія формі (хвилини) збагне, як довго можна навантажувати акумулятор стартером свого автомобіля, лебідкою або іншим пристроєм, який має електропривід [79].

Пусковий струм **ССА** (при $t = -18\text{ }^{\circ}\text{C}$, $0\text{ }^{\circ}\text{F}$) або **СА** (при температурі $0\text{ }^{\circ}\text{C}$) - це струм який здатна віддавати АКБ протягом 30 сек до напруги 7,2 В [79].

Виконання акумуляторних батарей японського виробництва може бути різним, що також вказується в маркуванні літерами та їх сукупністю, а саме:

- ✓ **N** - відкрита з нерегламентованою витратою води;
- ✓ **L** - відкрита з малою витратою води;
- ✓ **VL** - відкрита з дуже малою витратою води;
- ✓ **VRLA** - відкрита з регулюючим клапаном.

Сутність інформації, яка наноситься на товарну наклейку акумуляторної батареї, виконаної за азіатськими стандартами показано на рис. 2.31.

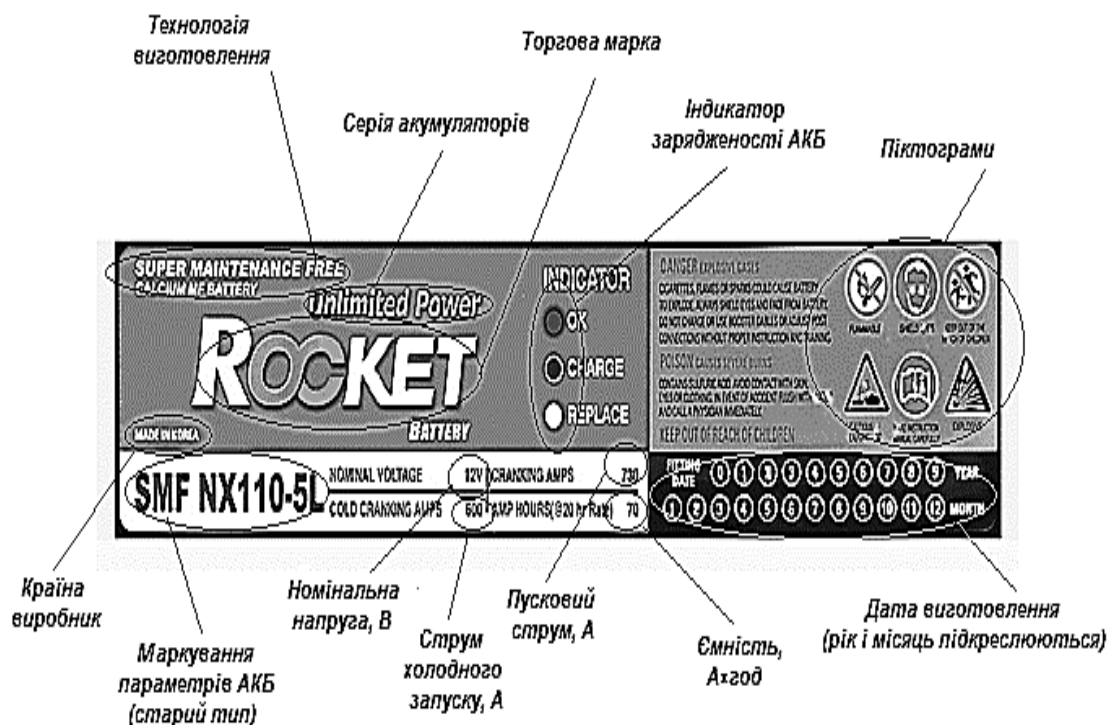


Рис. 2.31. Варіант наклейки з інформацією для акумуляторної батареї виготовленої за азіатським стандартом фірмою Rocket

Нижче приведені дані щодо відповідності розмірів, маси і пускових струмів акумуляторних батарей виготовлених і промаркованих згідно азіатського стандарту – табл. 2.6.

2.1.7.2. Інформація про дату виготовлення акумуляторної батареї

Зважаючи на те, що всі акумулятори і батареї, створені на їх базі з часом старіють, то інформація про дату їх виготовлення є актуальною.

АКБ, випущені під торговими марками **Berga**, **Bosch** і **Varta** мають на цей рахунок єдине позначення, яке розшифровується

Таблиця 2.6 - Відповідність розмірів, маси і пускових струмів акумуляторних батарей виготовлених і промаркованих згідно азіатського стандарту [53].

Акумуляторна батарея	Ємність, А×год (5 год/20 год)	Струм холодного пуску (при -18 °С)	Габаритні розміри, мм			Маса, кг
			загальна висота	висота	довжина	
50B24R	36/45	390	-	-	-	-
55D23R	48/60	356	-	-	-	-
65D23R	52/65	420	-	-	-	-
75D26R (NS70)	60/75	490/447	-	-	-	-
95D31R (N80)	64/80	622	-	-	-	-
30A19R(L)	24/30	-	178	162	197	9
38B20R(L)	28/36	340	225	203	197	11,2
55B24R(L)	36/46	410	223	200	234	13,7
55D23R(L)	48/60	525	223	200	230	17,8
80D23R(L)	60/75	600	223	200	230	18,5
80D26R(L) NX110-5	60/75	600	223	200	257	19,4
105D31R(L)	72/90	675	223	202	302	24,1
120E41R(L)	88/110	810	228	206	402	28,3
40B19R(L)	30/37	330	-	-	-	-
46B24R(L) NS60	36/45	330	-	-	-	-
56B24R(L)	36/45	440	-	-	-	-
55D23R(L)	48/60	360	-	-	-	-
75D23R(L)	52\65	530	-	-	-	-
80D26R(L)	55\68	590	-	-	-	-
95D31R(L)	64\80	630	-	-	-	-

наступним чином. Для прикладу варто розглянути наступне позначення - **C0C753032** [53].

✓ *Перший символ (літера)* - це код заводу, де була виготовлена акумуляторна батарея. Можливі наступні варіанти розташування заводів -виробників:

Н - Ганновер (Німеччина);

C - Ческа Липа (Чехія);
E - Бургос (Іспанія);
G - Гуардамар (Іспанія);
F - Руан (Франція);
S - Сарргемін (Франція);
Z - Цвікау (Німеччина) [53].

У приведеному вище конкретному прикладі видно, що АКБ виготовлена на території Чехії.

- ✓ *Другий символ (цифра) в шифрі означає номер конвеєра.*
- ✓ *Третій символ (літера) - тип замовлення.*
- ✓ *Четвертий, п'ятий і шостий символ (цифри) - це зашифрована інформація про дату виготовлення батареї. Так, в нашому випадку цифра 7 означає останню цифру року (в даному прикладі - 2017 рік, відповідно, 8 - це 2018 рік, 9 - 2019 і так далі). Що сто сується числа 53, то воно означає місяць виготовлення батареї (в приведеному прикладі – травень). Інші варіанти позначення місяців наступні [53]:*

17 - січень;
18 - лютий;
19 - березень;
20 - квітень;
53 - травень;
54 - червень;
55 - липень;
56 - серпень;
57 - вересень;
58 - жовтень;
59 - листопад;
60 – грудень [7].

Можливі і окремі відхилення в позначеннях дати виготовлення батарей окремих виробників. Окремі приклади можливих позначень дати виготовлення акумуляторних батарей виробництва Bosch показані на рис. 2.32.



Рис. 2.32. Приклади можливих позначень дати виготовлення акумуляторних батарей виробництва Bosch [53]

Різні виробники по різному позначають дату виготовлення акумуляторної батареї. Нижче наведено варіанти розшифровок дати виготовлення акумуляторних батарей найбільш відомих торгових марок [53]:

- *A-mega, EnergyBox, FireBull, Plazma, Virbac*. Приклад - **0491 62-0M7 126/17**. Останнє число означає 2017 рік, а три цифри перед позначенням року - це день за рахунком в році. В даному випадку 126-й день - це 6 травня.

- **Bost, Delkor, Medalist.** Приклад - **8C05BM**. Перша цифра - це остання цифра в позначенні року. В даному випадку - 2018. Друга літера - це позначення місяця за латинським алфавітом. А - січень, В - лютий, С - березень і так далі. В даному випадку березень.
- **Centra.** Приклад - **KJ7E30**. Третя цифра - остання цифра в позначенні року. В даному випадку - 2017. Четвертий символ - літерне позначення місяців аналогічно акумуляторів з товарною маркою Bost (А - січень, В - лютий, С - березень і так далі).
- **Feon.** Приклад - **2736**. Друга цифра означає останню цифру року (в даному випадку 2017 рік). Третя і четверта цифра - це номер тижня в році (в даному випадку 36-й тиждень, початок вересня).
- **Fiamm.** Приклад - **721411**. Перша цифра - це остання цифра року, в даному випадку 2017. Друга і третя цифра - номер тижня в році, 21 тиждень - кінець травня. Четверта цифра - номер дня тижня. Четвірка - це четвер.
- **Ista.** Приклад - **2736 132041**. Друга цифра – остання цифра року, в даному випадку - 2017 рік. Третя і четверта цифри - номер тижня, 36 тиждень - початок вересня.
- **NordStar, Sznajder.** Приклад - **0555 3 3 205 8**. Щоб дізнатися рік виробництва акумулятора необхідно від останньої цифри відняти одиницю. Так шифрують останню цифру року року. В даному випадку 2017 рік. Передостанні три цифри означають номер дня в році.
- **Rocket.** Приклад - **KS7J26**. Перші дві букви - це шифр назви підприємства, де була виготовлена акумуляторна батарея. Третя цифра – остання цифра року, в даному випадку 2017. Четверта буква - шифр місяці англійськими літерами (А - січень, В - лютий, С - березень і так далі). Останні дві цифри - число місяця. В даному випадку маємо 26 жовтня 2017 року.

- **Startech.** У акумуляторних батареях, випущених під цією торговою маркою, на днищі є два кружки, в яких явно вказуються рік і місяць випуску.

- **Panasonic, Furukawa Battery (SuperNova).** Виробники цих акумуляторних батарей прямо пишуть дату виготовлення на кришці виробу в форматі **ЧЧ.ММ.РР**. Як правило, на Panasonic дата нанесена фарбою, а на корпусі Furukawa дата вказана тисненням.

- **ТИТАН, ТИТАН ARCTIC.** Мають позначення дати виготовлення, яке включає сім цифр. Перші шість прямо вказують на дату виготовлення в форматі **ЧЧ.ММ.РР**, а сьома цифра означає номер конвеєрної лінії, де була виготовлена батарея [53].

- *Російські виробники* зазвичай простіше підходять до позначенню дати виробництва акумуляторної батареї. Вони вказують на це *чотирма цифрами*. Дві з них позначають *місяць виготовлення*, інші дві - *рік*. Однак проблема полягає в тому, що деякі першими вказують місяць, а інші – рік виготовлення [53].

Акумулятор, або акумуляторна батарея – це хімічне джерело енергії на борту мобільної машини і завжди важливою є інформація про їх характеристики саме як джерела струму.

2.1.7. Основні характеристики свинцево-кислотних акумуляторів і акумуляторних батарей на їх базі

До основних характеристик свинцево-кислотних акумуляторних батарей відносяться:

- ❖ електрорушійна сила (е.р.с.);
- ❖ напруга на клеммах;

- ❖ внутрішній опір;
- ❖ ємність;
- ❖ коефіцієнт електричної віддачі.

Електрорушійною силою акумулятора називають різницю потенціалів між позитивним і негативним електродами, виміряну при розімкнутому зовнішньому колі. Електрорушійну силу акумулятора можна орієнтовно визначити вольтметром, який має великий внутрішній опір (не менше 300 Ом/В) і підключеного до виводів акумулятора (або батареї) паралельно.

Електрорушійна сила залежить від густини електроліту, від температури (не істотно) і не залежить від розмірів електродів і кількості активної речовини. Е.р.с. спокою можна визначити з залежності:

$$E_0 = 0,847 + \rho_e, \quad (2.5)$$

де E_0 – електрорушійна сила спокою акумулятора, В;

0,847 – постійний емпіричний коефіцієнт;

ρ_e – густина електроліту виміряна при температурі 15 °С, г/см³.

Густина електроліту в свинцево-кислотних акумуляторах може коливатися в межах 1,10 ... 1,34 г/см³, а електрорушійна сила спокою – в межах 1,94 ... 2,18 В.

Напруга на клеммах і внутрішній опір. Електрорушійна сила спокою при розряді акумулятора, або акумуляторної батареї витрачається на переборювання внутрішнього опору і переборювання опору споживачів на зовнішній ділянці кола.

Втрати на внутрішній ділянці кола акумуляторної батареї називають *внутрішнім (опором) падінням напруги*:

$$U_B = I_p \times r, \quad (2,6)$$

де U_B – внутрішнє падіння напруги, В;

I_p – струм розряду, А;

r – внутрішній опір акумуляторної батареї (сюди входить опір міжелементних з'єднань), Ом.

Та частина е.р.с., яка прикладена до зовнішньої ділянки кола називається *напругою розряду*, або *напругою на клеммах* Вона визначається з залежності:

$$U_P = E_B - I_p \times r, \quad (2.7)$$

де U_P – напруга розряду, В;

E_B – електрорушійна сила спокою акумуляторної батареї, В.

Внутрішній опір акумулятора, або акумуляторної батареї залежить від:

- ✓ розміру і кількості пластин (електродів);
- ✓ відстані між електродами;
- ✓ пористості сепараторів, густини і температури електроліту.

Внутрішній опір зарядженої акумуляторної батареї знаходиться в межах 0,0001 ... 0,015 Ом. В процесі розряду, коли густина електроліту зменшується, внутрішній опір зростає до 0,02 Ом.

Напругу на клеммах, або ж ступінь зарядженості акумулятора визначають при випробуванні під навантаженням на протязі 5 с. при допомозі навантажувальної вилки, яка споживає струм від 80 до 150 А (аналогічне вимірювання для акумулятора виконували акумуляторним пробником типу Э107, або Э108). Для акумуляторних батарей з

загальною кришкою використовують спеціальні пробники типу ПА2-И та тестери типу Quicklynks BA101 тощо.

Ємність акумуляторної батареї – кількість електричної енергії ($A \times \text{год}$), яке віддає повністю заряджена акумуляторная батарея при безперервному розряді до допустимої межі зниження напруги. Для порівняння різних стартерних батарей введено поняття номінальної ємності.

Номінальну ємність батареї визначають при неперервному 20-годинному розряді при температурі електроліту $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ (в окремих літературних джерелах вказуються межі варіювання температури на рівні $18 \dots 27\text{ }^{\circ}\text{C}$) силою струму, рівною $1/20$ номінальної ємності ($I_p = 0,05 \times C_{20}$, А) до кінцевої напруги на виводах, рівної **5,25 В** для шестивольтової акумуляторної батареї, і **10,5 В** для дванадцятивольтової акумуляторної батареї.

Розрядну ємність визначають з допомогою залежності:

$$C = I_p \times T_p, \quad (2.8)$$

де C – розрядна ємність акумуляторної батареї, $A \times \text{год}$;

I_p – струм розряду, А;

T_p – час розряду, год.

До 1973 року маркування ємності акумуляторних батарей відповідала 10-годинному режиму розряду - C_{10} . Для переведу ємності, отриманої при режимі розряду C_{10} у ємність, яка могла б бути отримана при режимі розряду C_{20} користувалися залежністю:

$$C_{20} = 1,07 - 1,14 \times C_{10}. \quad (2.9)$$

Резервна ємність. Резервна ємність АКБ позначається у хвилинах розряду струмом 25А, і вказує на здатність забезпечувати електричною енергією мобільну машину при відмові генератора.

Орієнтовна номінальна ємність акумуляторної батареї, виражена через її резервну ємність, зазначену у хвилинах, може бути визначена з використанням залежності [122]:

$$C = T/2, \quad (2.10)$$

де C – ємність акумуляторної батареї, А×год;

T - резервна ємність акумуляторної батареї, хв.

Стартерна ємність. Стартерна ємність визначається при температурі +30 °С і -18 °С. Розрядний струм при визначенні стартерної ємності, в числовому еквіваленті, рівний потроєному значенню номінальної ємності акумуляторної батареї.

Як уже згадувалось, ємність акумуляторної батареї залежить від розмірів і кількості пластин (електродів), товщини і пористості активних матеріалів, конструкції і матеріалу сепараторів, а також вплив на ємність батареї чинять і ряд експлуатаційних чинників, а саме:

- ✓ густина і температура електродоліту;
- ✓ режими зарядних і розрядних струмів;
- ✓ ступінь зарядженості і зношеності батареї.

Із збільшенням густини електродоліту ємність акумуляторної батареї підвищується, але знижується термін служби батареї.

Із збільшенням струму розряду зменшується ємність акумуляторної батареї. При великих струмах розряду поверхневі шари електродів інтенсивно приймають участь у хімічних реакціях, в

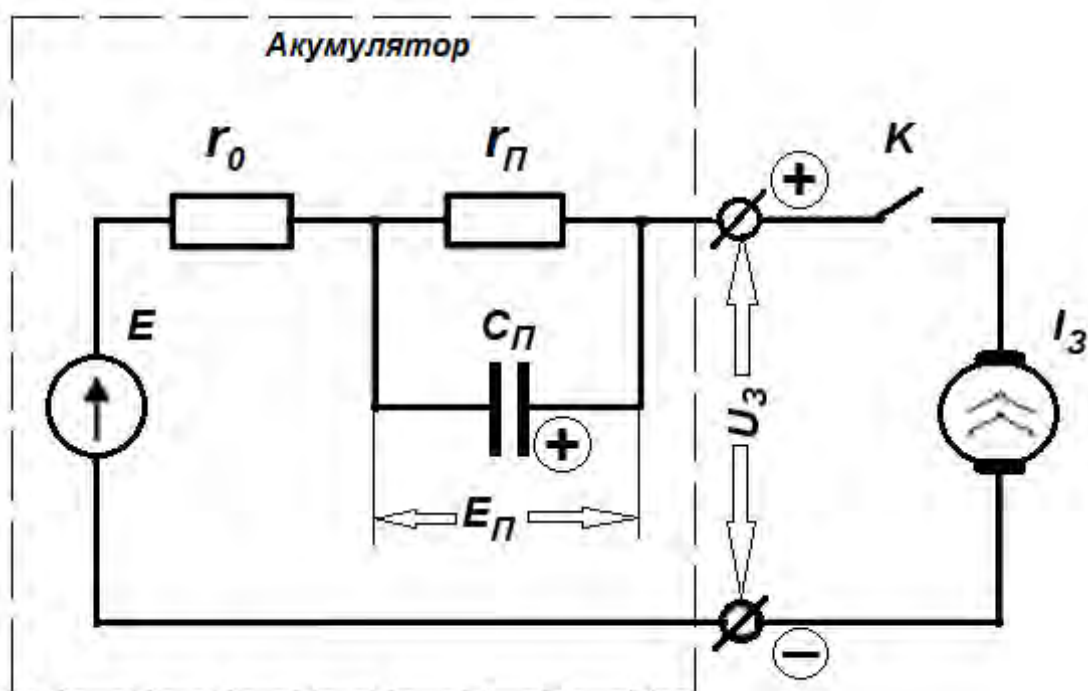
результаті чого сульфат свинцю ($PbSO_4$), який утворюється, закупорює пори на поверхні активної маси пластин, а внутрішні шари активної маси, при цьому, тільки частково приймають участь в реакціях. При великих зарядних струмах, хімічні процеси в активній масі пластин до кінця не завершуються, тому із збільшенням зарядного струму ємність акумуляторної батареї знижується.

Збільшення в'язкості електроліту при зниженні температури приводить до зниження ємності акумуляторної батареї. Експериментально встановлено, що зниження температури електроліту на $1\text{ }^{\circ}\text{C}$, у зоні додатніх («плюсових») температур, зменшує ємність орієнтовно на $0,6 \dots 1,0\%$, а при від'ємних («мінусових») температурах і збільшених розрядних струмах – до $2,0\%$ і більше). Для збереження ємності батареї при низьких температурах у окремих конструкціях батарей застосовують внутрішній підігрів, який підвищує температуру електроліту в межах $5 \dots 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ при температурі оточуючого середовища від $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (зокрема для батареї типу 6СТ-190ТРН).

Кінцем терміну експлуатації акумуляторної батареї вважається момент, коли її ємність стане рівною 40% від номінальної ($0,4 \times C_{20}$), або час розряду стартерним струмом ($I = 3 \times C_{20}$) при $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ знизиться до $1,5$ хв.

Фактична ємність акумуляторної батареї визначається ступінню зарядженості її в цілому і акумуляторів зокрема. Термін експлуатації батареї і акумулятора залежать від характеристики їх заряду.

Характеристика заряду свинцево-кислотного акумулятора.
Розглянемо процеси, які відбуваються в акумуляторі під час його заряду. Акумулятор можна представити еквівалентною електричною схемою заміщення – рис. 2.33. На цьому ж рисунку показано зовнішнє джерело струму, яке використовується для заряду. Для спрощення пояснень і



E – джерело електрорушійної сили; r_0 – опір омичних втрат; r_P – опір поляризації; C_P – ємність поляризації; K – ключ вмикання та вимикання зарядного струму; I_3 – джерело зарядного струму

Рис. 2.33. Схема заміщення акумулятора з джерелом зарядного струму [48]

враховуючи приведену схему (див. рис. 2.33) можна допустити, що на протязі всього процесу заряду струм не буде змінюватись [48].

В процесі викладу матеріалу будуть використовуватись терміни *омичний опір* (омичні втрати, активний опір) та *електрорушійна сила поляризації* (заряд еквівалентної ємності поляризації). Сутність названих термінів наступна:

- *активний опір* — фізична величина, що характеризує протидію провідника чи електричного кола струмові.

$$r = U/I, \quad (2.11)$$

У колах постійного струму це скалярна величина r , що дорівнює відношенню напруги U на кінцях провідника до сили струму I : тобто в колах без джерел струму виконується закон Ома для частини кола. Тому активний опір називається *омічним*. Його величина залежить від матеріалу провідника (питомого опору ρ або електропровідності $\sigma = 1/\rho$), розмірів і форми [7];

▪ *електрорушійною силою поляризації* називається е. р. с., яка виникає в процесі електролізу на електродах, спрямована проти напруги, прикладеної ззовні для електролізу. Причиною цього явища можуть бути хімічні процеси, що протікають на електродах, зміна концентрації розчину тощо. При електроаналізі поляризуються обидва електроди електроаналітичного осередку. Ця поляризація визначає енергетичні умови, які потрібні для безперешкодного протікання електрохімічних процесів [93].

На рис. 2.34 приведено характеристику заряду свинцево-кислотного акумулятора у загальному випадку. Позицією 1 (див. рис 2.33) показано зміну напруги акумулятора в процесі заряду, а позицією 2 – зміну його власної електрорушійної сили в процесі заряду. В загальному випадку процес заряду можна розділити на чотири основних стадії.

У вільному стані напруга на клеммах акумулятора буде рівною його власній електрорушійній силі. Після вмикання зарядного струму відбувається стрибок цієї напруги на величину омічних втрат (точки 1 – 2) і розпочинається *перша стадія* заряду, під час якої відбувається заряд еквівалентної ємності поляризації C_{Π} і стабілізація розподілу концентрації електроліту поблизу електродів (точки 2 – 3).

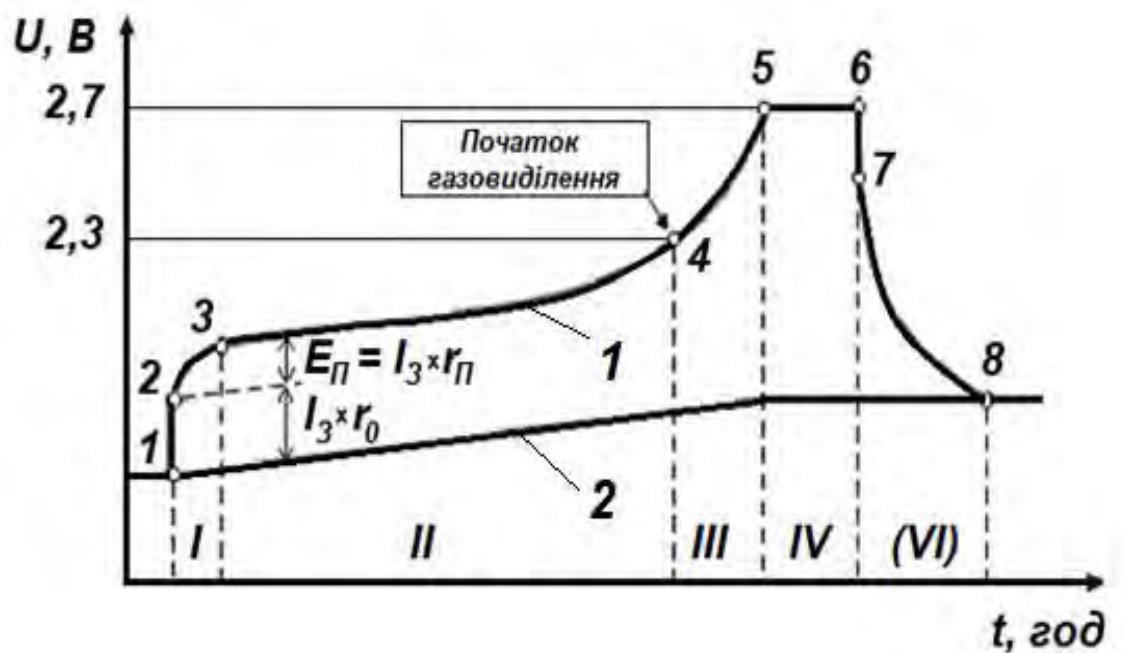


Рис. 2.34. Характеристика заряду свинцево-кислотного акумулятора у загальному випадку [40, 48]

На *другій стадії* (точки 3 – 4) відбувається відновлення активної маси від поверхні і далі в глибину електродів, збільшується густина електроліту і напруга на акумуляторі. В тому випадку, коли активна маса електродів виявиться відновленою, напруга на акумуляторі досягне 2,3 В (тут і далі вказується напруга одного акумулятора. Для того, щоб дізнатись напругу батареї, то потрібно приведені дані помножити на кількість акумуляторів) [48].

Після цього, на *третьій стадії* (точки 4 – 5) зарядний струм починає частково, а потім і повністю витрачатися на розкладання води на водень і кисень, що супроводжується інтенсивним газовиділенням. Момент початку газовиділення на рис 2.34 відмічений точкою 4 (у герметичних, так званих не «обслуговуваних» батареях застосовані заходи з тим, щоб точка початку газовиділення знаходилася за межами даної характеристики, тобто, щоб газовиділення взагалі не

відбувалось). При цьому напруга на акумуляторі починає різко підвищуватися і може сягнути 2,7 В, оскільки для розкладання води потрібна більш висока напруга [48].

Після досягнення названої величини напруга на акумуляторі перестає підвищуватися і процес заряду переходить у *четверту стадію*. На цій стадії (точки 5 – 6) напруга залишається постійною. Спостерігається значне виділення газу, яке, зазвичай називають «кипінням електроліту». Відбувається остаточне відновлення найбільш глибоких шарів активної маси електродів і електричне розкладання сульфату свинцю. При струмі заряду, рівному 1/10 номінальної ємності акумулятора, цей процес триває впродовж 2 – 3 годин. Якщо проводиться заряд батареї акумуляторів, то на цій стадії відбувається вирівнювання густини електроліту в різних акумуляторах, оскільки в електроліті з меншою густиною вода розкладається більш активно [48].

Після закінчення четвертої стадії зарядний струм відключають. Напруга на акумуляторі стрибкоподібно зменшується на величину омичних втрат (точки 6 – 7), після чого відбувається розряд ємності поляризації C_{Π} на опір поляризації r_{Π} . При цьому напруга на електродах акумулятора поступово зменшується до того моменту, поки не досягне значення власної зрівноваженої електрорушійної сили, яка орієнтовно дорівнює 2,1 В (точки 7 – 8). Значення зрівноваженої електрорушійної сили визначається різними факторами, в тому числі і густиною електроліту, яка була досягнута в процесі заряду. Цей період, не зважаючи на те, що зарядний струм відключений, можна умовно вважати *п'ятою стадією* заряду тому, що на цій стадії продовжуються процеси, які характерні для заряду – вирівнювання густини електроліту біля електродів і між ними [48].

На практиці протікання зарядних процесів їх тривалість може виглядати дещо інакше з тих причин, що вони залежать від прийнятого зарядного струму, температури, ступеня зарядженості акумулятора і його загального стану.

Характеристика розряду свинцево-кислотного акумулятора. При розряді акумулятора його рівноважна електрорушійна сила E_0 розподіляється між внутрішньою ділянкою кола, де вона долає внутрішній опір, і зовнішньою ділянкою кола, де за допомогою приєднаного споживача (навантаження) електрична енергія перетворюється в інший вид енергії. Та частина електрорушійної сили (е. р. с.), яка при розряді припадає на зовнішню ділянку кола, називається напругою розряду акумулятора U_p . Втрати ж на внутрішній ділянці називають внутрішніми втратами напруги r_{Π} [98].

Знаючи характер зміни рівноважної електрорушійної сили і внутрішнього опору від ряду факторів, можна сказати, що напруга розряду зменшується зі збільшенням розрядженості акумулятора, зниженням температури електроліту, збільшенням розрядного струму.

Перед початком розряду рівноважна е. р. с. має значення E_0 , яке відповідає певній щільності електроліту (рис. 2.35).

На початку розряду постійним струмом відбувається різке падіння напруги розряду (ділянка *а - б*) за рахунок внутрішніх втрат напруги на омичному опорі батареї. Потім відбувається швидке, але плавне зниження напруги (ділянка *б - в*) за рахунок появи е. р. с. поляризації. Наростання е. р. с. поляризації відбувається до тих пір, поки не встановиться певна різниця концентрацій електроліту (біля поверхні електродів і в загальному обсязі), що забезпечує надходження до електродів необхідної для ефективного протікання реакцій кількості кислоти. Наступна ділянка *в - г* характеризується відносно повільним

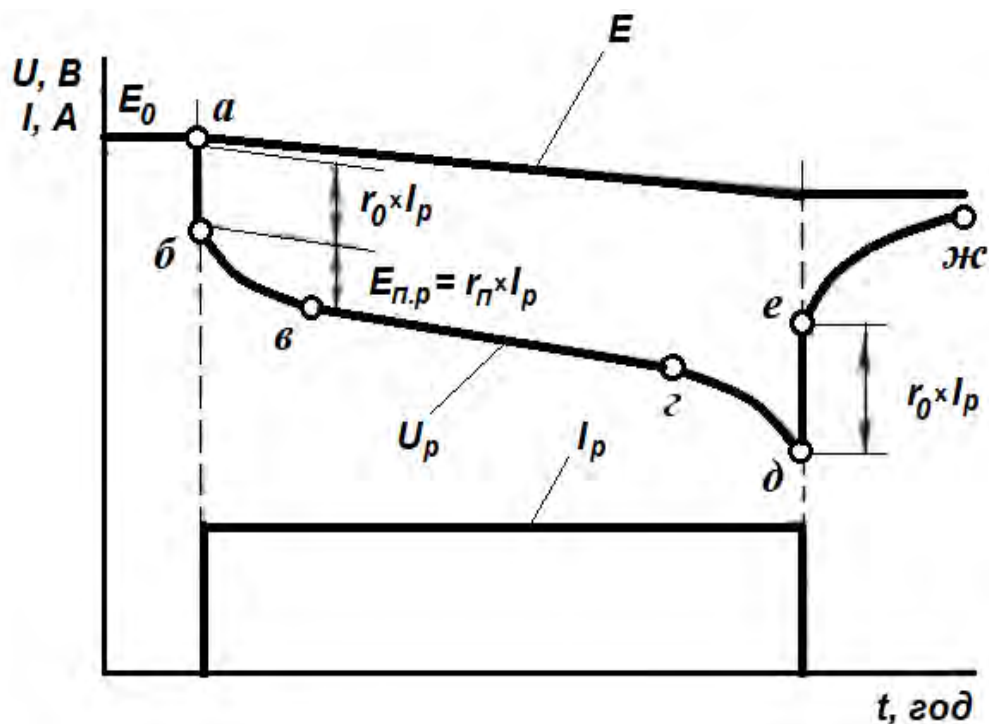


Рис. 2.35. Характеристика розряду свинцево-кислотного акумулятора у загальному випадку [98]

зниженням напруги в результаті зменшення рівноважної е. р. с. через загальне зниження щільності електроліту. До кінця розряду, коли активні речовини на поверхні електродів перетворюються в сульфат свинцю, а до тієї частини активних речовин, які знаходяться в більш глибоких шарах пластин електродів доступ електроліту ускладнений. При цьому збільшується омичний опір і е. р. с. поляризації, а напруга розряду швидко падає (ділянка $з - д$). При припиненні розряду напруга підвищується стрибкоподібно на величину омичних втрат (ділянка $д - е$). При цьому відбувається плавне зменшення е. р. с. поляризації за рахунок вирівнювання густини електроліту біля поверхні електродів і в загальному об'ємі (ділянка $е - ж$). Тому на цій ділянці відбувається плавне збільшення е. р. с., значення якої наближається до значення рівноважної е. р. с. [98].

Коефіцієнт електричної віддачі. Віддача електричної енергії акумулятором при розряді завжди менша, ніж отримана ним електрична енергія при заряді. Для оцінювання втрат при експлуатації акумулятора, чи акумуляторної батареї користуються коефіцієнтом електричної віддачі. Іноді в технічній літературі цей коефіцієнт називають ще коефіцієнтом віддачі ємності.

Коефіцієнт електричної віддачі k характеризує ступінь можливого використання електричної енергії, яка отримана акумулятором, або батареєю, під час зарядки. Значення коефіцієнта електричної віддачі визначають за залежністю:

$$k = \frac{I_p \times t_p}{I_3 \times t_3}, \quad (2.12)$$

де I_p і I_3 – відповідно, розрядний і зарядний струми, А;

t_p і t_3 – відповідно, час розрядки і зарядки, год.

Даний коефіцієнт для технічно справного акумулятора, або батареї, складає 0,75 ... 0,85, тобто 15 ... 25 % електричної енергії втрачається під час роботи акумулятора. Електрична енергія, під час роботи акумулятора, втрачається на нагрів електроліту, електроліз води тощо.

2.1.9. Саморозряд свинцево-кислотного акумулятора та батареї на його базі

Саморозрядом свинцево-кислотного акумулятора називають втрату ним ємності в стані зберігання. Цей показник визначається за умови, що

акумулятор знаходиться в розімкнутому вигляді, вивідні клеми не підключені, поверхня корпусу чиста.

Основними причинами саморозряду є:

- ✓ наявність в пластинах електродів побічних домішок металів (сурми, срібла, міді тощо);
- ✓ наявність домішок солей металів внесених з електролітом, сепараторами;
- ✓ наявність плівки електроліту на поверхні між вивідними клемами;
- ✓ наявність води на поверхні між вивідними клемами;
- ✓ наявність бруду на поверхні між вивідними клемами;

Основними експлуатаційними чинниками, які впливають на саморозряд батареї є:

- температура електроліту;
- термін служби батареї;
- ступінь зарядженості.

Для подальшого розгляду питання саморозряду акумуляторних батарей, який спостерігається під час їх зберігання, варто розглянути відомі методи зберігання.

Практика експлуатації акумуляторних батарей знає два основних методи зберігання, а саме [82]:

➤ «Сухий» - застосовується у обслуговуваних акумуляторних батареях (акумуляторах). Це метод використовували для нових батарей, коли їх не заливають електролітом, а просто зберігають на складі. В попередні роки так продовжували ресурс невживаним батареям. У цьому методі є раціональне зерно, оскільки свинець окислюється але дуже повільно і термін зберігання може вирости до декількох років.

➤ «Мокрий» - застосовується для вже заправлених електролітом батарей. В основному застосовується на необслуговуваних АКБ. Сутність методу в тому, що акумулятор заливається електролітом, заряджається, герметизується і відправляється на склад. При використанні такого методу не передбачається доступ до електроліту, однак і випаровуватися він не може. Зберігати таку акумуляторну батарею (акумулятор) складніше з кількох причин, а саме [82]:

- *по-перше* - тривале не використання вже зарядженої акумуляторної батареї може привести до осідання сірчаної кислоти в електроліті;
- *по-друге* - можливе проникнення кислоти до свинцевих решіток пластин через тріщини активної маси;
- *по-третє* - при неправильному зберіганні, можлива сульфатація пластин;
- *по-четверте* - можлива активізація саморозряду через присутність домішок в пластинах і хімічно активній речовині.

Саморозряди акумуляторних батарей бувають як спровоковані, так і природні. Основні типи їх наступні [82]:

- ❖ *Спровокований* - витік струму через несправні споживачі.
- ❖ *Експлуатаційний* - на поверхні батареї збирається дуже багато пилу, якій просочується вологою або антифризами і утворює струмопровідний місток між електродами, що і служить причиною саморазряду. При такому саморозряді струми витіку мінімальні, але при тривалому простої батареї без використання, вони розряджають його істотно.
- ❖ *Електролітний* - спричиняється тим, що при експлуатації АКБ внизу банок осідають частинки активної маси, яка висипається з пластин в

результаті їх зносу. Ця висипана маса може замикати пластини, що і провокує саморозряд.

❖ *Природний* - виникає тоді коли АКБ дуже довго не використовується. При цьому відбувається взаємодія хімічно активних речовин як між собою, так і з навколишнім середовищем, що веде до повільної втрати активності цих речовин [82].

Норми саморозряду. В технічній літературі можна зустріти самі різні норми саморозряду акумуляторів і батарей на їх базі. Це можна пояснити як різними технологіями виготовлення, так і відповідальністю виробників. За таких умов наведемо показники норм саморозряду усереднені. Саморозряд, який може спостерігатися на 14-у добу зберігання в акумуляторних батареях при температурі 20 ± 5 °C повинен мати наступні значення:

- 📄 Початок експлуатації акумуляторної батареї – 0,7 %;
- 📄 Середина терміну експлуатації – 2 %;
- 📄 Кінець терміну експлуатації – 4 %.

При температурі -18 °C саморозряд практично відсутній, але в кінці терміну експлуатації і за таких температур він може доходити до 0,2 %.

Необслуговуємі акумуляторні батареї за 6 місяців зберігання можуть втрачати до 20 % ємності, а обслуговуємі – до 100 % ємності.

З метою забезпечення заданого терміну експлуатації акумуляторної батареї необхідно проводити регламентні заходи з технічного обслуговування, основні з яких приведені нижче.

2.1.10. Технічне обслуговування акумуляторів і батарей на їх базі

Сучасні акумуляторні батареї виготовляються таким чином, що вони вимагають мінімальних витрат на обслуговування, звідки і назви

«малообслуговуємі» та не «обслуговуємі». Однак, операції з технічного обслуговування передбачають не тільки контроль за рівнем робочої рідини в акумуляторі, а і операції під час введення в експлуатацію батареї, її зберігання тощо. За таких умов, а також зважаючи на те, що дане видання є навчальним, доцільно розглянути всі можливі випадки і етапи технічного обслуговування акумуляторних батарей, які використовуються, або потенційно можуть використовуватися на мобільних машинах.

2.1.10.1. Підготовка акумуляторної батареї до експлуатації

Процес підготовки акумуляторної батареї до експлуатації включає наступні етапи:

 *Приготування електроліту.* Для цього використовують спеціальну акумуляторну сірчану кислоту сортів А і Б густиною 1,83 г/см³ і дистильовану воду. Електроліт, як згадувалось раніше, це розчин, який складається з сірчаної кислоти і дистильованої води. Процес приготування розчину наступний:

➤ В хімічно нейтральний посуд (краще, якщо він буде виготовлений з хімічно- і термостійкої пластмаси) наливають необхідну кількість дистильованої води;

➤ Сірчану кислоту зазначеної вище марки тоненьким потічком ллють у посуд з дистильованою водою неперервно помішуючи скляною паличкою суміш, яка утворюється. **Важливим є те, що кислоту ллють у дистильовану воду, а не навпаки!** Необхідність дотримання даної послідовності пояснюється тим, що під час змішування води і кислоти протікає бурхлива хімічна реакція з виділенням тепла, що заступляє суміш «кипіти» з виділенням газу і, як наслідок, бризк. Якщо ця реакція

буде проходити на поверхні майбутнього розчину, то ці бризки будуть розлітатися навколо джерела протікання реакції, тобто навколо посуду, де готують електроліт. Таким чином появляється висока вірогідність потрапляння сірчаної кислоти на людей та обладнання, що несе в собі загрозу здоров'ю і, навіть, життю людей та виходу з ладу обладнання. Якщо ж реакція буде проходити в товщі рідини, то бурхливе утворення бризок буде відсутнє і небезпеки для здоров'я і життя людей та збереження обладнання не буде. Шар рідини, в якому буде проходити реакція визначається густинами реагентів. Дистильована вода має густину 1 г/см^3 , а сірчана кислота – $1,83 \text{ г/см}^3$. Збудником хімічної реакції, в нашому випадку, є сірчана кислота, вона має більшу густину і, відповідно, важча за дистильовану воду тому в розчині буде намагатися зайняти положення нижче води, тобто в посуді буде розташовуватись на дні. Якщо в посуд налити спочатку кислоту, а потім лити воду, то кислота займе місце на дні посуду, а вода, яка наливається після кислоти, в силу меншої її густини буде не в змозі витіснити кислоту і займе місце над кислотою. Миттєвий початок реакції при контакті води з кислотою буде концентрувати її епіцентр в верхніх шарах суміші, що і приведе до утворення бризок і не бажане розповсюдження їх в навколишньому просторі. Інша ж ситуація буде спостерігатися, якщо кислоту лити у воду. В такому випадку, за рахунок більшої густини і, відповідно, маси кислота швидко опуститься на дно посуду, витісняючи воду у верхні шари суміші. При цьому реакція буде проходити в нижніх шарах суміші, де концентрується кислота, і утворення бризок буде гаситися товщею рідини. Тому, під час приготування електроліту потрібно лити кислоту у воду! З метою виключення надмірного підвищення температури, спочатку рекомендують готувати розчин густиною $1,40 \text{ г/см}^3$, а потім,

після проміжного охолодження, доводити електроліт до заданої густини. Рекомендовані рівні густини електроліту, з урахуванням зон використання акумуляторних батарей, приведений в табл. 2.7.

Таблиця 2.7 - Рекомендовані рівні густини електроліту, з урахуванням зон використання акумуляторних батарей

№ п/п	Кліматична зона	Густина електроліту*, г/см ³	
		пора року	
		зима	літо
1	Дуже холодна (-50 ... -30 °С)	1,30	1,26
2	Холодна (-30 ... -15 °С)	1,28	1,28
3	Помірна (-15 ... -4 °С)	1,26	1,26
4	Жарка (4 ... 15 °С)	1,24	1,24
5	Тепла волога (4 ... 6 °С)	1,22	1,22

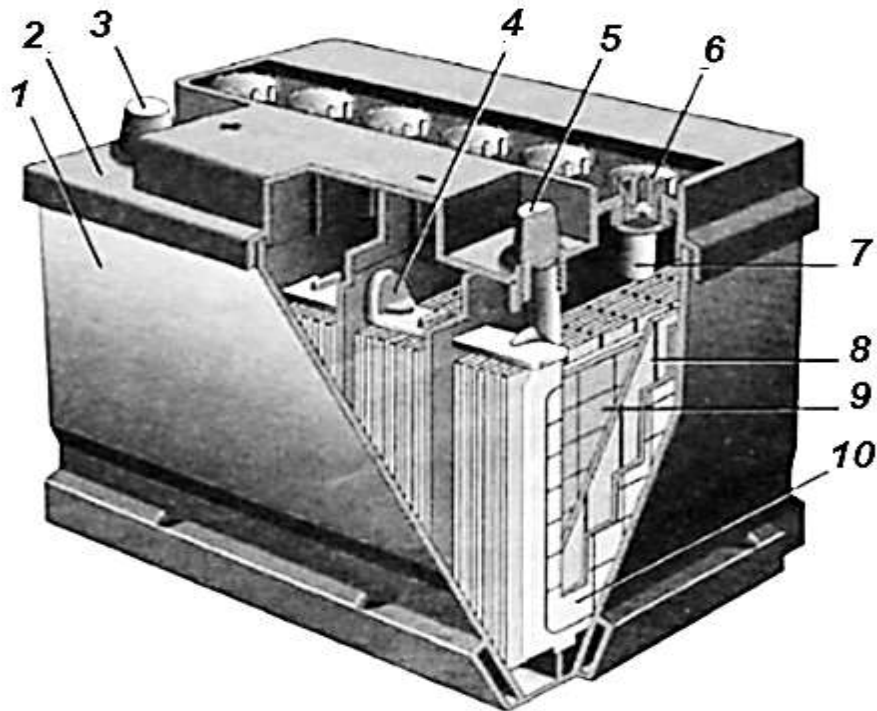
*) Відхилення від вказаних значень можливе в межах $\pm 0,01$ г/см³.

Для України сьогодні характерна густина електроліту на рівні 1,27 г/см³.

 *Розконсервація акумуляторної батареї.* У сухозарядженої батареї потрібно очистити вентиляційні отвори, розташовані у заливних пробках.

 *Заливка електроліту в акумулятори.* Для заливки використовують електроліт, необхідної для кліматичної зони густини і з температурою 15 ... 25 °С. Електроліт заливають до необхідного рівня, який визначається:

- нижнім торцем впаяного тубуса в заливній горловині – рис. 2.36;
- рівнем висотою 10 ... 15 мм над захисним щитком 7 (див. рис. 2.19 та рис. 2.37);



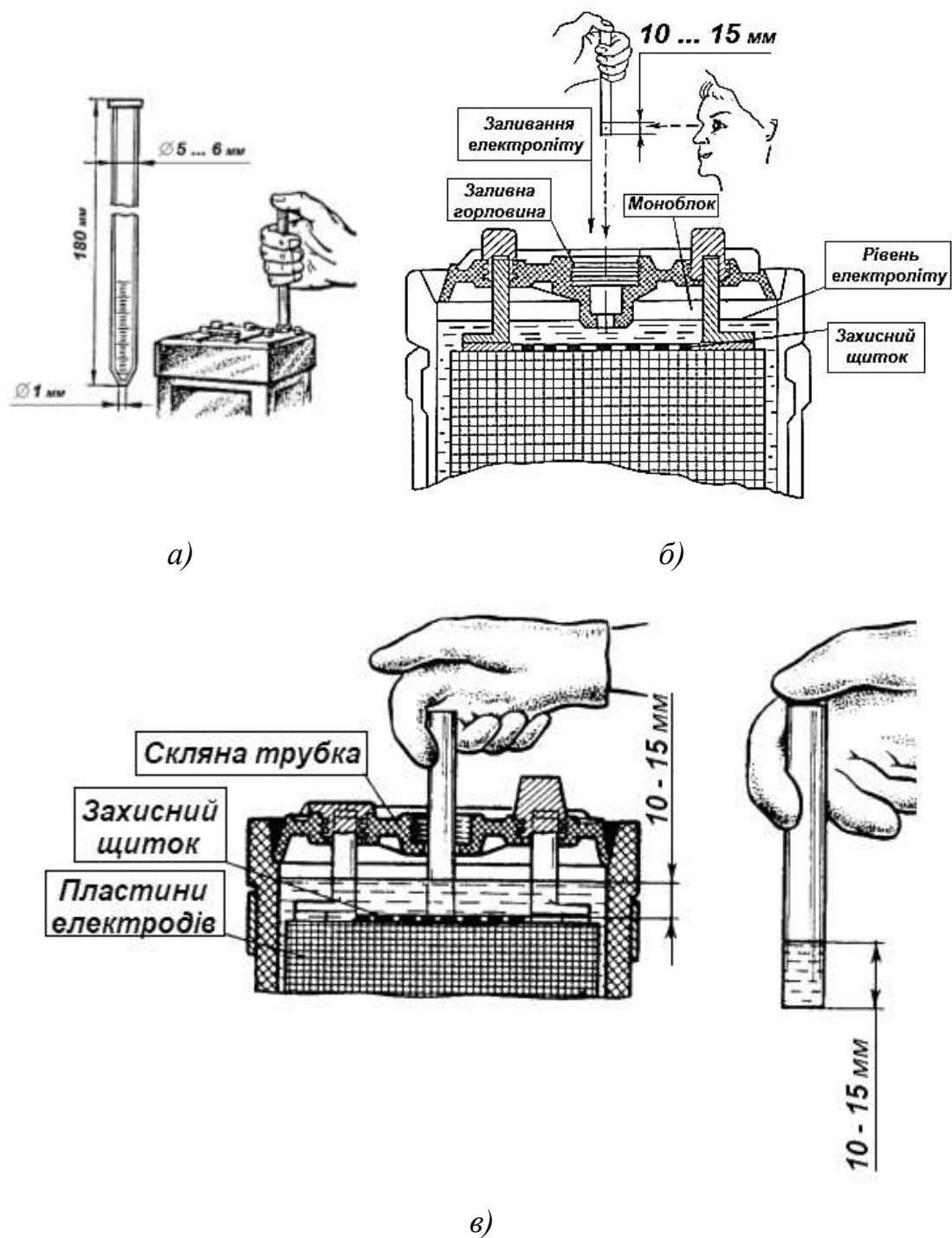
1 - корпус (моноблок); 2 - кришка; 3 - позитивний вивід; 4 - міжелементне з'єднання; 5 - негативний вивід; 6 - пробка заливної горловини; 7 - заливна горловина з тубусом для контролю рівня електроліту; 8 - сепаратор; 9 - позитивна пластина; 10 - негативна пластина

Рис. 2.36. Тубус в заливній горловині акумулятора

○ мітками на прозорому (частково прозорому) моноблоці батареї – рис. 2.38.

📖 *Відстоювання акумуляторної батареї з електролітом.* Відстоювання проводиться з метою просочування пластин електродів електролітом на протязі не менше 2-х годин (іноді застосовують відстоювання на протязі 3-х годин для сухозаряджених і 4 ... 6 годин для не заряджених попередньо пластин).

📖 *Перевірка густини електроліту після відстоювання.* Перевірка густини електроліту після відстоювання проводиться не пізніше ніж через 20 ... 60 хв. з метою оцінки втрат сухозарядженості – рис. 2.39.



а – обладнання для вимірювання рівня електроліту: б – процес заливання і вимірювання рівня електроліту; в – деталізація процесу вимірювання рівня електроліту

Рис. 2.37. Вимірювання рівня електроліту скляною трубкою

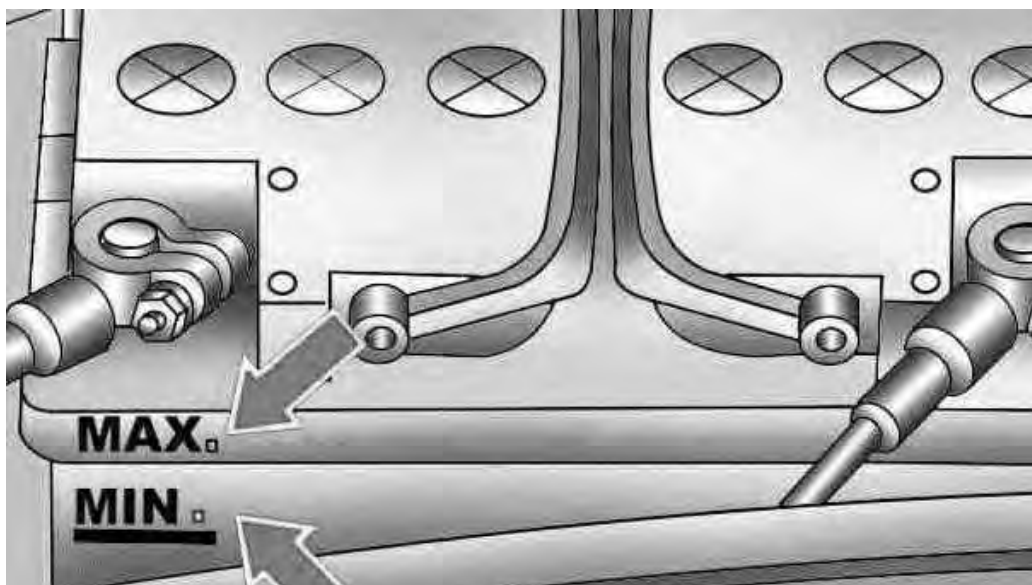
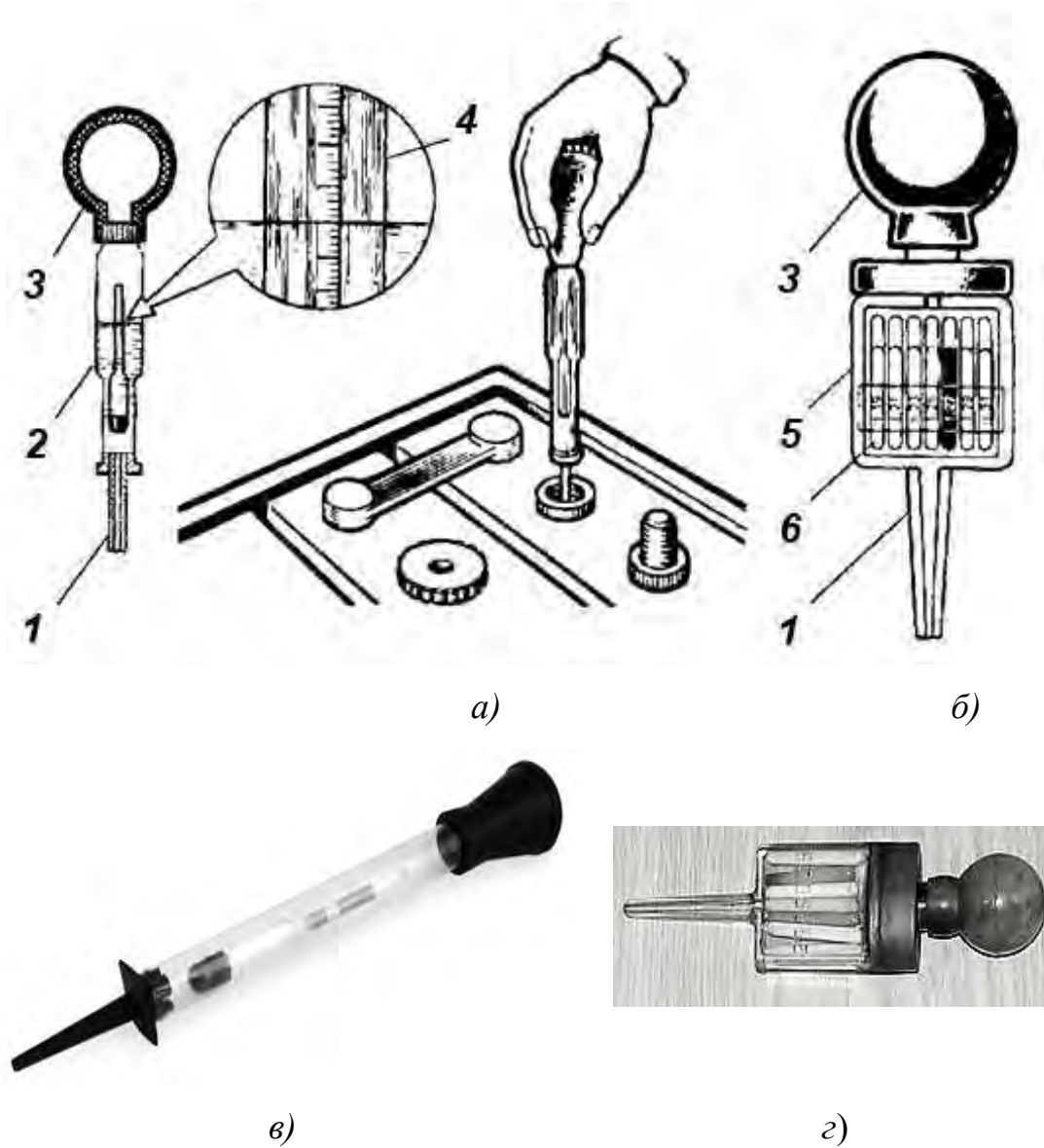


Рис. 2.38. Мітки рівня електроліту на прозорому (частково прозорому) моноблоці акумуляторної батареї

Якщо виміряна, після відстоювання батареї з електролітом, через 20 ... 60 хвилин густина електроліту знизилася не більше ніж на $0,03 \text{ г/см}^3$, порівняно з початковою густиною залитого в батарею електроліту ($1,27 \text{ г/см}^3$), то після доливки електроліту акумуляторна батарея може бути встановлена для експлуатації на мобільній машині. При зниженні густини електроліту більше ніж на $0,03 \text{ г/см}^3$, батарею слід зарядити.

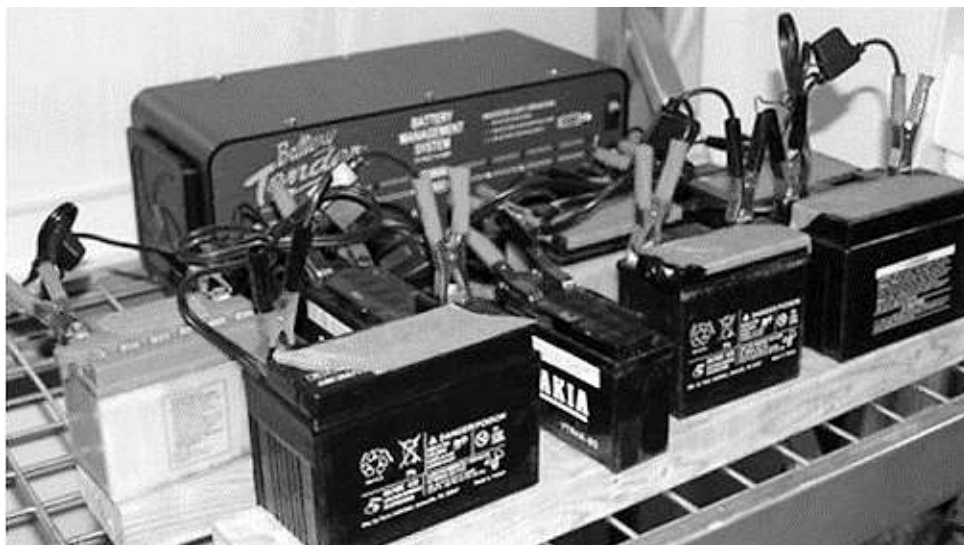
 *Підзарядка акумуляторної батареї* (процедура виконується за умови зниження густини електроліту більше ніж на $0,03 \text{ г/см}^3$) – рис. 2.40.

Підзарядка проводиться силою струму, яка складає $0,1$ ємності батареї, на протязі 5-и годин. Якщо через 5 годин батарея не зарядиться, то потрібно знизити струм і продовжити зарядку ще на протязі 2 ... 3 годин. При терміновому вводі сухозаряджених батарей в експлуатацію допускається установка їх на мобільну машину через кілька хвилин



а – загальна будова однопоплавкового ареометра і приклад його використання; б – загальна будова семипоплавкового ареометра індикаторного типу; в – загальний вигляд однопоплавкового ареометра; г – загальний вигляд семипоплавкового ареометра; 1 – трубка; 2 – колба; 3 – груша; 4 – поплавок (денсиметр); 5 – пластмасовий корпус; 6 – поплавки

Рис. 2.39. Прилади для вимірювання густини електроліту



а)



б)

а – зарядна станція на кілька акумуляторних батарей; б – зарядження побутовим зарядним пристроєм

Рис. 2.40. Підзарядка акумуляторних батарей

після заливки електроліту без контролю його густини. Після повернення машини в парк слід зарядити акумуляторну батарею і довести густину електроліту до потрібного значення.

2.1.10.2. Способи заряджання акумуляторних батарей

Сьогодні широко використовують два основних способи заряду акумуляторних батарей для мобільних машин, а саме:

- *заряд при постійному значенні зарядного струму;*
- *заряд при постійному значенні напруги.*

Заряд акумуляторної батареї при постійному значенні зарядного струму. Заряд при постійному значенні зарядного струму проводять на спеціальних станціях (див. рис. 2.40) зарядним струмом $I_3 = 0,1 \times C_{20}$. Батареї заряджають до напруги 2,4 В на кожному акумуляторі (якщо це можливо контролювати) до появи сильного газовиділення. Далі рекомендується знизити напругу і продовжувати заряджати при сильному газовиділенні (сильне газовиділення характерне для батарей, складених з сурмянистих акумуляторів, в той час, як у батареї, складеної з малосурмянистих акумуляторів газовиділення буде, але не таке бурхливе.

Акумуляторна батарея вважається зарядженою, якщо у всіх акумуляторах на протязі останніх двох годин заряду зберігається постійна густина електроліту і напруга (2,7 В в кожному акумуляторі). Для акумуляторних батарей з загальною кришкою напруга повинна визначатися кількістю акумуляторів, об'єднаних у дану батарею.

Після закінчення заряджання батареї, необхідно перевірити густину електроліту і, якщо виникне необхідність, довести її до норми, доливаючи електроліт густиною 1,4 г/см³, або дистильовану воду. Після коригування густини електроліту слід продовжити заряд на протязі 30 хвилин. Через 30 хвилин, після припинення заряджання, заміряють рівень електроліту і, за необхідності, добавляють електроліт такої ж густини, або відбирають надлишок його гумовою грушею.

Під час заряду акумуляторної батареї при постійному значенні зарядного струму не допускається підвищення температури електроліту вище 45 °С в холодній і помірній кліматичних зонах і 50 °С – в жаркій і теплій вологій зонах.

Заряд акумуляторної батареї при постійному значенні напруги.
Такий спосіб застосовується безпосередньо на мобільних машинах, де утворення електричного струму на борту машини забезпечується генератором, а необхідний рівень напруги підтримується регулятором напруги. На початку заряду е. р. с. акумуляторів знижена і тому встановлюється великий зарядний струм, який при повністю розрядженій батареї досягає $(1,0 \dots 1,5) \times C_{20}$. В процесі заряду електрорушійна сила акумуляторів батареї поступово зростає, а сила струму знижується і до кінця заряду стає близькою до нуля. Тривалість заряду при постійній напрузі може бути скорочена порівняно з зарядом батареї при постійному значенні струму. Перевага цього способу – менше газовиділення в кінці заряду внаслідок зниження зарядного струму.

Сучасні зарядні пристрої дозволяють зменшити газовиділення автоматично, однак є певні проблеми з експлуатацією таких пристроїв і питання автоматизації процесу заряду акумуляторної батареї до кінця ще не вирішено з причин, викладених нижче.

2.1.10.3. Автоматичні зарядні пристрої

Дія сучасних автоматичних зарядних пристроїв характеризується певними алгоритмами. Ці алгоритми попередньо можна розділити на дві групи, а саме [48]:

- одні з них утримують зарядний струм визначений час, а потім відключають його подачу, або знижують рівень;
- інші відключають зарядний струм після досягнення визначеного значення напруги на акумуляторі.

Виходячи з аналізу характеристики заряду акумулятора можна зробити висновок, що основна маса сучасних автоматичних зарядних пристроїв не забезпечують протікання процесу заряду за оптимальною характеристикою, а звідси і збереження акумуляторів.

Це пояснюється тим, що у першому випадку (перша група алгоритмів автоматичного заряду акумуляторних батарей) не враховується ступінь початкового заряду акумулятора, що, в більшості випадків, приводить до перезаряду, викіпання електроліту і, як наслідок, виходу акумулятора з ладу [48].

У другому ж випадку (друга група алгоритмів автоматичного заряду акумуляторних батарей) ніколи не досягається четверта стадія (100 % заряд), оскільки поріг відключення встановлюється нижче точки 5 (див. рис. 2.34), а бажання максимально підвищити цей поріг приводить до того, що відключення може взагалі не відбутися тому, що положення точки 5 залежить від індивідуальних особливостей кожного акумулятора, температури і струму заряду [48].

Виходячи з викладеного, можна сформулювати рекомендації до автоматичних зарядних пристроїв, які будуть здатні забезпечити оптимальний заряд і збереження акумулятора на достатньо тривалий час експлуатації, а саме [48]:

➤ для заряду акумуляторної батареї необхідно використовувати джерело струму, максимальна вихідна напруга якого повинна перевищувати напругу акумуляторної батареї і розраховуватись за залежністю:

$$U_3 = 2,7 \times n, \quad (2.13)$$

де U_3 – мінімальна напруга зарядного пристрою, В;

$2,7$ – напруга одного акумулятора, яка досягається в кінці третьої стадії (точка 5 див. рис. 2.34), В;

n – кількість акумуляторів у батареї, шт.

➤ перед початком заряду акумулятор доцільно, але не обов’язково розрядити струмом $0,1 \times C$ до напруги 1,81 ... 1,83 В.

➤ в процесі заряду потрібно контролювати не абсолютне значення напруги на акумуляторі (акумуляторній батареї), а за характером її зміни. При досягненні третьої стадії напруга почне досить швидко зростати, а потім це зростання припиняється. Якщо після проходження третьої стадії напруга буде залишатися незмінною, або знизиться на частки вольтів на протязі 15 ... 30 хвилин, то це буде означати, що для даного акумулятора, або батареї досягнута четверта стадія заряду. Залежно від необхідності проведення десульфатації процес заряду на цій стадії можна відразу припинити, або продовжувати на протязі 2 ... 3 годин.

➤ після закінчення заряду зарядний струм може бути повністю відключений. Однак, щоб акумулятор завжди був в повній готовності з 100-відсотковим зарядом, зарядний струм потрібно не відключати, а зменшити до величини, яка необхідна для компенсації саморозряду. Для кожної акумуляторної батареї ця величина може бути різною. Вона повинна бути такою, щоб при протіканні струму напруга на акумуляторі знаходилась в межах 2,13 ... 2,16 В. В такому «сплячому» режимі акумулятор і акумуляторна батарея можуть знаходитися тривалий час без негативних наслідків і завжди знаходитися в повній готовності.

➤ для профілактики, ліквідації сульфатації електродів і відновлення ємності акумулятора (акумуляторної батареї) необхідно періодично проводити так звані тренувальні зарядно-розрядні цикли. Для проведення такої процедури батарея повинна бути розряджена струмом $0,1 \times C$ до напруги 1,81 ... 1,83 В, а потім заряджатися до точки δ (див. рис. 2.34). Після цього батарея знову повністю розряджається і потім знову повністю заряджається. Таких циклів може бути проведено кілька. На кожному циклі розряду визначається час розряду і визначається ємність акумуляторної батареї (акумулятора). Якщо поточна ємність виявилась більшою за попередню, то тренувальні цикли доцільно продовжувати до тих пір, поки не буде досягнутий максимальний результат [48].

Тут необхідно зробити важливе зауваження стосовно поширених сьогодні зарядних пристроїв, а саме: більшість сучасних зарядних пристроїв з вихідним струмом більше 2 ... 3 А будують переважно на базі регульованих теристорних випрямлячів. Такі випрямлячі генерують зарядний струм, який являє собою послідовність імпульсів, у яких, в процесі регулювання, змінюється амплітуда, форма і скважність. При цьому, вимірювачі зарядного струму, які використовуються в таких пристроях, як правило, вимірюють середнє значення цього струму, яке в конкретному випадку може в кілька разів відрізнятися від діючого значення. А саме діюче значення характеризує енергію, яка передається батареї тому, що діюче значення струму будь-якої форми рівне за величиною постійному струму, який виділяє таку ж потужність на тому ж опорі. При цьому окрім можливого виходу з ладу акумуляторної батареї (акумулятор) буде складатися не вірне уявлення про її ємність, оскільки вона зарядиться значно раніше, ніж передбачалося за технічними нормами. Тому при проектуванні

зарядних пристроїв, які використовують зарядний струм, необхідно враховувати це явище і вимірювати діюче значення струму заряду [48].

В багатьох зарядних пристроях, які використовують імпульсні струми, передбачений режим асиметричного струму, коли паралельно акумуляторній батареї, яка заряджається підключається навантаження, через яке батарея розряджається в проміжках між зарядними імпульсами. Те, що такий режим сприяє десульфатації електродів є фактом сумнівним. Як було вказано вище, розкладання сульфату свинцю відбувається на четвертій стадії заряду. При заряді асиметричним струмом акумулятор отримує так звані електричні удари, які сприяють «струшуванню» часточок сульфатної плівки з поверхні електродів, а не розкладанню сульфату. При цьому забруднюється електроліт і утворюється осад, який через певний час (за умови частого використання подібного методу) замикає електроди і збільшує струм саморозряду. Варто пам'ятати, що процес розряду також важливий для збереження батареї, як і процес заряду. Номінальна ємність акумуляторної батареї, за виключенням окремих випадків, регламентується для струму розряду $0,1 \times C$ при номінальній температурі. При розряді великими струмами ємність батареї зменшується. Так, при розряді струмом, який близький до ємності C , ємність може зменшитися на 50 % від номінальної. При зниженні температури ємність батареї також зменшиться. Це зменшення складає орієнтовно 1 % на 1 °C. В обох випадках зменшення ємності пов'язане з обмеженістю швидкості протікання хімічних процесів, в результаті яких виробляється енергія. Цю властивість необхідно враховувати при проектуванні пристроїв, в яких акумуляторну батарею передбачається використовувати при підвищених струмах розряду, наприклад, в пристроях безперебійного живлення [48].

В ході розряду знижується густина електроліту через пасивацію кислоти сульфатом свинцю. Починаючи з певного моменту ці хімічні перетворення стають не зворотніми і приводять до виходу з ладу акумуляторної батареї. Тому не можна допускати розряд акумулятора нижче 1,8 В, а також залишати його в розрядженому стані на тривалий час [48].

Досвід показує, що дотримання приведених рекомендацій дозволяє збільшити термін експлуатації акумулятора орієнтовно в півтора рази при експлуатації його на великих розрядних струмах. При струмах розряду, які не перевищують $0,2 \times C$, термін служби може бути збільшений в кілька разів. Викладене стосується якісно виготовлених акумуляторів і акумуляторних батарей [48].

2.1.10.4. Зберігання акумуляторних батарей

Під час зберігання акумуляторні батареї втрачають певну частину (0,7 ... 4,0 % за добу) ємності при розімкненому зовнішньому колі залежно від ступеня зношення батареї за рахунок саморозряду. Як вказувалось вище, через шар бруду, або електроліту, який потрапив на поверхню брудної батареї, може також відбуватися саморозряд. Тому в процесі тривалого зберігання необхідно виконувати профілактичні заходи, щоб підтримувати акумуляторні батареї в справному стані.

Акумуляторні батареї зберігають в сухих, добре вентильованих приміщеннях. При зберіганні батареї встановлюють в один ряд на підлозі або на стелажах вивідними клемми вгору на відстані не менше 1 метра від нагрівальних приладів в місцях, захищених від потрапляння прямого сонячного проміння. Приміщення для зберігання

акумуляторних батарей повинне бути ізольоване від приміщень, в яких зберігається інші речовини.

Слід розрізняти зберігання батарей з сухими пластинами, з електролітом і без нього. Батареї з сухими пластинами можна зберігати при температурі навколишнього повітря до $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Максимальний термін зберігання батарей в сухому вигляді не повинен перевищувати двох років.

Заряджені батареї з електролітом зберігають, по можливості, при температурі не вище $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, оскільки при зниженій температурі саморозряд і корозія акумуляторних пластин сповільнюються. Максимальний термін зберігання батарей з електролітом складає при температурі зберігання не вище $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ близько півтора років, при температурі зберігання не нижче $18 \dots 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ - близько дев'яти місяців. Мінімальна температура при зберіганні батарей з електролітом повинна бути не нижчою $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. У випадках зберігання батарей при плюсовій температурі їх необхідно щомісячно заряджати відповідно до інструкції з приведення акумуляторних батарей в робочий стан. Після закінчення зберігання, перед введенням в експлуатацію, батареї необхідно повністю зарядити.

Зберігати батареї без електроліту слід тільки в тих випадках, якщо необхідно транспортувати їх до споживача після приведення в дію. Перед постановкою на зберігання такі батареї повністю заряджають, після чого видаляють електроліт з двогодинною витримкою батарей в перекинутому стані над спеціальним посудом. Коли стече електроліт, батареї закривають пробками і дисками ущільнювачів, обмивають 10 %-м розчином нашатирного спирту або 5 %-м розчином каустичної соди і зберігають при температурі не вище $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ і не нижче $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ близько року. У разі зберігання їх при кімнатній

температурі максимальний термін зберігання знижується до трьох місяців.

Тривале зберігання сучасних акумуляторних батарей має деякі особливості. Існують наступні способи тривалого зберігання сучасних акумуляторних батарей з електролітом:

- ❖ з періодичним підзарядом акумулятора;
- ❖ з постійним підзарядом малими струмами, компенсуючими саморозряд;
- ❖ із заміною електроліту на водний розчин борної кислоти (використання депасиватора).

При зберіганні батарей з періодичним підзарядом їх заздалегідь заряджають і очищають від забруднень. Поверхню акумуляторної батареї протирають 10 %-м розчином аміаку (нашатирного спирту). Контролюють густину електроліту (не рідше одного разу на місяць) і, якщо вона нижча первинної на 0,05 г/см³, батарею заряджають. Практично батареї заряджають щомісячно (при зберіганні в теплому приміщенні) і через 3 ... 4 місяці (при зберіганні в приміщенні з температурою 0 °С і нижче).

При тривалому зберіганні (6 місяців і більш) доцільно зберігати батареї із заміною електроліту. Для цього акумулятор повністю заряджають і зливають електроліт. Потім двічі промивають дистильованою водою і через 15 ... 20 хв, наповнюють водним 4 ... 5 %-м розчином борної кислоти (так званим депасиватором), закривають акумулятори пробками і ставлять на зберігання в приміщення з температурою вище 0 °С. Після закінчення терміну зберігання розчин борної кислоти зливають і наповнюють батарею електролітом густиною (1,4±0,01) г/см³. Через 20 ... 30 хв. густина електроліту коригується до необхідних значень (Україна ~ 1,27 г/см³) перемішуванням, а також видаленням слабкого і додаванням

міцнішого електроліту густиною $(1,4 \pm 0,01)$ г/см³. Після цього батарею встановлюють без підзаряду на мобільну машину. Протягом 12 місяців зберігання заряд батареї практично не змінюється [37].

Існує ряд методів діагностування батарей [123]. Нижче розглянемо найбільш поширені з них, концентруючи основну увагу на методах технічного обслуговування.

2.1.10.5. Технічне обслуговування акумуляторних батарей

Повна розрядка акумуляторної батареї характеризується зниженням густини електроліту на 0,16 г/см³. Контроль стану та роботи акумуляторної батареї передбачає наступні етапи:

- ✓ зовнішній огляд на предмет відсутності механічних пошкоджень;
- ✓ очистка від бруду, вологи та залишків електроліту;
- ✓ перевірка кріплень;
- ✓ перевірка клемних з'єднань;
- ✓ очистка вентиляційних отворів;
- ✓ перевірку рівня електроліту;
- ✓ перевірку густини електроліту (з метою визначення загального стану та ступеня розрядженості акумулятора);
- ✓ випробування під навантаженням більше 100 А включенням стартера, або навантажувальною вилкою, акумуляторним пробником тощо.

Важливими етапами технічного обслуговування є операції оцінки наявності механічних пошкоджень, очистки, перевірки надійності кріплень тощо. Однак, енергетичний потенціал акумуляторної батареї як

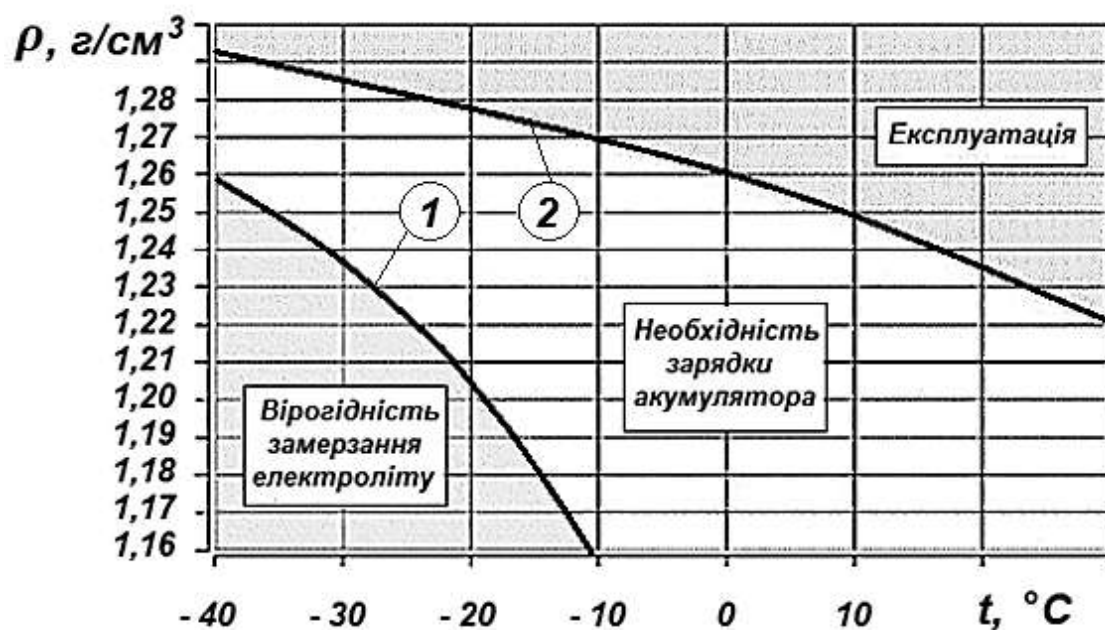
джерела струму визначається станом активних елементів акумуляторів та здатністю їх до накопичення і віддавання енергії, що залежить від рівня електроліту, його густини тощо.

В процесі експлуатації акумуляторної батареї з складу електроліту витрачається вода внаслідок електролізу, тому в акумулятор доливають дистильовану воду.

Густина електроліту є показником стану акумулятора і безпосередньо впливає на його роботоздатність залежно від характеристик навколишнього середовища, де передбачено його експлуатацію в складі акумуляторної батареї.

У обслуговуваних акумуляторах для визначення їх стану можна вимірювати густину електроліту, оскільки між цим параметром і ємністю батареї існує безпосередня залежність. Щільність електроліту може змінюватися з різних причин взаємопов'язаних між собою (частий глибокий розряд батареї, сульфатація, не оптимальна густина електроліту, випаровування і витік електроліту тощо). При цьому акумулятор, а відповідно і батарея, починає швидше розряджатися, віддає менший заряд. Варто враховувати, що густина електроліту, навіть в справному акумуляторі, який знаходиться в ідеальному стані – не є постійною, вона змінюється з температурою і ступенем зарядки акумулятора. Більш того, як було наголошено раніше, для різних регіонів рекомендована густина електроліту відрізняється в залежності від кліматичних умов.

Існує діаграма, яка дозволяє визначити стан акумулятора в різних кліматичних зонах залежно від густини електроліту – рис. 2.41 [75]. Якщо в результаті вимірювань густини електроліту отримано показник, значення якого, за даної температури навколишнього середовища розташовується під лінією *I* (див. рис. 2.41), то для даного акумулятора



ρ – густина електроліту, г/см^3 ; t – температура навколишнього середовища, $^{\circ}\text{C}$

Рис. 2.41. Залежність стану свинцево-кислотного акумулятора від густини електроліту та кліматичних умов його експлуатації [75]

є ризик того, що електроліт в ньому замерзне. Якщо ж значення показника розташовується між лініями 1 і 2, то це означає, що акумулятор необхідно зарядити з метою підвищення густини до нормативних значень. Якщо ж густина електроліту потрапляє в зону над лінією 2, то даний акумулятор може експлуатуватись в даній кліматичній зоні.

Залежно від того, більшою чи меншою є щільність електроліту, ніж необхідна (а для батареї шкідливо відхилення і в ту, і в іншу сторону), можна частково або повністю замінити електроліт, залити дистильовану воду або розчин необхідної концентрації, обов'язково забезпечивши перемішування. Як і при використанні всіх раніше описаних способів перевірки стану акумуляторної батареї ключовим є

зіставлення виміряних значень з рекомендаціями виробника батареї і дотримання всіх передбачених процедур обслуговування [75].

Відсоток розряду акумулятора визначають за залежністю:

$$R_{\text{АКБ}} = \frac{\rho_{\text{ЗАР}} - \rho_{\text{ВИМ}}}{\rho_{\text{ЗАР}} - \rho_{\text{РОЗР}}} \times 100, \quad (2.14)$$

де $R_{\text{АКБ}}$ – розряд акумулятора, %;

$\rho_{\text{ЗАР}}$ і $\rho_{\text{РОЗР}}$ – густина електроліту, відповідно, повністю зарядженого і повністю розрядженого акумулятора ($\rho_{\text{ЗАР}} - \rho_{\text{РОЗР}} = 0,16$), г/см³;

$\rho_{\text{ВИМ}}$ – поточне значення густини електроліту, яке отримане в результаті вимірювань ареометром, г/см³.

Для підтримання роботоздатності акумуляторної батареї, яка знаходиться в рядовій експлуатації передбачені регламентні технічні обслуговування. В табл. 2.8 приведені види технічних обслуговувань для акумуляторної батареї і види робіт, які при них виконуються.

2.1.10.6. Основні правила техніки безпеки при роботі з акумуляторними батареями

Експлуатація та обслуговування акумуляторних батарей межує з цілим рядом небезпек, які, при не виконанні рекомендацій щодо їх попередження, можуть привести до тяжких негативних наслідків в питаннях збереження здоров'я та економічного розвитку.

Зважаючи на будову та характеристики акумуляторної батареї, можна констатувати наступні види небезпек, які вона несе для людини, а саме:

Таблиця 2.8 - Види регламентних технічних обслуговувань акумуляторної батареї

№ п/п	Технічне обслуговування		
	вид	умовне позначення	роботи, які виконуються
1	Щозмінне	ЩТО	- очистка від забруднень; - перевірка кріплень; - перевірка стану клемних з'єднань
2	Технічне обслуговування №1	ТО-1	ЩТО + ... - протирання 10 %-м розчином нашатирного спирту, або кальцінованої соди; - очистка вентиляційних отворів; - перевірка рівня електроліту
3	Технічне обслуговування №2	ТО-2	ЩТО + ТО-1 + ... - перевірка ступеня розрядженості акумуляторів (зниження густини електроліту на 0,01 г/см³ відповідає розряду акумулятора на 6 %. При розряді батареї (акумулятора) більше ніж на 25 % зимою і 50 % влітку її відправляють на зарядку)
4	Технічне обслуговування №3	ТО-3	ЩТО + ТО-1 + ТО-2 + ... - перевірка ступеня розрядженості акумуляторів (зниження густини електроліту на 0,01 г/см³ відповідає розряду акумулятора на 6 %. При розряді батареї (акумулятора) більше ніж на 25 % зимою і 50 % влітку її відправляють на зарядку)
5	Сезонне технічне обслуговування	СТО	ЩТО+ТО-1+ТО-2+(ТО-3) + ... - можлива зміна густини електроліту у відповідності з рекомендаціями для кліматичних зон та рекомендаціями з експлуатації акумуляторної батареї, при цьому ТО-3 може і не проводитись

- механічна;
- хімічна;
- електрична.

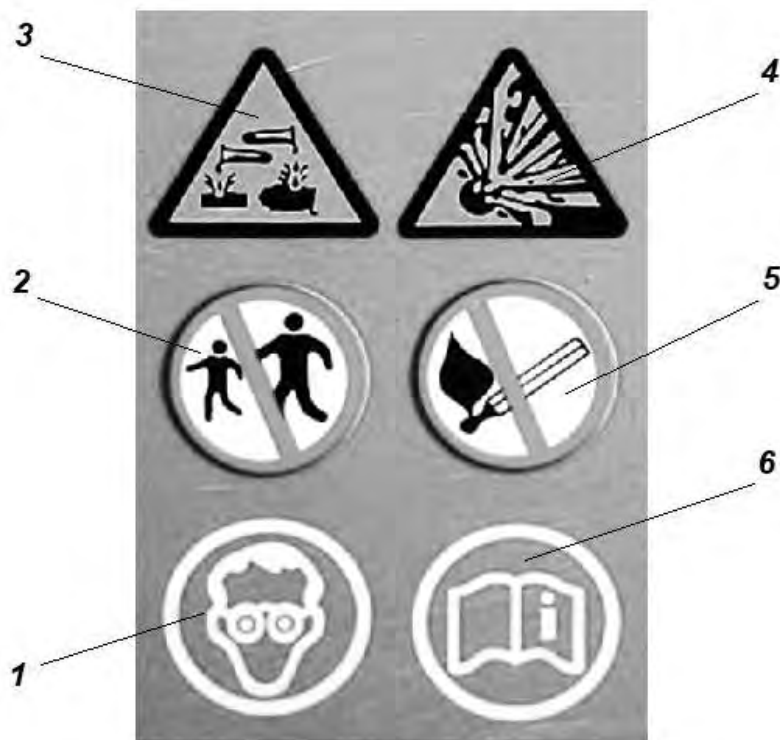
Уникнути названих небезпек можна за рахунок виконання наступних правил:

- не користуватись відкритим вогнем поблизу акумуляторної батареї (в кінці заряду утворюється вибухонебезпечний *гримучий* газ – суміш водню з киснем);
- працювати в спеціальному одязі;
- користуватися захисними окулярами;
- користуватися спеціальним посудом (ебонітовий, пластмасовий тощо);
- при приготуванні електроліту – лити кислоту у воду (пояснення здійснено вище);
- змивати краплі кислоти та електроліту 10 %-м розчином кальцієвеної соди, або аміаку (нашатирного спирту).

Для підвищення безпеки при експлуатації акумуляторних батарей виробники наносять спеціальні піктограми, які носять попереджувально-застерегаючий зміст. Окремі з таких піктограм приведені на рис. 2.42.

2.1.10.7. Основні несправності акумуляторних батарей і аналіз можливих методів їх попередження та ліквідації

В процесі викладу матеріалу розділу вже називалися основні несправності акумуляторних батарей, однак їх варто згрупувати і дати більш детальний аналіз причин виникнення та методів усунення. До



1 – берегти очі; 2 – берегти від дітей; 3 – обережно кислота; 4 – вибухонебезпечно; 5 – вогненебезпечно; 6 – при експлуатації читати інструкцію

Рис. 2.42. Попереджувально-застерігаючі піктограми

основних несправностей акумуляторних батарей можна віднести наступні:

- сульфатація пластин;
- саморозряд;
- коротке замикання;
- тріщини в моноблоці та кришці.

📄 *Сульфатація пластин* – утворення на пластинах важкорозчинних, в процесі заряду, кристалів сірчанокислового свинцю ($PbSO_4$) у вигляді нальоту білого кольору – рис. 2.43. Природа появи цього нальоту наступна. Автомобільний акумулятор, як і будь-яка інша

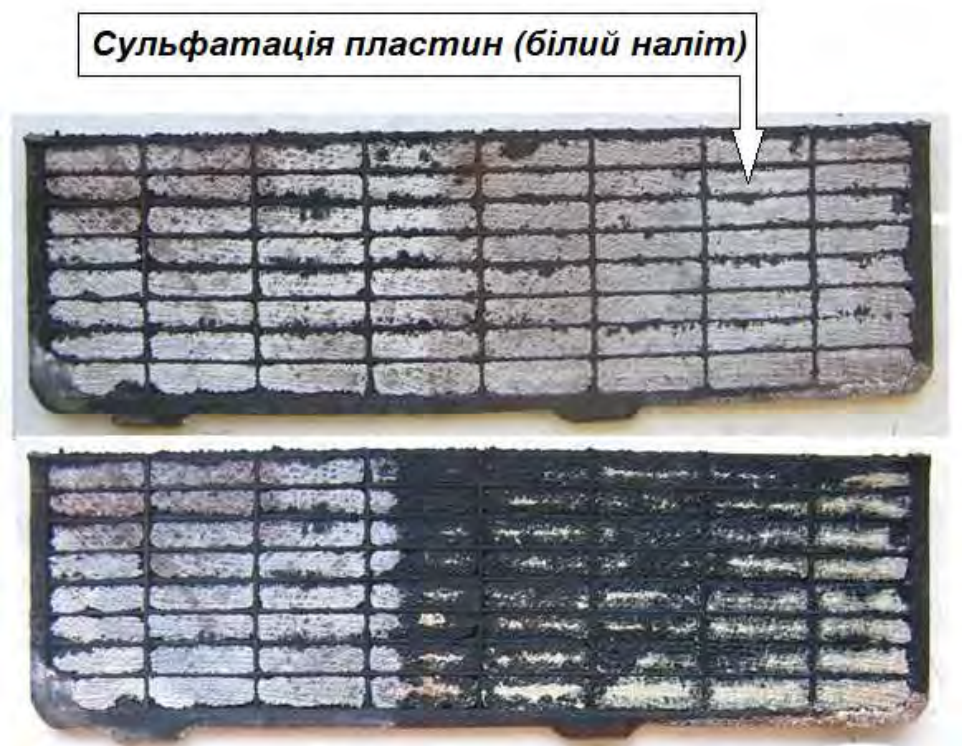


Рис. 2.43. Явище сульфатації пластин [6]

батарея, має властивість розряджатися і з часом втрачати свої пускові струми. Під час запуску бензинового двигуна, для прикладу візьмемо акумуляторну батарею ємністю до 100 А×год, батарея частково розряджається і для повного її відновлення необхідно проїхати більше 30 км (при обертах вище середніх). Тільки за таких умов батарея повністю відновить витрачену енергію. У ритмі міського трафіку подібні умови практично не можливі. Таким чином, акумуляторна батарея після кожного запуску залишається регулярно недозаряженою. В наслідок чого на пластинах батареї осідають солі з електроліту, а самі пластини сульфатуються [99].

У повністю розрядженій акумуляторній батареї показник густини електроліту може істотно знижуватись, в результаті чого вона втрачає

свої пускові струми, ємність батареї і тримає заряд короткий час. В результаті розряду акумулятора відбувається наступний хімічний процес:



Аналіз цієї формули показує, що свинець, з якого складається пластина акумулятора, при впливі сірчаної кислоти, входить в реакцію з оксидом. Під час заряду акумулятора відбувається аналогічна реакція, тільки у зворотний бік. Але під час заряду зворотна реакція проходить не до кінця, в результаті чого відбувається відкладення сульфату свинцю на пластинах. Завдяки цьому акумулятор з часом виходить з ладу, і відновити його можна тільки за допомогою спеціальної техніки з функцією десульфатації (відновлення) батареї [99].

Наліт сульфату свинцю ускладнює надходження електроліту до активної маси пластин і, як наслідок, погіршує протікання окисно-відновної хімічної реакції [6].

Враховуючи викладене і окрім того, до основних причин сульфатації можна віднести наступні:

- ✓ систематичний недозаряд;
- ✓ розрядження нижче допустимої межі;
- ✓ тривале зберігання не зарядженої батареї з електролітом;
- ✓ експлуатація акумуляторів батареї з низьким рівнем електроліту;
- ✓ велика густина електроліту;
- ✓ порушення правил приготування електроліту, що привело до його забруднення тощо.

Сульфатація також розвивається з часом експлуатації акумулятора та із збільшенням зарядно-розрядних циклів – рис. 2.44 [6].



а – новий акумулятор; б – 1 рік експлуатації, 120 циклів; в – 2 роки експлуатації, 240 циклів; г – 3 роки експлуатації, 360 циклів; д – 4 роки експлуатації, 480 циклів

Рис. 2.44. Розвиток сульфатації впродовж 4-х років експлуатації акумулятора [6]

☞ *Саморозряд акумуляторів у батареї.* Явище достатньо повно висвітлене в попередніх пунктах і тут окремо не розглядається.

☞ *Коротке замикання між пластинами електродів.* Виникає в результаті випадання активної маси пластин і накопичення її на дні моноблока батареї, утворення наростів свинцю на кромках пластин негативних електродів, а також при руйнуванні сепараторів. Істотне зменшення вірогідності короткого замикання отримано за рахунок використання сепараторів у вигляді конвертів.

☞ *Тріщини в моноблоці та кришці.* Основними причинами виникнення тріщин є:

- ✓ удари;
- ✓ не дбайлива експлуатація;

- ✓ порушення правил експлуатації;
- ✓ вібрації тощо.

Акумуляторні батареї з сильною сульфатацією пластин, коротким замиканням в акумуляторах і виходом з ладу пластин електродів для експлуатації не придатні.

У зв'язку з цим, останнім часом, з'явилося багато рекомендацій щодо усунення несправностей акумуляторних батарей з свинцево-кислотними акумуляторами. Значна частина таких рекомендацій стосується ліквідації, або попередження сульфатації пластин, як однієї з основних причин скорочення терміну експлуатації акумулятора зокрема і батареї в цілому, шляхом введення добавок в електроліт. Проаналізуємо окремі з таких рекомендацій.

Варто зазначити, що проблемою сульфатації і саморозряду акумуляторів інженери займалися ще близько 100 років тому. Замість сірчаної кислоти для свинцевих акумуляторів неодноразово пропонувалися «спеціальні» електроліти, які за словами їх розробників, підвищують відсоток використання активної маси пластин, перешкоджають надмірній сульфатації і знижують саморазряд.

Більшість запатентованих електролітів (Lighting, Electrol, Blitz, akkumulad, Phonix, Toniolyt і ін.) являють собою водний розчин сірчаної кислоти (350 ... 450 гр. на літр) з додаванням сірчаноокислих солей магнію, алюмінію, натрію, амонію. Деякі електроліти (Grusconnin), крім того, містять калієві квасці і мідний купорос. Більшість розчинів забарвлені еозином в темно-червоний колір і приправлені для запаху нітробензолом.

Всі ці електроліти не можуть істотно поліпшити роботу свинцевих акумуляторів через те, що їх задекларована дія розпочинається після 10 ... 20 циклів заряд-розрядів, в той час коли

позитивні («плюсові») пластини зовсім зруйновані, а активна маса негативних («мінусових») пластин покривається наростами губчастого свинцю.

Відомі також пропозиції щодо заміни нормального, за складом, електроліту розчинами сірчаноокислого натрію (глауберова сіль), магнію (англійська сіль), алюмінію і навіть амонію. Така заміна, крім шкоди, нічого корисного не може принести свинцевому акумулятору з тих причин, що сірчаноокислі електроліти:

- ✓ істотно підвищують внутрішній опір елементів;
- ✓ збільшують розчинність сірчаноокислого свинцю, що веде до розм'якшення активної маси і посилення її випадання.

В результаті застосування в якості електролітів подібних розчинів у свинцево-кислотного акумулятора швидко знижується ємність (після деякого її збільшення на початку). Застосування сірчаноокислого амонію взагалі неприпустимо, оскільки він окислюється на анодах, утворюючи азотну кислоту, яка розчиняє свинець.

З метою попередження надмірної сульфатації, для тих свинцево-кислотних акумуляторів, які працюють нерегулярно і заряд їх відбувається через досить тривалі проміжки часу, можна до електроліту додати 20 грамів сульфату магнію (англійська сіль) на кожен літр розчину, що є найменш шкідливою домішкою.

У свинцево-кислотних акумуляторах, які нормально експлуатуються, електролітом повинен бути виключно водний розчин сірчаної кислоти без всяких додавань [86].

Сульфатацію пластин акумулятора можна частково ліквідувати застосуванням процесу десульфатації.

Під поняттям десульфатації розглядаються роботи з очищення пластин акумуляторної батареї від нагромаджень на них сульфату

свинцю. Подібні роботи виконуються за рахунок проведення спеціальних циклів заряду і розряду. Як згадувалось вище, робоча площа позитивних і негативних пластин зменшується, оскільки на них утворюються нарости сульфату свинцю. При цьому знижується і густина електроліту, аж до $1,05 \dots 1,07 \text{ г/см}^3$, що є критично низьким значенням для нормальної роботи батареї. Якщо пластини акумулятора вкрилися сульфатом свинцю, їх потрібно очистити, щоб батарея продовжувала працювати максимально ефективно. Для очищення пластин слід застосовувати спеціальний зарядний пристрій, за допомогою якого і виконується десульфатація. Десульфатація передбачає виконання циклів заряду і розряду акумулятора за спеціальною технологією. Розглянемо цю технологію докладніше [22].

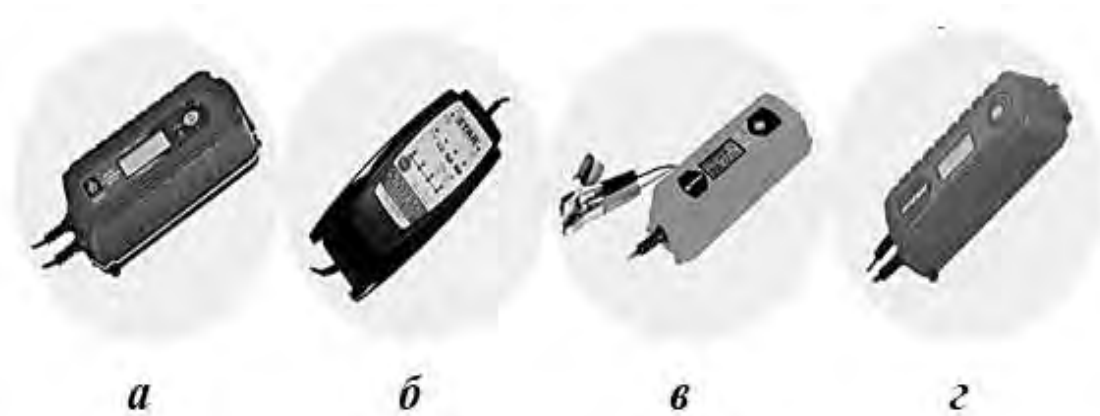
Не завжди, коли акумуляторна батарея виходить з ладу, це говорить про те, що пластини її акумуляторів піддалися сульфатації. Подібне може відбуватися і через руйнування пластин або замикання банок. Тому, щоб виконати десульфатації акумуляторної батареї, потрібно, щоб вона відповідала ряду критеріїв, тобто, перед тим як починати процес десульфатації батареї, слід провести її тестування і переконатися в наступному:

- на корпусі батареї відсутні механічні пошкодження, тобто, вона не вийшла з ладу в результаті падіння або удару;
- має місце бути наліт білого кольору на пластинах акумуляторної батареї. Це можна перевірити, якщо викрутити пробки;
- перевірка ємності акумуляторної батареї показує, що вона (ємність) знаходиться на рівні близько $30 \dots 40 \%$ паспортної ємності;
- при спробі заряджати акумуляторну батарею. вона бере заряд, але при цьому швидко розряджається.

○ при заряді акумуляторна батарея швидко нагрівається і швидко «закипате».

Якщо причина несправності акумуляторної батареї криється дійсно в сульфатації його пластин, про що свідчить наявність всіх приведених ознак при її тестуванні, можна переходити до процесу десульфатації [22].

Десульфатація пластин з допомогою спеціального зарядного пристрою. Сьогодні промисловість випускає спеціальні зарядні станції, призначені для десульфатації акумуляторних батарей. Вони працюють в необхідному режимі розряд-заряд і достатньо ефективно забезпечують очищення пластин від сульфату свинцю – рис. 2.45.



а - Auto Welle AW05-1208; б - DECA STAR SM 150; в - Daewoo DW 450; г - Hyundai HY 400

Рис. 2.45. Зарядні пристрої з режимом десульфатації [99]

Маючи спеціальну зарядну станцію, провести роботи по десульфатації пластин дуже просто. Для цього достатньо взяти акумуляторну батарею, під'єднати до неї зарядну станцію і включити процес десульфатації, після чого пристрій все зробить автоматично.

Процес десульфатації за допомогою спеціального зарядного пристрою триває кілька днів. Працює подібна зарядна станція дуже просто. Подається напруга для заряду, а через деякий час починається розряд. Найчастіше зарядний і розрядний струми подаються в співвідношенні 10 до 1, тобто, якщо на заряд подається струм 2 А, то на розряд - 0,2 А. Коли роботи будуть завершені, за допомогою індикації зарядна станція покаже, наскільки вдалося відновити ємність акумуляторної батареї, якщо в конструкції зарядного пристрою передбачені відповідні індикатори або дисплей. Якщо відсутній спеціальний зарядний пристрій з функцією десульфатації пластин, то можна скористатися звичайним зарядним пристроєм, але при цьому ефект буде дещо меншим [22].

Десульфатація пластин з допомогою звичайного зарядного пристрою. Як зазначалося вище, виконати роботи по десульфатації пластин акумулятора можна за допомогою звичайного зарядного пристрою. Але робота в даному випадку буде значно складнішою і потребує регулярного втручання в процес. Розглядати процес десульфатації будемо на прикладі з акумуляторною батареєю, яка має напругу на клеммах на рівні 8 В, а густину електроліту - на рівні 1,07 г/см³. Подібна акумуляторна батарея, за умови звичайного режиму заряду починає кипіти приблизно через 15 хвилин. При цьому батарея напруги отримувати не буде [22].

Методика десульфатації за допомогою звичайного зарядного пристрою має наступні етапи [22]:

- ✓ знімають акумуляторну батарею з машини і ставлять її в добре провітрюваному приміщенні, де будуть проходити роботи;
- ✓ перевіряють рівень електроліту. Якщо його мало, то доливають звичайну дистильовану воду.

При цьому ні в якому разі не можна доливати електроліт або концентрат;

✓ для виконання робіт використовують звичайний зарядний пристрій, але який дозволяє жорстко встановлювати показники струму і напруги (*Амperi і Вольти*);

✓ підключають зарядний пристрій до батареї. При цьому встановлюють напругу на рівні 13,9 ... 14,3 В, а струм на рівні 0,8 ... 1,0 А і включають зарядний пристрій в роботу на 8 ... 9 годин. Після того, як пройде 8 ... 9 годин батарею тестують. Виконавши описані вище дії, можна помітити, що щільність електроліту в акумуляторі не змінилася, але збільшилася напруга орієнтовно до 10 Вольт - це є бажані параметри після цього етапу виконання робіт;

✓ від'єднують зарядний пристрій від акумуляторної батареї і залишають її в такому стані на 24 години;

✓ після проходження 24 годин знову підключають зарядний пристрій до акумуляторної батареї, але виставляють струм на рівні, який складає 2 ... 2,5 А і знову залишають батарею заряджатися на 8 ... 9 годин. Після того, як пройде 8 ... 9 годин батарею відключають від зарядного пристрою і тестують. В результаті тесту, за умови правильного протікання всіх процесів у акумуляторах, напруга повинна зрости до рівня близько 12,8 В, а густина електроліту підвищитися до значень в 1,11 ... 1,13 г/см³, що буде свідченням початку процесу десульфатації;

✓ подають на батарею невеликий розрядний струм. Для цього найкраще використовувати лампу дальнього світла автомобіля, або щось схоже за навантаженням. Залишають акумуляторну батарею з підключеним навантаженням на 8 ... 9 годин. При цьому постійно контролюють результат розрядження, щоб напруга не знизилася нижче

9 В. За умови правильного протікання процесу десульфатації густина електроліту повинна залишатися на попередньому рівні;

- ✓ після розрядження батарею знову підключають до зарядного пристрою і заряджають струмом 0,8 ... 1,0 А на протязі 8 годин;

- ✓ від'єднують зарядний пристрій від акумуляторної батареї і залишають її в такому стані на 24 години;

- ✓ підключають зарядний пристрій і заряджають струмом 2 ... 2,5 А, щоб знову підвищити напругу батареї до рівня 12,7 ... 12,8 В. За умови нормального протікання процесу десульфатації наступне тестування батареї повинно показати, що густина електроліту у батареї підвищилася до рівня 1,15 ... 1,17 г/см³;

- ✓ подають на батарею невеликий розрядний струм і т.д.

Подібні процедури слід проводити до тих пір, поки густина електроліту батареї не наблизиться до бажаної - 1,27 г/см³.

Подібні роботи дозволяють очистити електродні пластини акумуляторної батареї на 80 ... 90 %. Варто зазначити, що залежно від складності ситуації з сульфатацією, роботи можуть зайняти до двох тижнів часу [22].

Інші способи десульфатації пластин. Десульфатацію пластин можна провести не тільки за допомогою зарядних станцій, є й інші методи, які набагато менш ефективні і менш безпечні. До таких методів можна вдаватися в крайніх випадках, тому знати їх корисно. Основними серед них є:

- механічне очищення пластин. Вкрай складний спосіб, який вимагає особливих умінь. Він полягає в тому, щоб розрізати корпус акумуляторної батареї і дістати з нього пластини. Після цього пакети з пластинами розбираються, і з них счищається накопичений білий наліт.

В результаті цього, робоча площа батареї зростає. Далі залишається зібрати батарею назад, залити електроліт і зарядити акумулятори;

- використовувати розчин для усунення сульфату натрію.

Практично будь-яка хімічна сполука піддається розчиненню, і сульфат тут не є винятком. Відповідно, щоб позбутися на пластинах сульфату, можна використовувати спеціальний розчин, який його розчинить. В якості такого розчину іноді використовують «Трилон Б» (коли розглядається сульфат натрію).

Обидва розглянутих методи очищення можуть привести до остаточного виходу з ладу акумуляторної батареї. При бажанні провести якісну десульфатації пластин акумулятора, слід вдаватися до методу заряду-розряду батареї за допомогою зарядних пристроїв [22].

2.1.10.8. Сучасні прилади для контролю технічного стану акумуляторної батареї

В той час, коли ми можемо стверджувати, що відмінностей в принципових схемах сучасних акумуляторів не відбулося (корпус, кришка, три види активних елементів, сепаратор, вивідні клеми тощо), ми не можемо розповсюдити цей висновок на сучасні акумуляторні батареї. Це пояснюється тим, що:

- ❖ активні речовини, які використовуються в сучасних акумуляторах можуть бути представлені в різних агрегатних станах;
- ❖ електроди можуть мати різну будову та конфігурацію;
- ❖ сепаратори також зазнали і зазнають істотних змін.

Названі обставини, в багатьох випадках, унеможливають контроль за станом акумуляторної батареї з допомогою традиційних

приладів, про які йшлося вище, або згадується в спеціальній літературі – скляна трубка, ареометр, акумуляторний пробник тощо.

З появою сучасних акумуляторних батарей, конструкція яких передбачає загальну кришку на весь моноблок і практично не передбачає обслуговування на весь період експлуатації, виникла проблема створення універсального багатофункціонального приладу для оцінки технічного стану акумуляторної батареї методом тестування. З цією метою були розроблені навантажувальні вилки (менш універсальні прилади) та тестери акумуляторних батарей (більш універсальні прилади).

Коротко зупинимося на тестерах для акумуляторних батарей. Такі прилади можуть тестувати не тільки акумуляторну батарею, а і групи приладів електрообладнання, які безпосередньо зв'язані з батареєю, тобто рівень і якість підзарядки, рівень споживання енергії стартером тощо. На рис. 2.46 показано тестер для акумуляторних батарей типу MICRO-468.

MICRO-468 – професійний аналізатор автомобільних акумуляторних батарей призначений для тестування:

- стану автомобільних стартерних акумуляторних батарей всіх типів;
- параметрів системи запуску автомобіля;
- системи зарядки АКБ.

Типи акумуляторних батарей, які можна тестувати з допомогою тестера:

- свинцево-кислотні з рідким електролітом;
- плоскі і спіральні типу AGM;
- гелеві акумуляторні батареї.

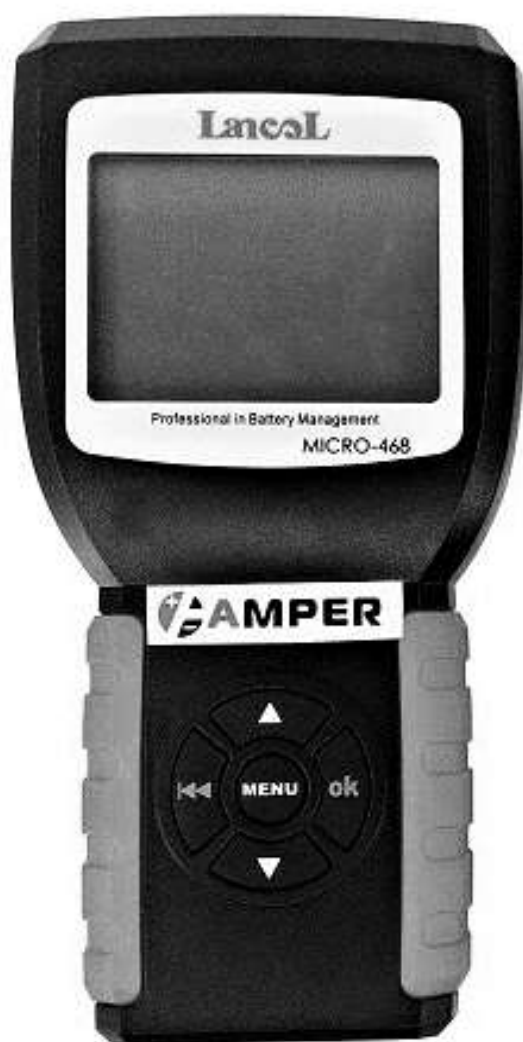


Рис. 2.46. Тестер акумуляторних батарей типу MICRO-468

Вимірювання даним приладом може виконуватися за стандартами: EN, CCA, JIS, DIN, SAE, CA, BCI, MCA, IEC, GB.

➤ Тестування стану стартерних акумуляторних батарей всіх типів пов'язане з аналізом справності батареї з урахуванням струму холодного пуску і зарядки. Тестер інформує споживача про необхідність заміни батареї у випадку спрацювання ресурсу). Функції, які виконуються під час тестування:

- напруга на полюсних виводах, В;

- струм холодної прокрутки (для різних стандартів: EN 100-2000; SAE 100-2000; CCA 100-2000; CA 100-2000; MCA 100-2000; JIS 26A17-245H52; DIN 100-1400; BCI 100-2000; IEC 100-1400; GB 100-1400), А;
 - рівень заряду акумуляторної батареї, %;
 - залишковий ресурс акумуляторної батареї, %.
- Тестування системи пуску двигуна необхідне для тестування і аналізу роботи стартера В процесі тестування контролюється:
- струм і напруга, які споживає стартер в момент пуску двигуна, що дозволяє оцінити ефективність роботи стартера і можливі, не регламентовані нормативами, втрати.
- Тестування системи зарядки акумуляторної батареї дозволяє перевірити роботу системи зарядки, яка включає генератор, випрямний блок, регулятор. Це дозволяє зробити висновок про відповідність діючих параметрів системи нормативним, що впливає на термін служби приладів електрообладнання.

2.2. Генераторна установка

2.2.1. Загальні відомості про генераторну установку

Головним джерелом електричної енергії на борту мобільної машини вважається те джерело, яке забезпечує отримання електричного струму в процесі рядової експлуатації машини за призначенням на всіх можливих режимах роботи незалежно від рівня попереднього його накопичення. Базуючись на цьому, згадаємо, що

основною задачею мобільної машини є перетворення всіх, зконцентрованих в ній, видів енергії у механічну, яка, в кінцевому і найпростішому випадку, повинна трансформуватися у поступальний рух самої машини та обертальний рух її агрегатів. Для виконання даної задачі мобільна машина, в загальному випадку, складається з двигуна, трансмісії, ходової частини, систем керування та робочого і допоміжного обладнання. За таких умов, джерелом механічної енергії мобільної машини, яке забезпечує виконання нею всіх можливих режимів роботи є двигун. Таким чином, головне джерело електричної енергії на борту мобільної машини повинно функціонувати разом з двигуном, тобто мати привід від двигуна і забезпечувати, при цьому, задані параметри електричного струму на борту машини та підзарядку акумуляторної батареї електричним струмом. Таким джерелом енергії на борту мобільної машини є генераторна установка.

Генераторна установка (ГУ) призначена для живлення електричною енергією всіх споживачів, за виключенням стартера і для підзарядки акумуляторної батареї під час роботи двигуна.

В загальному випадку генераторна установка включає:

- ▢ власне генератор;
- ▢ регулятор напруги;
- ▢ випрямляч.

В продовж періоду свого розвитку генераторні установки змінювались як за конструкцією, так і за вихідними параметрами, що спонукало до розроблення їх класифікації. Сучасна найпростіша класифікація генераторних установок має наступний вигляд:

- *за типом струму, який виробляють генератори:*
 - постійного струму;
 - змінного струму;

- *за номінальною напругою:*
 - 6 В;
 - 12 В;
 - 24 В;
- *за способом регулювання напруги і струму:*
 - з регулюванням регуляторами;
 - саморегульовані;
- *за напрямком обертання ротора:*
 - правого;
 - лівого;
- *за способом охолодження обмоток:*
 - вентильовані;
 - не вентильовані.

Як видно навіть з спрощеної з класифікації існує багато різновидів генераторних установок в той час, як вони повинні забезпечувати досить стандартні вихідні параметри для бортової мережі мобільної машини. Останнє підтверджує необхідність формулювання конкретних вимог до генераторних установок. Приведемо основні з таких вимог, а саме:

- ✓ *підтримання сталої напруги на клеммах при змінних швидкісних і навантажувальних режимах роботи двигуна;*
- ✓ *надійність роботи в широкому діапазоні частот обертання колінчастого валу двигуна (від 1000 до 8000 хв⁻¹ і більше);*
- ✓ *здатність витримувати перевантаження до 50 %;*
- ✓ *мінімальні маса і вартість при достатньо великому терміні експлуатації.*

Забезпечення названих вимог здійснюється шляхом використання технічних рішень, які базуються на основоположних

законах фізики з метою доведення показників роботи генераторних установок до бажаних для конкретних систем електрообладнання мобільних машин. В такому випадку подальший виклад матеріалу з розгляду конструкції складових генераторної установки доцільно вести за схемою, яка дозволяла б, орієнтуючись на основні закони фізики, чіткого розуміти функціонування агрегатів головного механічного джерела струму на борту мобільної машини.

2.2.2. Генератори в конструкціях електрообладнання мобільних машин

Генераторами називають електричні машини, які перетворюють механічну енергію в електричну. Принцип дії електричного генератора заснований на використанні явища електромагнітної індукції, яке полягає в наступному.

Якщо в магнітному полі постійного магніту переміщати провідник так, щоб він перетинав магнітний потік, то в провіднику виникне електрорушійна сила (е. р. с.), яка називається електрорушійною силою індукції (індукція від латинського слова *inductio* - наведення, спонування), або індукованою е. р. с.. Аналогічна електрорушійна сила виникає також і в тому випадку, коли провідник залишається нерухомим, а відносно нього переміщається магніт.

Явище виникнення е. р. с. індукції в провіднику називається електромагнітною індукцією і воно є основою роботи генераторів. Якщо провідник, в якому індукується е. р. с., включити в замкнуте електричне коло, то під дією е. р. с. по ланцюгу потече струм, який називають індукованим струмом.

Дослідним шляхом встановлено, що величина індукованої е. р. с., яка виникає в провіднику під час його руху в магнітному полі, зростає зі збільшенням індукції магнітного поля, довжини провідника і швидкості його переміщення. Індукована е. р. с. виникає тільки тоді, коли провідник перетинає магнітне поле. При русі провідника уздовж магнітних силових ліній е. р. с. в ньому не індукується. Напрямок індукованої е. р. с. і струму найпростіше визначити за правилом правої руки (рис. 2.47).

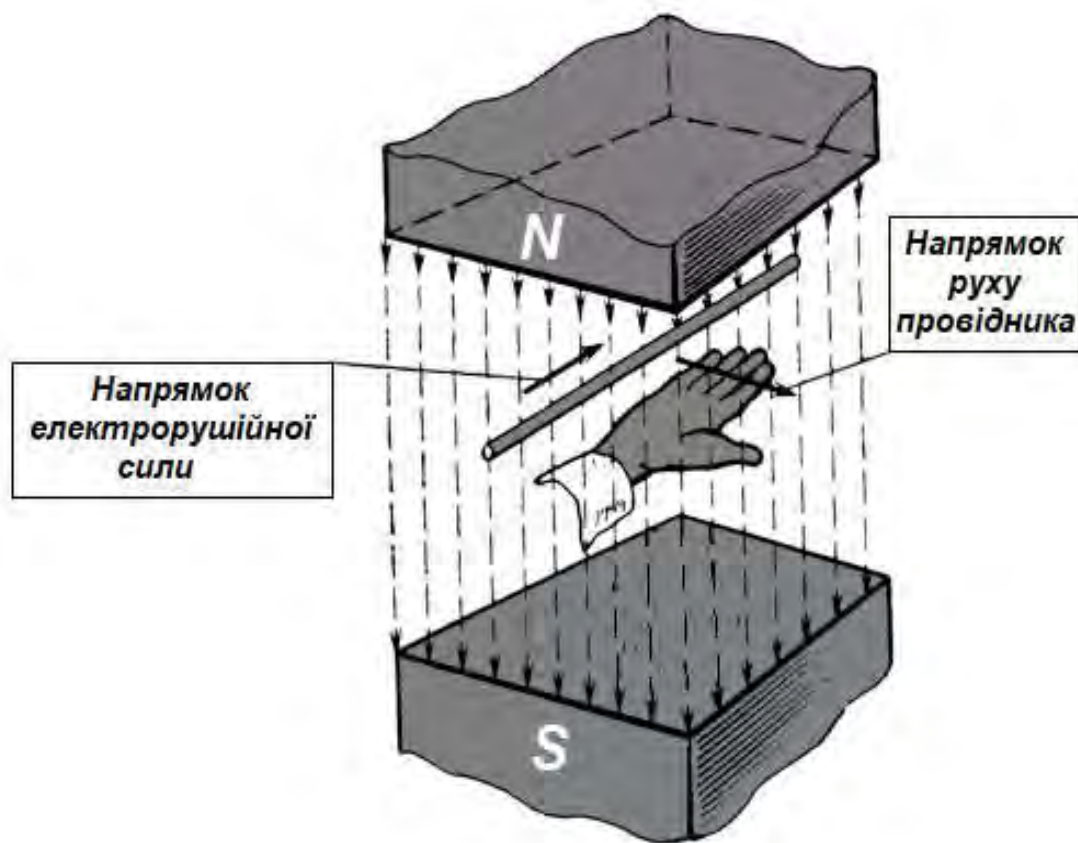


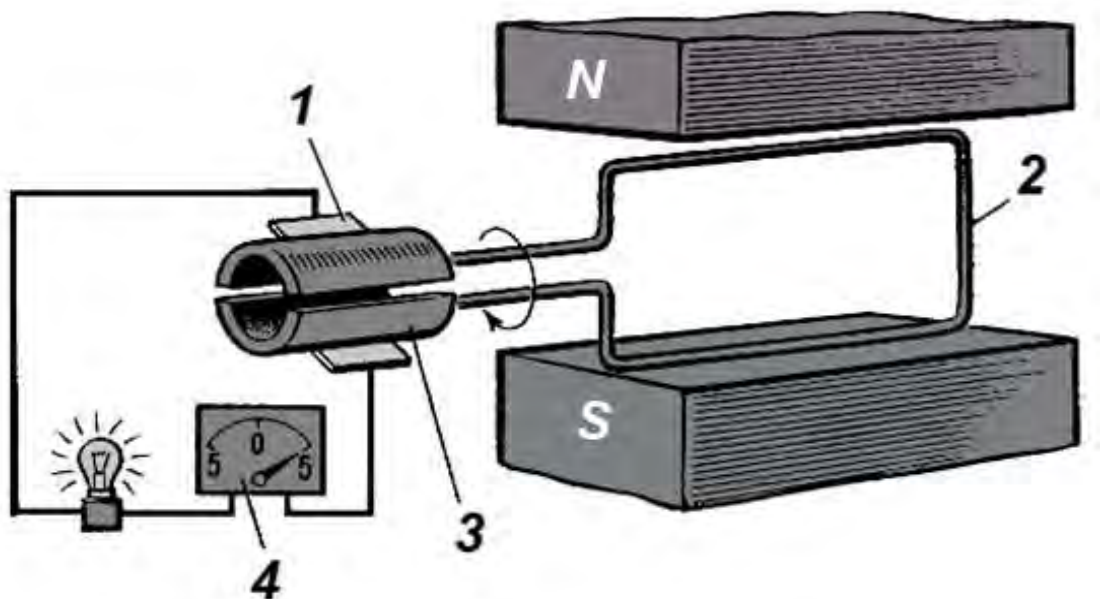
Рис. 2.47. Визначення напрямку індукованої електрорушійної сили за правилом правої руки [72]

Сутність правила правої руки наступна: якщо долоню правої руки тримати так, щоб в неї входили магнітні силові лінії поля, відігнутий великий палець показував би напрямок руху провідника, то

інші витягнуті пальці вкажуть напрямок дії індукованої е. р. с. і напрямок струму в провіднику. Магнітні силові лінії спрямовані від північного полюса магніту до південного [72].

2.2.2.1. Генератори постійного струму

Маючи загальне уявлення про електромагнітну індукцію, розглянемо принцип дії найпростішого генератора постійного струму (рис. 2.48).



1 – щітка; 2 – рамка; 3 – напівкільце; 4- вимірювальний прилад

Рис. 2.48. Принципова схема генератора постійного струму [72]

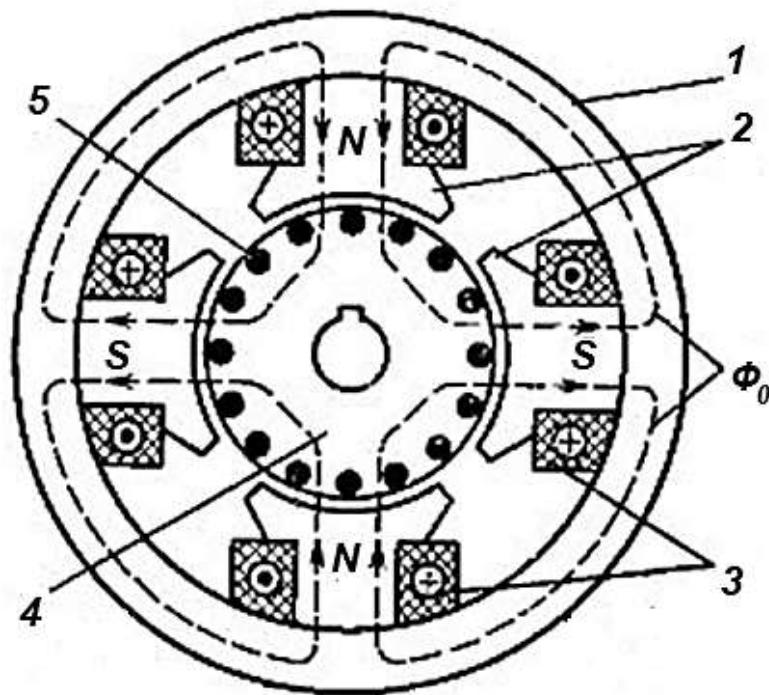
Провідник у вигляді рамки з мідного дроту укріплений на осі і поміщений в магнітне поле. Кінці рамки приєднані до двох ізольованих одна від одної половин одного кільця (півкільця).

Контактні пластини (щітки) ковзають по цьому кільцю. Таке кільце, що складається з ізольованих півкільць, називають колектором, а кожне півкільце – пластиною колектора. Щітки на колекторі повинні бути розташовані таким чином, щоб вони при обертанні рамки одночасно переходили з одного півкільця на інше як раз в ті моменти, коли е. р. с, індукована в кожній стороні рамки, дорівнює нулю, тобто коли рамка проходить своє горизонтальне положення [72]. За допомогою колектора змінна е. р. с., індукована в рамці, випрямляється, і у зовнішнє коло подається постійний за напрямком струм. Більш детально принцип дії генератора постійного струму викладено нижче [72].

На мобільних машинах випуску до 1960-х років (наприклад ГАЗ-51, ГАЗ-69, ГАЗ-М-20 «Победа» і багатьох інших) встановлювалися генератори постійного струму. Це були колекторні електричні машини постійного струму, колекторний вузол яких вимагав постійного контролю і частого обслуговування і, до того ж, значно обмежував струм навантаження.

Принцип дії генератора постійного струму ґрунтується на використанні закону електромагнітної індукції, згідно з яким в провіднику, який рухається в магнітному полі і перетинає магнітний потік, який протікає між полюсами магніта, індукується електрорушійна сила.

Однією з основних частин машини постійного струму є магнітопровід, через який замикається магнітний потік. Магнітне коло машини постійного струму (рис. 2.49) складається з нерухомої частини - статора 1 і частини, яка обертається - ротора 4. Статор являє собою сталевий корпус, до якого кріпляться інші деталі машини, в тому числі магнітні полюси 2. На магнітні полюси насаджується обмотка



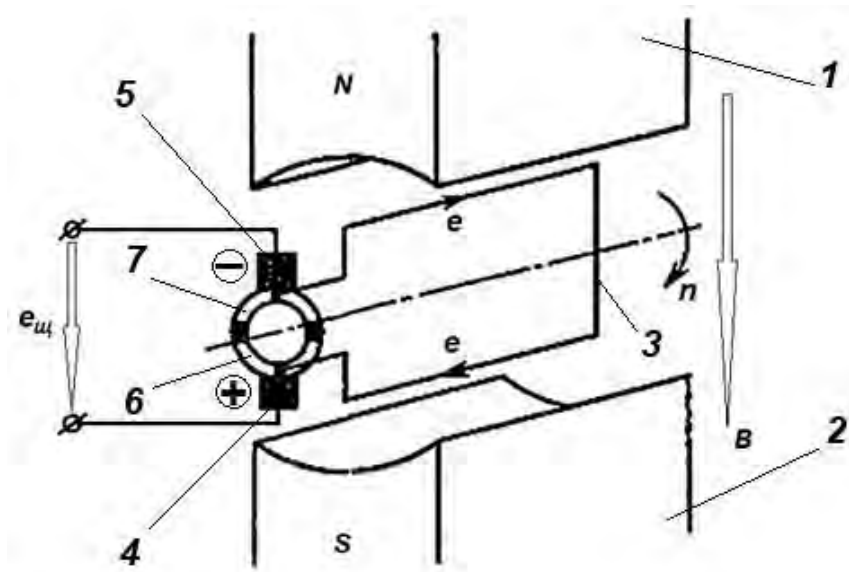
Φ_0 – магнітний потік; 1 – статор; 2 – магнітні полюси; 3 – обмотка збудження; 4 – ротор; пази в роторі з витками робочої обмотки

Рис. 2.49. Загальна будова генератора постійного струму [18]

збудження 3, яка живиться постійним струмом і створює основний магнітний потік Φ_0 [18].

Ротор генератора постійного струму набирають з сталевих штампованих листів з пазами по колу і з отворами для вала і, іноді для вентиляції. У пази 5 (див. рис. 2.49) ротора закладається робоча обмотка генератора постійного струму, тобто обмотка, в якій основним магнітним потоком індукуюється електрорушійна сила. Цю обмотку називають обмоткою якоря (тому ротор машини постійного струму прийнято називати якорем) [18].

Значення електрорушійної сили генератора постійного струму може змінюватися, але її полярність залишається постійною. Принцип дії генератора постійного струму показаний на рис. 2.50.



e – електрорушійна сила; $e_{щ}$ – електрорушійна сила на щітках; B – магнітна індукція; 1 і 2 – відповідно північний і південний магнітні полюси; 3 – виток робочої обмотки; 4 і 5 – нерухомі щітки; 6 і 7 – півкільця

Рис.2.50. Принцип дії генератора постійного струму [18]

Полюси постійного магніту створюють магнітний потік. Уявімо, що обмотка якоря складається з одного витка, кінці якого приєднані до різних півкілець, ізолюваних одне від одного. Ці півкільця утворюють колектор, який обертається разом з витком обмотки якоря. З півкільцями колектора контактують нерухомі щітки. Під час обертання витка обмотки (рамки) нерухомі щітки ковзають по півкільцях колектора без порушення контакту [18].

При обертанні витка обмотки якоря в магнітному полі в ньому індукується електрорушійна сила, яка визначається з використанням залежності [2.1]:

$$e = B \times l \times v, \quad (2.16)$$

де e - електрорушійна сила;

B - магнітна індукція;

l - довжина провідника;

v – лінійна швидкість провідника.

Генератор постійного струму працює наступним чином: у випадку, коли площа витка збігається з площиною осьової лінії полюсів (виток розташований вертикально, як показано на рис. 2.50), тобто провідники, з яких утворено виток робочої обмотки ротора, перетинають максимальний магнітний потік, в цих провідниках індукується максимальне значення електрорушійної сили. Коли виток займає горизонтальне положення, електрорушійна сила в провідниках знижується до нуля [18].

Напрямок електрорушійної сили в провіднику визначається за правилом правої руки (на рис. 2.50 він показаний стрілками). Коли при обертанні витка відповідний провідник переходить під інший полюс, напрямок електрорушійної сили в ньому змінюється на протилежний. Але, оскільки разом з витком обертається і колектор, а щітки нерухомі, то з верхньою щіткою завжди з'єднаний провідник, який знаходиться під північним полюсом, електрорушійна сила якого спрямована від щітки. В результаті такого конструктивного виконання полярність щіток залишається незмінною, а отже, залишається незмінним і напрямок електрорушійної сили на щітках - $e_{щ}$ (рис. 2.51) [18].

Не дивлячись на те, що електрорушійна сила найпростішого генератора постійного струму постійна за напрямком, але за значенням вона змінюється, приймаючи за один оберт витка два рази максимальне і два рази нульове значення. Електрорушійна сила з такою значною пульсацією непридатна для більшості приймачів постійного струму і загалом її не можна називати постійною [18].

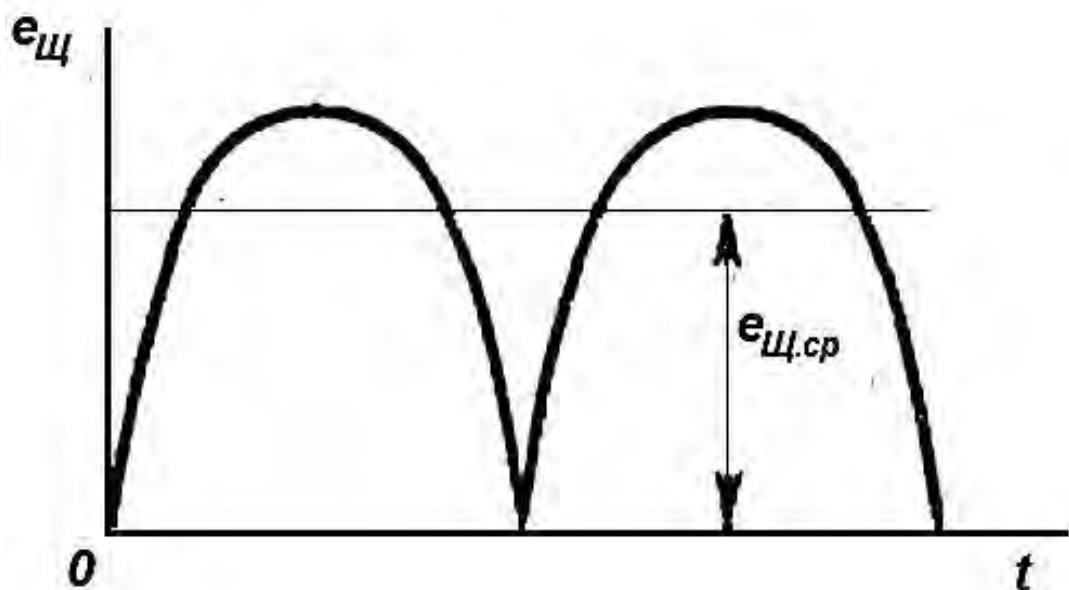


Рис. 2.51. Зміни в часі електрорушійної сили найпростішого генератора постійного струму [18]

Для зменшення пульсацій робочу обмотку ротора генератора постійного струму виконують з значно більшої кількості витків (катушок), а колектор - з значно більшої кількості колекторних пластин, ізолюваних одна від одної.

Варто розглянути процес згладжування пульсацій електрорушійної сили на прикладі обмотки кільцевого якоря (рис. 2.52), яка включає вже чотири катушки (1, 2, 3, 4), по два витка в кожній. Якір обертається за годинниковою стрілкою з частотою n і в провідниках обмотки якоря, розташованих на зовнішній стороні якоря, індукуються електрорушійна сила, напрямом якої показано стрілками.

Обмотка якоря являє собою замкнуте коло, яке складається з послідовно з'єднаних витків. Однак, відносно щіток обмотка якоря являє собою дві паралельні гілки. На рис. 2.52, а одна паралельна гілка складається з катушки 2, друга - з катушки 4 (в катушках 1 і 3

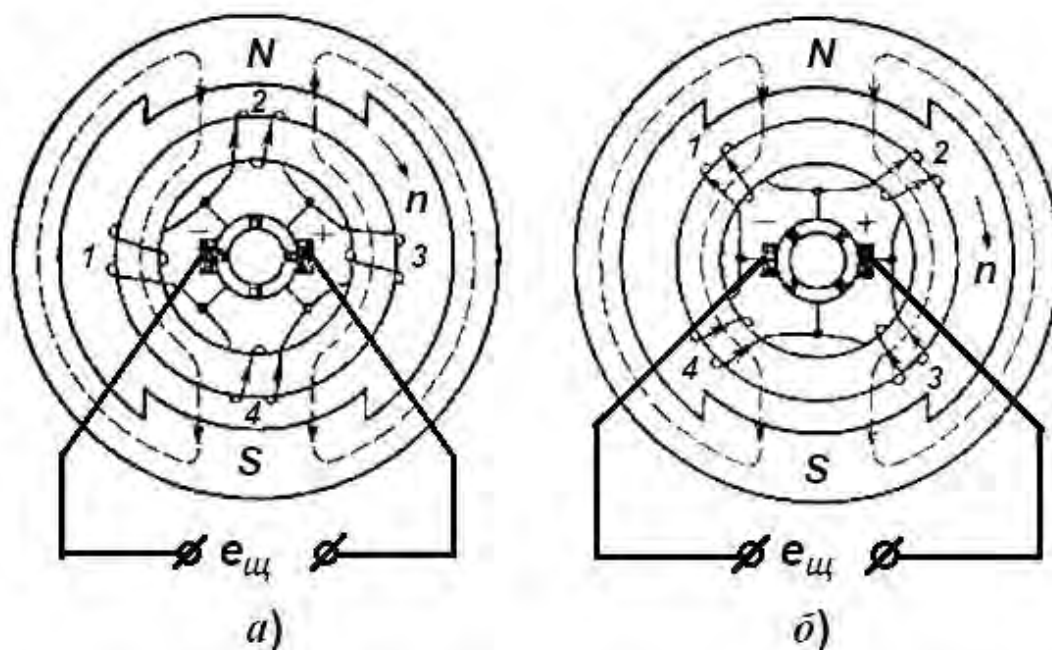


Рис. 2.52. Схема найпростішого генератора постійного струму з кільцевим якорем [18]

електрорушійна сила не індукуюється і вони обома кінцями з'єднані з однією щіткою). На рис. 2.52, б якір показаний в положенні, яке він займає через $1/8$ оберту. У цьому положенні одна паралельна гілка обмотки якоря складається з послідовно включених котушок 1 і 2, а друга - з послідовно включених котушок 3 і 4 [18].

Кожна котушка при обертанні якоря по відношенню до щіток має постійну полярність [102]. Зміна електрорушійної сили котушок в часі при обертанні якоря показано на рис. 2.53, а. Електрорушійна сила (е. р. с.) на щітках дорівнює електрорушійній силі кожної паралельної гілки обмотки якоря. З рис. 2.52 видно, що електрорушійна сила паралельної гілки дорівнює або е. р. с. однієї котушки, або сумі е. р. с. двох сусідніх котушок [18]:

$$e_{\text{щ}} = e_1 + e_2 = e_3 + e_4. \quad (2.17)$$

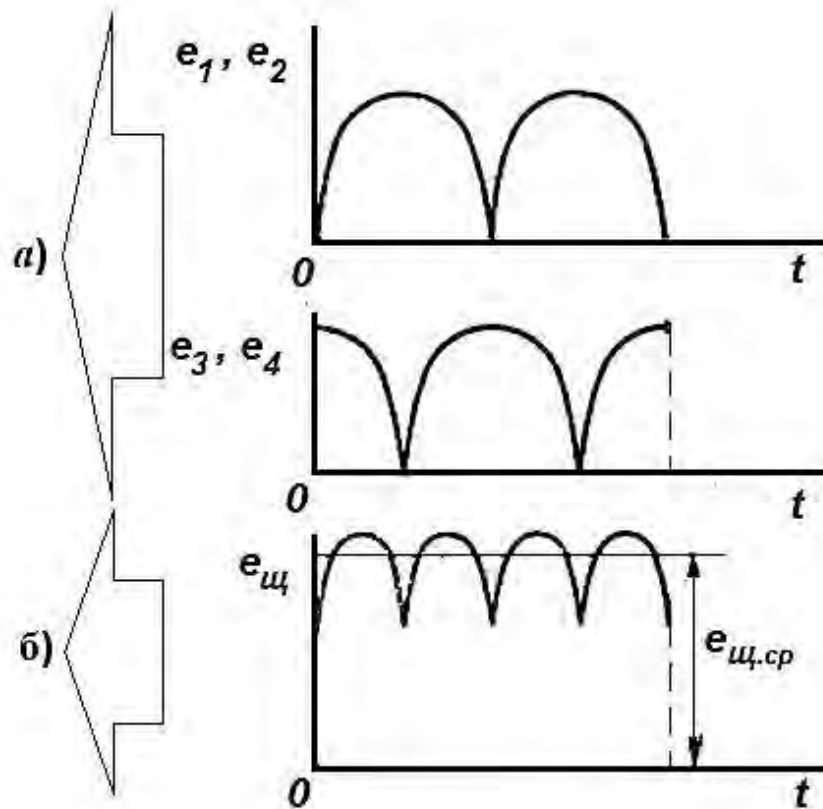


Рис. 2.53. Зміна в часі електрорушійної сили катушок і обмотки кільцевого якоря

В результаті цього пульсації е. р. с. обмотки якоря помітно зменшуються (рис. 2.53, б). При збільшенні числа витків і колекторних пластин можна отримати практично постійну е. р. с. обмотки якоря.

Одним з головних класифікаційних показників генераторів постійного струму, у загальному випадку, є вид джерела живлення обмотки збудження. За цим показником розрізняють наступні типи генераторів постійного струму [18]:

- *генератори з незалежним збудженням*, обмотка збудження яких живиться від стороннього джерела (акумулятора або іншого джерела постійного струму). У генераторів малої потужності (рівень продукованої потужності складає десятки ватт) основний магнітний потік може створюватися постійними магнітами;

○ *генератори з самозбудженням*, обмотка збудження яких живиться від самого генератора. За схемою з'єднання обмоток якоря і збудження по відношенню до зовнішнього кола бувають:

- *генератори паралельного збудження*, у яких обмотка збудження включена паралельно з обмоткою якоря (шунтові генератори);
- *генератори послідовного збудження*, у яких обмотки збудження і якоря включені послідовно (серієсні генератори);
- *генератори змішаного збудження*, у яких одна обмотка збудження включена паралельно обмотці якоря, а друга - послідовно (компаундні генератори).

У генераторів постійного струму, які встановлювались на мобільних машинах обмотка збудження і обмотка якоря з'єднані, як правило, паралельно.

Номінальний режим генератора постійного струму визначається номінальною потужністю - потужністю, яка віддається генератором постійного струму приймачу енергії, номінальною напругою на затискачах обмотки якоря, номінальним струмом якоря, струмом збудження, номінальною частотою обертання якоря. Ці величини звичайно вказуються в паспорті генератора.

Загальний вигляд автомобільного генератора постійного струму та варіант його установки на мобільну машину приведено на рис. 2.54.

Такий генератор постійного струму має багато недоліків, основними серед яких є [4]:

- ✓ мала ефективність роботи;
- ✓ недостатня потужність;
- ✓ недосконала схема підключення;
- ✓ необхідний постійний контроль технічного стану;



а)



б)

1 – загальний вигляд генератора постійного струму; 2 – установка генератора постійного струму на мобільній машині

Рис. 2.54. Генератор постійного струму типу Г-130

- ✓ часте і затратне технічне обслуговування;
- ✓ мінімальний термін служби.

Аналогічні конструкції генераторів постійного струму, які включають в себе колектор, можуть одночасно функціонувати в режимі генератора або електродвигуна. Такі електричні машини постійного струму сьогодні знайшли широке застосування в гібридних мобільних машинах, мототехніці. Іноді їх використовують в якості стартер-генераторних установок, диностартерів тощо.

Їх відмінністю від генераторів змінного струму є те, що магнітне поле створюють абсолютно нерухомі електромагніти. Електрорушійна сила знаходиться в обмотках ротора, які обертаються. Електричний струм знімається з півкілець, ізольованих між собою. На кожній щітці є напруга однієї полярності .

Останнім часом з причин меншої металомісткості, меншої вартості та вищої надійності досить широкого розповсюдження набули генераторні установки з генераторами змінного струму.

2.2.2.2. Генератори змінного струму

Загальний вигляд генераторної установки змінного струму показано на рис. 2.55.

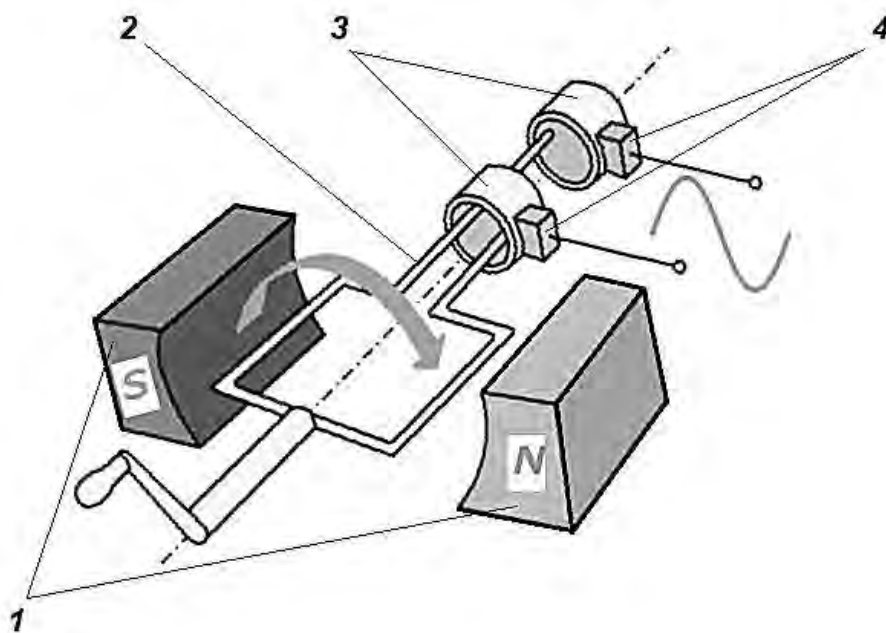


Рис. 2.55. Загальний вигляд генераторної установки змінного струму [4]

Усередині цієї конструкції розташоване джерело змінного струму - генератор змінного струму. В генераторі змінного струму використовуються всі ті ж елементи конструктивних рішень, які характерні і для генератора постійного струму [45]:

- ❖ магнітне поле;
- ❖ рамка, яка обертається;
- ❖ колекторний вузол із щітками для відведення струму.

Основна відмінність полягає в конструкції колекторного вузла, який створений так, що при обертанні рамки щітки постійно контактують із своєю половиною рамки без циклічної зміни їхнього положення. Тобто кожен кінець рамки з'єднаний із своїм кільцем, а не півкільцем, як в генераторі постійного струму. І це кільце контактує з своєю щіткою – рис. 2.56.



1 – магнітні полюси; 2 – рамка; 3 – контактні кільця; 4 – щітки

Рис. 2.56. Принципова схема генератора змінного струму [45]

За рахунок цього струм, який змінюється за законами гармоніки в кожній половинці рамки, повністю без змін передається на щітки і далі через них в систему електричного обладнання мобільної машини.

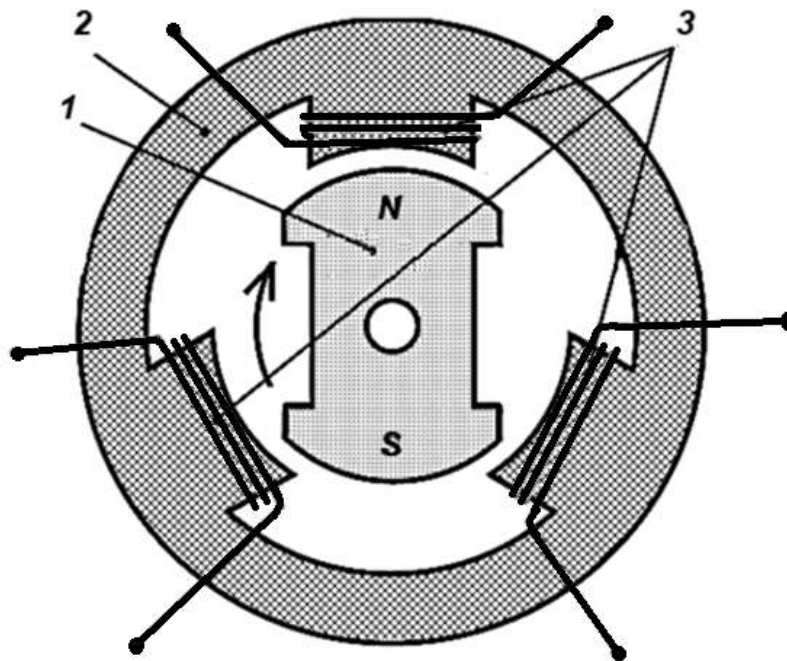
Природно, що рамка створена не з одного витка, а в результаті намотування певної їх кількості, розрахованої для досягнення необхідної напруги.

Таким чином, принцип роботи генераторів постійного і змінного струму однаковий, а відмінності конструкції полягають у виготовленні:

- колекторного вузла ротора;
- конфігурації обмоток на роторі.

Принцип дії генератора змінного струму сучасних мобільних машин має певні відмінності від описаного вище методу отримання змінного струму в частині розташування робочих обмоток.

Відмінність полягає в тому, що провідник (у вигляді котушок) розташовується на нерухомому магнітопроводі, який являє собою статор, а у якості ротора може бути використаний постійний магніт, або електромагніт, які обертаються – рис. 2.57 [74]. Крім того, широко використовуються генератори змінного струму електромагніт в яких не обертається. Під впливом магнітного поля, в котушках статора індукуюється струм, який змінюється за величиною і напрямком, тобто змінний струм.



1 – ротор; 2 – статор; 3 – не рухомі котушки робочих обмоток

Рис. 2.57. Принципова схема генератора змінного струму з нерухомими котушками робочих обмоток [74]

Останнє спонукає до більш детального розгляду як класифікації генераторів змінного струму, так і особливостей конструкції окремих їх типів.

Найпростіша класифікація генераторів змінного струму, які використовуються на мобільних машинах може бути представлена наступними ознаками:

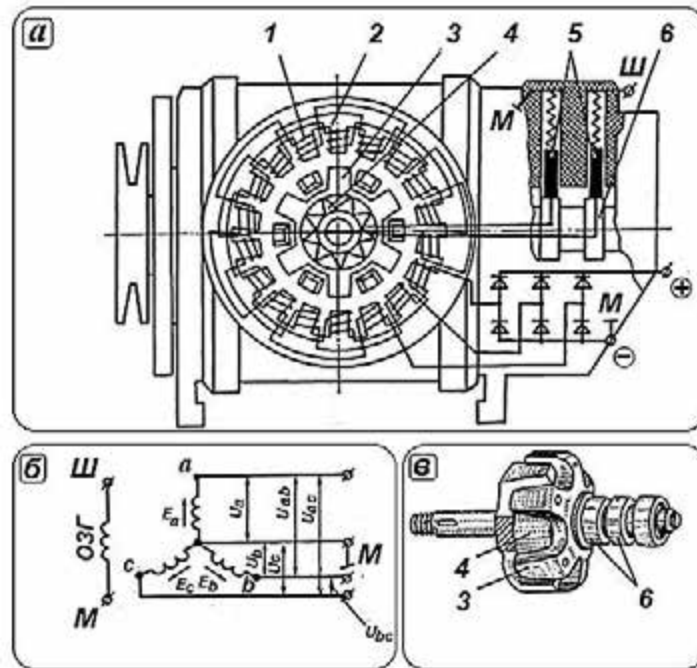
- *за конструкцією:*
- з обмотками збудження, які обертаються і контактними кільцями;
- безконтактні індукторні з нерухомою обмоткою збудження;
- *за типом збудження:*
- з електромагнітним збудженням;
- самозбуджуючі (полюсні накінецьники виконані з постійного магніту);
- *за кількістю фаз:*
- однофазні;
- багатофазні (трьохфазні, п'ятифазні тощо).

Розглянемо особливості конструкції генераторів змінного струму, які найбільш широко використовуються на мобільних машинах.

Генератори змінного струму з обмотками збудження, які обертаються і контактними кільцями. До таких генераторів відносяться генератори типу Г-250, які знайшли широке застосування на автомобілях. Принципова схема, електрична схема та особливості конструкції складових якого представлені на рис. 2.58.

Трифазна напруга індукуюється в фазових обмотках 1 статора 2 при перетині їх змінним магнітним полем, яке створюється електромагнітом ротора 3 [17].

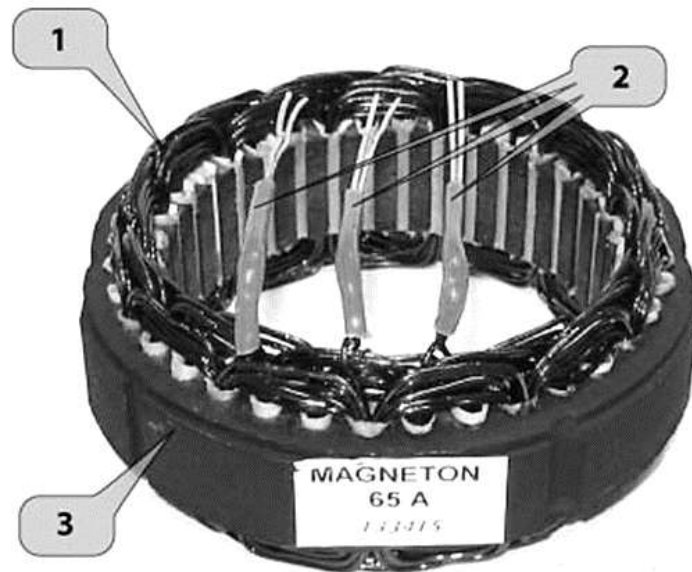
Статор набирають з пластин електротехнічної сталі і в його пази



M – маса; Π – шунт; $ОЗГ$ – обмотка збудження генератора; а - принципова схема; б - електрична схема; в - ротор; E_a, E_b, E_c – електрорушійні сили в провідниках (фазах), відповідно а, б, с; ; U_a, U_b, U_c – фазні напруги відповідних фаз; U_{ab}, U_{ac}, U_{bc} – лінійні напруги між відповідними азами; 1 - обмотка котушок статора; 2 - статор; 3 - полюса ротора; 4 - обмотка збудження; 5 - щітки; 6 - контактні кільця

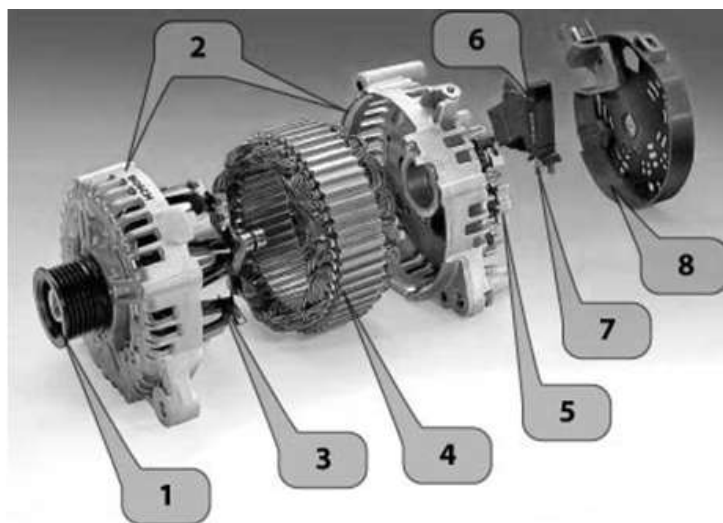
Рис. 2.58. Схеми і особливості конструкції генератора змінного струму з обмоткою збудження, яка обертається [17]

вкладають 18 фазових обмоток (даний показник характерний для генератора типу Г-250 автомобілів типу ГАЗ, ЗІЛ тощо), які розподіляють на три фази і з'єднують між собою за схемою «зірка». Один кінець всіх фаз з'єднують між собою і виводять окремим (нульовим) провідником на один з клемних виводів генератора або ізолюють в самому генераторі, другий кінець провідника кожної фази приєднують до блоку випрямлячів (див. рис. 2.58). Статор (рис. 2.59) і фазові обмотки закріплюють між передньою і задньою кришками, в підшипниках яких (кришок) обертається ротор (рис. 2.60).



1 – котушка робочої обмотки статора; 2 – виводи фазних обмоток; 3 – магнітопровід

Рис. 2.59. Статор генератора змінного струму [49]



1 – приводний шків; 2 – передня і задня кришки; 3 – ротор з дзьобоподібними накінецьниками; 4 – статор з робочими котушками; 5 – випрямляч; 6 – регулятор напруги; 7 – шітковий вузол; 8 – заисна кришка діодного модуля

Рис. 2.60. Генераторна установка змінного струму з обмоткою збудження, яка обертається в розібраному вигляді [49, 112]

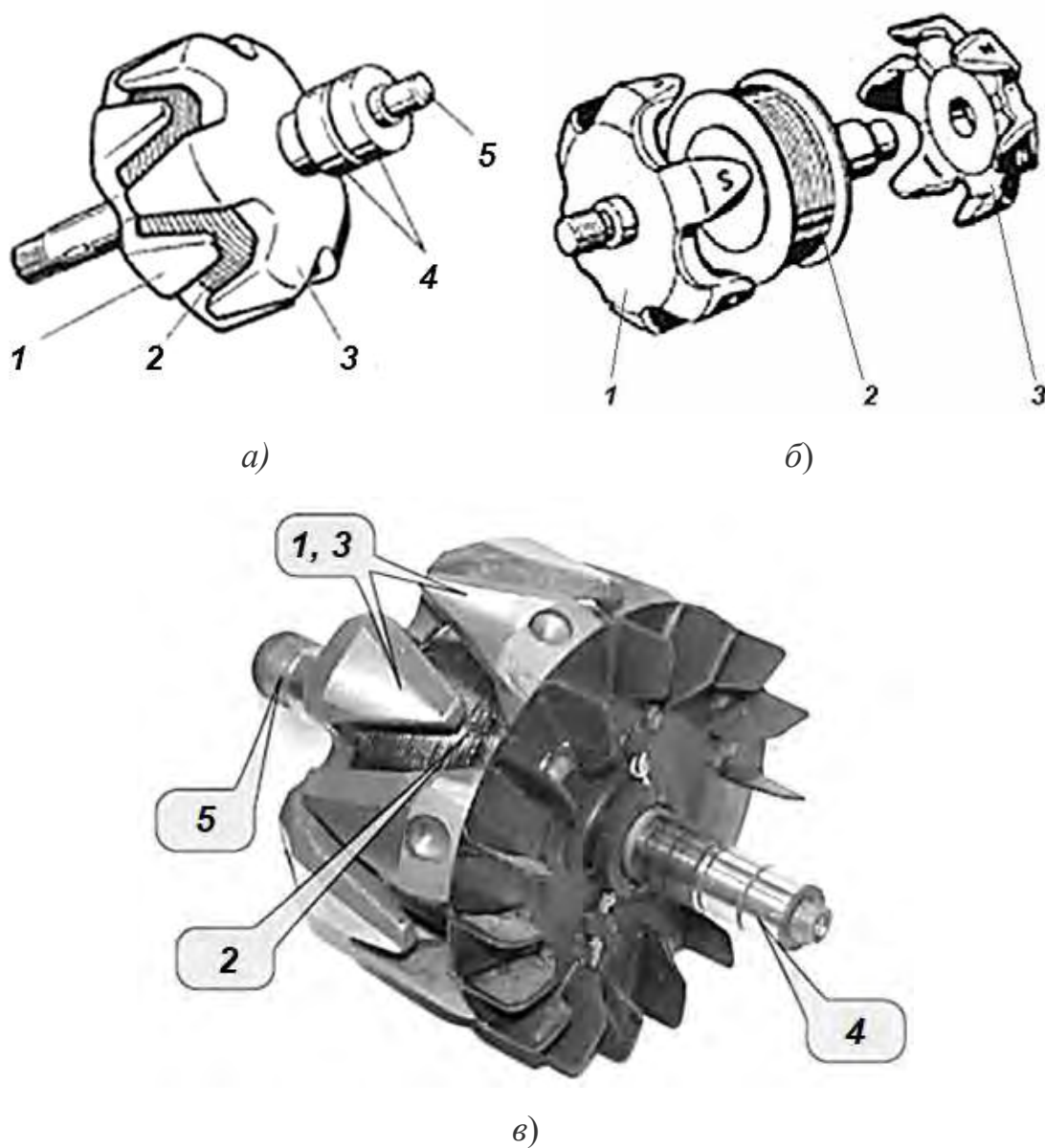
Генератори змінного струму, залежно від потужності, випускають з 18, 36 і 72 котушками, які утворюють три фази. Фази на генераторах більшої потужності можна з'єднувати трикутником або подвійною зіркою, яка дає можливість зменшити товщину проводу котушки, а звідси і вартість виготовлення генератора.

Ротор являє собою вал, на який напресовані два магнітопроводи з дзюбоподібними наконечниками, а між ними розташовують втулку з обмоткою збудження – рис. 2.61.

Така конструкція ротора утворює 12-полюсний магніт. Обмотка збудження 4 через клеми **Ш** і **М**, контактні мідно-графітові щітки 5 і контактні кільця 6 живиться постійним струмом від акумуляторної батареї. Ротор приводиться в рух від колінчастого вала через шків клинопасовою передачею. Для охолодження генератора на валі ротора разом зі шківом встановлюють крильчатку вентилятора, яка спрямовує потік повітря на генератор [17].

Якщо контакти вимикача запалювання замкнуті, струм від акумуляторної батареї надходить в обмотку збудження ротора і намагнічує його. При цьому сусідні полюсні наконечники ротора намагнічуються різнойменними полюсами. Під час обертання ротора повз кожен виступ статора по черзі проходить північний і південний полюси електромагніту. Нерухомі фазові обмотки перетинаються змінним магнітним потоком як за величиною, так і за напрямком. Це приводить до того, що в витках статорних робочих обмоток генератора індукуються змінна електрорушійна сила [17].

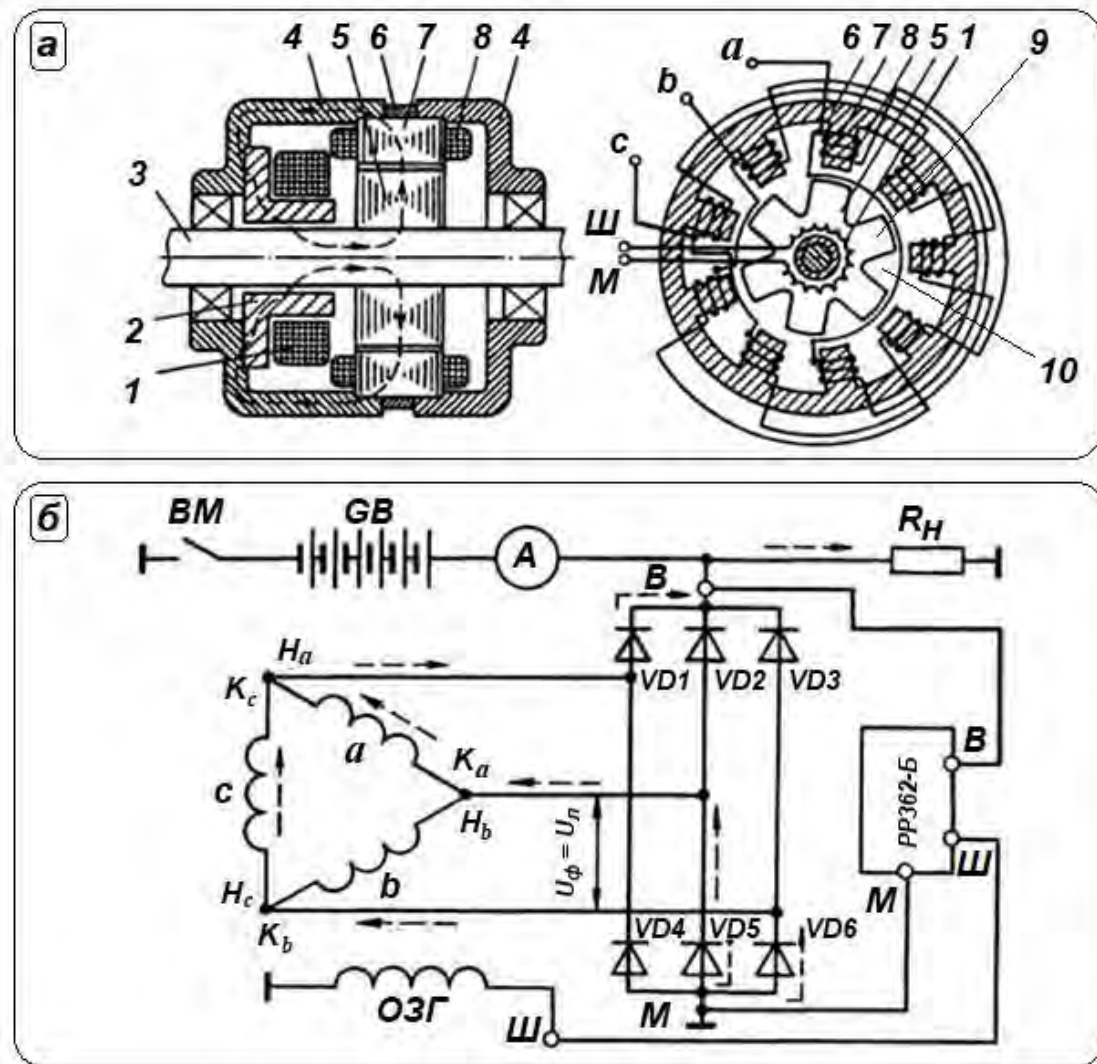
Безконтактні індукторні з нерухомою обмоткою збудження.
Схему трифазного безконтактного генератора з нерухомою обмоткою збудження показано на рис. 2.62. Змінна е. р. с. утворюється в обмотках статора 8 при перетині їх витків шестипроменевим ротором 5, який



а - ротор в зборі; б - в розібраному вигляді; в – загальний вигляд; 1,3 - зірочки з дзьобоподібними накінецьниками; 2 - котушка збудження; 4 - контактні кільця; 5 - вал.

Рис. 2.61. Ротор генератора змінного струму [49]

намагнічується обмоткою збудження 1. Промені ротора обертаються поблизу обмотки збудження, яка встановлена нерухомо на втулку 2, закріплену в кришці 4 генератора, і живиться від акумуляторної батареї через клема **Ш** і **М** [17].



а – принципова схема; б – електрична схема в загальній схемі електрообладнання мобільної машини; а, б, с – виводи фазних обмоток; Ш – шунт; М – маса; В – випрямляч; ВМ – вимикач маси; GB – акумуляторна батарея; R_H – опір навантаження споживачів; K_a, K_b, K_c – кінець фази відповідно а, б, с; H_a, H_b, H_c – початок фази, відповідно а, б, с; VD1, VD2, VD3 – вентиля (діоди) прямої (позитивної) полярності випрямляча; VD4, VD5, VD6 – вентиля оберненої (від’ємної) полярності; U_Φ – фазна напруга; U_L – лінійна напруга; O3Г – обмотка збудження генератора; 1 – обмотка збудження; 2 – втулка; 3 – вал ротора; 4 – передня і задня кришки генератора; 5 – ротор; 6 – статор; 7 – зубці статора; 8 – обмотка котушок статора; 9 – виступ ротора; 10 – виїмка ротора

Рис. 2.62. Схема безконтактного індукторного генератора [17]

Під час обертання ротора магнітний потік змінюється від максимального (коли виступ ротора знаходиться навпроти виступу статора) до мінімального (коли навпроти виступу статора знаходиться виймка ротора). Таким чином, максимальний магнітний потік одночасно досягається в трьох котушках, розміщених під кутом 120° , в трьох інших котушках магнітний потік спадає, в наступних трьох - зростає, тобто в трьох групах котушок в один і той самий період часу індукується різна за величиною електрорушійна сила.

Котушки однієї фази з'єднують між собою послідовно, а фази - за схемою «трикутник». На автомобілях, де встановлюють генератори меншої потужності, широко застосовують з'єднання фаз зіркою. На кожній фазі встановлюють напівпровідникові випрямлячі (вентилі), з'єднані за трифазною двонапівперіодною схемою. Вентилі на кожному плечі випрямного моста працюють по черзі. Для моменту часу, еквівалентного синусоїді 90° , напруга на фазі *a* позитивна, а на фазах *b* і *c* - негативне, тому струм до споживачів проходить через вентиль *VD1* позитивної (прямої) полярності і два вентиля *VD5* і *VD6* негативної (зворотньої) полярності [17].

До мережі споживачів паралельно генератору підключена акумуляторна батарея, але вентилі пропускають струм до неї лише в разі, якщо фазна напруга перевищує напругу батареї. Одночасно вентилі випрямляча захищають статорні обмотки від струму батареї [17].

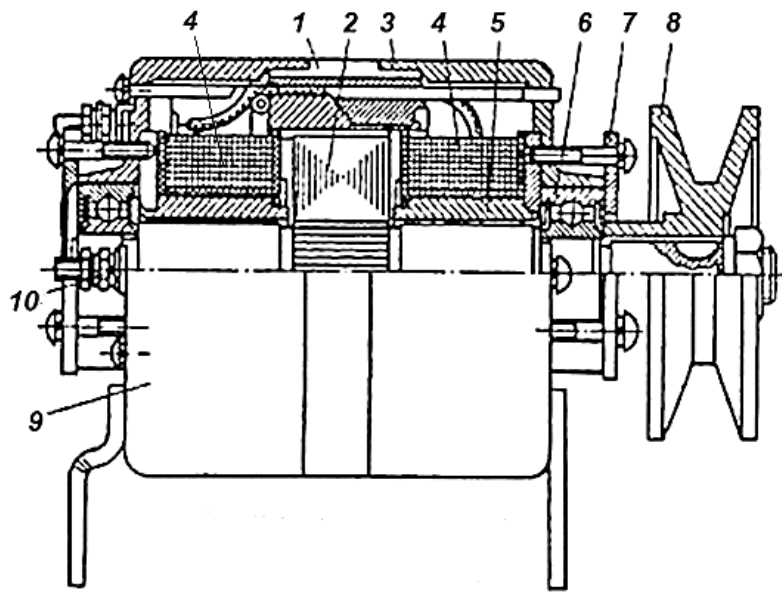
За розглянутою схемою виконані генератори типу Г-306 та 13.3701. Генераторна установка типу 46.3701 також в своєму складі має генератор подібного типу, однак в цій електричній машині регулятор напруги вбудований в корпус генератора і вона обладнана додатковим випрямлячем, який запобігає розряду акумуляторної батареї на обмотку збудження при тривалих стоянках.

Дещо іншу конструкцію мають генератори типу Г-304. Це уніфікована трифазна безконтактна індукторна електромашина з двостороннім електромагнітним збудженням з допомогою двох обмоток збудження 4 і вмонтованим випрямним блоком (рис. 2.63). Він складається з статора 10, який має дев'ять рівномірно розміщених виступів. Статор виготовлений з окремих пластин електротехнічної сталі, ізолюваних одна від одної. На кожен виступ статора встановлена котушка робочої обмотки. Котушки з'єднані між собою послідовно по три і утворюють три фази обмоток статора, які, в свою чергу, з'єднані за схемою «трикутник». Кінці фазових обмоток приєднані до діодів випрямляча, розміщеного в спеціальному корпусі 9, прикріпленому до передньої кришки генератора. Ротор генератора 4 являє собою шестипроменеву зірку (з шістьма виступами), виготовлену з пакету електротехнічної сталі і напресовану на вал 5. Обмотки збудження 2 встановлені на сталеві втулки в кришках 3, 6, і початок кожної котушки припаяно до втулки, а кінці виведені на клему Ш.

Із зовнішнього боку до передньої кришки приєднаний блок 9 з шістьма вентилями випрямляча – три прямої і три зворотної полярності [17].

Однією з загальних ознак класифікації генераторів, є кількість фаз їх вихідної напруги. Вихід може бути однофазним або багатфазним. Найчастіше, зустрічаються трифазні генератори, але багатфазні генератори можуть бути: двофазними, шестифазними і більше.

Генератори потужністю більшою, ніж 700 Вт, виконуються з п'ятифазною або семифазною обмоткою статора. Фазні секції статора таких генераторів з'єднані у «багатокутник». Схема п'ятифазного генератора показана на рис 2.64. Цифрами 1, 4, 2, 5, 3 позначено нумерацію фазних секцій, буквами **a, b, c, d, e** - виводи фаз. **VD1 - VD10** - силові діоди (20 А), **VD11 - VD15** - допоміжні діоди (2А), **R_н**



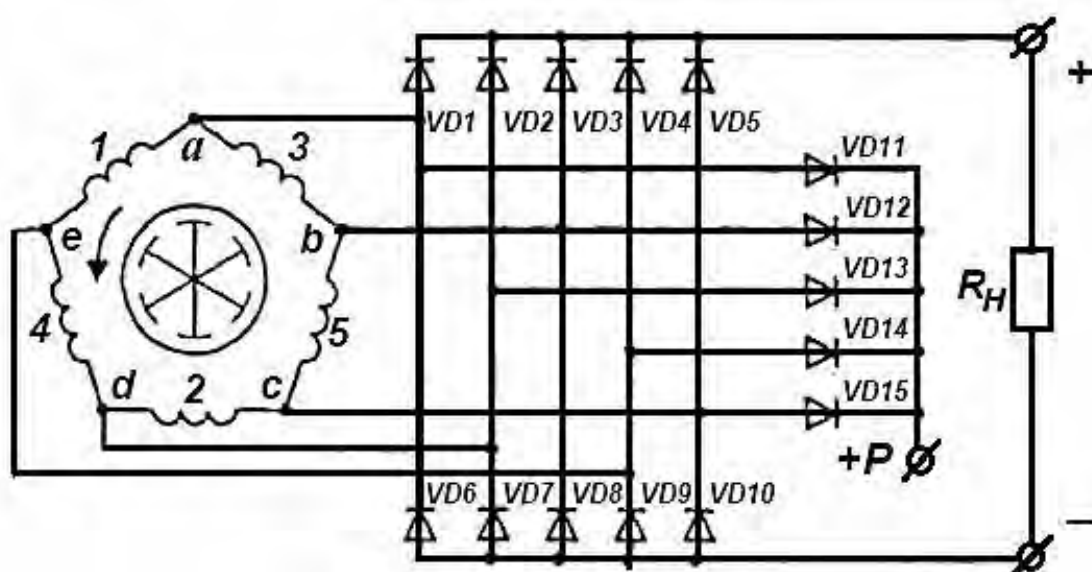
а)



б)

а – загальна будова (розріз); б – загальний вигляд; 1 – статор; 2 – ротор; 3 – передня кришка; 4 – котушка з обмоткою збудження; 5 – втулка; 6 – підшипник; 7 – пластина; 8 – приводний шків; 9 – задня кришка; 10 – вивід фази

Рис. 2.63. Безконтактний індукторний генератор змінного струму з двостороннім збудженням



***a, b, c, d, e** – виводи фаз; **VD1 - VD10** – силові діоди випрямляча; **VD11 - VD15** – допоміжні діоди; **R_H** – опір навантаження генератора; 1, 4, 2, 5, 3 – нумерація фаз секцій*

Рис. 2.64. Електрична схема п'ятифазного генератора [66]

- навантаження генератора. П'ять фазних секцій статора з'єднані в «п'ятикутник» з послідовністю вмикання 1-4-2-5-3-1. За умови п'ятифазного з'єднання обмоток статора, в них наводяться п'ять міжфазних напруг: U_{ac} , U_{ce} , U_{eb} , U_{bd} , U_{da} . При використанні електричної схеми генератора змінного струму, приведеної на рис 2.64, фазні напруги стають меншими від міжфазних, що також супроводжується підінням потужності і ККД генератора. Для уникнення цього підбирають такий порядок з'єднання котушок, щоб кут зсуву фаз між напругами, які подаються на випрямляч, був близьким до 120° . Це дозволяє отримати систему п'ятифазних пульсуючих напруг, за формою близьких до синусоїд, розмір яких описується залежностями [66]:

$$U_1 = U_{ea} \times \sin(\omega t), \quad (2.18)$$

$$U_3 = U_{ab} \times \sin(\omega t - 108^\circ), \quad (2.19)$$

$$U_5 = U_{bc} \times \sin(\omega t - 216^\circ), \quad (2.20)$$

$$U_2 = U_{cd} \times \sin(\omega t - 324^\circ), \quad (2.21)$$

$$U_4 = U_{de} \times \sin(\omega t - 432^\circ). \quad (2.22)$$

На мобільних машинах в якості генераторів, або генераторних установок застосовуються уніфіковані електричні машини, першочергова адаптація яких до того чи іншого джерела механічної енергії і, далі, до характеристик і параметрів схеми електрообладнання власне мобільної машини здійснюється шляхом організації приводу генератора. За таких умов важливими є питання, пов'язані з організацією приводу генераторів.

2.2.2.3. Привід генераторів мобільних машин

Привід генератора, як правило, здійснюється від шківів колінчастого валу клино-пасовою передачею і чим більшим є діаметр шківів на колінчастому валу і меншим на генераторі, тим більшими будуть оберти ротора генератора і, відповідно, більший струм віддасть у мережу генератор – рис. 2.65 [15].

Привід генератора на сучасних мобільних машинах здійснюється поліклиновим пасом, що дозволяє максимально зменшити діаметр шківів генератора і, тим само, отримати найбільші передаточні відношення та дати в мережу мобільної машини ще більший струм – рис. 2.66.

Окрім того, пасовий привід є одним з найбільш слабких місць генераторів. Звичайні клино-пасові передачі для приводу генераторів не



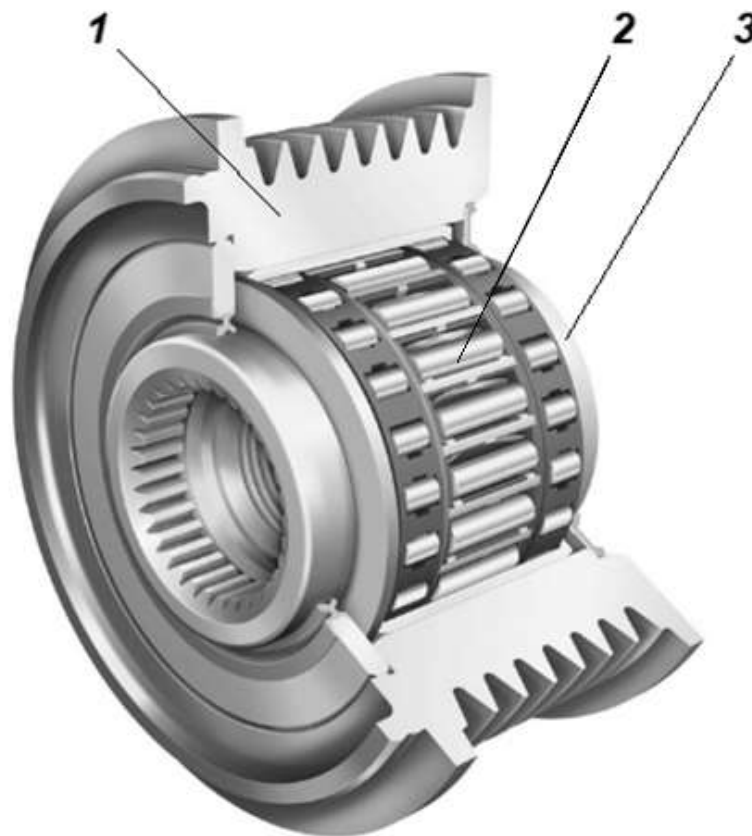
Рис. 2.65. Привід генератора клино-пасовою передачею [15]



Рис. 2.66. Привід генератора пасовою передачею з поліклиновим пасом

так давно служили на автомобілях близько 30 тисяч кілометрів. Після такого пробігу вони майже гарантованого обривалися. Проблема в тому, що двигун як автомобіля, так і іншої мобільної машини працює

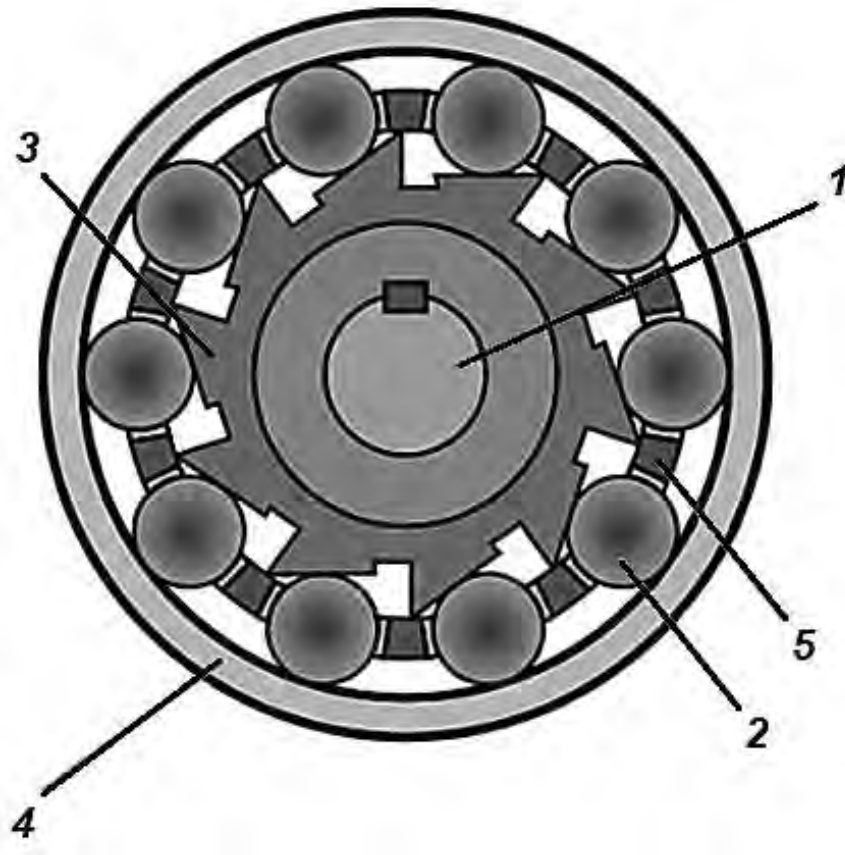
нерівномірно - крутний момент на ротор генератора від колінчастого валу двигуна внутрішнього згоряння передавався імпульсами, черговість яких відповідала згорянню палива в циліндрах. У свою чергу, частота обертання ротора повинна в 2 – 3 рази перевищувати частоту обертання колінчастого вала. Крім того, мобільна машина схильна до постійної зміни швидкісного режиму (розгін-гальмування). В такому режимі роботи пас приводу генератора згодом розтягується, після чого рветься. Нівелювати цей ефект вдалося впровадженням муфти вільного ходу, яка вмонтована до шківів генератора – рис. 2.67 [60].



1 – зовнішня обойма муфти вільного ходу з поліклиновим шківом; 2 – стопорні ролики; 3 – внутрішня обойма муфти вільного ходу з маточиною для посадки на вал генератора

Рис. 2. 67. Муфта вільного ходу привода генератора [60]

Муфта вільного ходу включається в роботу тоді, коли крутний момент потрібно передати в одну сторону, а також виключити жорсткий зв'язок між ведучим і веденим валами, коли частота обертання ведучого вала значно нижча за частоту обертання веденого вала рис. 2.68.



1 – вал ротора; 2 – стопорні ролики; 3 – внутрішня обойма; 4 – зовнішня обойма; 5 – сепаратор для роликів

Рис. 2.68. Принципова схема муфти вільного ходу привода генератора [60]

Коли вал ротора *1* починає занадто сильно розганятися в момент згоряння паливно-повітряної суміші в циліндрах ДВЗ, стопорні ролики *2* замикають зовнішню *4* і внутрішню *3* обойми муфти, що дозволяє

передавати весь крутний момент. Коли суміш не згорає і колінчастий вал пригальмовує, швидкість обертання зовнішньої обойми 4 починає «відставати» від швидкості внутрішньої обойми 3 (див. рис. 2.68) . В цей момент зовнішню і внутрішню обойми необхідно роз'єднати. Приводний шків і ротор генератора при цьому обертаються окремо один від одного, що дозволяє нівелювати негативний ефект різниці швидкостей обертання.

Варто зазначити, що муфта вільного ходу достатньо складний пристрій, кожен елемент в якому має своє призначення і чітко підігнаний до суміжного. Складність муфта вільного ходу генератора полягає в наявності достатньо складних у виготовленні елементів, а саме [60]:

- ✓ зовнішньої обойми, яка має на внутрішній поверхні спеціальні пази;
- ✓ ряду пружин на зовнішній обоймі, які виштовхують ролики;
- ✓ внутрішньої обойми;
- ✓ роликів, які передають крутний момент при замиканні обойм.

Існують також і простіші механізми – храпові муфти, в яких на внутрішній поверхні є зуби спрямовані в один бік замість пазів з роликами. Як і випадку більш поширених роликових муфт, в храпових механізмах є собачка, яка притискається до зовнішньому кільцю зусиллям пружини, тим самим замикаючи обойми і дозволяючи їм обертатися з однаковою частотою [60].

Подібні муфти працюють автоматично, тобто за змикання кілець відповідають виключно механічні елементи, що забезпечує всьому пристрою не тільки швидкодію, але ще і високу зносостійкість.

Незважаючи на порівняну простоту конструкції, муфти генераторів мають ряд недоліків, а саме [60]:

- ☐ муфта вільного ходу:
 - механізм не можна відрегулювати;

- необхідність погодження роботи валів;
- складність у виготовленні (потрібно витримати геометричні параметри кожного елемента).

☞ храпова (обгонна) муфта вільного ходу:

- можливість виникнення ударів в момент зачеплення собачки з зубами (подібний механізм не можна використовувати в вузлах, що обертаються на великій швидкості);

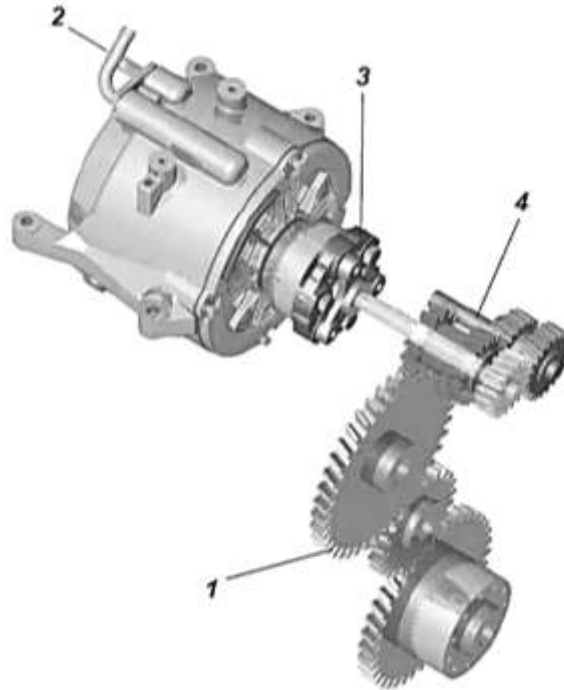
- підвищена шумність роботи (сьогодні вже виготовляють муфти з собачками, що рухаються за годинниковою стрілкою і не зачіпають храпове колесо, однак більша частина муфт, виготовлених раніше мають конструкцію з підвищеною шумністю роботи);

- знос зубів.

З практики експлуатації таких муфт відомо, що муфти з храповим механізмом виявилися надійнішими, ніж їх роликові аналоги. Що також важливо, храпові муфти ремонтпридатні, в той час, як роликові муфти не розбірні. Ресурс муфт вільного ходу, встановлених на автомобільних генераторах складає близько 100 тис. км. пробігу. При цьому муфта дійсно збільшує термін служби всієї пасової передачі. Її заміна обходиться набагато дешевше, ніж покупка якісного ремня, роликів і натяжника. За окремими даними відомо, що пасовий привід з муфтами вільного ходу служить в 5 ... 6 разів довше приводу без цього механізму. Крім того, він працює тихіше [60].

Сучасні системи енергоспоживання мобільних машин вимагають великих витрат енергії, тому повинні застосовуватися генератори підвищеної потужності. Одним з напрямків розвитку генераторів підвищеної потужності є застосування підвищеної частоти обертання генератора за допомогою підвищуючої шестеренної передачі. Як приклад можна привести привід генератора автомобіля Touareg з

двигуном V10TD. Тут генератор приводиться через шестерні роздавального механізму і двоступеневу передачу з передавальним числом $i = 3,6$ – рис. 2.69).



1 - роздавальний механізм; 2 - підведення охолоджуючої рідини; 3 - еластична муфта; 4 - проміжний вал зубчастої передачі

Рис. 2.69. Генератор автомобіля Touareg з двигуном V10TD та підвищуючою передачею у приводі [69]

На валу генератора встановлена муфта з пружною шайбою Hardy. Двоступенева передача підвищує частоту обертання ротора генератора, відповідно до якої збільшується його електрична потужність. Це дозволяє забезпечувати потреби всіх споживачів електроенергії навіть при роботі двигуна на холостому ходу. Генератор включений в систему рідинного охолодження двигуна, що запобігає його перегріву та підвищується термін служби і збільшується ККД [69].

Генератори змінного струму мають додаткові позитивні особливості. При обертанні ротора напроти котушок обмотки статора з'являються поперемінно «північний», і «південний» полюси ротора. Ця обставина говорить про те, що напрямок магнітного потоку, який пронизує ці котушку, змінюється. А цього, якраз і достатньо щоб викликати в котушках обмотки статора появу змінного струму. Частота цього струму f залежить від частоти обертання ротора генератора n і числа його пар полюсів p :

$$f = \frac{p \times n}{60}. \quad (2.23)$$

За рідкісним винятком генератори закордонних фірм, також як і вітчизняні, мають шість «південних» і шість «північних» полюсів у магнітній системі ротора. У цьому випадку частота f в 10 раз менше частоти обертання ротора генератора. Оскільки обертання ротор генератора одержує від колінчатого вала двигуна через пасову передачу з передавальним числом i , то по частоті змінної напруги генератора можна вимірювати частоту обертання колінчастого вала двигуна. Для цього у генератора робиться вивід обмотки статора, до якого і підключається тахометр. При цьому напруга на вході тахометра має пульсуючий характер, оскільки він виявляється включеним паралельно діоду силового випрямляча генератора. З урахуванням передавального числа i пасової передачі від двигуна до генератора частота сигналу на вході тахометра f_T пов'язана з частотою обертання колінчастого вала двигуна $n_{ДВ}$ співвідношенням:

$$f_T = \frac{p \times n_{ДВ} \times i}{60}. \quad (2.24)$$

Звичайно, у разі проковзування приводного ременя це співвідношення дещо порушується і тому слід стежити, щоб ремінь завжди був досить натягнутий. При $p = 6$, (в більшості випадків) наведене вище співвідношення спрощується

$$f_T = \frac{n_{ДВ} \times i}{10}. \quad (2.25)$$

Як вказувалось вище джерело струму на борту мобільної машини повинно постачати в систему електрообладнання струм і напругу з чітко визначеними параметрами з тим, щоб забезпечити точність функціонування всіх споживачів, які використовуються в схемі електрообладнання, що обумовлює ефективну роботу всього електрообладнання. Генератор на виході може давати як постійну, так і змінну напругу, рівень якої змінюється в широких межах. Зважаючи на те, що сучасні генератори на мобільних машинах є, переважно, машинами змінного струму, необхідно провести випрямлення змінного струму, що здійснюється з допомогою випрямлячів.

2.2.2.4. Випрямлячі напруги

Для підзарядки акумуляторної батареї, встановленої на борту трактора, або автомобіля необхідно на борту машини мати постійний струм.

Прилад, який забезпечує перетворення змінного струму створюваного генератором змінного струму у постійний струм називається *випрямлячем*. Випрямляч використовують лише за умови використання генераторної установки створеної на базі генератора змінного струму.

В схемах електрообладнання мобільних машин з генераторами постійного струму випрямляч не використовується.

Генераторні установки змінного струму різних типів обладнуються випрямлячами, які можна об'єднати у класифікаційні групи за наступними класифікаційними ознаками:

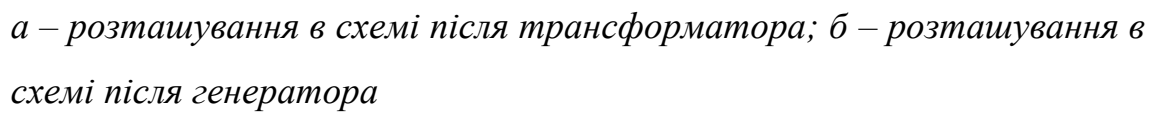
- ✓ *залежно від кількості фаз генератора:*
 - однофазні;
 - трьохфазні;
 - пятифазні;
- ✓ *за формою випрямленої напруги:*
 - однопівперіодні;
 - двохпівперіодні.

Фазність випрямляча чітко визначається кількістю фаз генератора генераторної установки, на якій він встановлений.

Однопівперіодний випрямляч або чвертьміст є найпростішим випрямлячем і включає в себе один вентиль (діод або тиристор). На рис. 2.70 показані принципові схеми однопівперіодних випрямлячів різних типів залежно від місця їх установки. Принцип дії таких випрямлячів однаковий і однозначно характеризується формою кривих зміни напруги до випрямляча і після нього – рис. 2.71.

Використовуючи односторонню провідність напівпровідниково-го діода, струм у зворотному напрямку відтинається. Напруга проходить через вентиль на навантаження тільки в позитивні напівперіоди змінної напруги. У негативні напівперіоди вентиль закритий, все падіння напруги відбувається на вентилі, а напруга на навантаженні U_H дорівнює нулю. Недоліком даної схеми є втрата потужності [13].

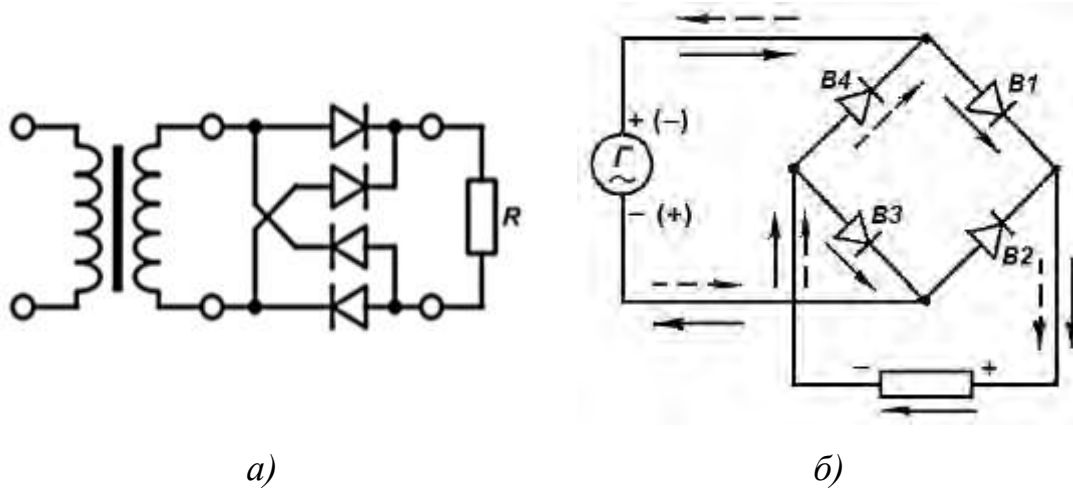
Для збільшення потужності випрямленого струму в генераторній установці використовується місткова схема. Чотири діоди під'єднані



Graph a) shows a sinusoidal voltage waveform $U(t)$ over time t . The positive and negative half-cycles are shaded. Graph б) shows a periodic waveform where only the positive half-cycles are shaded, and the voltage is zero during the negative half-cycles.

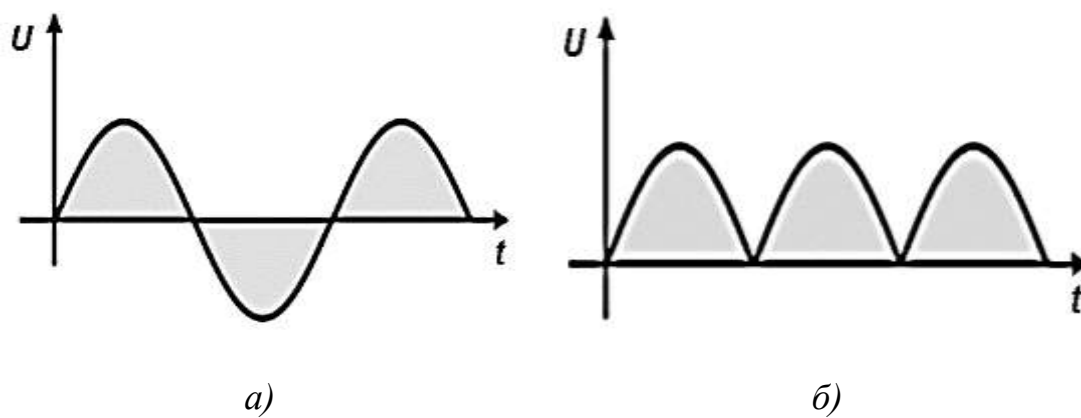
Рис. 2.71 – Принцип дії однопівперіодного випрямляча [13]

232



а – розташування в схемі після трансформатора; б – розташування в схемі після генератора

Рис. 2.72 – Випрямляч побудований за містковою схемою (двохпівперіодний) [13]



а – напруга до випрямляча; б – напруга після випрямляча

Рис. 2.73 – Принцип дії двухпівперіодного місткового випрямляча [13]

Отриманий струм, який тече лише в одному напрямку зазвичай згладжується за допомогою низькочастотних фільтрів та конденсаторів.

Як правило випрямний блок генераторної установки складається з двох шин тепловідводів з запресованими в них діодами (типу **BA20** тощо) прямої і оберненої полярності.

 Діод прямої полярності – (помічається червоною фарбою) має наступні ознаки:

- *анод* – пропущений через ізолятор;
- *катод* – з'єднаний з корпусом.
- ✓ *Напрямок струму*, який пропускає діод прямої полярності – від анодного вивода до корпусу.

 Діод оберненої полярності – (помічається чорною фарбою) має наступні ознаки:

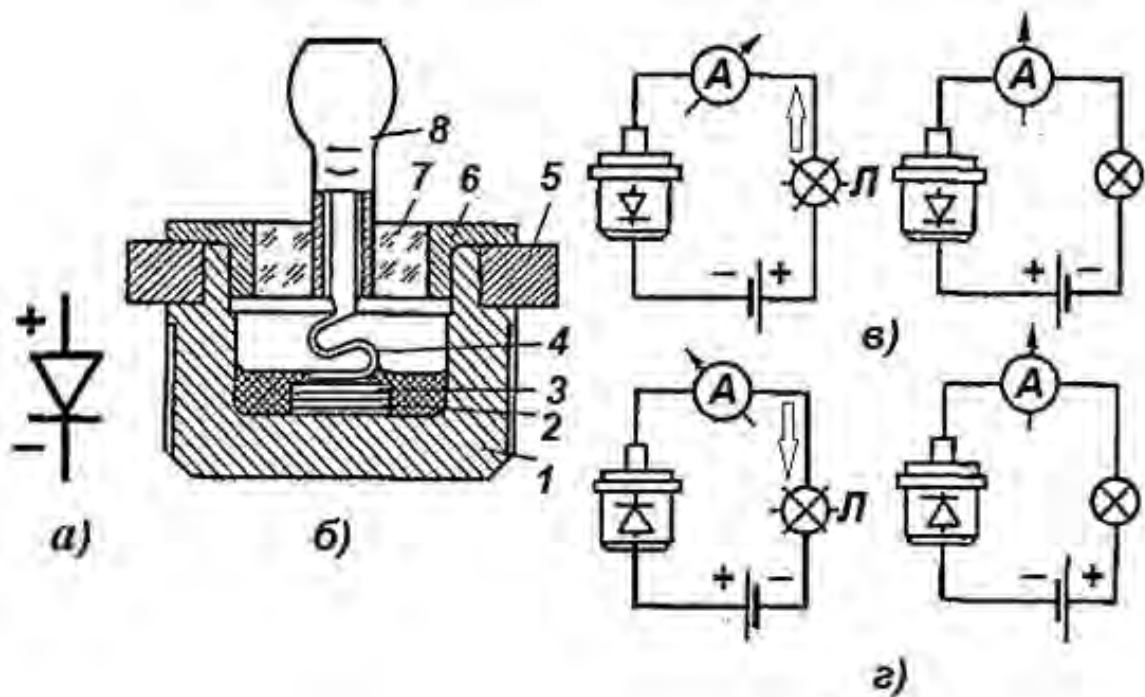
- *анод* – з'єднаний з корпусом;
- *катод* – пропущений через ізолятор.
- ✓ *Напрямок струму* – від корпусу до анодного вивода.

Інформація про позначення, конструкцію і типи діодів подана на рис. 2.74.

Залежно від характеристики генератора випрямний вузол має різну конструкцію, а саме:

- діодний місток розпаяний або впресований в підковоподібні пластини-тепловідводи - рис. 2.75 [41]. Пластини тепловідводів скріплюють гвинтовими затискачами через ізолюючі втулки. Виводи діодів прямої і оберненої полярності попарно з'єднують між собою і з гвинтовими затискачами, до яких під'єднані початки фазних обмоток статора. Випрямні блоки типу БПВ-4, ВБГ-1 та ВБГ-1Б взаємозамінні;

- випрямляч зібраний на платі (або в інший спосіб), тепловідводи з потужними ребрами припаюються до діодів – рис. 2.76 [41].

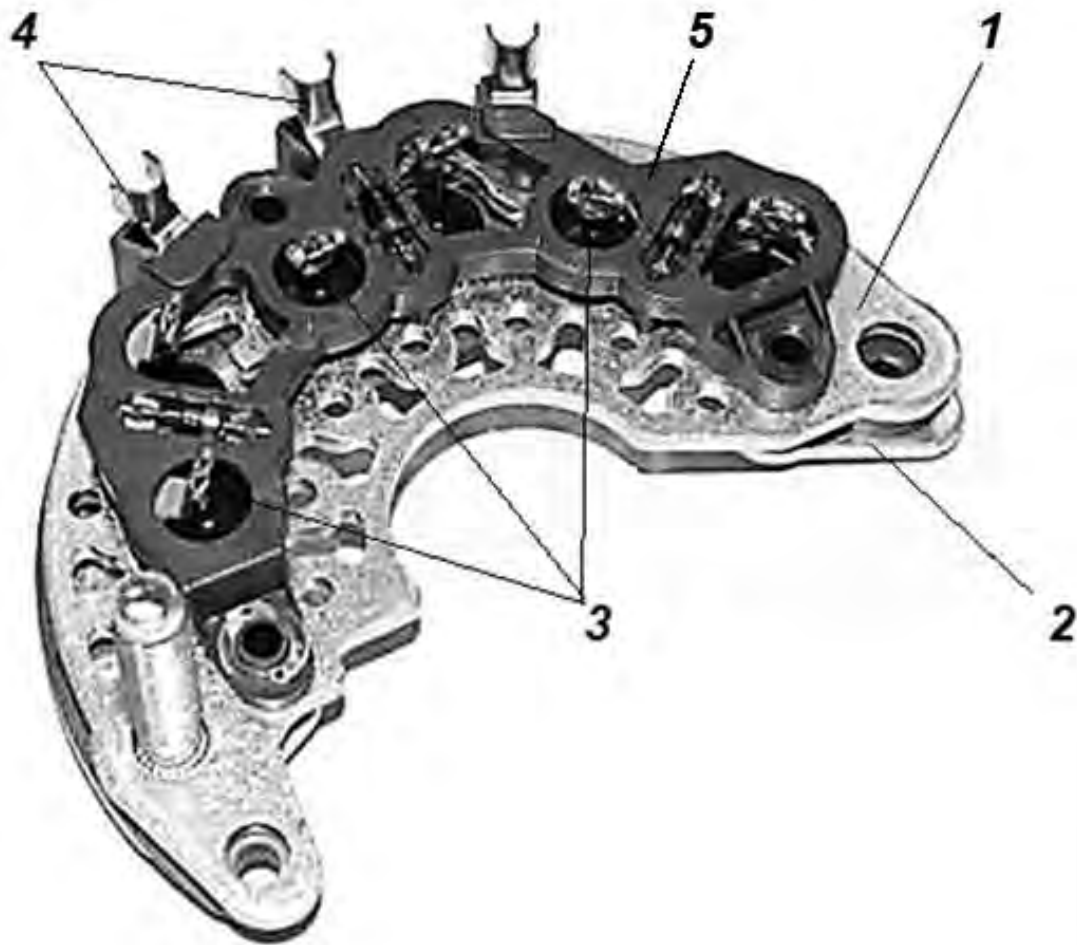


а – умовне позначення діода на схемі; б – загальна будова діода; в і г – робота діодів (вентилів) прямої і оберненої полярності в найпростіших електричних схемах; 1 – корпус; 2 – кремнієва пластина; 3 – диск; 4 і 8 – внутрішній і зовнішній виводи; 5 – сталеве кільце; 6 – флянець; 7 – ізолятор

Рис. 2.74 – Позначення діодів (вентилів) різних типів в електричних схемах, їх будова та принцип дії

Основний випрямляч може дублюватися додатковим діодним містком (див рис. 2.75), для якого характерними є наступні конструктивні рішення [41]:

- компактний блок (переважно герметичний) 5 (див. рис. 2.75);
- використання діодів-горошин або циліндричної форми 3 (див. рис. 2.75);

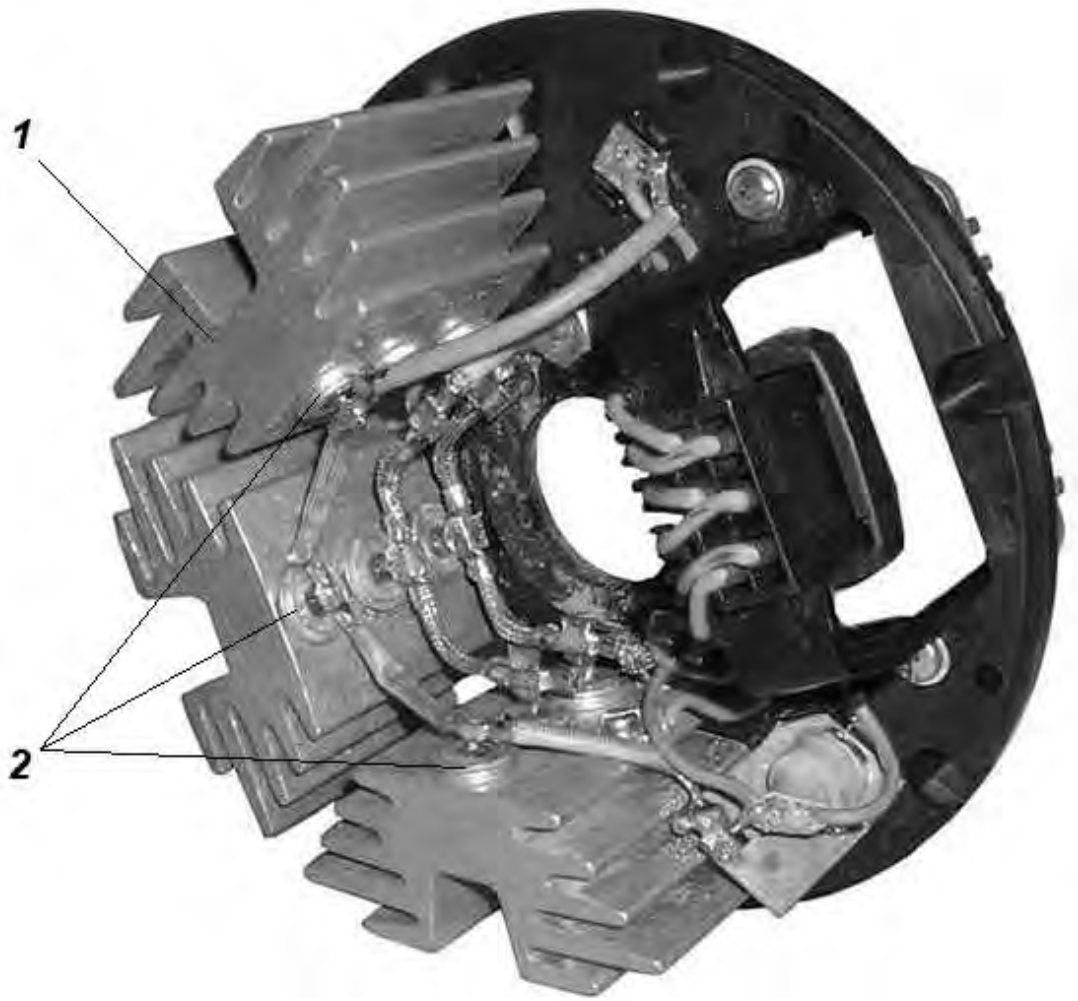


1 і 2 – пластини-тепловідводи; 3 – діоди; 4 - струмопровідні шини; 5 – блок додаткового діодного містка

Рис. 2.75. Випрямний блок генератора змінного струму з тепловідвідними пластинами [41]

- включення в загальну схему невеликими шинами 4 (див. рис. 2.75).

Більш детальна інформація про додаткові діодні конструкції буде наведена нижче. Варто також мати на увазі, що випрямляч є «слабкою ланкою» генератора. Це може бути пояснено тим, що будь-який сторонній предмет, який проводить струм, потрапляючи випадково між



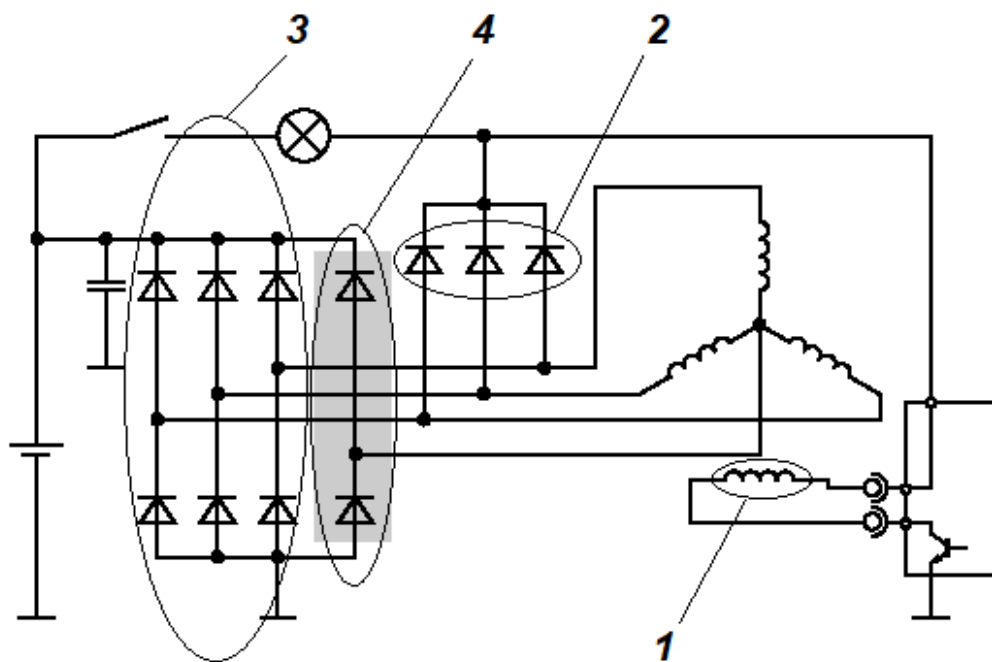
1 – тепловідвод з ребрами; 2 - діоди

Рис. 2.76. Випрямляч з використанням тепловідводів з ребрами [41]

пластинами тепловідводів, в які запресовано, або впаяно діоди, автоматично призводить до короткого замикання. Таким предметом може бути частина обірваної щітки, яку не вийняли з генераторної установки під час заміни щіткового вузла тощо [41].

У значної кількості типів генераторів обмотка збудження 1 підключається до власного випрямляча 2, зібраного на трьох діодах –

рис. 2.77. Таке підключення обмотки збудження перешкоджає протіканню через неї струму розряду акумуляторної батареї при непрацюючому двигуні мобільної машини. Діоди випрямляча обмотки збудження працюють аналогічно, живлячи випрямленим струмом цю обмотку. Причому в випрямляч обмотки збудження теж входять 6 діодів, три з них спільні з силовим випрямлячем 3 (негативні діоди). Струм збудження значно менше, ніж струм, що віддається генератором в навантаження. Тому в якості діодів обмотки збудження застосовуються малогабаритні діоди розраховані на струм не більше ніж 2 А (для порівняння, діоди силового випрямляча допускають протікання струмів силою до 25 ... 35 А) [49].

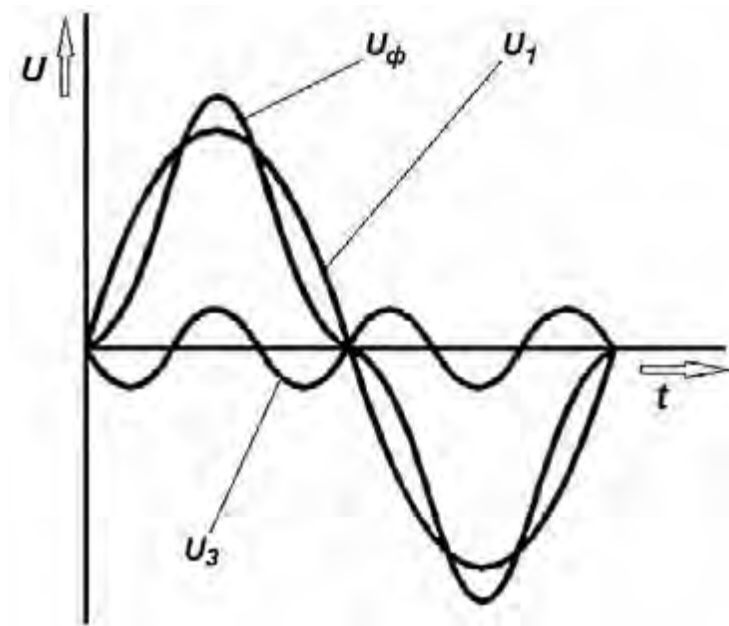


1 – обмотка збудження генератора; 2 – випрямляч обмотки збудження; 3 – силовий випрямляч; 4 – додаткове плече випрямляча

Рис. 2.77. Електрична схема генераторної установки з окремим випрямлячем обмотки збудження та додатковим плечем випрямляча

При необхідності збільшення потужності генератора застосовується додаткове плече випрямляча 4 (див. рис. 2.77) [49].

Така схема випрямляча може мати місце тільки при з'єднанні обмоток статора «зіркою», оскільки додаткове плече живиться від «нульової» точки з'єднання обмоток статора «зіркою». Якби фазні напруги змінювалися строго за синусоїдою, ці діоди взагалі не брали б участі в процесі перетворення змінного струму в постійний. Однак в реальних генераторах форма фазних напруг відрізняється від синусоїди. Вона являє собою суму синусоїд, які називаються гармонійними складовими або гармоніками - першої, частота якої збігається з частотою фазної напруги, і вищими, головним чином, третьої, частота якої в три рази вища, ніж першої – рис. 2.78 [49].



U_ϕ – фазна напруга обмотки; U_1 – перша гармоніка; U_3 – третя гармоніка

Рис. 2.78. Реальна форма фазної напруги у вигляді суми двох гармонік

З курсу електротехніки відомо, що в лінійній напрузі, тобто в тій напрузі, яка підводиться до випрямляча і випрямляється, третя гармоніка відсутня. Це пояснюється тим, що треті гармоніки всіх фазних напруг збігаються по фазі, тобто одночасно досягають однакових значень і, при цьому, взаємно врівноважуються і взаємно знищуються в лінійній напрузі. Таким чином, третя гармоніка в фазній напрузі присутня, а в лінійній – відсутня. Отже, потужність, що розвивається третьою гармонікою фазної напруги не може бути використана споживачами. Щоб використовувати цю потужність, додані діоди, які приєднані до нульової точки з'єднання обмоток статора «зіркою» (обмоток фаз), тобто до точки де проявляється дія фазної напруги (див. рис. 2.77). Таким чином, ці діоди випрямляють тільки напругу третьої гармоніки фазної напруги. Застосування цих діодів збільшує потужність генератора на 5 ... 15 % при частоті обертання ротора генератора більше 3000 хв^{-1} [49].

При розгляді конструкцій випрямних блоків в генераторних установках, варто зважити на ту обставину, що електрична мережа сучасної мобільної машини, вимагає дотримання на борту стабільної і безперебійної напруги. Одним із способів реалізації цієї вимоги є те, що в окремих конструкціях генераторних установок обмотка генератора живить елементи електричної схеми машини, через спеціальний стабілізатор.

Для реалізації даного принципу стабілізації напруги, діоди замінюють спеціальними стабілізуючими пристроями - стабілітронами. Відмінність такої конструкції випрямного пристрою від класичних діодів, полягає в пропусканні струму заданої величини. Зазвичай в силових стабілітронах напруга стабілізації становить 25 ... 30 В. При досягненні цієї напруги стабілітрони «пробиваються», тобто

починають пропускати струм в зворотному напрямку, причому в певних межах зміни сили цього струму напруга на стабілітроні, а, отже, і на виводі «+» генератора залишається незмінною і не досягає небезпечних для електронних вузлів машини значень. Тим самим, стабілізуючі пристрої не допускають отримання значень струму, розмір яких веде до порушення роботи електронних приладів в мобільній машині. Властивість стабілітрона підтримувати на своїх виводах сталість напруги після «пробою» використовується і в регуляторах напруги [49] .

Принципова схема такої генераторної установки буде приведена нижче.

2.2.2.5. Регулятори напруги

Напруга, яку виробляє власне генератор істотно залежить від:

- ✓ частоти обертання його ротора;
- ✓ магнітного потоку, створюваного обмоткою збудження, та, як наслідок, від сили струму в цій обмотці;
- ✓ величини струму, що віддається генератором споживачам.

Чим більша частота обертання і сила струму збудження, тим більша напруга генератора, чим більша сила струму його навантаження - тим менша ця напруга.

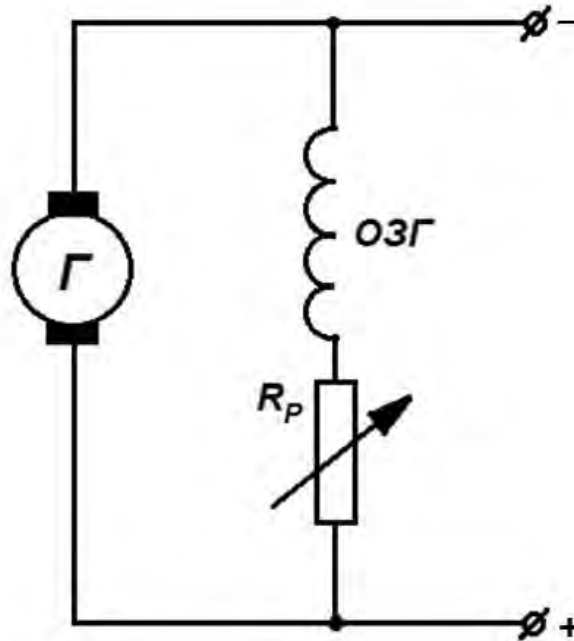
Функцією регулятора напруги є стабілізація напруги при зміні частоти обертання і навантаження за рахунок впливу на струм збудження. Раніше застосовувалися вібраційні регулятори, а потім контактно-транзисторні. Ці два типи регуляторів в даний час повністю витіснені електронними, але ми коротко розглянемо принцип дії різних

типів регуляторів з причини їх наявності в експлуатації на мобільних машинах ранніх років випуску.

Регулятори напруги призначені для автоматичного підтримання напруги генератора в заданих межах при змінній частоті обертання колінчастого валу двигуна.

Генераторні установки змінного струму різних типів обладнуються регуляторами напруги, які за принципом дії розрізняють двох видів, а саме:

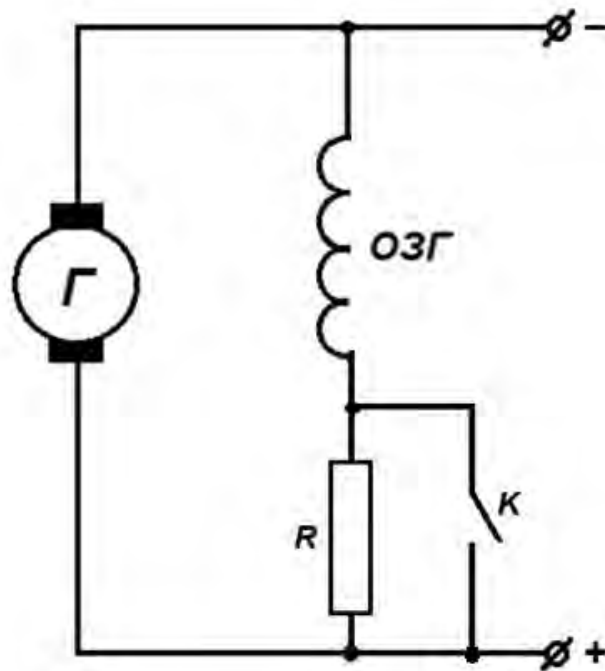
- *безперервної дії* (електричне коло живлення обмотки збудження не розривається, але його характеристики змінюються, що веде до зміни розміру струму живлення, а звідси і до зміни розміру магнітного поля та продуктивності генератора) – рис. 2.79;



Г – генератор; *ОЗГ* – обмотка збудження генератора; *R_п* – регульований резистор

Рис. 2.79. Регулятор безперервної дії

➤ *дискретної дії* (електричне коло живлення обмотки збудження розривається, при цьому струм живлення не змінюється за розміром, але дозується час його дії на обмотку збудження, що також веде до зміни продуктивності генератора) – рис. 2.80.



Г – генератор; ОЗГ – обмотка збудження генератора; R – додатковий опір; K - контакт

Рис. 2.80. Регулятор дискретної дії

Як вказувалося раніше генераторна установка, у загальному випадку, включає генератор, випрямляч і реле-регулятор. Регулятор напруги є складовим елементом реле-регулятора, тож доцільно більш детально розглянути будову реле-регулятора з тим, щоб більш повно уявляти функції агрегатів генераторної установки.

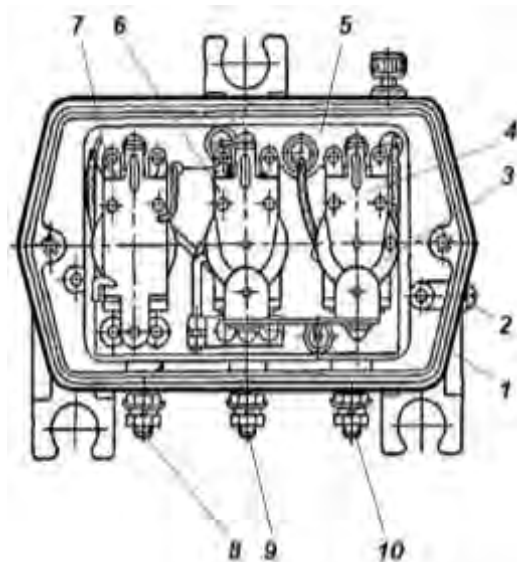
У класичному контактному реле-регуляторі передбачено три реле – рис. 2.81.



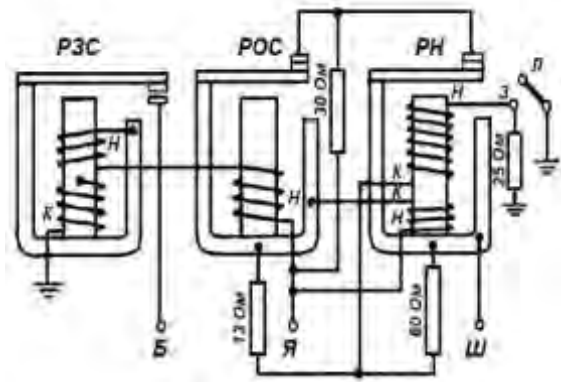
а)



б)



в)



г)

а – загальний вигляд реле-регулятора; б - розташування реле під кришкою реле-регулятора (загальний вигляд); в – схема розташування реле під кришкою; г - електрична схема з'єднань реле-регулятора; РЗС – реле зворотного струму; РОС – реле обмежувач струму; РН – реле напруги; 1 – корпус; 2 – гвинт; 3 – котушка регулятора напруги; 4 – якір регулятора напруги; 5 – плата опорів; 6 – якір реле обмежувача струму; 7 – якір реле зворотного струму; 8, 9 та 10 – виводи реле-регулятора

Рис. 2.81. Класичний вібраційний (контактний) реле-регулятор типу PP315

Загальна уява про реле, які складають реле-регулятор може формуватися наступним чином.

▣ Реле зворотного струму (РЗС). Увімкнення генератора у систему електрозабезпечення, коли його напруга вища напруги акумуляторної батареї (АКБ), і відключення генератора від мережі, коли його напруга нижча за напругу АКБ виконує спеціальний прилад, який називається *реле зворотного струму (РЗС)*. (Відключення генератора від мережі, коли його напруга нижча за напругу АКБ необхідне і з тією метою, щоб уникнути потрапляння енергії від АКБ до обмоток статора генератора, що може привести до їх перегріву, руйнування ізоляції і, як наслідок, виходу генератора з ладу).

▣ Реле обмежувач струму (РОС). Генератор розрахований на віддавання певної, максимальної для нього сили струму, однак при неполадках у системі електрообладнання (розряджена акумуляторна батарея, коротке замикання тощо) генератор може віддавати струм більший, ніж той, на який він розрахований. Тривала робота генератора в такому режимі приведе до його перегріву і обгоряння ізоляції обмоток. Для захисту генератора від перевантаження служить *реле обмежувач струму (РОС)*.

▣ Реле регулятор напруги (РН). Третім реле класичного реле-регулятора є *реле регулятор напруги (РН)*, призначення якого подано вище.

Всі три прилади (реле зворотного струму, реле обмежувач струму і реле регулятор напруги) складають класичний реле-регулятор.

Однак, за рахунок наявності у генераторній установці випрямляча змінного струму, статорні обмотки генератора змінного струму захищені від струму акумуляторної батареї вентиллями випрямляча, що дозволяє не використовувати реле зворотного струму. Крім того, генератори сучасних

мобільних машин – це синхронні електричні машини, які володіють властивістю самообмеження максимального струму, що ними виробляється. Самообмеження відбувається за рахунок збільшення індуктивного опору в спеціально підібраних обмотках статора при підвищенні частоти змінного струму, а також зменшення магнітного потоку, який пронизує обмотки статора. При цьому в обмотках статора зростає власний магнітний потік, який направлений протилежно магнітному потоку ротора. Явище самообмеження максимального струму, який віддає генератор, знімає потребу в обмежувачі струму.

За таких умов генераторна установка змінного струму комплектується тільки *регулятором напруги*. Конструктивно регулятори напруги виготовлені по різному. Сьогодні розрізняють регулятори напруги наступних типів:

- *контактні (вібраційні);*
- *контактно-транзисторні;*
- *безконтактні (інтегральні).*

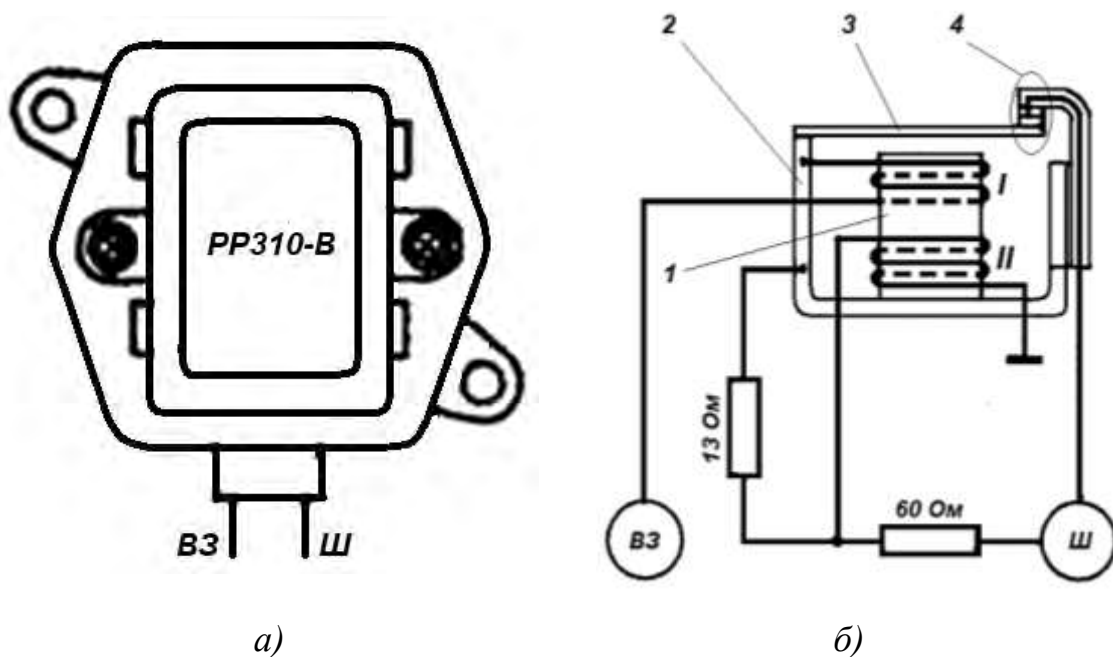
Розглянемо кожен з названих типів регуляторів на рівні їх принципових схем та загальної будови.

З викладеного вище матеріалу встановлено, що основним способом регулювання рівня напруги, яку виробляє генератор є керування подачею напруги на обмотку збудження. Якщо на обмотку збудження генератора подати напругу, то струм, який буде по ній протікати, приведе до утворення магнітного поля навколо цієї обмотки. Утворене, в такий спосіб, магнітне поле буде пронизувати і статорні обмотки (так звані «рамки»). Переміщення «рамок» в магнітному полі, або переміщення магнітного поля відносно «рамок» приведе до утворення в цих «рамках» (обмотках) електричного струму. Тобто, якщо по обмотці збудження протікає струм, то генератор виробляє і

віддає енергію в мережу цієї машини. І навпаки, якщо через обмотку збудження не протікає струм, то генератор не працює і не віддає в мережу енергію. Таким чином, подачею, або не подачею струму на обмотку збудження генератора підтримується рівень напруги на борту мобільної машини.

Нижче показано в який спосіб здійснюється включення і виключення живлення струмом обмотки збудження в регуляторах названих вище типів.

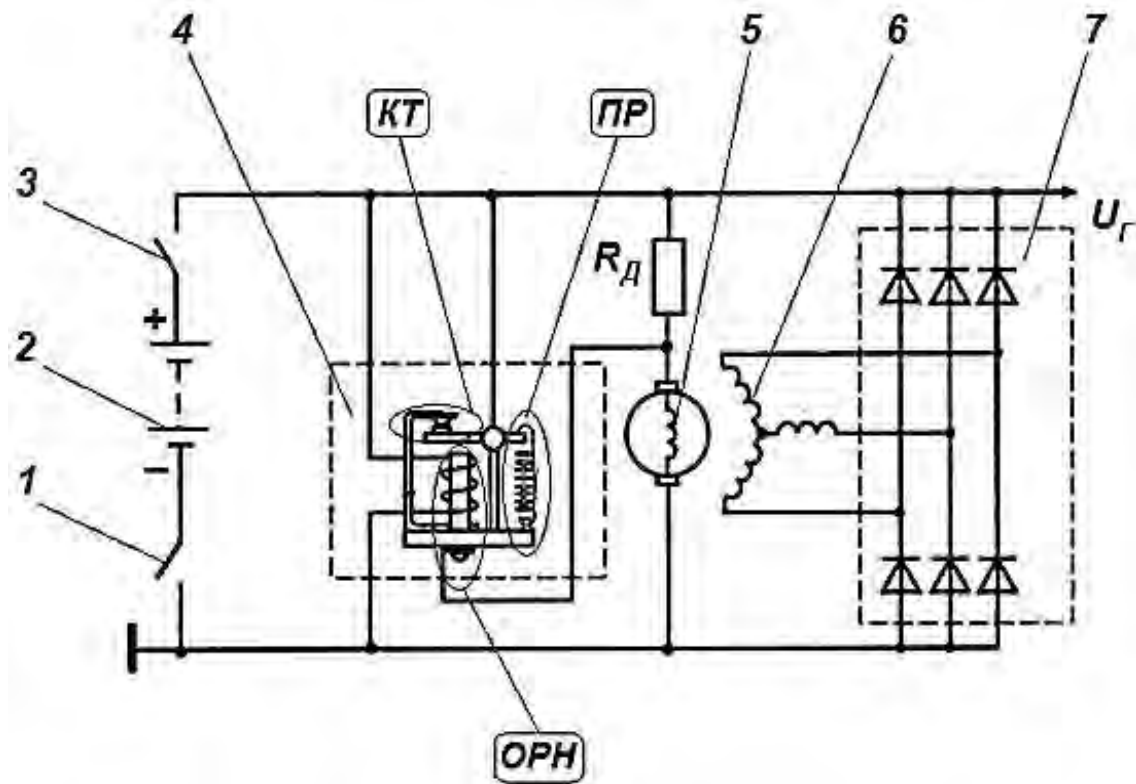
📖 Контактний (вібраційний) регулятор напруги. Один з варіантів виконання реле-регулятора лише з регулятором напруги вібраційного типу приведений на рис. 2.82.



а – загальний вигляд; б – електрична схема; I – обмотка збудження; II – шунтова обмотка; 1 – осердя електромагніта; 2 – ярмо; 3 – якір; 4 – контакти

Рис. 2.82. Реле-регулятор типу PP310-B, який включає лише контактний регулятор напруги вібраційного типу

Принцип дії контактного регулятора напруги доцільно розглянути на принциповій схемі його включення в електричну мережу мобільної машини – рис. 2.83.



КТ – контакти вібратора; ПР – пружина вібратора; ОРН – обмотка вібратора; R_d - резистор додатковий; U_r – напруга генератора; 1 – вимикач маси; 2 – акумуляторна батарея; 3 – вимикач запалювання; 4 – реле напруги вібраційного типу; 5 – обмотка збудження генератора; 6 – обмотка статора генератора; 7 - випрямляч

Рис. 2.83. Принципова схема включення контактного регулятора напруги вібраційного типу

Керуючись викладеним вище принципом регулювання напруги генератора, регулятор напруги повинен подати на обмотку збудження

генератора 5 струм тоді, коли є необхідність у підвищенні напруги в електричній мережі мобільної машини і припинити цю подачу, коли напруга в мережі досягне максимально допустимих значень. Варто зазначити, що контакти даного регулятора напруги нормально замкнуті. Регулятор напруги діє наступним чином. В початковий момент, коли вмикають вимикач маси і вимикач запалювання, струм від акумуляторної батареї спрямовується в мережу машини і, разом з тим, на обмотку вібратора *ОРН* (див. рис. 2.83) реле напруги вібраційного типу 4. При цьому навколо обмотки *ОРН* утворюється магнітне поле, яке діє на всі деталі однаково і намагається притягнути до оседя електромагніту (див. рис. 2.82, позиція 1) деталі виготовлені з феромагнетиків, включаючи і якір 3 (див. рис. 2.82). Однак на якір електромагнітного реле на іншому, протилежному плечі (див. рис. 2.83) діє пружина *ПР*, завданням якої є утримання контактів *КТ* у замкнутому стані. Зусилля пружини *ПР* регулюється і налаштовується так, щоб діюче на якір магнітне поле могло пересилити його лише за умови наявності в обмотці *ОРН* напруги розміром 13,8 ... 14,4 В (вказані межі напруги можуть відрізнятися для різних схем електрообладнання та їх комплектації). Повністю заряджена акумуляторна батарея віддає напругу в розмірі 12,7 В, що явно не достатньо для розмикання контактів *КТ*. За таких умов, в початковий момент контакти реле напруги замкнуті і через них струм протікає від акумуляторної батареї через ярмо реле напруги до обмотки збудження генератора. Таким чином обмотка збудження генератора знаходиться під напругою і навколо неї утворюється магнітне поле, яке в генераторах змінного струму є рухомим (один з варіантів - обмотка збудження розташовується на роторі генератора, який обертається). При запуску двигуна машини, колінчастий вал якого кінематично

з'єднаний з ротором генератора, рухоме магнітне поле пронизує обмотки статора генератора, в яких і утворюється змінний струм, який далі подається в мережу мобільної машини і, звісно, до обмотки *ОРН* регулятора напруги. Із збільшенням частоти обертання колінчастого валу, напруга, яку виробляє генератор, збільшується. При досягненні напруги максимально допустимих значень для даної мережі, магнітне поле навколо обмотки *ОРН* регулятора збільшується до значень, які достатні для пересилення дії пружини *ПР*. При цьому якір реле притягується до осердя і контакти *КТ* розмикаються. Подача струму на обмотку збудження генератора припиняється, магнітне поле навколо неї зникає і генератор припиняє виробляти струм. При зниженні напруги в мережі мобільної машини, магнітне поле навколо обмотки *ОРН* послаблюється і контакти *КТ* замикаються. Процес повторюється. Частота включень і відключень обмотки збудження генератора дуже висока, частота спрацювань якоря реле напруги нагадує роботу вібратора (він практично вібрує), через що такі реле і дістали назву – «контактне реле вібраційного типу».

При очевидній простоті конструкції розглянутого контактного регулятора напруги вібраційного типу, він має і суттєві недоліки, основними з яких є:

- ✓ струм живлення обмотки збудження має досить високі значення і він комутується через механічні контакти, що приводить до іскріння між цими контактами. Сам факт появи іскри між контактами вказує на те, що коло комутації не розірване на момент іскроутворення, що свідчить про певні запізнення у відпрацюванні команд власне регулятора, а звідси і низької точності регульованих параметрів;

- ✓ значне механічне спрацювання контактів (стирання), що вимагає використання спеціальних матеріалів для їх виготовлення;
- ✓ значне електричне спрацювання контактів (електрична корозія – обгоряння, плавлення), що вимагає використання спеціальних матеріалів для їх виготовлення;
- ✓ необхідність частого технічного обслуговування, пов'язаного з доглядом за контактами та контролем натягу пружини регулятора.

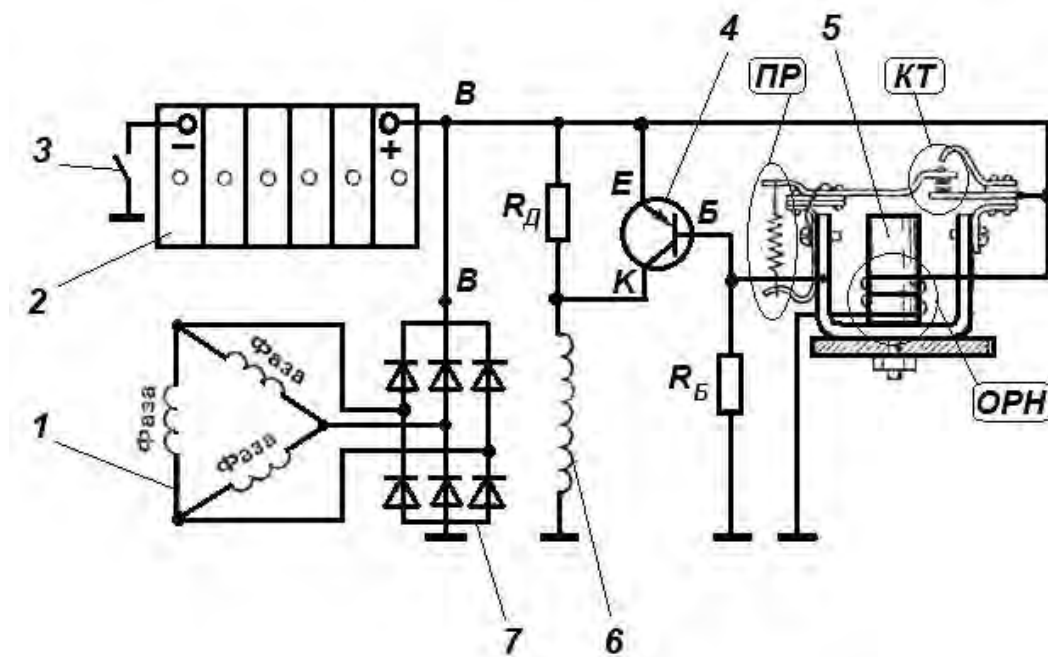
Уникнути більшості названих недоліків покликані контактно-транзисторні регулятори напруги.

 Контактно-транзисторний регулятор напруги. З появою напівпровідникових приладів у багатьох електричних схемах роль контактів взяли на себе саме такі прилади. Тривалий час в електричному обладнанні мобільних машин використовувались контактно-транзисторні регулятори напруги – рис. 2.84.

Виходячи з назви регулятора, можна зробити висновок, що в його основі лежить напівпровідниковий прилад – транзистор, та механічні контакти. Для розуміння принципу дії такої системи важливо усвідомити, який з двох названих елементів регулятора за що відповідає.

Транзистор напівпровідниковий тріод – радіоелектронний компонент з напівпровідникового матеріалу, здатний від невеликого вхідного сигналу управляти значним струмом у вихідному ланцюзі, що дозволяє використовувати його для посилення, генерування, комутації та перетворення електричних сигналів [106].

Транзістор – напівпровідниковий елемент електронної техніки, який дозволяє керувати струмом, що протікає крізь нього, за



Б – база транзистора; В – контакт випрямляча; Е – еміттер транзистора; К – колектор транзистора; КТ – контакти вібратора; ОРН – обмотка вібратора; ПР – пружина вібратора; R_Б – резистор бази; R_д - резистор додатковий; 1 – обмотка статора генератора; 2 – акумуляторна батарея; 3 – вимикач маси; 4 – транзистор; 5 – вібратор; 6 – обмотка збудження генератора; 7 – випрямляч

Рис. 2.84. Принципова схема включення контактно-транзисторного регулятора напруги

допомогою зміни вхідної напруги або струму, поданих на базу, або інший електрод. Невелика зміна вхідних величин, може призводити до суттєво більшої зміни вихідної напруги та струму [107].

Таким чином, виходячи з приведених визначень, можемо стверджувати, що транзистор може бути використаний як ключ для вмикання і вимикання струму на обмотку збудження генератора. Для цього, згідно приведеної схеми, використано перехід еміттер-колектор

транзистора. База використовується для керування цим переходом. Перехід еміттер-колектор буде відкритий за умови зменшення струму бази по відношенню струму еміттера. Закриється перехід еміттер-колектор за умови рівності струмів бази і еміттера. З цією метою до кола живлення бази включається резистор бази R_B необхідного опору, щоб забезпечити ефективне спрацювання переходу еміттер-колектор. Для відкривання і закривання переходу еміттер-колектор, резистор бази R_B включають у коло живлення бази, або виключають його з кола живлення. За включення і виключання резистора бази в коло її живлення відповідає контактне вібраційне реле.

Контактно-транзисторний регулятор напруги, приведений на рис. 2.84 працює наступним чином.

При замиканні вимикача 3 струм від акумуляторної батареї 2 потрапляє в електричну мережу мобільної машини. Струм підходить до вивода E (еміттер) транзистора та до обмотки OPH електромагніта контактного реле 5. Контакти KT контактного вібраційного реле 5 нормально розімкнуті за допомогою пружини PP , натяг якої регулюється і відрегульований таким чином, щоб магнітне поле, створене напругою 12,7 В акумуляторної батареї не змогло пересилити натяг пружини PP і притягнути якір реле до осердя електромагніта, розмикаючи контакти. Контакти розмикаються при досягненні напруги в мережі 13,8 ... 14,4 В (вказані межі напруги можуть відрізнятися для різних схем електрообладнання та їх комплектації). При цьому створиться достатній магнітний потік для притягування якоря до осердя електромагніта.

В початковий момент контакти реле KT розімкнуті і живлення бази транзистора 4 здійснюється через резистор R_B . Таким чином струм бази менший струму еміттера і перехід еміттер-колектор буде

відкритий, що забезпечить живлення обмотки збудження генератора б і продукування та подачу струму генератора в мережу мобільної машини (звісно за умови обертання колінчастого валу двигуна і, далі, ротора генератора – виконання основної умови утворення струму в генераторі – наявність рухомого магнітного поля).

Генератор припинить виробляти струм тоді, коли напруга в мережі досягне розміру 13,8 ... 14,4 В і навколо обмотки контактного реле утвориться магнітне поле, яке дозволить якорю пересилити зусилля пружини *ПР* і замкнути контакти *КТ*. При цьому струм з мережі машини піде через контакти *КТ*, ярмо реле і на базу транзистора 4 мимо резистора R_B . В такому випадку струм бази і еміттера буде однаковий і перехід еміттер-колектор закриється.

При використанні транзистора в режимі ключа, в такій конструкції регулятора напруги, перевагою є:

- відсутність іскрення при вимиканні живлення обмотки збудження генератора, що забезпечує більш точне регулювання параметрів електричної мережі мобільної машини,

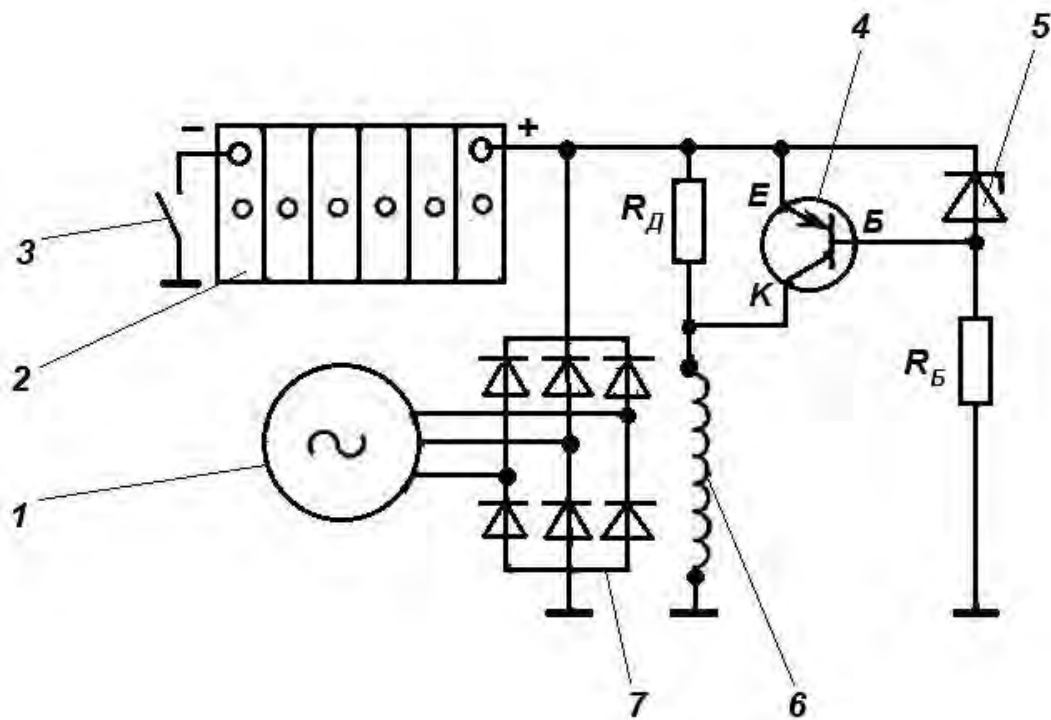
а недоліки даної схеми зводяться до:

- ✓ наявності механічної контактної системи, яка не ізольована від зносів механічних та електричних;
- ✓ необхідності технічних обслуговувань.

Уникнення, або мінімізація впливу названих недоліків, які характерні для контактних та контактно-транзисторних регуляторів напруги на роботу генераторної установки вбачається у використанні безконтактних схем забезпечення утримання показників вихідних параметрів у заданих межах.

 Безконтактні регулятори напруги.

Заміна електромагнітного реле на вимірювально-порівняльний пристрій, зібраний на основі напівпровідникових елементів дає змогу реалізувати безконтактний регулятор напруги – рис. 2.85.



Б – база транзистора; Е – еміттер транзистора; К – колектор транзистора; R_B – резистор бази; R_D – резистор додатковий; 1 – генератор; 2 – акумуляторна батарея; 3 – вимикач маси; 4 – транзистор; 5 – стабілітрон; 6 – обмотка збудження генератора; 7 – випрямляч

Рис. 2.85. Принципова схема включення безконтактного регулятора напруги

Приведена на рис. 2.85 схема включення безконтактного регулятора напруги в бортову мережу мобільної машини реалізована на базі транзистора 4 та стабілітрона 5.

Напівпровідниковий стабілітрон, або діод Зенера – напівпровідниковий діод, який працює при зворотному зміщенні в режимі пробою. До настання пробою через стабілітрон протікають незначні струми витоку, а його опір дуже високий. При настанні пробою струм, який протікає через стабілітрон різко зростає, а його опір падає до величини, що становить для різних приладів від часток Ома до сотень Ом. Тому в режимі пробою напруга на стабілітроні підтримується із заданою точністю в широкому діапазоні зворотних струмів [94].

Основне призначення стабилитронов - стабілізація напруги. Серійні стабілітрони виготовляються на напруги від 1,8 В до 400 В [94].

Принцип дії регулятора напруги створеного на базі транзистора та стабілітрона наступний.

При замиканні вимикача 3 струм від акумуляторної батареї 2 потрапляє в електричну мережу мобільної машини. Струм підходить до вивода E (емітер) транзистора 4 та до стабілітрона 5, який розрахований на напругу $U_{\text{Зад}}$ (приймається вищою за напругу повністю зарядженої акумуляторної батареї і достатньою для ефективної роботи приладів електрообладнання мобільної машини, наприклад, 14 В). Напруга повністю зарядженої акумуляторної батареї $U_{\text{АКБ}} = 12,7$ В. Якщо двигун не працює, або його робота здійснюється на низьких обертах то напруга генератора $U_{\text{Г}} < U_{\text{АКБ}}$, а $U_{\text{АКБ}} < U_{\text{Зад}}$. Такі співвідношення напруг вказують на те, що за таких умов стабілітрон буде закритий, тобто не пропускатиме струм до бази транзистора 5. В такому випадку на емітері буде струм акумуляторної батареї, а до бази буде підходити струм зменшений резистором бази $R_{\text{Б}}$. Тобто струм бази буде нижчим за струм емітера, що забезпечить

відкриття переходу еміттер-колектор і підведення струму до обмотки збудження генератора і, в кінцевому випадку, продукування струму генератором і віддачу його в мережу мобільної машини.

Припинить виробляти струм генератор тоді, коли напруга в мережі досягне дозволеного максимуму, тобто $U_{\Gamma} \geq U_{\text{Зад}}$ (в нашому випадку це 14 В). Тоді стабілітрон 5 «пробивається» і на базу транзистора 4 прийде струм співрозмірний струму еміттера. За таких умов перехід еміттер-колектор транзистора 4 закриється, що приведе до припинення живлення обмотки збудження і зникнення магнітного поля навколо неї.

Варто також зазначити, що нами вище розглянуті принципові схеми приладів. Їх реальні схеми значно складніші, мають коригуючі пристрої, спеціальні каскади тощо.

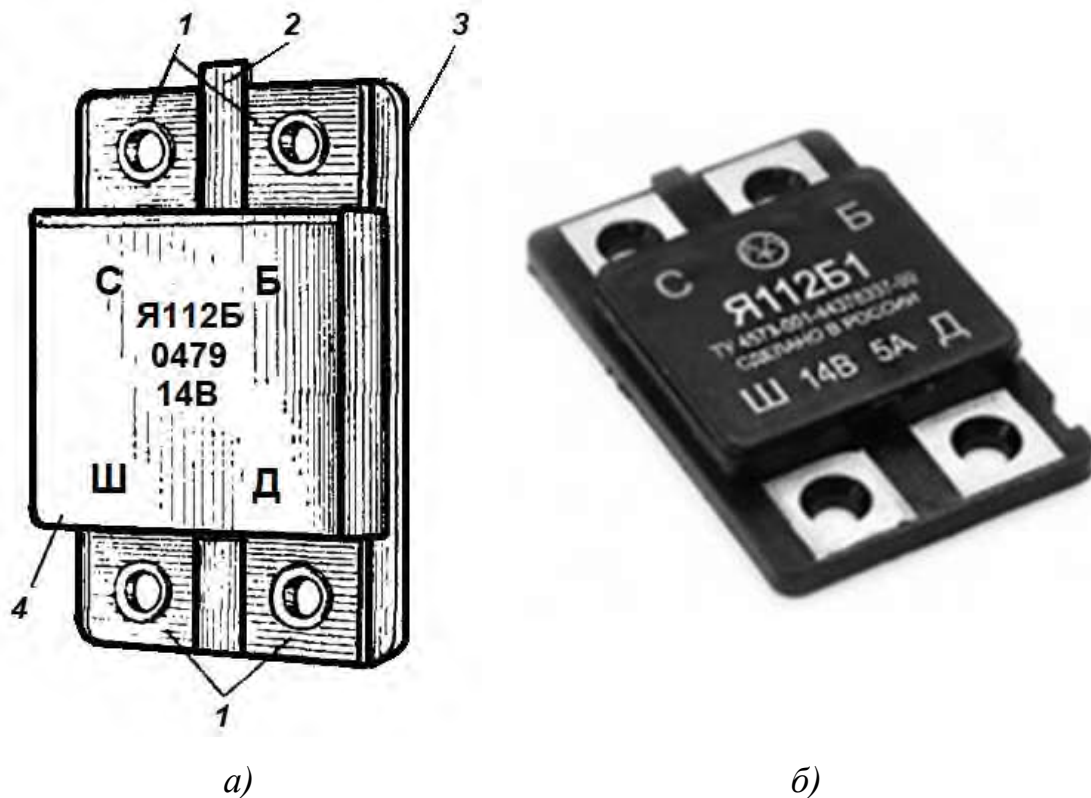
В останній час поширення набули інтегральні регулятори напруги.

 Інтегральні регулятори напруги (ІРН). Інтегральні регулятори напруги виготовляються нерозбірними (рис. 2.86). Вони мають кілька каскадів, основними серед яких є:

- чутливий (вимірює напругу);
- регулюючий (підтримує задані межі напруги генератора згідно з налаштуванням).

Вимірник напруги і регулюючий пристрій налаштовуються на задані межі варіювання напруги. Виготовляються каскади, як правило, на окремих платах. Виходячи з викладеного, можна констатувати, що деталі ІРН змонтовані в корпусі на одній, або кількох платах, залиті компаундом і закриті кришкою. Інтегральний регулятор, як правило, має чотири виводи: **С**, **Б**, **Ш** і **Д**. Підключення виводів ІРН (на прикладі Я-112Б) наступне:

- «**Б**» і «**Д**» - з'єднані перемичкою і підключаються до «+» генератора;



а – загальна будова; б – загальний вигляд; 1 - контактні площадки; 2 – виступ орієнтуючий (ключ); 3 – основа регулятора; 4 – кришка

Рис. 2.86 - Інтегральний регулятор напруги типу Я112

- «Ш» - до обмотки збудження генератора;
- «С» - до плюсового вивода конденсатора фільтра, мінусовий вивід якого з'єднаний з корпусом генератора.

ІРН, як правило, встановлюють на задній кришці генератора. Ремонт інтегральний регулятор не підлягає.

На сучасних генераторних установках регулятор напруги іще більш компактний і може конструктивно об'єднуватись в одному корпусі з іншими конструктивними елементами генераторної установки – рис. 2.87.



Рис. 2.87. Окремі різновиди регуляторів напруги об'єднані в одному корпусі з щітковим вузлом [49]

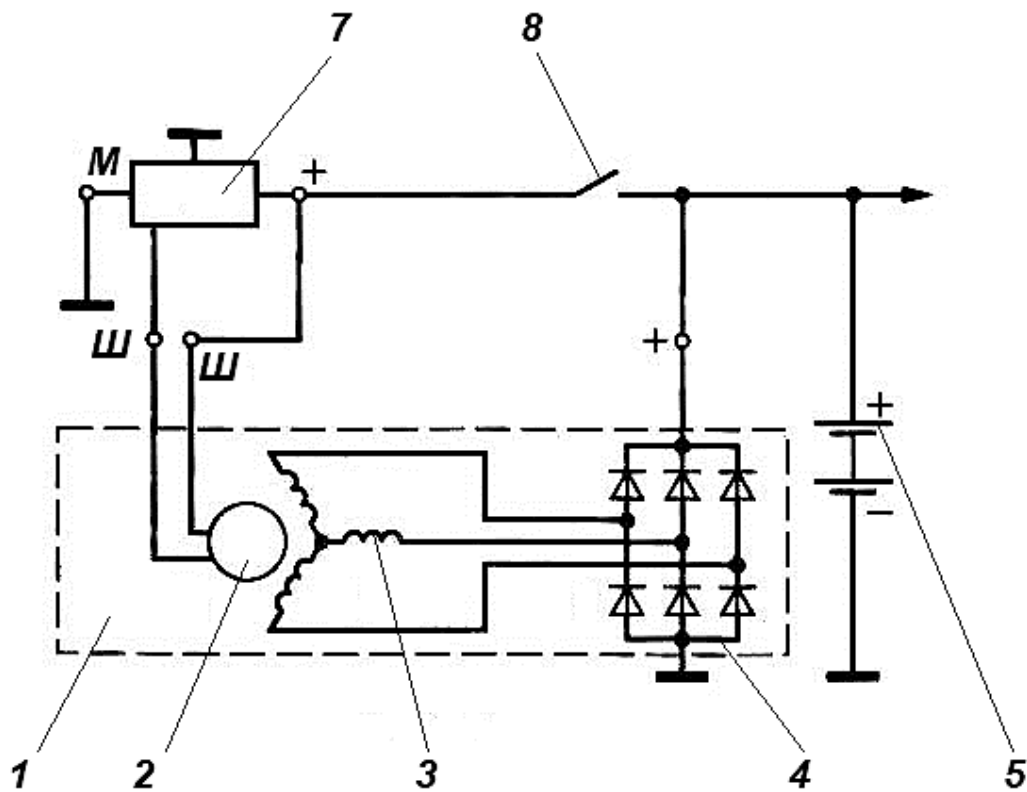
2.2.2.6. Найбільш поширені схеми генераторних установок

Під час проектування мобільних машин завжди прогнозується конкретна кількість споживачів електричної енергії на ній з урахуванням можливої не глибокої модернізації, тому в кожному такому випадку проектування використовується індивідуальна електрична схема генераторної установки.

Сьогодні найбільш поширеними є кілька таких схем. Про окремі з цих схем вже згадувалось у приведеному вище матеріалі, але, в

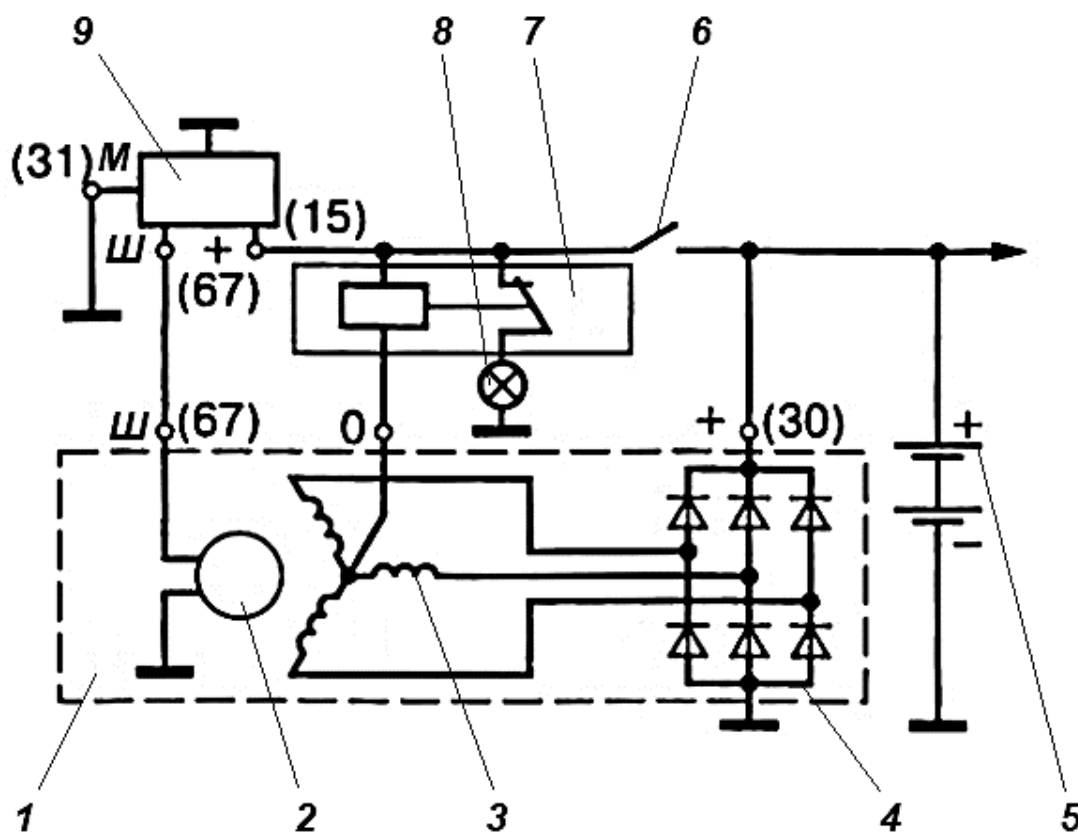
навчальних цілях, доцільно привести ці схеми окремо з коротким аналізом їх застосування і недоліків.

У схемах рис. 2.88 і 2.89 обмотка збудження отримує живлення через замок запалювання для того, щоб акумуляторна батарея не розряджалася на стоянці. Недоліком таких схем включення генераторної установки в схему електрообладнання мобільної машини є додаткова комутація струму в розмірі близько 5 А, що знижує термін експлуатації генераторної установки [41].



М – маса; Ш – шунт; 1 – генераторна установка; 2 – обмотка збудження генератора (обмотка ротора); 3 – обмотка статора; 4 – випрямляч; 5 – акумуляторна батарея; 6 – контакти замка запалювання; 7 – реле-регулятор

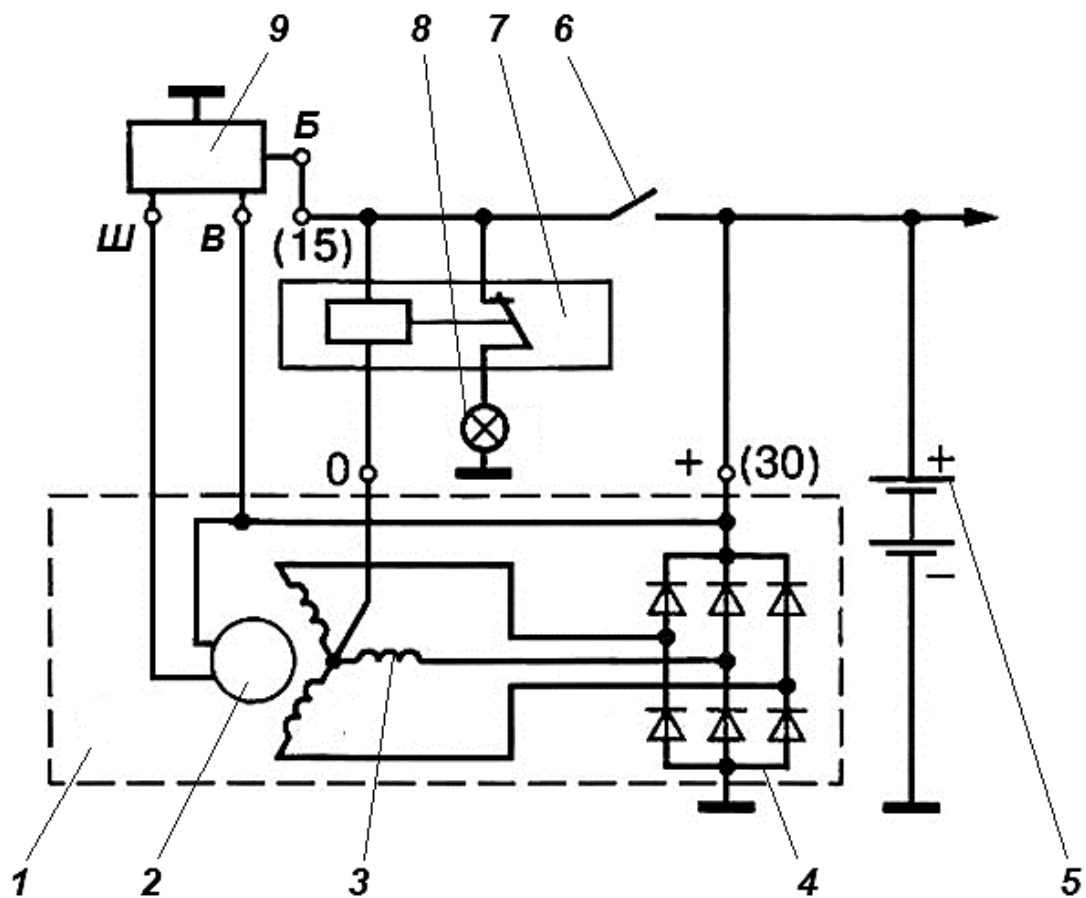
Рис. 2.88. Електрична схема включення генераторної установки з живленням обмотки збудження через замок запалювання [41]



М – маса; Ш – шунт; (15), (30), (31), (67) – позначення загальної електричної схеми мобільної машини; 0 – «нульова» точка з'єднання обмоток статора «зіркою»; 1 – генераторна установка; 2 – обмотка збудження генератора (обмотка ротора); 3 – обмотка статора; 4 – випрямляч; 5 – акумуляторна батарея; 6 – контакти замка запалювання; 7 – реле вмикання контрольної лампи; 8 – контрольна лампа; 9 – реле-регулятор

Рис. 2.89. Електрична схема включення генераторної установки з живленням обмотки збудження через замок запалювання та контрольною лампою на роботу генератора [41]

Тому на схемі рис. 2.90 контакти замка запалювання розвантажені проміжним реле, а споживання струму знижено до десятих часток ампера. Мінусом в цьому варіанті реалізації схемного рішення є складний монтаж генераторної установки, загальне



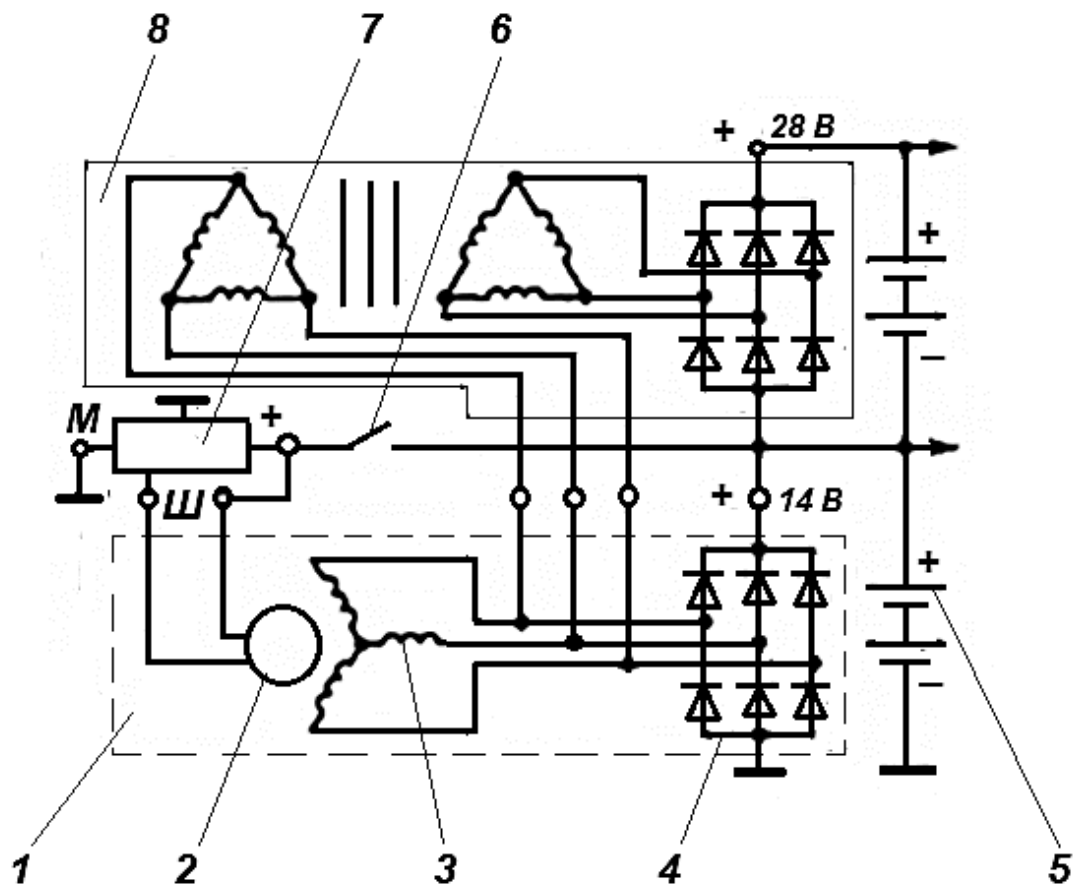
М – маса; Ш – шунт; (15), (30) – позначення загальної електричної схеми мобільної машини; 0 – «нульова» точка з'єднання обмоток статора «зіркою»; 1 – генераторна установка; 2 – обмотка збудження генератора (обмотка ротора); 3 – обмотка статора; 4 – випрямляч; 5 – акумуляторна батарея; 6 – контакти замка запалювання; 7 – реле вмикання контрольної лампи; 8 – контрольна лампа; 9 – реле-регулятор

Рис. 2.90. Електрична схема включення генераторної установки з живленням обмотки збудження через замок запалювання, проміжним реле та контрольною лампою на роботу генератора [41]

зниження надійності конструкції, зокрема, через зростання частоти перемикання транзистора. Візуальними недоліками даної схеми (але не

завжди) можуть бути «моргання» фар, «тремтіння» стрілок приладів тощо [41].

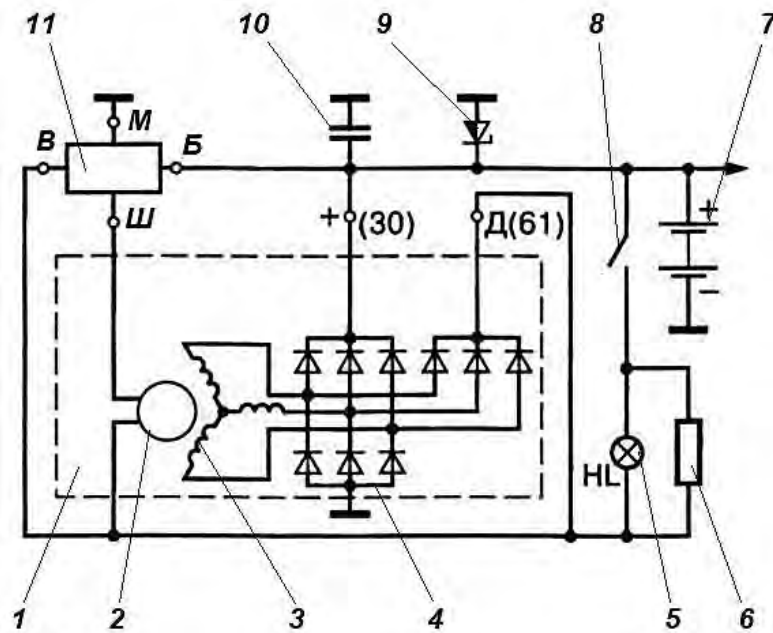
На рис. 2.91 представлена електрична схема включення генераторної установки з блоком трансформатора і випрямляча. Поряд з двома рівнями напруги, які забезпечує ця установка вона має істотне ускладнення конструкції [41].



1 – генераторна установка; 2 – обмотка збудження генератора; 3 – обмотка статора генератора; 4 – випрямляч; 5 – акумуляторна батарея; 6 – перемикач (контакт замка запалювання); 7 – реле-регулятор; 8 – блок трансформатора і випрямляча

Рис. 2.91. Електрична схема включення генераторної установки з блоком трансформатора та випрямляча [41]

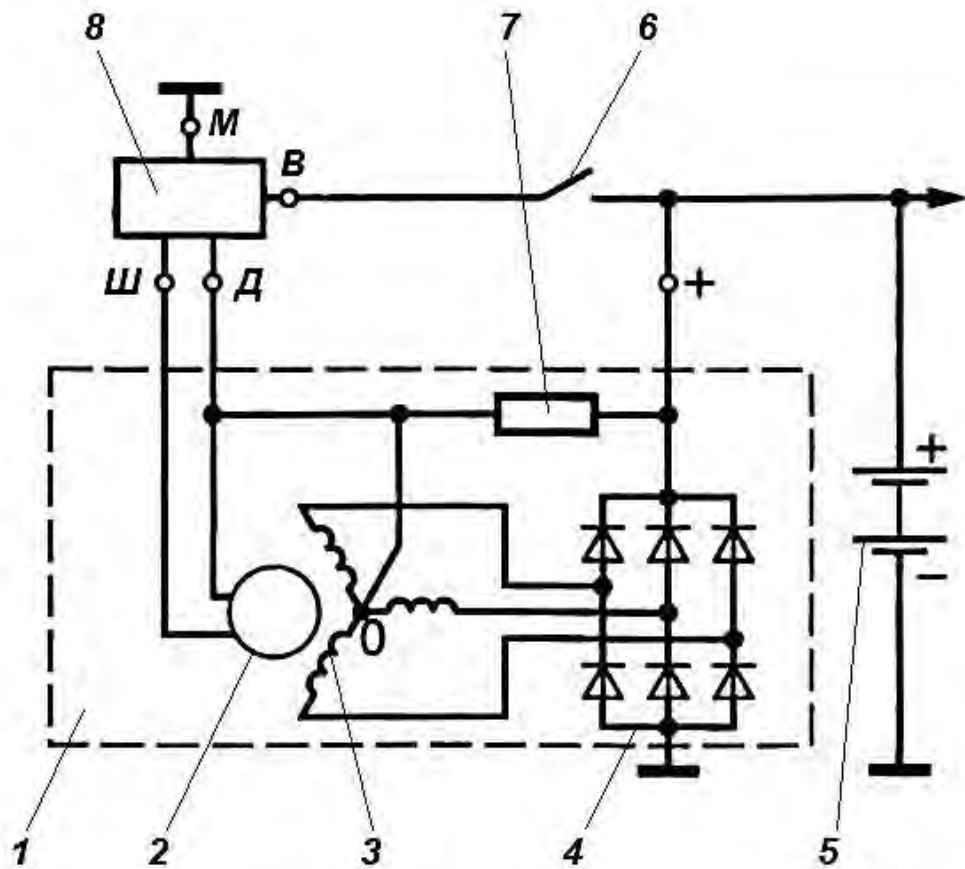
У схемі, представлений на рис. 2.92 з трьох діодів виготовлений додатковий випрямляч струму, який подається на обмотку збудження. Однак при тривалій парковці мобільної машини, обладнаної такою генераторною установкою рекомендується знімати клему «+» з акумуляторної батареї, оскільки можливий розряд батареї. Дана схема дозволяє, при початковому підключенні бмотки збудження, яке відбувається при запуску двигуна, забезпечити мінімальну витрату струму акумуляторною батареєю. Небезпечно, для електронних приладів машини, підвищення напруги гасить стабілітрон 9 [41].



Б – батарея; В – випрямляч; М – маса; Ш – шунт; (30), Д(61), HL – позначення, які стосуються загальної електричної схеми мобільної машини; 1 – генераторна установка; 2 – обмотка збудження генератора (обмотка ротора); 3 – обмотка статора; 4 – випрямляч; 5 – контрольна лампа; 6 – опір; 7 – акумуляторна батарея; 8 – контакти замка запалювання; 9 – стабілітрон; 10 – конденсатор; 11 – реле-регулятор

Рис. 2.92. Електрична схема включення генераторної установки з живленням обмотки збудження через додатковий випрямляч [41]

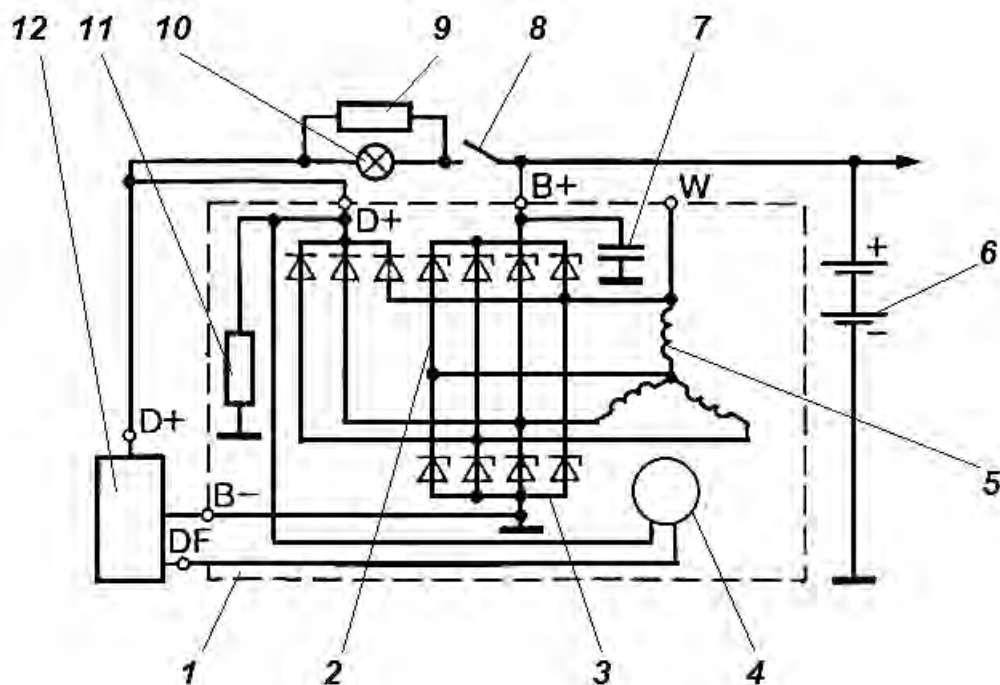
Для вироблення електричної енергії на борту мобільної машини з дизельним двигуном досить часто застосовуються генераторні установки, які побудовані за хемою, приведеною на рис. 2.93. Вони розраховані на напругу 28 В, А обмотка збудження отримує заряд вдвічі менший за рахунок підключення до «нульової» точки обмоток статора [41].



0 – «нульова» точка з'єднання обмоток статора «зіркою»; 1 – генераторна установка; 2 – обмотка збудження генератора (обмотка ротора); 3 – обмотка статора; 4 – випрямляч; 5 – акумуляторна батарея; 6 – контакти замка запалювання; 7 – опір; 8 – реле-регулятор

Рис. 2.93. Електрична схема включення генераторної установки дизельного двигуна з вихідною напругою 28 В та живленням обмотки збудження від «нульової» точки з'єднання обмоток статора [41]

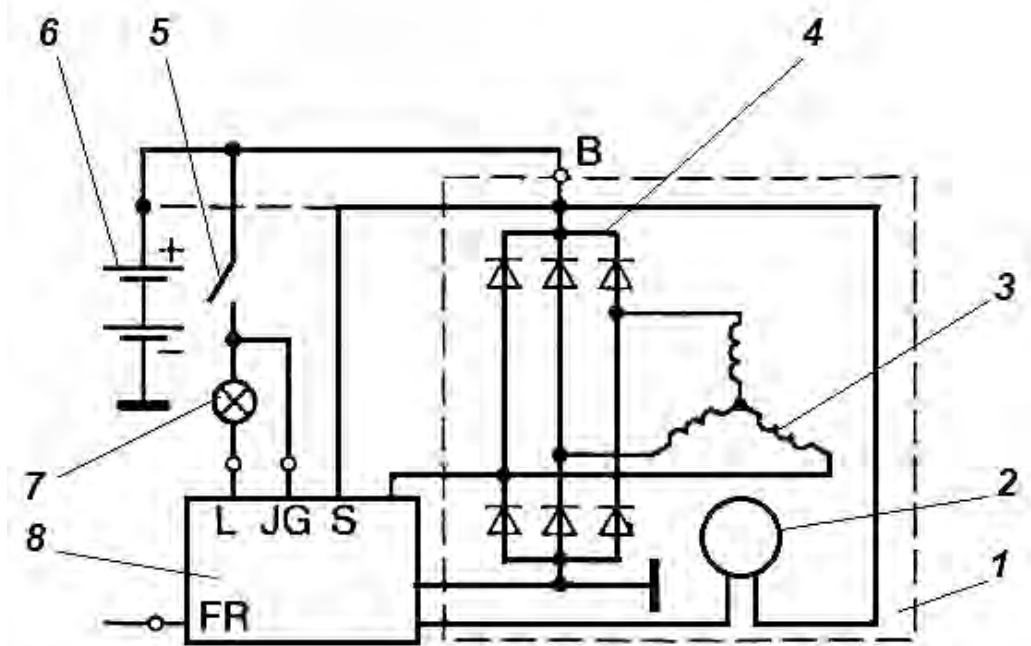
З метою усунення такого негативного явища в експлуатації мобільної машини, як розряд акумуляторної батареї на тривалій парковці іноді використовують схему, яка показана на рис. 2.94. Реалізація ліквідації розряду акумуляторної батареї на тривалій парковці відбувається за рахунок зниження різниці потенціалів на клеммах «Д» і «+». В даній схемі генераторної установки з стабілітронів створено додаткове крило діодного містка випрямляча для ліквідації сплесків напруги [41].



1 – генераторна установка; 2 – додаткове крило випрямляча з стабілітронів; 3 – випрямляч; 4 – обмотка збудження генератора (обмотка ротора); 5 – обмотка статора; 6 – акумуляторна батарея; 7 – конденсатор; 8 – контакти замка запалювання; 9, 11 – опір; 10 – контрольна лампа; 12 – реле-регулятор

Рис. 2.94. Електрична схема генераторної установки та схема її включення з реалізацією ліквідації розряду акумуляторної батареї на тривалій парковці [41]

Схеми представлені на рис. 2.88 – 2.94 з метою реалізації певних вдосконалень концентруються, переважно, на ускладненні схеми генератора, випрямляча, які і так є досить складними і вартісними елементами електричної мережі мобільної машини. Окремі виробники приладів електрообладнання ідуть дещо іншим шляхом. Так схема, представлена на рис. 2.95 зазвичай застосовується в генераторних установках виробництва BOSCH. Тут ускладнений регулятор напруги, зате спрощена схема власне генератора, що ніяк не спрощує конструкцію генераторної установки, але здатне здешевити її [41].



1 – генераторна установка; 2 – обмотка збудження генератора (обмотка ротора); 3 – обмотка статора; 4 – випрямляч; 5 – контакти замка запалювання; 6 – акумуляторна батарея; 7 – контрольна лампа; 8 – реле-регулятор

Рис. 2.95. Електрична схема генераторної установки виробництва BOSCH та схема її включення [41]

Крім того, в окремих схемах позиціонується контрольна лампа. Основне її призначення, звісно, індикація роботи генератора, однак контрольна лампа може виконувати і іншу, дуже важливу, роль.

Зокрема, живлення обмотки збудження може здійснюватися від самого генератора, тобто генератор працює на самозбудженні. При цьому залишковий магнітний потік в генераторі (потік, який утворюють сталеві частини магнітопроводу при відсутності струму в обмотці збудження) невеликий і забезпечує самозбудження генератора тільки на занадто високих частотах обертання його ротора. Тому в схему генераторної установки, там де обмотки збудження не з'єднані з акумуляторною батареєю, вводять таке зовнішнє з'єднання, зазвичай через лампу контролю працездатного стану генераторної установки (контрольну лампу). Струм, що надходить через цю лампу в обмотку збудження після включення вимикача запалювання й забезпечує початкове збудження генератора. Сила цього струму не повинна бути занадто великою, щоб не розряджати акумуляторну батарею, але і не дуже малою через те, що в цьому випадку генератор збуджується при занадто високих частотах обертання ротора. З цієї причини фірми-виробники обумовлюють необхідну потужність контрольної лампи в межах 2 ... 3 Вт.

У табл. 2.9 приведено основні характеристики генераторів та генераторних установок, які використовуються на різних мобільних машинах. З даних таблиці видно, що закордонні агрегати істотно відрізняються від вітчизняних (і таких, що можна до них прирівняти) рівнем струму, який вони спроможні віддавати. Рівень струму для закордонних механічних джерел електричної енергії вимірюється значеннями, як правило, більше 100 А, в той час, як вітчизняні електричні машини тільки добираються до позначки 100 А. Ці

Таблиця 2.9 – Окремі технічні характеристики генераторів і генераторних установок

Марка	Напруга, В	Струм віддачі при частоті обертання, А		Маса генератора без шківів, кг
		$n_{\min}$ двигуна	$n_{\max}$ двигуна	
Г-250 та його модифікації	14	24	40	5,20
37.3701	14	35	55	4,40
16.3701	14	45	65	5,60
32.3701	14	40	60	5,00
29.3701	14	32	50	5,00
17.3701	14	24	40	5,20
65.3701	28	60	90	15,00
Г-273 та його модифікації	28	20	28	5,40
15.3701	14	45	70	6,20
46.3701	14	30	50	5,80
54.370	14	32	50	6,00
DENSO DAN1078	14	-*	120	-*
DENSO DAN981	14	-*	130	-*
BOSCH 0 125 711 097	14	-*	150	-*
BOSCH 0 124 625 019	14	-*	200	-*
CARGO 114511	14	-*	120	-*
CARGO 113777	14	-*	145	-*
HELLA 8EL 011 710-581	14	-*	120	-*
HELLA 8EL 011 710-561	14	-*	130	-*
VALEO 440417	14	-*	120	5,28
VALEO 439758	14	-*	120	6,2
VALEO 439709	14	-*	180	7,73

*) – значення показника відсутнє

показники не є принциповими, але дають можливість опосередковано оцінювати рівень забезпечення електричними приладами мобільних машин.

Крім того у схемах, приведених на рис. 2.89 – 2.96 присутні різні позначення клем, які частково розшифровувались в підписах до окремих рисунків, а іноді і не розшифровувались. Сьогодні ще зарано стверджувати про дотримання певних усталених норм у подібних

позначеннях, однак такі кроки здійснюються і набули певного поширення в багатьох виробників приладів електрообладнання. Про них викладено в наступному пункті.

2.2.2.7. Найбільш поширені маркування клем на корпусі генератора, або генераторної установки

В переважній більшості випадків, саме просте діагностування роботи електрообладнання мобільної машини в рядових умовах експлуатації здійснюється мультиметром. При такому діагностуванні важливою є інформація про маркування клем, які виведені на корпус генератора, або генераторної установки, якщо така зібрана в одному корпусі. Єдиного позначення не існує, але загальні принципи дотримуються переважно усіма виробниками. Маркування основних клем зводяться до наступного [41]:

- вихід з випрямляча:
 - позитивний вихід «плюс», маркується «+», **30, B, B+ і BAT**;
 - негативний вихід «мінус», маркується «-», **31, D-, B-, E, M** або **GRD**;
- від обмотки збудження відходить клема **67, III, F, DF, E, EXC, FLD**;
- позитивний, «плюсовий» провід від додаткового випрямляча на контрольну лампу позначають **D +, D, WL, L, 61, IND**;
- фазу позначають хвилястою лінією, або буквами **R, W** або **STA**;
- «нульову» точку з'єднання обмоток статора позначають «0» або **MP**;

- клемма реле регулятора для підключення до «плюса» бортової мережі (зазвичай АКБ) позначають **15, B** або **S**;
- провід від замка запалювання повинен підключатися до клемми регулятора напруги з маркуванням **JG**;
- бортовий комп'ютер під'єднується до вивода реле регулятора з позначенням **F** або **FR**.

2.2.2.8. Технічне обслуговування та основні несправності генераторних установок

Сучасні мобільні машини мають достатньо насичену електричну мережу, від якості роботи якої залежить ефективність використання всієї машини і агрегату на її базі. На електричне обладнання припадає понад 30 % всіх відмов. Серцем електрообладнання мобільної машини є джерело енергії. Тому актуальними є питання, які пов'язані з технічним обслуговуванням та ремонтом головного джерела енергії – генераторної установки

З самого початку варто наголосити, що не вірне підключення АКБ може вивести з ладу випрямляч і регулятор напруги! Це пояснюється тим, що не вірно підключена акумуляторна батарея замикається на коротко через випрямляч.

Крім того, не можна допускати, щоб генераторна установка працювала з вимкненими батареєю та навантаженням. У цьому разі пульсація випрямленої напруги генератора буде значною і впливатиме на його роботу: піки напруги спричинятимуть «хибне» спрацювання чутливого елемента схеми стабілітрона, а отже, й усієї схеми регулятора, хоча середнє значення випрямленої напруги генератора ще

й не досягатиме порога спрацьовування схеми. Це порушує чітку роботу регулятора, збільшує частоту перемикання регулювального транзистора, а отже, потужність розсіяння й перегрівання, внаслідок чого транзистор виходить із ладу.

Для забезпечення задовільної роботи генераторної установки (ГУ) необхідно дотримуватись загальних правил. Зокрема, в процесі експлуатації і тестування ГУ забороняється:

- робота двигуна з відключеним виводом «+» генератора (не виконання вимоги призводить до виходу з ладу вентилів випрямляча);
- замикати клеми на «масу» під час перевірки справності генератора, або між собою;
- перевірка роботи генератора «на іскру»;
- вимикати «масу» під час роботи двигуна (не виконання вимоги призводить до імпульсного підвищення напруги і виходу з ладу вентилів (діодів) випрямляча);
- мити генератор пальним;
- залишати увімкнутим запалювання;
- спрямовувати на генераторну установку струмінь води під час миття машини.

Справність роботи генераторної установки перевіряють кожну зміну слідкуючи за контрольною лампою, показами амперметра показами покажчика напруги (вольтметра).

Генераторна установка вважається справною, якщо при середній частоті обертання колінчастого валу двигуна амперметр показує зарядку, стрілка показника напруги знаходиться в зеленій зоні, контрольна лампа гасне.

Іноді, в екстремальних умовах експлуатації, необхідно забезпечити роботу машини без акумуляторної батареї. В такому

випадку необхідно забезпечити роботу всіх споживачів від генераторної установки. Для цього потрібно «збудити» генератор, виконавши наступні дії:

- ✓ використати стороннє джерело енергії напругою близько 13 В;
- ✓ клему «-» стороннього джерела струму з'єднати з корпусом генератора;
- ✓ клему «+» стороннього джерела струму з'єднати з клемою «В» генератора на 3 ... 5 с.

В табл. 2.10 приведені основні можливі несправності генераторних установок мобільних машин і методи їх усунення.

Детальна діагностика генераторних установок проводиться з допомогою переносних приладів, або на спеціальних стендах у відповідно обладнаних лабораторіях. Сутність окремих, найпростіших діагностувань елементів генераторної установки приведена нижче.

📖 Перевірка обмотки збудження генератора на обривання.
Цю перевірку роблять за допомогою контрольної лампи 7, яку вмикають до контактних кілець 11 ротора – рис. 2.96 а. Якщо обмотка обірвана, то лампа 7 не горить [89].

📖 Перевірка обмотки збудження на замикання з полюсом або валом ротора. Замикання обмотки збудження з валом, або з полюсом ротора, залежно від місця контакту, може мати різні наслідки. Якщо замикання сталося на «виході» обмотки, то через зменшення опору кола збудження зростає струм збудження, а це призводить до перегрівання обмотки збудження. Якщо ж замикання сталося поряд із контактним кільцем, з'єданого з «плюсовою» щіткою, то обмотка закорочується і генератор не збуджується. Замикання обмотки збудження на роторі визначають контрольною лампою під напругою 220 В – рис. 2.96 б [89].

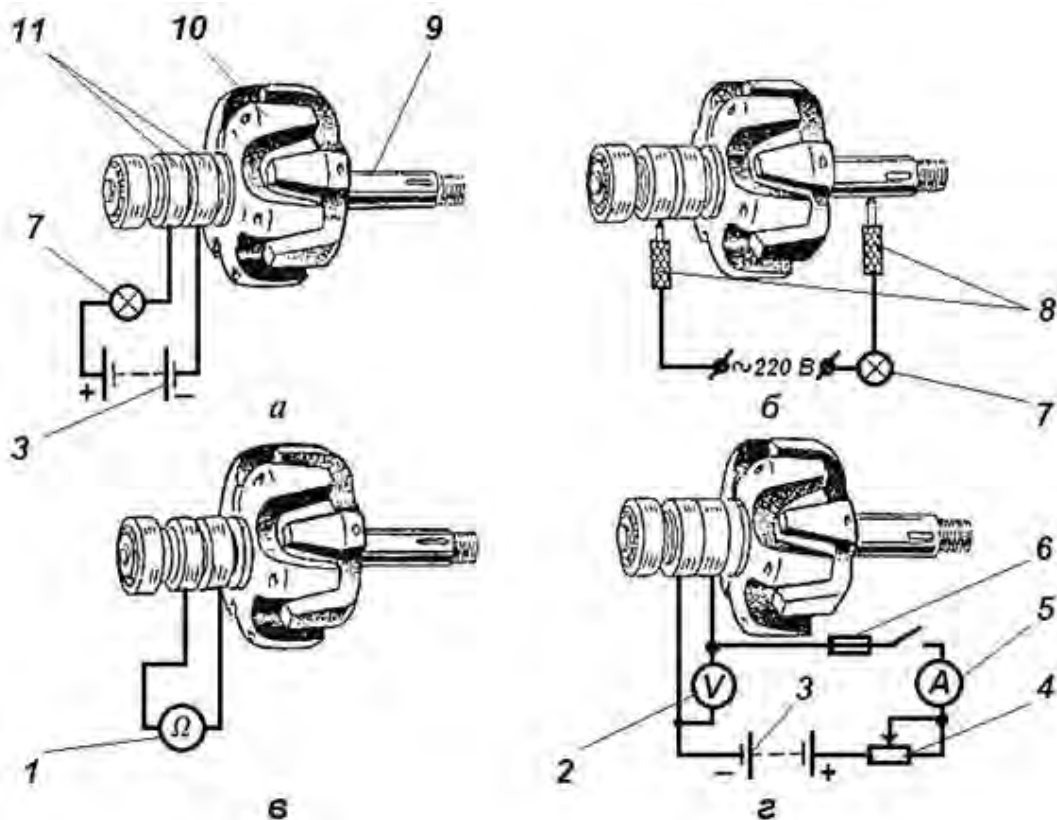
Таблиця 2.10 – Основні несправності генераторної установки і методи їх усунення [41]

№ п/п	Візуальна ознака несправності	Причина несправності	Методи усунення несправності
1	2	3	4
1	Контрольна лампа заряду не горить при включенні запалювання	Розряджена або несправна акумуляторна батарея	Зарядити або замінити акумуляторну батарею
		Перегоріла лампа на панелі приладів	Замінити лампу
		Немає контакту провідника маси з корпусом генератора	Перевірити надійність контакту маси, очистити і підтягнути болти кріплення провідника маси
		Порушення цілісності провідника між виводом підключення лампи на генераторі і панеллю приладів	Перевірити вольтметром або омметром по електричній схемі
		Не під'єднані роз'єми між генератором і панеллю приладів	Перевірити і під'єднати, а якщо потрібно, замінити роз'єми
		Щітки не щільно прилягають до контактних кілець («зависли» або зносилися)	Перевірити довжину (не менше 5 мм) і свободу переміщення щіток в щіткотримачі
		Дефект регулятора напруги	Замінити регулятор напруги
		Надмірний знос контактних кілець ротора	Перевірити і, якщо потрібно, замінити контактні кільця ротора
		Обрив обмоток ротора генератора	Перевірити ротор, встановити місце обриву і перепаяти виводи обмоток, а при необхідності замінити ротор на відремонтований, або новий.

Продовження таблиці 2.10

1	2	3	4
2	Контрольна лампа заряду гасне при збільшенні обертів двигуна, але на акумуляторній батареї заряд відсутній	Послабився натяг пасу приводу генератора	Натягнути пас приводу генератора
		Обрив діодів діодного моста випрямляча	Перевірити і замінити діодний міст
		Дефект регулятора напруги	Перевірити і, за необхідності, замінити регулятор напруги
		Не якісний контакт між генераторною установкою і акумуляторною батареєю	Перевірити і забезпечити задовільний контакт, після чого перевірити діодний міст в генераторі
3	Контрольна лампа заряду не гасне при збільшенні обертів колінчастого валу двигуна	Послабився натяг пасу приводу генератора	Натягнути пас приводу генератора
		Несправність діодного моста випрямляча, або обмотки статора	Перевірити і замінити діодний міст або обмотку
		Дефект регулятора напруги	Перевірити і, за необхідності, замінити регулятор напруги
		Провідник між генераторною установкою і контрольною лампою має контакт з масою	Знайти і усунути замикання або замінити джгут проводів, після чого перевірити діодний міст в генераторі
4	Контрольна лампа заряду горить при вимкненому запалюванні	Коротке замикання діода випрямляча	Перевірити діоди і, за необхідності, замінити діодний міст випрямляча
5	Википас дистильована вода з акумуляторів	Несправність регулятора напруги	Замінити регулятор напруги і перевірити діоди випрямляча, при необхідності замінити діодний міст

Для виконання перевірки, один провідник від контрольної лампи з'єднують із будь-яким контактним кільцем, а другий із полюсом або з валом ротора. Лампа горить, коли обмотка збудження має замикання з валом чи полюсом. Якщо обмотку неможливо ізолювати від корпусу, то її замінюють [89].



а – схема перевірки обмотки збудження генератора на обривання; б – схема перевірки обмотки збудження генератора на коротке замикання; в – схема перевірки обмотки збудження генератора з допомогою омметра на обривання та коротке замикання; г – схема вмикання приладів для визначення опору обмотки збудження генератора; 1, 2 та 5 – вимірювальні прилади; 3 – акумуляторна батарея; 4 – реостат; 6 – плавкий запобіжник; 7 – контрольна лампа; 8 – контактні щупи контрольного приладу; 9 – вал ротора; 10 – дзьюбоподібні полюсні накінецьники ротора; 11 – контактні кільця обмотки збудження

Рис. 2.96. Найпростіші схеми для перевірки ротора генератора [89]

Перевірка обмотки збудження на міжвиткове замикання.

Міжвиткове замикання збільшує силу струму збудження, що веде до перегрівання обмотки збудження. Внаслідок перегрівання обмотки руйнується ізоляція і замикається додаткова кількість витків. Збільшення струму збудження може спричинити вихід із ладу

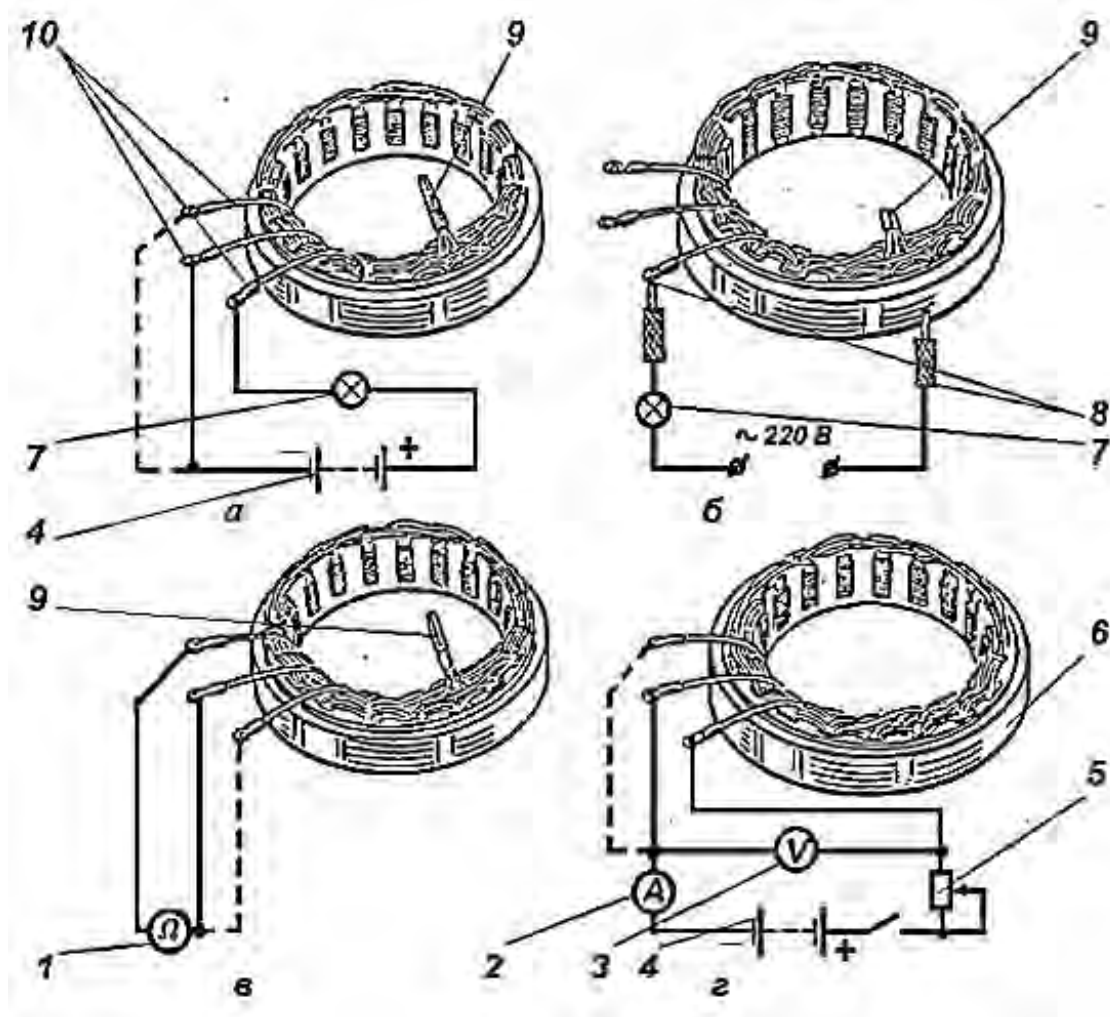
регулятора напруги. Цю несправність знаходять, шляхом вимірювання і порівняння виміряного опору обмотки збудження із заданим у технічних умовах. Коли опір обмотки зменшується, то її перемотують або заміняють [89].

Міжвиткове замикання в котушці обмотки збудження визначають, вимірюючи опір котушки збудження за допомогою омметра (рис. 2.96 в), або ж за показниками амперметра та вольтметра при живленні обмотки від акумуляторної батареї (рис. 2.96 г). Плавкий запобіжник захищає амперметр і батарею від випадкового короткого замикання кола. До контактних кілець ротора вмикають щупи й діленням значення виміряної напруги на силу струму обчислюють опір і порівнюють його із заданим у технічних умовах [89].

 Перевірка обмотки статора на обривання. Цю перевірку роблять за допомогою контрольної лампи або омметра. Лампу й джерело живлення по черзі вмикають до кінців двох фаз. Якщо одна з котушок обірвана, то лампа не горить – рис. 2.97 а. Омметр, увімкнений до цієї фази, показує «нескінченність». Якщо його під'єднати до двох інших фаз, то він показуватиме опори цих двох фаз [89].

 Перевірка обмотки статора на замикання з корпусом. Така несправність дуже знижує потужність генератора, він нагрівається або взагалі не працює. Перевірку роблять контрольною лампою напругою 220 В – рис. 2.97 б. Лампу вмикають до осердя статора і до будь-якого виводу обмотки за схемою зображеною на рис. 2.97 б. Якщо є замикання між фазою і магнітопроводом статора, то лампа загоряється [89].

 Перевірка обмотки статора на міжвиткове замикання. Міжвиткове замикання в котушках обмотки статора визначають омметром (рис. 2.97 в), або за схемою, яка включає акумуляторну батарею, реостат,



а – перевірка обмотки статора на обривання; б – перевірка обмотки статора на замикання з корпусом (магнітопроводом); в – перевірка обмотки статора на міжвиткове замикання з використанням омметра; г - перевірка обмотки статора на міжвиткове замикання з використанням акумуляторної батареї, амперметра, вольтметра і реостата; 1, 2 та 3 – вимірювальні прилади; 4 – акумуляторна батарея; 5 – реостат; 6 – магнітопровід статора; 7 – контрольна лампа; 8 - контактні щупи контрольного приладу; 9 – «нульова» точка з'єднання фазних обмоток статора; 10 – виводи фазних обмоток статора

Рис. 2.97. Схеми для перевірки статора генератора [89]

амперметр і вольтметр (рис. 2.97 г). Як і у випадку для визначення опору обмотки збудження, при використанні схеми, зображеної на рис. 2.97 г,

опір розраховується за показами амперметра і вольтметра. Коли опір двох обмоток (вимірний, або розрахований) менший за наведений у технічній характеристиці, то обмотка статора має міжвиткове замикання. Цю несправність можна виявити, використовуючи «нульову» точку обмотки статора. Для цього потрібно виміряти чи розрахувати опір кожної фази зокрема, і, порівнявши опори всіх трьох фаз, з'ясувати, котра з них має міжвиткове замикання [89].

Обмотка статора фази з міжвитковим замиканням має менший опір, ніж інші. Дефектну обмотку замінюють.

Справність обмоток статора можна перевірити на контрольно-випробувальних стендах на симетричність фаз. У цьому разі вимірюють змінну напругу між окремими фазами обмотки статора до відповідного елемента випрямного блока за однакової («сталі») частоти обертання ротора. Якщо напруга однакова, то обмотка статора справна.

 Перевірка діодів випрямного блока. Діоди автомобільного електроустаткування перевіряють на пробивання й обривання кола. Ці несправності виникають, коли затискач «+» генератора замикається («закорочується») на корпус, або коли при працюючому двигуні вимикається акумуляторна батарея, а також перегріваються діоди.

У разі пробивання одного чи кількох діодів однієї шини випрямного блока знижується потужність генератора. Пробивання діодів різнойменних шин призводить до замикання акумуляторної батареї на обмотку статора, внаслідок чого може статися пошкодження обмотки або «вигорання» діодів. Обривання в колі одного діода знижує потужність генератора, а обривання двох діодів у колі однієї фази рівнозначне обриванню фази.

Щоб перевірити діод, його вмикають послідовно з лампою до акумуляторної батареї спочатку в одному, а потім в іншому напрямку. Якщо діод справний, то лампа горить тільки в одному випадку вмикання, а якщо

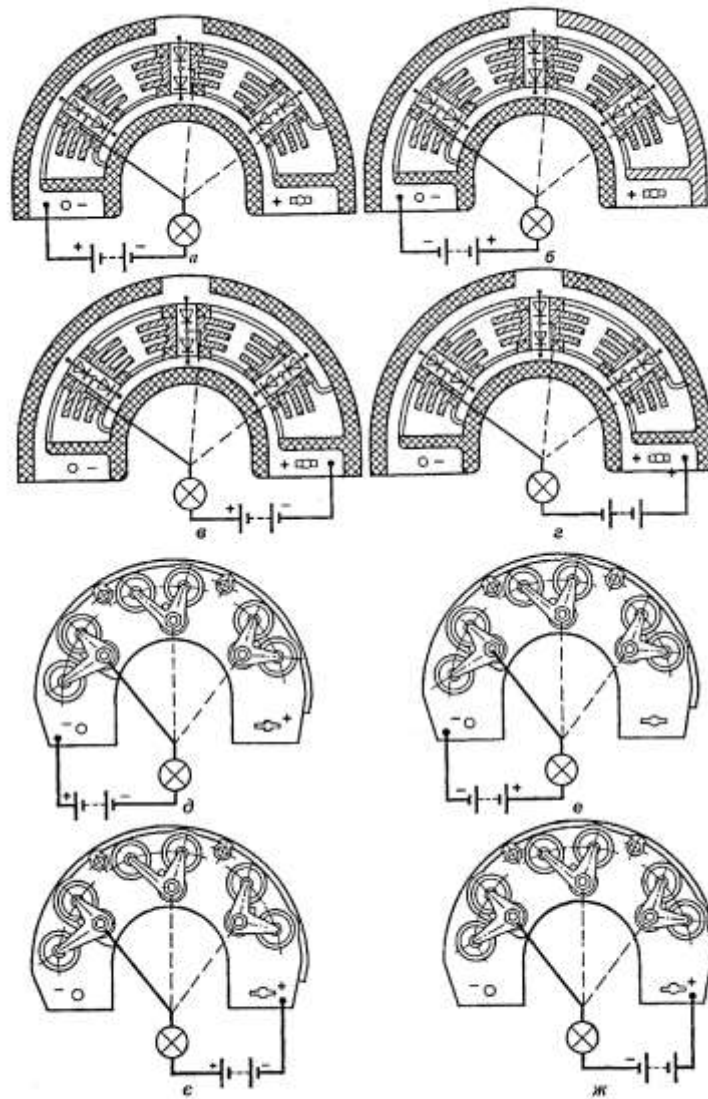
пробитий, то в обох, якщо не горить зовсім – це означає, що у колі діода обривання.

При перевірці випрямних блоків генератора необхідно перевірити кожен із шістьох діодів окремо. Випрямний блок вмикають за схемами, наведеними на рис. 2.98 і послідовно перевіряють діоди однієї шини, а потім, змінивши місцями провідники на акумуляторній батареї, а потім другої шини.

Справність діодів можна перевірити і за допомогою омметра, вимірюючи опір у прямому й зворотному напрямках. Справний діод у випадку прямого вмикання омметра має опір не більш як 200 Ом, а при зворотньому вмиканні – кілька сотень кОм. У пробитому діоді опір дорівнює нулю, а в обірваному – нескінченності. Діоди випрямних блоків типу ВБГ замінюють парами разом із секцією радіатора, а в блоках типу БПВ замінюють шину в зібраному вигляді. Несправні діоди зворотної полярності блоків типу БПВ можна випресовувати із шини й замінювати діодами з ремонтними розмірами. Замінюючи діоди, слід звертати увагу на маркування їхньої провідності.

 Перевірка регулятора напруги. В генераторних установках мобільних машин використовується багато різновидів регуляторів напруги. Їх перевірка може здійснюватись безпосередньо на машині з використанням звичайного, або спеціалізованого тестера (про обладнання для такої перевірки згадувалось під час розгляду питань технічного обслуговування акумуляторних батарей), а може бути здійсненна за рахунок складання спеціальних електричних схем, в які включаються регулятори напруги, що перевіряються.

 У разі підозри на несправність системи заряду акумуляторної батареї перевірку слід починати з контролю напруги на АКБ при заведеному двигуні. Вона повинно бути в межах 13,3 ... 14,5 В.



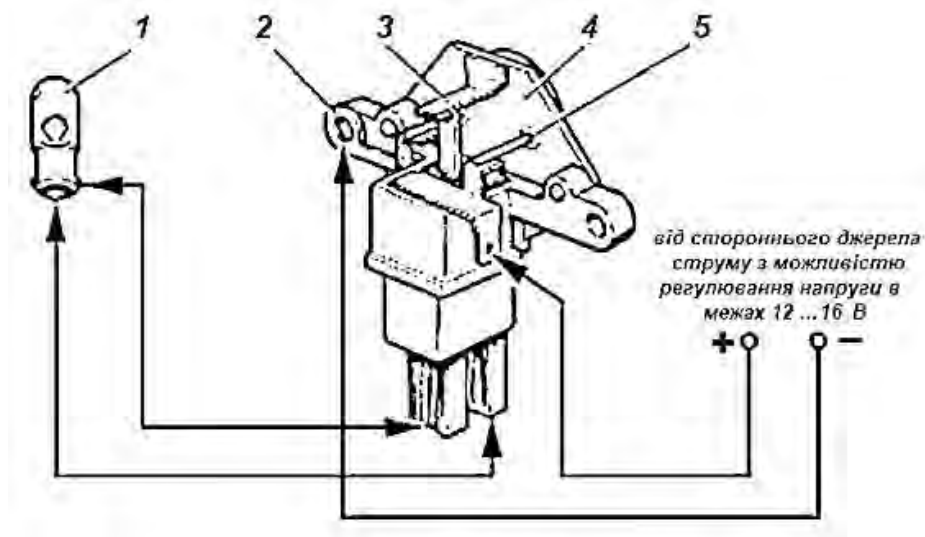
а, б, в, г – випрямний блок типу ВБГ; д, е, є, ж – випрямний блок типу БПВ

Рис. 2.98. Перевірка діодів випрямних блоків різних типів на пробивання та обривання кола з допомогою акумуляторної батареї та контрольної лампи

Напруга понад 15 В є прямим свідченням несправності регулятора напруги. Далі перевірку слід продовжити перевіркою провідника керування (його продзвонюванням), який підходить до регулятора напруги. Зазвичай

до генератора йде один товстий провідник на «+» заряду і один тонкий на вивід регулятора напруги. Іноді є ще один провідник до тахометра. Слід перевірити керуючий провідник на предмет замикання на масу. Опір нижче 10 Ом також буде свідчити про несправності регулятора напруги. Наступні перевірки слід проводити на знятому з генератора регуляторі напруги. Регулятор, зазвичай, кріпиться на генераторі двома-трьома болтами або гвинтами [43].

Після знімання регулятора потрібно зібрати схему для його перевірки. Для прикладу розглянемо схему для перевірки регулятора напруги автомобіля типу Chevrolet Niva – рис. 2.99.



1 – контрольна лампа; 2 – вивід «маса» регулятора напруги; 3 – вивід «DF» регулятора напруги; 4 – регулятор напруги; 5 – вивід «D+» регулятора напруги

Рис. 2.99. Схема для перевірки регулятора напруги [105]

Для перевірки регулятора до виводів «D+» і «маса» регулятора приєднують джерело живлення спочатку напругою 12 В, а потім напругою 15 ... 16 В [43, 77].

Якщо регулятор напруги справний, то в першому випадку контрольна лампа *I* повинна горіти, а в другому – гаснути.

Якщо лампа *I* горить в обох випадках, то в регуляторі присутній пробій, а якщо не горить в обох випадках, то або в регуляторі є обрив, або немає контакту між щітками і виводами регулятора напруги. Останнє можна перевірити, приєднуючи провідники від лампи не до щіток, а безпосередньо до виводів «D +» і «DF» регулятора напруги.

📖 Перевірка пружин щіткового вузла. Тиск пружини на щітку має бути в межах 180 – 260 гс [105]. Для визначення тиску пружини кожної щітки треба видалити з щіткотримача одну щітку, а іншою щіткою, що залишилася в щіткотримачі, натиснути на чашку стрілочних ваг – рис. 2.100. Щітка входить у щіткотримач і коли вона виступатиме з щіткотримача на 2 мм, то заміряють показання стрілки ваг. Ця величина і буде тим тиском, з яким пружина притискає щітку до контактного кільця ротора. Таким же чином перевіряють тиск пружини іншої щітки [105].

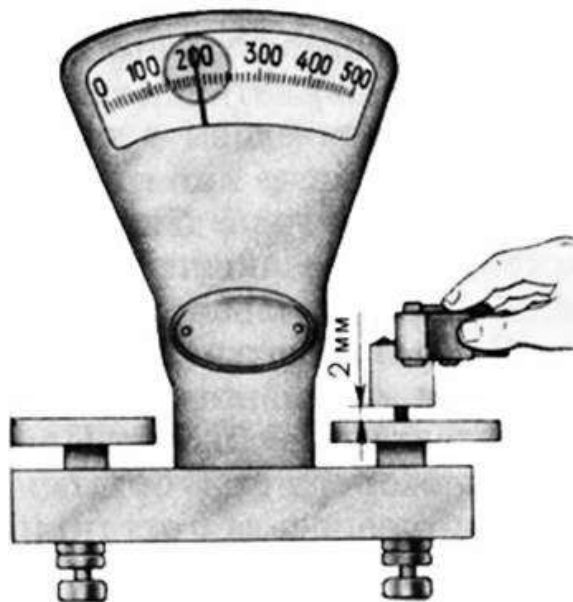
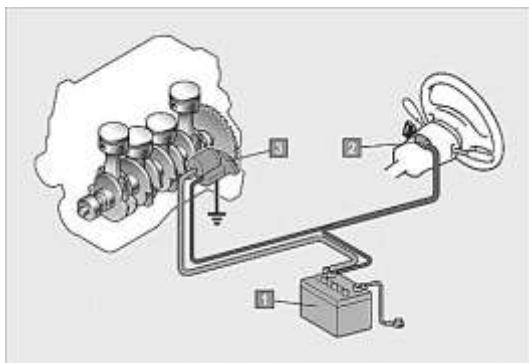


Рис. 2.100. Перевірка пружин щіткового вузла генератора на вагах [105]



РОЗДІЛ 3. ***СТАРТЕР І ЙОГО*** ***ОБЛАДНАННЯ***



Забезпечення функціонування мобільної машини залежить від механічної енергії, яка продукується двигуном внутрішнього згоряння (ДВЗ). Перетворення хімічної енергії палива в механічну роботу в ДВЗ здійснюється після переведення його з стану спокою в режим стійкої самостійної роботи. Процес переведення двигуна з стану спокою в режим стійкої самостійної роботи супроводжується попереднім прокручуванням колінчастого валу з метою створення оптимальних умов для запалювання і згоряння робочої суміші в циліндрах і, тим самим, здійснення робочого циклу. Цей процес називають процесом пуску ДВЗ

За таких умов, для викладу матеріалу третього розділу, присвяченого вивченню електричних приладів, призначених для забезпечення реалізації процесу пуску ДВЗ доцільно, на початку, ознайомитись з загальними відомостями щодо призначення системи,

яка забезпечує пуск, етапів підготовки до пуску та способів пуску двигунів внутрішнього згоряння.

3.1. Система пуску двигуна внутрішнього згоряння. Загальні відомості

Система пуску двигуна призначена для переводу двигуна з стану спокою в режим стійкої самостійної роботи.

До функцій системи пуску входять наступні основні операції:

- підготовка оптимальних умов для пуску;
- розкрутка колінчастого вала до пускової частоти.

Для пуску двигуна внутрішнього згоряння потрібно прокручувати його колінчастий вал з такою частотою обертання, за якої забезпечується задовільне сумішоутворення, достатнє стискання і надійне запалювання робочої суміші [104].

Мінімальну частоту обертання колінчастого вала двигуна, за якої відбувається надійний пуск, називають пусковою.

У бензинових двигунах пускова частота обертання колінчастого вала має забезпечувати наступні умови для здійснення пуску:

- ✓ приготування легкозаймистої робочої суміші, яка перебуває у межах простору займання;
- ✓ отримання достатньо потужного іскрового розряду, здатного запалити стиснену робочу суміш;
- ✓ отримання такої енергії перших спалахів робочих ходів, якої було б достатньо для розгону колінчастого вала двигуна до мінімальної частоти стабільного обертання [104].

У дизелях пускова частота обертання колінчастого вала має забезпечувати наступні умови для здійснення пуску:

- ✓ інтенсивне стискання повітря в циліндрах з метою підвищення його температури;
- ✓ активне змішування повітря з паливом;
- ✓ дрібне розпилювання палива у разі впорскування форсунками, що забезпечить його надійне самозаймання [104].

За малої частоти обертання процес стискання відбувається відносно повільно, що є причиною підвищеного теплообміну між стисненим повітрям і поверхнею деталей, що контактують з ним, значного витоку повітря через поршневі кільця і, як наслідок, недостатньо високих температур кінця стиску [104].

Виходячи з приведених умов для здійснення пуску, *пускова частота* обертання колінчастого вала має становити не менш як:

- для бензинових двигунів – $0,66 \dots 0,83 \text{ с}^{-1}$ ($40 \dots 50 \text{ хв}^{-1}$);
- для дизелів – $2,50 \dots 4,16 \text{ с}^{-1}$ ($150 \dots 200 \text{ хв}^{-1}$) [104].

Умови пуску двигуна внутрішнього згорання. Під час пуску двигуна підведена до його колінчастого вала енергія витрачається на [104]:

- подолання сил тертя між деталями двигуна;
- забезпечення рухомості допоміжних агрегатів (водяного і паливного насосів, насоса для оливи системи мащення, генератора, вентилятора тощо);
- подолання опору компресії в циліндрах під час такту стискання, здійснення підготовчих тактів – випуску і впуску;
- розгону рухомих частин двигуна до необхідних швидкостей.

Опір обертанню колінчастого вала залежить від багатьох чинників, зокрема від літражу двигуна, ступеня стискання і теплового стану, а також експлуатаційних властивостей матеріалу, який використовується для мащення. Зі зниженням температури двигуна опір урухомленню його агрегатів, вузлів і деталей зростає [104].

Способи пуску двигунів внутрішнього згоряння. Розрізняють такі способи пуску двигунів [104]:

- ❖ вручну;
- ❖ електричним стартером;
- ❖ допоміжним двигуном;
- ❖ інерційними стартерами;
- ❖ пневматичними стартерами.

Пуск двигуна внутрішнього згоряння вручну передбачає прокручування колінчастого вала з допомогою мускульної сили людини. Такий спосіб пуску використовують переважно для двигунів не великої потужності та робочого об'єму. Сьогодні такий спосіб пуску використовують для двигунів мотоблоків, мотоциклів, скутерів тощо [104].

Пуск електричним стартером передбачає прокручування колінчастого вала з допомогою електричного двигуна постійного струму. Потужність, яка витрачається на забезпечення роботи електростартера [104]:

- бензинового двигуна – 0,3 ... 2,0 кВт;
- дизельного двигуна – 1,5 ... 6,0 (і більше) кВт [104].

Пуск допоміжним двигуном застосовували найчастіше для пуску тракторних дизелів потужністю понад 25 кВт. Це зазвичай двотактні одноциліндрові двигуни потужністю 5,5 ... 9,9 кВт. Для пуску

потужних дизелів іноді використовують двоциліндрові пускові двигуни, в деяких випадках – чотиритактні потужністю 14 кВт [104].

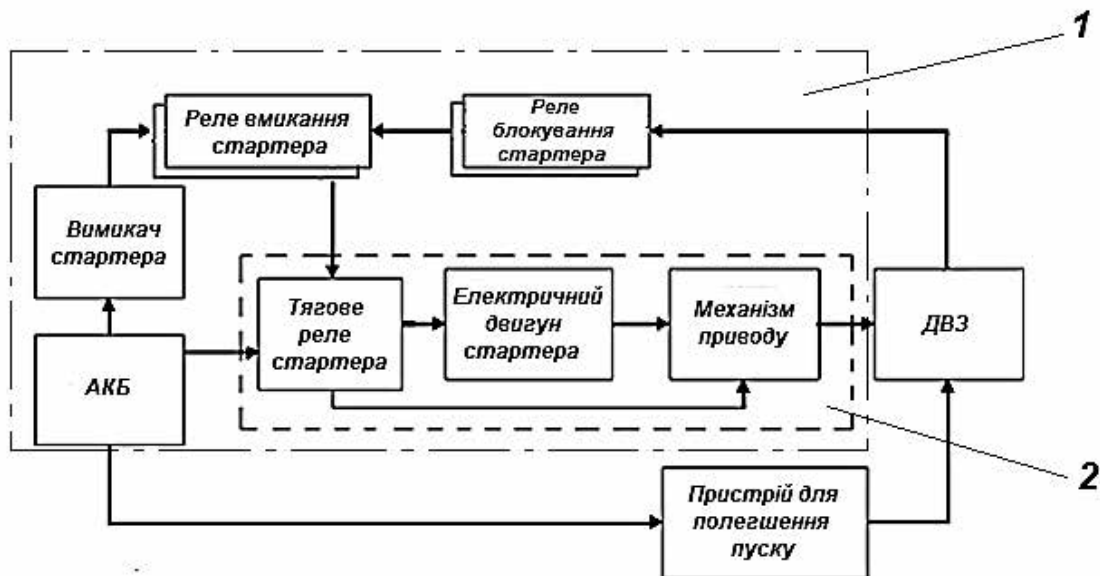
Інерційні стартери. Принцип їх роботи заснований на накопиченні кінетичної енергії в спеціальному маховику (іноді в маховику двигуна), розкручуванням його перед пуском з наступним плавним сполученням з колінчастим валом двигуна. Такі стартери хоча й потребують малопотужного джерела енергії для розкручування маховика, однак не набули поширення через свою громіздкість і складність механізму вмикання. Сьогодні інерційні стартери використовують для запуску двигунів літальних апаратів. Різновидом інерційного пуску ДВЗ є пуск з буксира, з пагорба, коли роль спеціального маховика виконують масивні елементи трансмісії та ходової частини (шестерні, колеса тощо), а плавне сполучення цих розігнаних до потрібної частоти обертання мас, виконує зчеплення [104].

Пневматичні стартери – спеціальні повітряні двигуни, до яких надходить стиснене повітря з балонів. Можливий також пневматичний пуск, за якого стиснене повітря за допомогою спеціального розподільника подається безпосередньо в циліндри двигуна. На мобільних машинах сільськогосподарського призначення такі системи не використовують [104]. Їх використання передбачене в якості дублюючої системи пуску на бойових машинах, зокрема для пуску двигунів окремих вітчизняних танків.

Далі, виходячи з спрямованості даного посібника, більш детально розглянемо конструкцію системи пуску з допомогою електричного стартера, як такої, що набула найбільшого поширення на мобільних машинах сільськогосподарського призначення.

3.2. Система пуску електричним стартером

Система пуску двигуна внутрішнього згоряння електричним стартером утворена електричним стартером і обладнанням, яке забезпечує його функціонування в електричній мережі мобільної машини. Структурна схема системи пуску з електричним стартером показана на рис. 3.1 [20].



1 – стартер і його обладнання; 2 - стартер

Рис. 3.1. Структурна схема системи електростартерного пуску ДВЗ [20]

Таким чином, виходячи з структурної схеми, зображеної на рис. 3.1 можна стверджувати, що стартер, як один агрегат електрообладнання мобільної машини включає в себе:

- електричний двигун;
- тягове реле;
- механізм приводу.

До обладнання стартера включені агрегати, які забезпечують його функціонування в електричній мережі мобільної машини, а саме:

- акумуляторна батарея;
- вимикач стартера;
- реле вмикання стартера;
- реле блокування стартера.

Конструкція, умови експлуатації і технічне обслуговування акумуляторної батареї, яка забезпечує живлення стартера електричним струмом, детально розглянуті в попередньому розділі.

В якості ж вимикача стартера використовують спеціальні кнопки, ключі, або, що найчастіше для мобільних машин з бензиновим двигуном, додатковий контактний вузол замка запалювання.

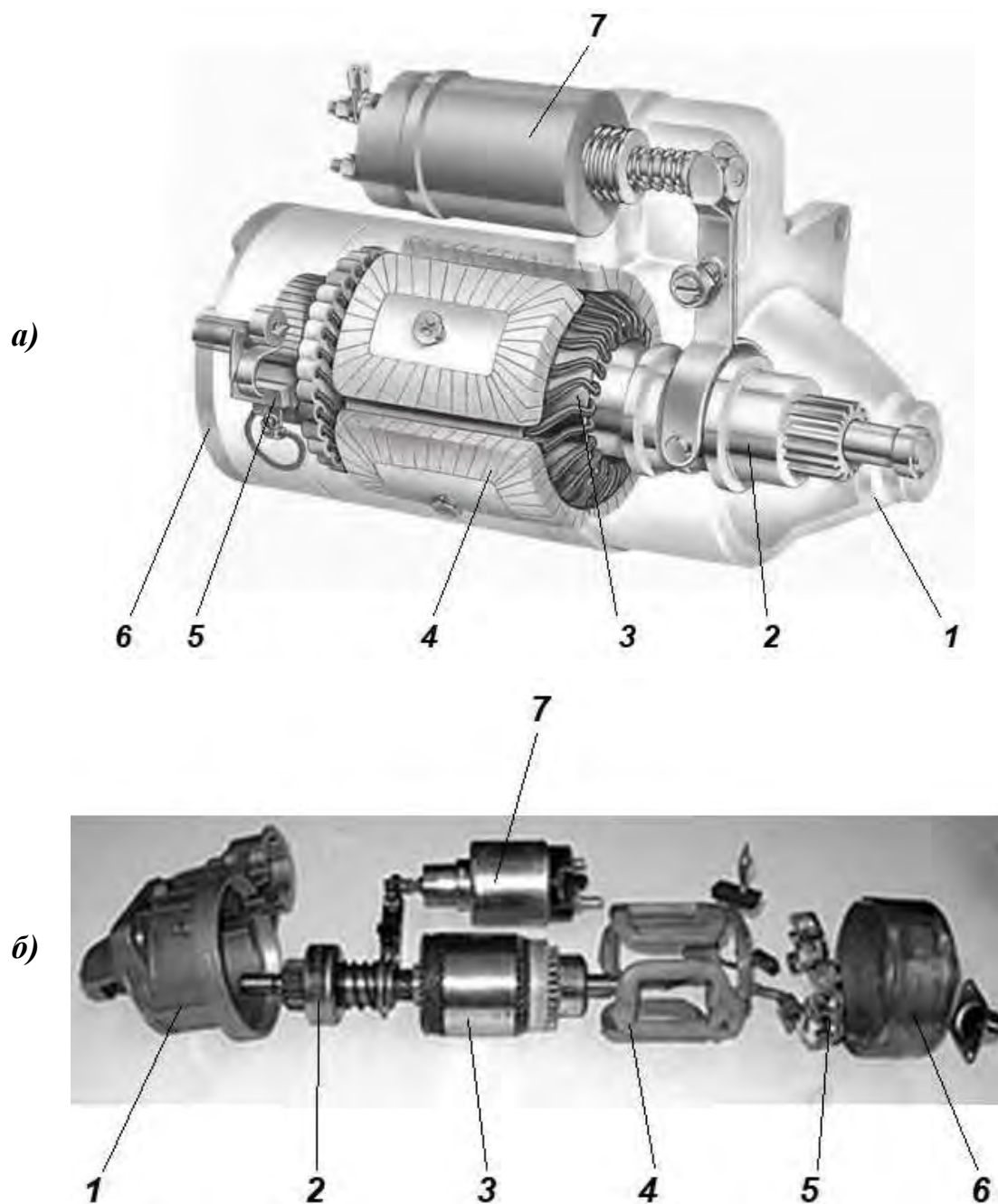
Реле вмикання стартера та реле блокування стартера відіграють важливу роль в роботі системи пуску, забезпечуючи надійність і довговічність як системи електрообладнання в цілому, так її окремих агрегатів. Однак, існують схеми електрообладнання мобільних машин, де ці два важливі елементи не використовуються, що на структурній схемі (див. рис. 3.1) умовно показано подвійною рамкою.

Більш детально конструкцію основних агрегатів системи пуску буде розглянуто нижче.

3.3. Електричний стартер

Електричний стартер призначений для прокручування колінчастого вала двигуна під час пуску.

На рис. 3.2 показана будова типового електричного стартера.



а – загальний вигляд [3.3] ; б – основні частини типового стартера (корпус не показано) [3.2]; 1, 6 - кришки корпусу стартера; 2 – муфта вільного ходу (бендикс); 3 – ротор (якір); 4 – обмотка статора (обмотка збудження); 5 – щіткотрмач зі щітками; 7 – тягове реле стартера (соленоїд з вилкою включення бендикса)

Рис. 3.2. Типовий електричний стартер

Виходячи з структурної схеми системи пуску ДВЗ (див. рис. 3.1) електричний стартер включає електричний двигун, деталі якого позначені позиціями 1, 3, 4, 5 та 6 (див. рис. 3.2), тягове реле – позиція 7 (див. рис. 3.2) та механізм приводу – позиція 2 (див. рис. 3.2).

Розглянемо конструкцію елементів електричного стартера більш детально.

3.3.1. Електричний двигун стартера

Стартер, це споживач електричної енергії, який споживає найбільший струм на борту мобільної машини.

Існує кілька способів підключення електричного двигуна електростартера до джерела живлення. Це може бути пояснено тим, що робочі характеристики стартера залежать від способу підключення ланцюга обмотки збудження по відношенню до ланцюга якоря електродвигуна [30].

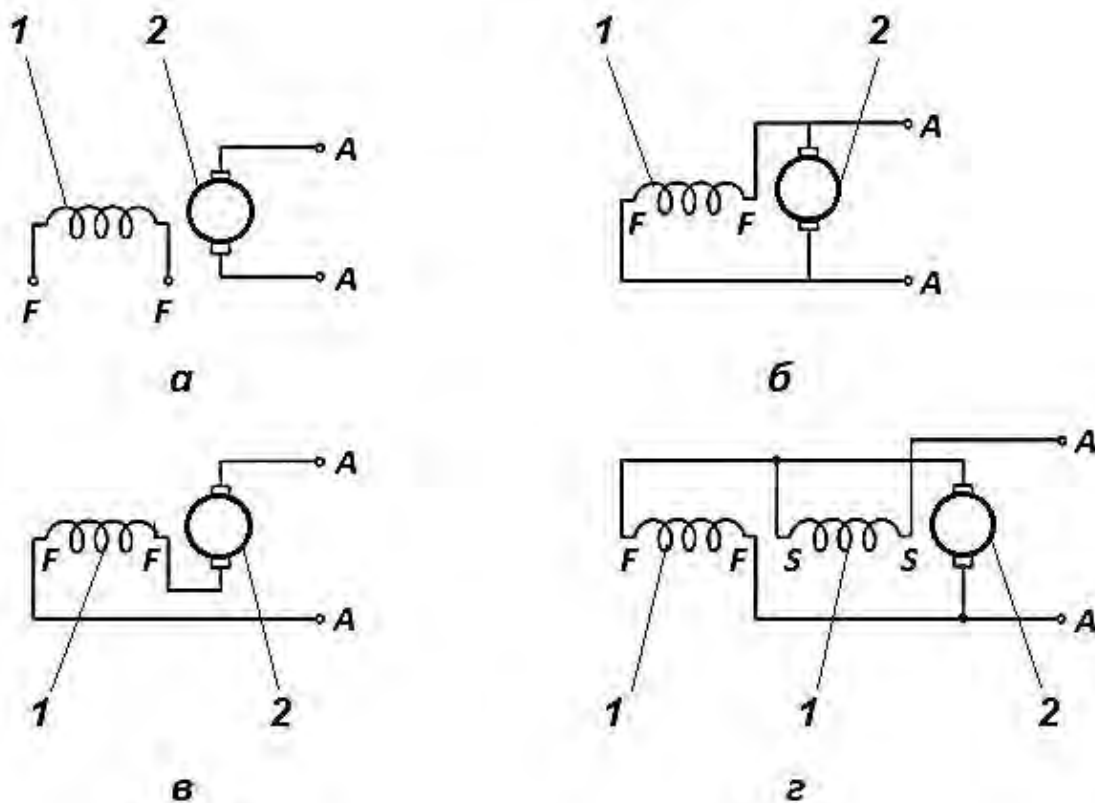
Нижче приведені особливості існуючих способів підключення ланцюга обмотки збудження по відношенню до ланцюга якоря електродвигуна.

➤ *Двигун постійного струму з незалежним збудженням.*

Обмотка збудження електродвигуна не підключається до ланцюга якоря, а підключаться до незалежного джерела живлення – рис. 3.3 а.

Варто зазначити лише те, що такий тип підключення електродвигуна електричного стартера зустрічається рідко.

➤ *Двигун постійного струму з паралельним збудженням.*



*а – електричний двигун постійного струму з незалежним збудженням;
б – електричний двигун постійного струму з паралельним збудженням;
в – електричний двигун постійного струму з послідовним збудженням;
г – електричний двигун постійного струму з змішаним збудженням; 1 – обмотка збудження; 2 – якір електричного стартера*

Рис. 3.3. Принципові схеми способів підключення ланцюга обмотки збудження по відношенню до ланцюга якоря електродвигуна стартера

Двигун називають так тому, що ланцюг обмотки збудження з'єднується паралельно з ланцюгом якоря, або, що одне і те ж, шунтується на якір – рис. 3.3 б. Призначення двигуна постійного струму з паралельним збудженням полягає в тому, що він автоматично підтримує постійну швидкість обертання якоря. Незважаючи на те, що під навантаженням частота обертання якоря електричного двигуна

дещо сповільнюється, він відноситься до двигунів постійної частоти обертання. Такі двигуни застосовуються в автомобілях і в промисловому обладнанні там, де необхідне точне регулювання крутного моменту і частоти обертання якоря. Зі збільшенням частоти обертання крутний момент двигунів з паралельним збудженням знижується. Це обумовлено падінням напруги на обмотці якоря і його реакцією. При частоті обертання якоря, яка перевищує приблизно в 2,5 рази своє номінальне значення, його реакція різко зростає, що призводить до ослаблення основного магнітного поля, швидкого падіння моменту і подальшої зупинки [30].

➤ *Двигун постійного струму з послідовним збудженням.*

У цих двигунів ланцюг обмотки збудження з'єднується послідовно з ланцюгом якоря – рис. 3.3 в. Основною перевагою двигуна з послідовним збудженням є те, що він видає великий крутний момент і може працювати на низькій частоті обертання. Він найкраще підходить для розкручування важких мас; найчастіше застосовуються в якості кранових моторів і двигунів лебідок, тобто там, де потрібно повільно пересувати важкі маси і швидше переміщати легші вантажі. При послідовному з'єднанні обмоток збудження і якоря по ним протікає однаковий електричний струм. Таке конструктивне рішення дозволяє при зниженні частоти обертання якоря досягати різкого збільшення його крутного моменту. І, навпаки, при зниженні навантаження на валу двигуна його частота обертання швидко підвищується. Тому робота двигуна без навантаження не припустима з тієї причини що при її відсутності виникає перевищення максимальної частоти обертання ротора і, як наслідок, вихід з ладу електродвигуна [30].

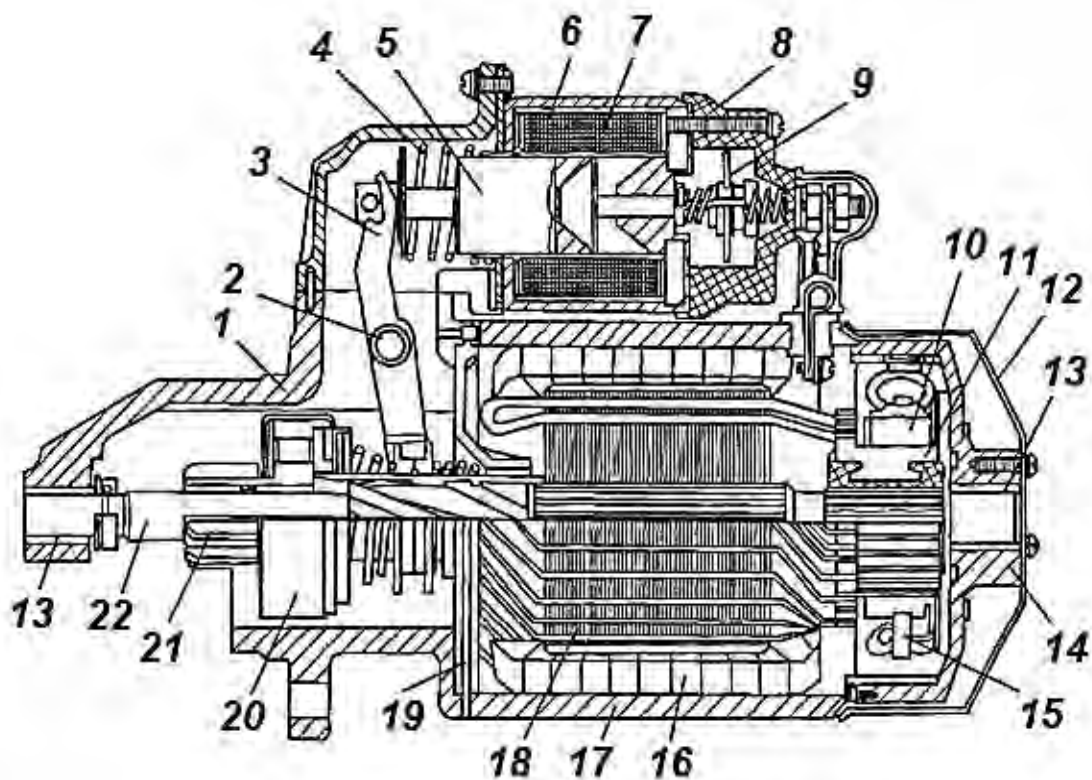
➤ *Двигун постійного струму зі змішаним збудженням.*

У цьому двигуні є дві обмотки збудження. Одна з них підключена паралельно якоря, друга - послідовно. На наведеній на рис. 3.3 з схемі показаний двигун з погодженим з'єднанням обмоток, при якому магнітна сила двох обмоток сумується [30].

Розглянемо конструктивні особливості найбільш поширених конструкцій електродвигунів стартерів.

Значного розповсюдження набули електродвигуни стартерів з послідовним збудженням. Як зазначалось вище, у таких електродвигунів обмотка збудження послідовно з'єднана з обмоткою якоря і через неї проходить струм такої ж величини, що і через обмотку якоря. Завдяки послідовному з'єднанню обмоток електричний двигун стартера створює значний крутний момент [30, 34].

Для прикладу варто розглянути конструкцію стартера типу СТ230 – рис. 3.4. Електродвигун стартера з послідовним з'єднанням обмоток є чотириполусною машиною постійного струму послідовного збудження. Полюси, на які встановлюються обмотки збудження 16 і корпус 17 виготовляють з м'якої сталі. На кожному полюсі закріплена котушка обмотки збудження 16. Обмотка збудження складається з двох паралельних гілок. У кожену гілку включено послідовно дві котушки. Котушки виготовляють з оголеного мідного дроту прямокутного перетину. Міжвиткова ізоляція виконується з щільного електротехнічного паперу. Кожна котушка 16 після намотування обплітається бавовняною стрічкою і просочується лаком. Два кінці паралельних гілок обмотки збудження з'єднані разом і приєднані до контактної болта, вивід якого закритий гумовим чохлом. Два інших кінці приєднані до двох ізолюваних щіток 10, встановлених в щіткотримачах. Щіткотримачі кріпляться, як правило, до задньої

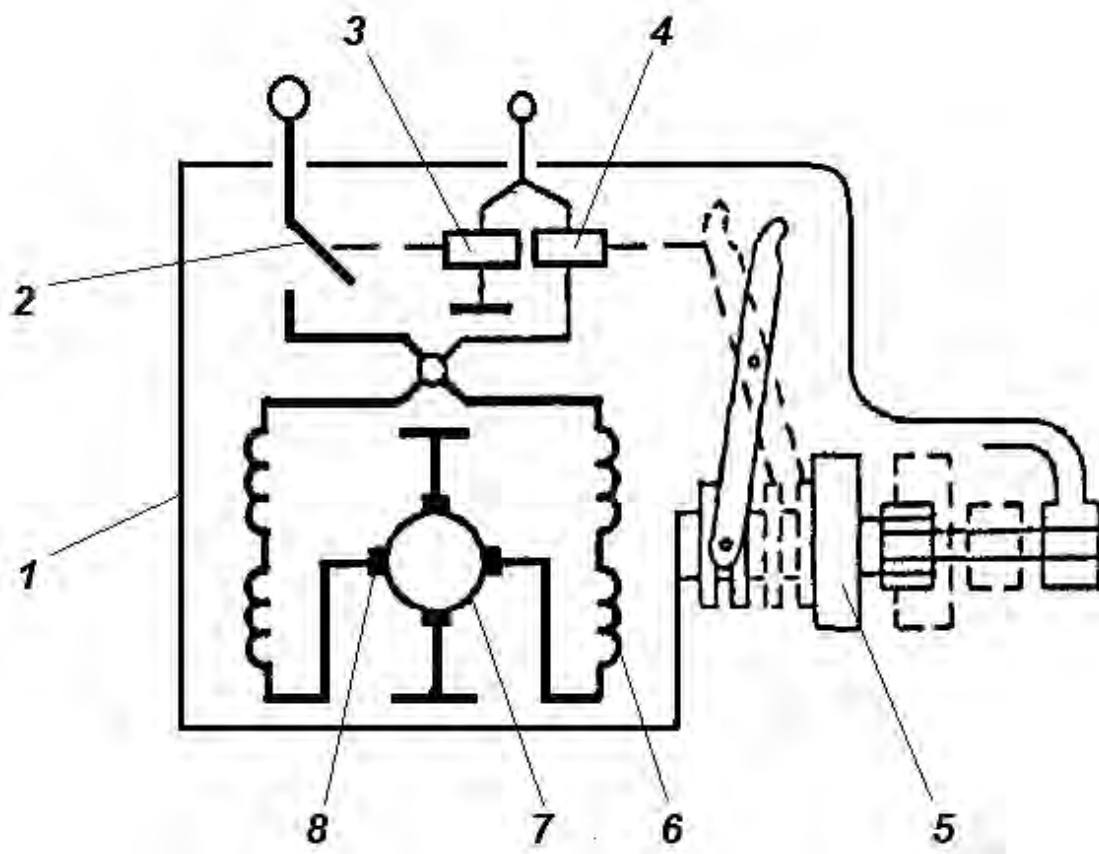


1 – кришка з боку приводу; 2 – вісь важеля приводу; 3 – важіль приводу; 4 – пружина; 5 – осердя тягового реле; 6 – утримуюча обмотка; 7 – втягуюча обмотка; 8 – кришка тягового реле; 9 – контактний диск; 10 – щітка; 11 – колектор; 12 – кришка; 13 – підшипник ковзання; 14 – кришка з боку колектора; 15 – пружина щітки; 16 – обмотка збудження; 17 – корпус; 18 – якір; 19 – проміжна опора; 20 – муфта вільного ходу; 21 – шестерня; 22 – вал якоря

Рис. 3.4. Стартер типу СТ230 з електродвигуном постійного струму і послідовним з'єднанням обмоток [97]

кришки 14 гвинтами і ізолювані від неї прокладками з гетинаксу, або іншого ізолюючого матеріалу [34].

Електрична схема стартера типу СТ230 представлена на рис. 3.5.

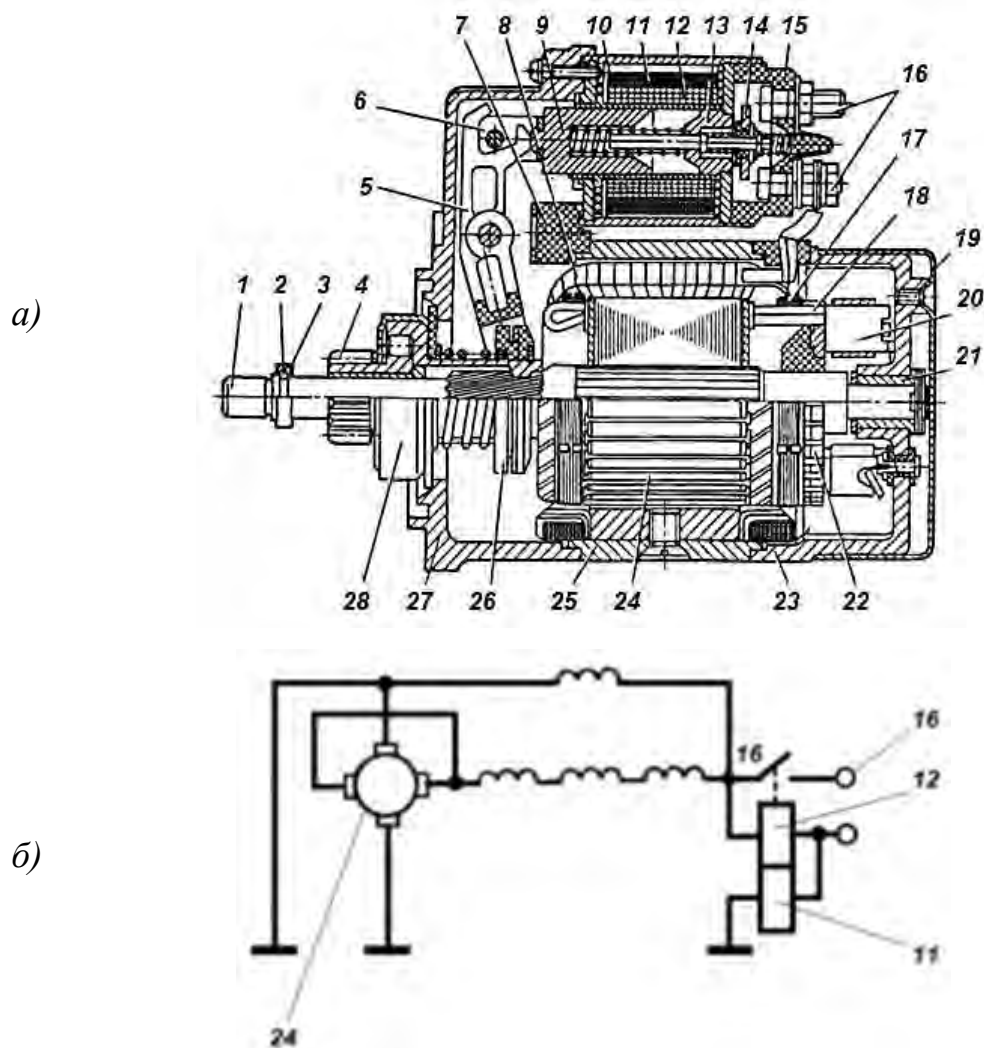


1 – стартер; 2 – силові контакти; 3 – утримуюча обмотка; 4 – втягуюча обмотка; 5 – привід; 6 – обмотка статора (обмотка збудження); 7 – якір; 8 – щітки

Рис. 3.5. Електрична схема стартера типу СТ230 [97]

Широкого застосування також зазнали і стартери з двигунами змішаного збудження. Розглянемо їх особливості на прикладі електростартера типу 29.3708 – рис. 3.6.

Стартер 29.3708 складається з електродвигуна постійного струму змішаного збудження, електромагнітного двохобмоточного тягового реле, яке замикає коло живлення електродвигуна безпосередньо від акумуляторної батареї і яке забезпечує введення в зачеплення з зубчастим вінцем маховика шестерні приводу. Номінальна напруга стартера складає 12 В.



а – загальний вигляд (розріз); б – електрична схема; 1 – вал якоря; 2 – стопорне кільце; 3 – упорне (обмежувальне) кільце; 4 – шестерня приводу; 5 – двохплечий важіль приводу; 6 – тягове реле; 7 – ущільнююча заглушка; 8 – котушка обмотки збудження; 9 – якор тягового реле; 10 – корпус тягового реле; 11 – утримуюча обмотка; 12 – втягуюча обмотка; 13 – осердя тягового реле; 14 – рухомий контакт; 15 – кришка тягового реле; 16 – контактні болти; 17 – бандаж в лобовій частині обмотки якоря; 18 – обмотка якоря; 19 – захисний кожух; 20 – щітка; 21 – вкладиш підшипника; 22 – торцевий колектор; 23 – задня кришка (кришка з боку колектора); 24 – якор електродвигуна; 25 – корпус; 26 – повідкова муфта; 27 – передня кришка (кришка з боку приводу); 28 – роликова муфта вільного ходу.

Рис. 3.6. Стартер 29.3708 [100]

В корпусі 25 стартера (див. рис. 3.6 *а*) закріплені чотири полюси з такою ж кількістю секцій обмотки збудження. Три секції обмотки збудження з'єднані послідовно з обмоткою якоря, а одна – паралельно (див. рис. 3.6 *б*). Корпус розташований між кришками 23 і 27, які зтягнуті між собою двома болтами. Задня кришка має вікна для огляду щітково-колекторного вузла електродвигуна під час технічного обслуговування і закрита ззовні захисним кожухом 19 [34].

Вал якоря 1 обертається в двох підшипниках ковзання – металокерамічних втулках: задній кінець вала – у втулці, яка запресована у задню кришку 23, а передній (той що за обмежувальним кільцем) – у втулці, яка запресована в корпус зчеплення. Така конструкція є відмінною рисою стартера, оскільки дозволяє зменшити масу стартера за рахунок зменшення маси передньої кришки 27 [34].

Іншою конструктивною особливістю такого стартера є торцевий колектор 22, застосування якого дозволяє зменшити витрати міді. Щітковий вузол закріплений на задній кришці. Щітки 20 притискаються до колектора 22 пластинчастими пружинами. Електромагнітне тягове реле 6 включає втягуючу 12 і утримуючу 11 обмотки. Якір 9 тягового реле через двохплечий важіль 5, який тисне на повідкову пластину, здійснює переміщення приводу 4 вздовж гвинтових шліців вала 1 якоря електродвигуна стартера [34].

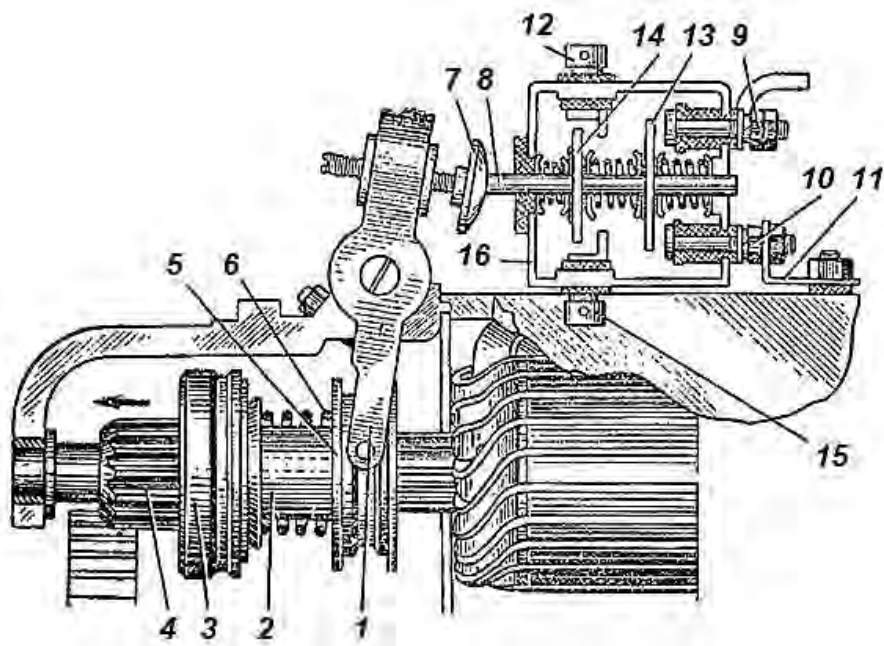
Як вже стало зрозуміло, з викладеного матеріалу, в сучасних стартерах комутація електричного струму до електричного двигуна стартера здійснюється завдяки роботі тягового реле, конструкція якого буде розглянута в наступному пункті.

Однак, в стартерах попередніх років випуску використовувалося під'єднання електричного двигуна до мережі живлення за допомогою контактів з механічним приводом – рис. 3.7.

а)



б)



а – загальний вигляд; б – конструкція контактої групи та приводу; 1 – вилка включення; 2 – шліцьова втулка; 3 – муфта вільного ходу; 4 – шестерня; 5 – кільце; 6 – пружина; 7 – гвинт; 8 – стержень вмикача стартера; 9 – клемма позитивного силового провідника батареї; 10 – клемма з'єднання зі стартером; 11 – шина; 12 і 15 – клемми з'єднання з варіатором; 13 і 14 – контактні пластини; 16 – корпус вмикача

Рис. 3.7. Електричний стартер типу СТ230Е-3708000-Т з контактами, які замикаються механічним приводом [96].

При натисканні на педаль стартера вилка 1 включення переміщує кільце 5 в сторону маховика. Цей рух передається шестірні 4 через буферну пружину 6 і муфту 3 вільного ходу, змушуючи її входити в зачеплення з вінцем маховика. При подальшому ході педалі вилка включення гвинтом 7 натискає на стрижень 8 вмикача стартера, який і замикає електричний ланцюг. Стартер починає обертати колінчастий вал двигуна [96].

Якщо при включенні стартера зуби шестірні виявляються проти зубів вінця маховика і шестерня не може увійти в зачеплення з вінцем, то кільце 5 стискає буферну пружину 6 і дозволяє гвинту 7 натиснути на стрижень 8. При першому ж русі якоря шестерня стартера силою буферної пружини вводиться в зачеплення з вінцем маховика і починає обертати його. Щоб полегшити вхід шестерні стартера в зачеплення, зуби вінця маховика і шестерні злегка закруглені і скошені з торців [96].

У корпусі 16 вмикача укріплені чотири клеми, ізольовані від маси текстолітовими втулками і шайбами. До клеми 9 приєднаний провідник від позитивної клеми акумуляторної батареї, клема 10 з'єднана мідною шиною 11 з клемою стартера. До клем 12 і 15 приєднані провідники додаткового опору (варіатора) котушки запалювання (клеми ВК і ВК-В). Переміщаючись, стержень за допомогою пластин 14 і 13, ізольованих від нього текстолітовими втулками і шайбами, спочатку замикаючи клеми 12 і 15 з'єднує безпосередньо додатковий опір котушки запалювання, а потім, замикаючи клеми 9 і 10, включає ланцюг живлення стартера [96].

Якщо двигун почав працювати, а водій продовжує натискати на педаль стартера, то зубчастий вінець маховика обертає шестерню 4 стартера з великою частотою. Однак внаслідок дії муфти вільного ходу, яка передає зусилля тільки в одну сторону, вал якоря стартера роз'єднується з шестернею і стартер буде убезпечений від розносу [96].

3.3.2. Тягове реле стартера

Як вже встановлено раніше, стартер являє собою електричний двигун постійного струму, який має живлення від акумуляторної батареї. Послідовність дії електричного стартера наступна:

■ в момент пуску двигуна внутрішнього згоряння шестерня приводу, яка знаходиться на валу якоря електродвигуна стартера, повинна швидко зайти в зачеплення з вінцем маховика ДВЗ;

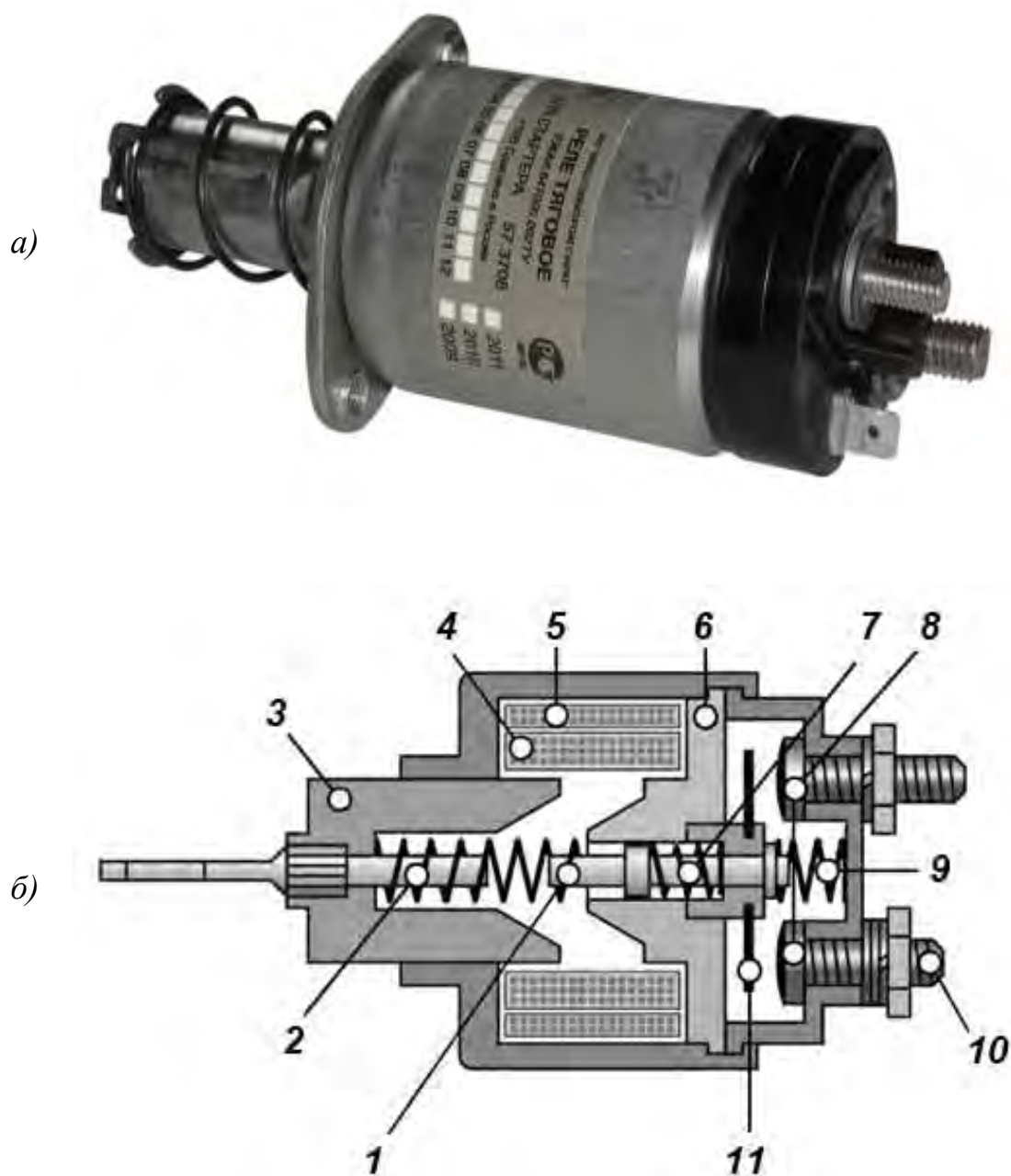
■ одночасно відбувається увімкнення живлення електродвигуна стартера безпосередньо (напрямую) від акумуляторної батареї з тим, щоб мінімізувати втрати при передачі енергії до електродвигуна стартера.

Тягове реле стартера встановлюється на корпусі стартера (див. рис. 3.4, 3.6) і забезпечує швидке введення в зачеплення зубчастих деталей приводу і перемикання електродвигуна стартера на пряме живлення від акумуляторної батареї.

Загальний вигляд і конструкція тягового реле стартера представлені на рис. 3.8.

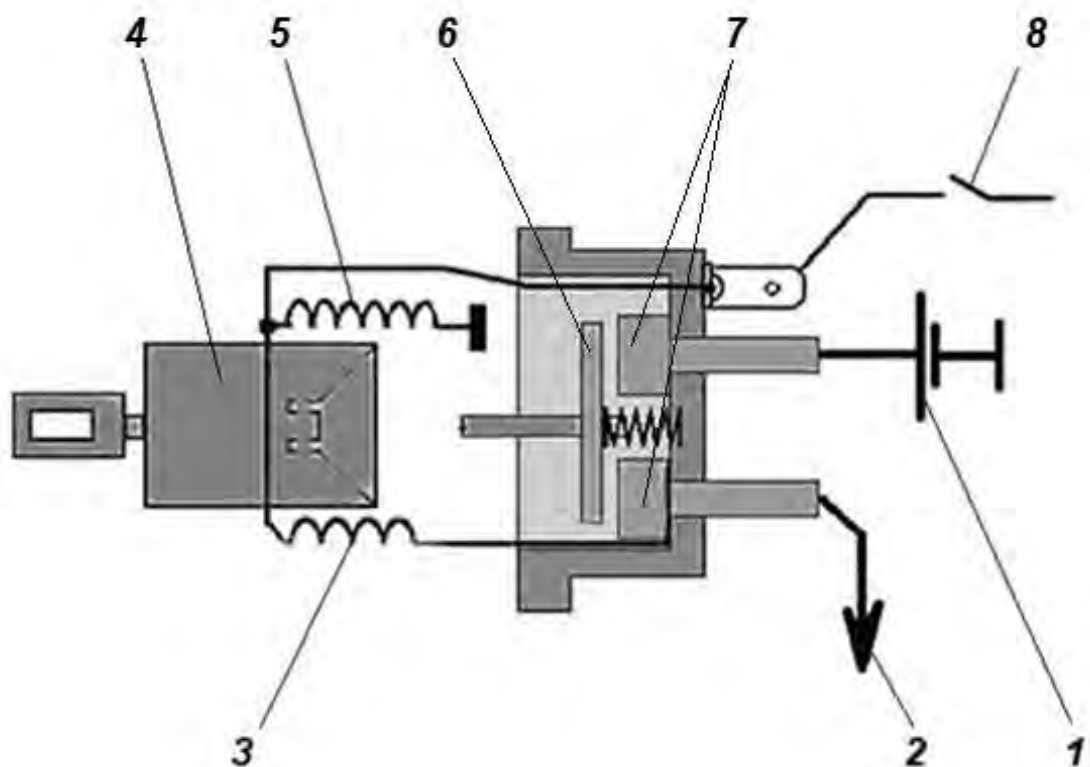
Принцип дії тягового реле стартера подібний до принципу дії вмикача стартера з механічним приводом з тією різницею, що функцію педалі, чи важеля вмикання стартера виконує електромагнітне реле. Принцип дії тягового реле доцільно пояснити на найпростішій принциповій схемі його роботи – рис. 3.9.

В конструкції тягового реле використовуються два ланцюги управління, які називають втягуючою 3 і утримуючою 5 обмотками. Для заведення шестерні в зачеплення із зубчастим вінцем маховика необхідне зусилля досягається за рахунок приєднання обох обмоток до акумуляторної батареї. Втягуюча обмотка 3 тягового реле завжди



а – загальний вигляд; б – загальна будова; 1 – шток; 2 – зворотня пружина; 3 – ярір; 4 – втягуюча обмотка; 5 – утримуюча обмотка; 6 – осердя; 7 – пружина стискання; 8 – контакти; 9 – зворотня пружина; 10 – контактний болт; 11 – контактна пластина

Рис. 3.8. Тягове реле стартера



1 – акумуляторна батарея; 2 – вивід до клемми стартера; 3 – втягуюча обмотка тягового реле; 4 – якір тягового реле; 5 – утримуюча обмотка тягового реле; 6 – контактна пластина; 7 – контактні болти; 8 – кнопка вмикання стартера (контакти замка запалювання)

Рис. 3.9. Принципова схема дії тягового реле стартера [11]

підключена до «мінуса» через обмотки стартера і вивід 2, а утримуюча обмотка 5 — безпосередньо до акумуляторної батареї 1 [11].

Працює ця схема наступним чином.

При вмиканні кнопки 8 подається струм до втягуючої 3 і утримуючої 5 обмоток. При цьому якір 4 тягового реле починає зміщуватись в бік контактної пластини 6, переміщуючи одночасно і приводну шестерню. До тих пір, поки приводна шестерня не ввійшла повністю в зачеплення і контактна пластина не замкнула контактні

болти 7, електродвигун стартера обертається повільно, оскільки обидві обмотки реле знаходяться під напругою [11].

Коли приводна шестерня заходить в зачеплення з вінцем маховика, контактна пластина 6 притискається до контактних болтів 7 і на стартер подається «плюс» від акумуляторної батареї 1, аналогічний «плюс» подається і на вихід «мінуса» втягуючої обмотки 3. Через це вона відключається від живлення і струм продовжує подаватися тільки до утримуючої обмотки 5. Вона слабша, ніж втягуюча, проте володіє достатньою силою, щоб постійно утримувати якір всередині корпусу, запобігаючи самовільному зміщенню приводної шестерні електродвигуна стартера і розмикання ланцюга живлення, що забезпечує безперервну роботу електродвигуна стартера. За таких умов електродвигун стартера отримує живлення від акумуляторної батареї безпосередньо, а не через обмотки реле, тому його частота обертання підвищується і основний двигун отримує частоту обертання, необхідну для пуску. Використання двох обмоток дозволяє значно економити енергію акумуляторної батареї під час пуску двигуна внутрішнього згоряння [11].

Існують моделі тягових реле з однією обмоткою – втягуючою. Однак такий варіант непопулярний через значні витрати енергії акумуляторної батареї [11].

У деяких стартерах встановлюється планетарний редуктор, що збільшує його крутний момент. Для запобігання перевищення частоти обертання якоря електродвигуна в електростартери встановлюють захисний механізм. Зазвичай він являє собою обгону муфту, яка запобігає передачі обертання від вінця маховика на якір двигуна, так як в зворотному напрямку шестерня якоря обертається вільно. Таке рішення використовується найбільш часто. Знаходить також своє

застосування і багатодискова обгонна муфта: при передачі крутного моменту від стартера до двигуна диски стиснуті пружиною, тому стартер обертає колінчастий вал двигуна. Після запуску двигуна муфта починає проковзувати, запобігаючи виходу з ладу електродвигуна стартера [30].

3.3.3. Механізм приводу електричного стартера

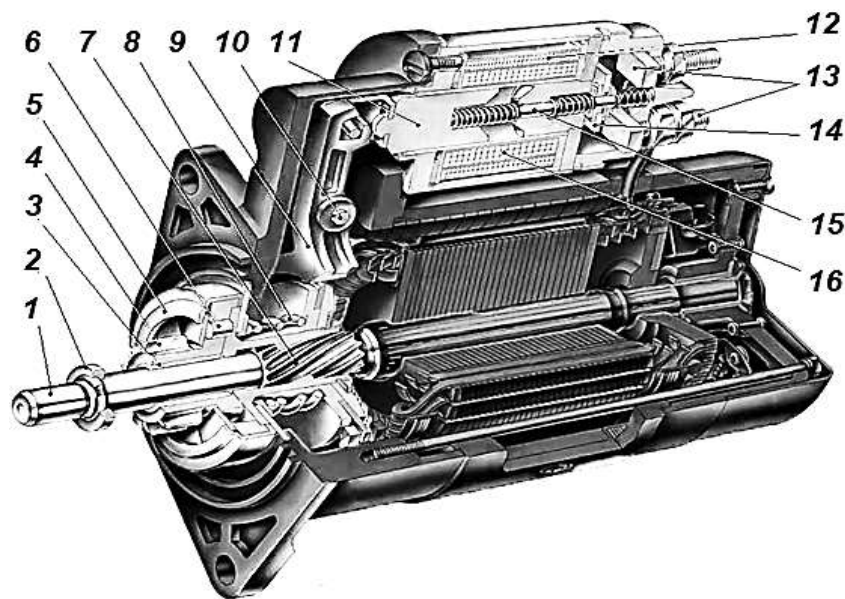
Привід стартера включає наступні складові елементи (рис. 3.10):

- керуюча електрична частина, функції якої виконує електромагнітне тягове реле стартера;
- виконавча механічна частина, функції якої виконує механізм приводу.

Механізмом приводу електричного стартера називають пристрій, або сукупність пристроїв, які призначені для забезпечення з'єднання електродвигуна стартера з колінчастим валом двигуна внутрішнього згоряння в момент пуску, і припинення такого з'єднання після пуску. У стартері, зображеному на рис. 3.10 механізм приводу включає в себе двохплечий важіль 9, один кінець якого з'єднаний з керуючою електричною частиною у вигляді тягового реле, другий з так званим «бендиксом», основними елементами якого є буферна пружина 8, муфта вільного ходу 4, 5, 6 та приводна шестерня 3 (рис. 3.11).

Муфта вільного ходу забезпечує передачу крутного моменту від стартера до маховика під час пуску двигуна і автоматичне від'єднання приводної шестерні стартера від вінця маховика після пуску двигуна.

Шестерня стартера повинна знаходитися в зачепленні з зубчастим вінцем маховика тільки під час пуску двигуна. Для цього



1 – вал якоря електродвигуна; 2 – буферна шайба; 3 – шестерня приводу (бендикс); 4 – втулка муфти; 5 – обгонна муфта; 6 – ролик обгонної муфти; 7 – гвинтові шліци; 8 – пружина; 9 – важіль; 10 – вісь важеля; 11 – якір (осердя) втягуючого реле; 12 – утримуюча обмотка тягового реле; 13 – контактні болти; 14 – контактна пластина; 15 – шток; 16 – втягуюча обмотка тягового реле

Рис. 3.10. Привід електричного стартера [58]



Рис. 3.11. Загальний вигляд приводної шестерні з муфтою вільного ходу та буферною пружиною [58]

шестерня має внутрішні шліци, а вал якоря електродвигуна стартера – зовнішні, які допускають осьове переміщення шестерні вздовж валу для входження її в зачеплення з зубчастим вінцем маховика. Переміщення шестерні в сучасних стартерах здійснюється електромагнітним тяговим реле, якор (рухоме осердя) якого через важіль 9 передає на шестерню осьове зусилля. Роботою електромагнітного реле керує оператор шляхом вимикача, який, зазвичай, поєднується з вимикачем запалювання.

Електричні стартери, які мають, практично, однакові за конструкцією електричні двигуни, можуть істотно відрізнятися конструкціями механізмів приводу, які здійснюють передачу крутного моменту від вала стартера до маховика ДВЗ в момент пуску.

За типом і принципом дії механізму приводу стартери можна об'єднати в наступні групи [58]:

- з примусовим механічним або електромеханічним переміщенням шестерні приводу;
- з примусовим електромеханічним введенням шестерні в зачеплення з вінцем маховика і самовимиканням шестерні після пуску ДВЗ;
- з інерційним переміщенням шестерні;
- з електромагнітним введенням шестерні в зачеплення шляхом переміщення якоря електродвигуна;
- з використанням додаткового механічного редуктора для збільшення крутного моменту, який передається від електродвигуна стартера.

На сучасних мобільних машинах (зокрема, вітчизняних) використовуються стартери з примусовим введенням шестерні в зачеплення. Для запобігання виходу з ладу якоря електродвигуна

стартера після пуску основного двигуна на валу стартера встановлюють муфту вільного ходу, яка передає крутний момент тільки в одному напрямку – від якоря до маховика. У момент, коли відбувся пуск основного двигуна, його частота обертання і крутний момент істотно збільшуються і приводна шестерня стартера через маховик починає обертатися з високою частотою. В цей момент муфта вільного ходу припиняє передавати крутний момент від приводної шестерні до вала якоря електродвигуна стартера за рахунок того, що вона проковзує.

Надійність роботи муфт вільного ходу знижується з підвищенням потужності стартера. Тому в стартерах великої потужності встановлюють комбіновані механізми приводу з примусовим введенням шестерні приводу в зачеплення і її автоматичним вимиканням під дією сил інерції. Перевагою інерційних приводів є відносна простота конструкції, не значні розміри і не висока вартість. Однак, вимикання шестерні супроводжується значними ударними навантаженнями, що обмежує область їх застосування в стартерах з потужністю до 1 кВт [58].

Введення в зачеплення приводної шестерні за рахунок осьового переміщення якоря електродвигуна шляхом використання магнітної рушійної сили полюсів електродвигуна стартера використовується закордонними фірмами на стартерах потужністю 3 ... 5 кВт. Такі стартери мають компакту конструкцію, задовільно вписуються в габарити двигунів, але вимагають, для виготовлення, підвищеної витрати міді і працюють не надійно під час спроби пуску двигуна на схилах [58].

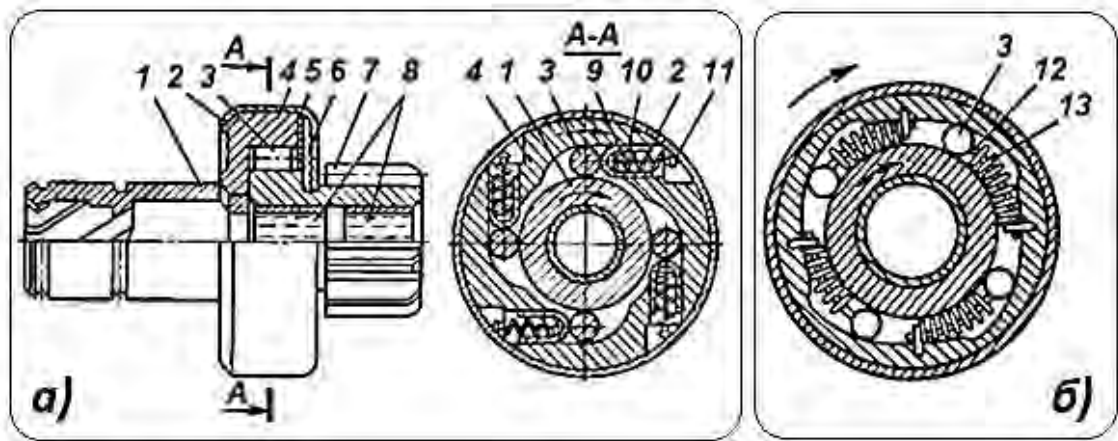
Механізми приводу електростартерів з примусовим переміщенням приводної шестерні мають роликові, фрикційні, або храпові муфти вільного ходу, які передають крутний момент від вала

стартера до колінчастого валу ДВЗ під час пуску і, працюючи в режимі обгону, автоматично роз'єднують стартер і двигун після пуску [58].

На сучасних стартерах найбільшого поширення набули роликові та храпові муфти вільного ходу.

Роликова муфта вільного ходу. Конструктивно роликові муфти вільного ходу можуть бути виконані за двома конструктивними схемами:

- плунжерна (рис. 3.12 а);
- безплунжерна (рис. 3.12 б).



а – плунжерна; б – безплунжерна; 1 – втулка; 2 – кожух; 3 – ролики; 4 – обойма; 5, 6 – шайби; 7 – шестерня; 8 – бронзова втулка; 9 – плунжер; 10, 13 – пружини; 11 – упор; 12 – штовхач

Рис. 3.12. Роликові муфти вільного ходу

Плунжерна муфта вільного ходу (рис. 3.12 а) має наступну конструкцію. Втулка 1, яка має на внутрішній поверхні шліци для переміщення вздовж валу якоря і одночасно передачу крутного моменту від валу до шестерні, жорстко з'єднана з обоймою 4. Циліндрична поверхня маточини шестерні 7 і фігурні поглиблення

обойми 4 (див. рис. 3.12, розріз А-А) утворюють чотири клиноподібних пази, в яких розташовані ролики 3. Ролики 3 через плунжер 9 не сильно притиснуті пружинами 10 до завужених країв пазів. З протилежного від плунжерів боку в пружини вставлені упори 11. Шайби 5 і 6 обмежують осьове переміщення роликів 3 [58].

Під час передачі крутного моменту від стартера до колінчастого валу двигуна ролики заклинюють маточину муфти і її обойму, заставляючи обертатись як одне ціле. Після пуску двигуна обойма починає обертатися швидше за ступицю, ролики, пересилюючи зусилля пружин, переміщаються ближче до розширеної частини пазів і розклинюють муфту вільного ходу. При цьому крутний момент від двигуна до стартера не передається, що і запобігає руйнуванню якоря електродвигуна стартера.

Весь механізм муфти захищений кожухом 2. Бронзові втулки 8 встановлені для зменшення тертя при обертанні шестерні приводу на валу якоря [58].

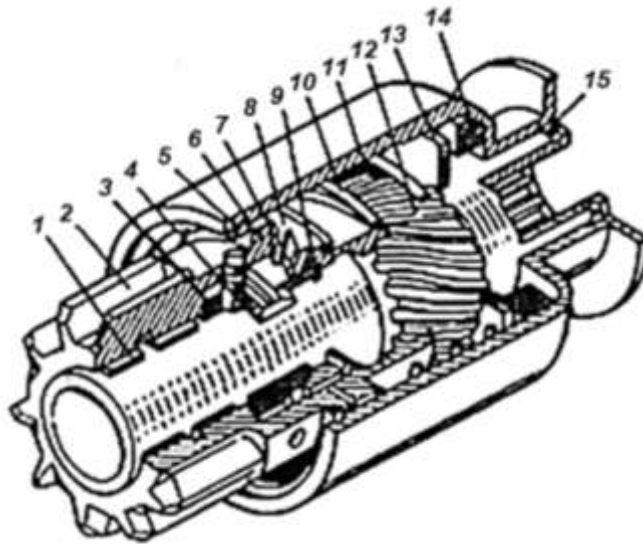
Безплунжерна муфта вільного ходу. В конструкції муфти безплунжерного типу (див рис. 3.12 б) в якості притискаючого пристрою використані спеціальні Г-подібні сталеві штовхачі 12, які підпирають ролики 3 пружинами 13. При передачі крутного моменту від обойми до маточини шестерні ролики, сильно притискаючись до поверхонь клиновидних пазів, заклинюють (блокують) муфту.

Після пуску двигуна, в той момент, коли кутова швидкість вінця маховика перевищать кутову швидкість, на яку розрахована шестерня приводу, ролики, контактуючи, за рахунок сил тертя, з маточиною шестерні, переборюють опір пружин 13 розклинюють (розблоковують) муфту і обертовий рух від колінчастого валу двигуна не буде передаватися на якор електродвигуна стартера [58].

Храпова муфта вільного ходу. Перевагою храпової муфти вільного ходу, порівняно з роликowymi муфтами є висока надійність, ремонтпридатність і можливість передачі великого крутного моменту при порівняно не великих габаритах.

Механізм приводу з храповою муфтою вільного ходу забезпечує більш повне роз'єднання вала якоря електродвигуна стартера і колінчастого вала двигуна значно нижчих навантажень на силові елементи муфти. Крім того, храпові мкфти, як правило, виготовляються розбірними і дозволяють проводити ремонт і заміну окремих елементів конструкції. Роликові муфти, зазвичай, виготовляються не розбірними і не допускаютьнавіть простих штатних ремонтних міроприємств [58].

На рис. 3.13 представлена храпова муфта вільного ходу.



1 – вкладиш; 2 – шестерня; 3 – сегмент (сухарик); 4 – направляючий штифт; 5, 15 – замкові кільця; 6 – відомий храповик; 7 – конічна втулка; 8 – ведучий храповик; 9, 13 – шайби; 10 – пружина; 11 – корпус муфти; 12 – шліцева направляюча втулка; 14 – буферне гумове кільце

Рис. 3.13. Храпова муфта вільного ходу [58]

Храпова муфта (див. рис. 3.13) складається з корпусу 11, ведучого і веденого 6 храповиків, шестерні 2 приводу, пружини 10, шліцевої направляючої втулки 12 і відцентрового механізму з конічною втулкою 7, текстолітовими сегментами (сухариками) 9 і направляючими штифтами 4 для роз'єднання ведучого і веденого храповиків [58].

При підключенні обмотки тягового реле до джерела живлення якір реле через важіль приводу і корпус 11 муфти переміщає направляючу втулку 12 разом з храповиками 6 і 8 вздовж шліців валу і вводить шестерню 2 в зачеплення з вінцем маховика. Переміщення шестерні приводу 2 продовжується до упору в обмежувальну шайбу на валу якоря [58].

В кінці ходу шестерні 2 замикаються силові контакти тягового реле, вал якоря електродвигуна приводиться в обертання, а крутний момент через шліцеву втулку 12 та храповики 6 і 8 передається шестернею 2 до вінця маховика [58].

При передачі крутного моменту в гвинтових шліцах втулки 12 і ведучого храповика 8 виникає осьове зусилля, яке сприймається гумовим буферним кільцем 14.

Якщо шестерня приводу впирається в вінець маховика (зуби не потрапляють у впадини) стискається пружина 10 і ведучий храповик 8, зміщуючись вздовж гвинтових шліців втулки 12 своїми торцевими зубами повертає ведений храповик 6 і шестерню 2 на кут, який забезпечує введення шестерні в зачеплення і замикання контактів тягового реле [58].

Після пуску двигуна частота обертання шестерні і веденого храповика стає більшою ніж у вала якоря і направляючої втулки 12. Тому ведучий храповик перміщається вздовж гвинтових шліців втулки, відходить від веденого храповика і шестерня приводу 2 обертається без

навантаження (в холосту) – передача крутного моменту між двигуном і валом стартера припиняється. Конічна втулка 7 відсувається разом з ведучим храповиком і звільняє текстолітові сегменти (сухарики) 3, які з'єднані з веденим храповиком 6 і направляючими штифтами 4. При цьому частота обертання веденого храповика значно вища ніж ведучого [58].

Під дією відцентрових сил сегменти переміщуються в радіальному напрямку вздовж штифтів і блокують муфту в розщепленому стані, уберігаючи зуби храповиків від пошкодження і зносу. В цьому стані храповий механізм буде знаходитись до тих пір, поки осьова складова від відцентрових сил, які діють на сухарики, перевищує зусилля пружини.

Шестерня приводу виходить із зачеплення з вінцем маховика тільки після вимикання тягового реле стартера.

Під час окремих спалахнень в циліндрах двигуна шестерня остається в зачепленні, що дозволяє стартеру обертати колінчастий вал до тих пір, поки двигун не перейде в режим стійкої роботи [58].

3.4. Реле вмикання стартера

Керування стартерами сучасних мобільних машин здійснюється переважно дистанційно. Вмикання стартера здійснюється після натискання на кнопку керування, або відповідного провороту ключа запалювання. Однак, під час роботи стартер споживає струм дуже великої сили (окремі моделі характеризуються споживанням до 1500 А), що істотно навантажує контакти комутаційної апаратури (контакти кнопок вмикання, контакти замка запалювання). Для пропускання

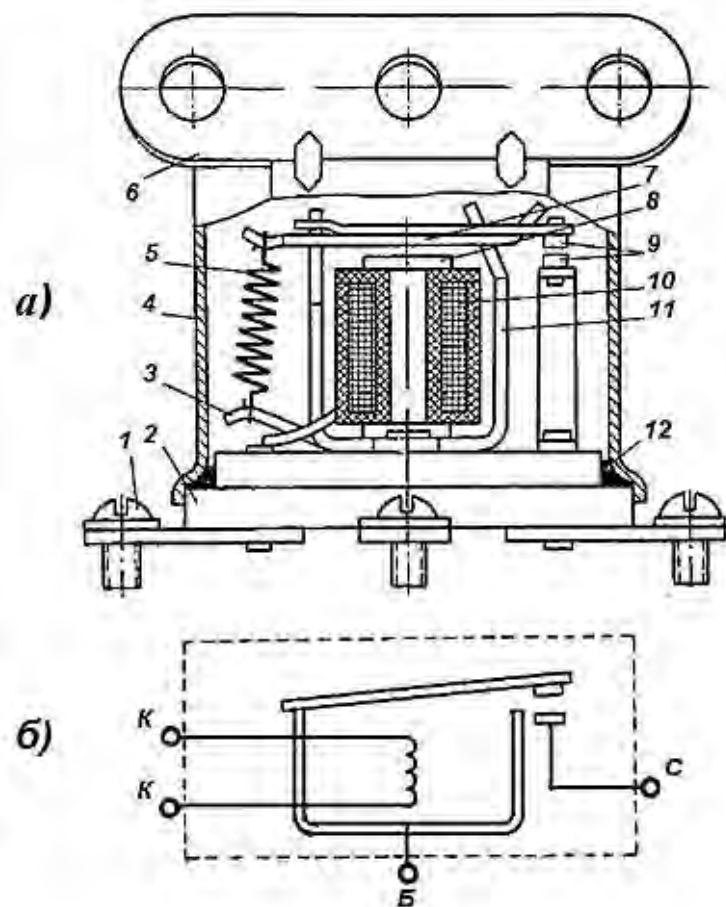
струму такої сили необхідно істотно збільшувати розміри контактів з тим, щоб уберегти їх від згоряння. Такі кроки не припустимі з точки зору обмежень, які висуваються до габаритних розмірів комутуючої апаратури (кнопок, замків запалювання тощо).

З метою вирішення цієї проблеми в електричних схемах мобільних машин використовується реле вмикання стартера, яке ще називають додатковим реле стартера.

Додаткове електромагнітне реле стартера типу РС502 (рис. 3.14) призначене для зменшення струму в колі вмикання стартера і забезпечення своєчасного відключення стартера після пуску основного двигуна [27]. Загальна і електрична схеми реле типу РС502 представлені на рис. 3.15.



Рис. 3.14. Реле РС502



а – загальна схема; б – електрична схема; 1 - клемма; 2 - підстава; 3 - стійка пружини; 4 - кришка; 5 - пружина; 6 - кронштейн кріплення реле; 7 - якор; 8 - осердя; 9 - контакти; 10 - обмотка; 11 - ярмо; 12 - прокладка

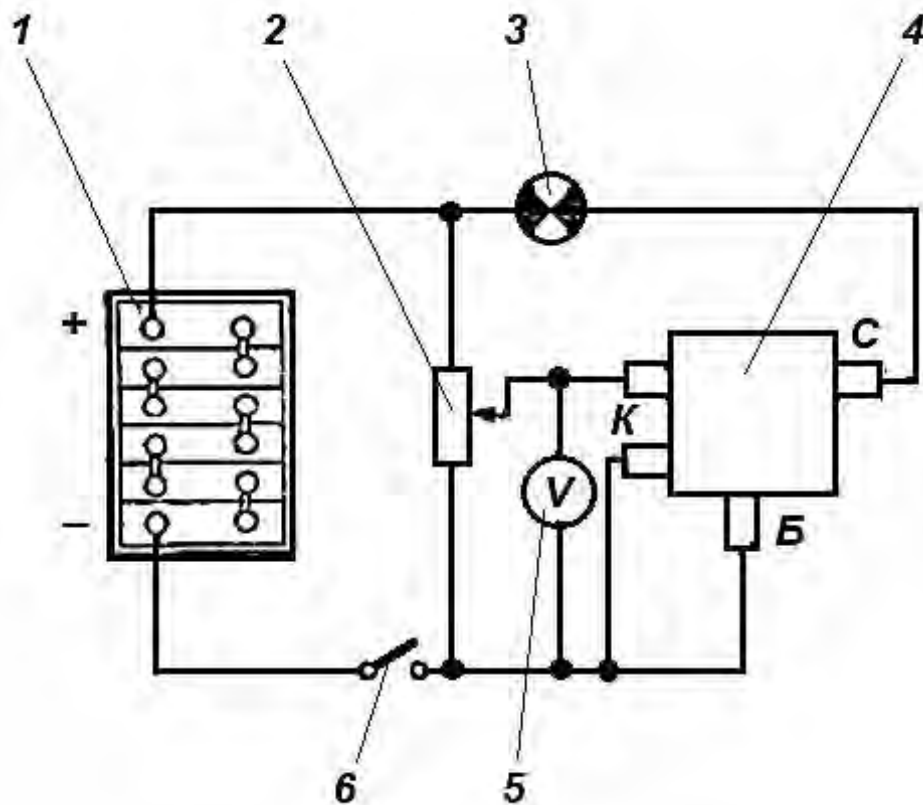
Рис. 3.15. Додаткове реле стартера типу РС502 [27]

Додаткове реле (рис. 3.15) має підставку, на якій змонтовані ярмо 11, осердя 8 з обмоткою 10 і клемми 1 для приєднання провідників. Над ярмом 11 встановлений якор 7 з контактами 9. Для повернення якоря в початкове положення служить пружина 5 [27].

Обмотка реле знаходиться під напругою, яка дорівнює різниці напруг акумуляторної батареї і генератора. Як тільки генератор створить достатню напругу, реле розмикає ланцюг і вимикає стартер.

Цим уберігається якір стартера від розносу в разі примусової затримки ключа вмикача запалювання в увімкненому положенні після пуску двигуна або випадкового включення стартера при працюючому двигуні.

В умовах рядової експлуатації додаткове реле стартера особливого догляду не вимагає. Через 25000-30000 км пробігу автомобіля рекомендується перевірити стан його контактів і регулювання. Для цього збирають просту схему, в яку включають реле типу РС502, реостат, вольтметр і контрольну лампу – рис. 3.16.



1 – акумуляторна батарея; 2 – реостат; 3 – контрольна лампа; 4 – реле типу РС502; 5 – вольтметр; 6 – вмикач.

Рис. 3.16. Електрична схема для перевірки додаткового реле стартера типу РС502

Плавним переміщенням движка реостата 2 збільшують напругу до моменту включення реле (при цьому загоряється контрольна лампа 3). Пересуванням движка реостата 2 в протилежну сторону знижують напругу до моменту виключення реле (лампа згасне). Реле вважається справним, якщо воно включається при напрузі 7 ... 9 В, а відключається при 3 ... 4 В [27].

Регулюють напругу включення і виключення реле підгином стійки 3 пружини 5 (див рис. 3.15).

Зазор між якорем і осердям при замкнутих контактах повинен бути не менше 0,1 мм, а зазор між контактами в розімкнутому стані - не менше 0,4 мм.

Результатом подальшого вдосконалення реле типу РС502 стала поява реле 73.3747 з аналогічними функціями – рис. 3.17.



Рис. 3.17. Реле типу 73.3747

Реле 73.3747 є аналогом реле РС502, РС503, РС523, РС523Г тощо. Реле виконане як замикаєюче універсальне і призначене для включення різних споживачів на мобільних машинах

Основні характеристики реле типу 73.3747:

- режим роботи – повторно-короткочасний;
- номінальна напруга, В – 12;
- номінальне навантаження, А – 50/20;
- напруга спрацювання, В – 5 ... 8;
- напруга відпускання, В – 1,5 ... 4.

Різновидом додаткових реле стартера є і реле типу РС507-Б, яке має п'ять клемних виводів. Реле типу РС507-Б служить для подачі напруги електричного живлення на тягове реле стартера і шунтування (закорочування) додаткового резистора системи запалювання на час роботи стартера під час пуску двигуна.

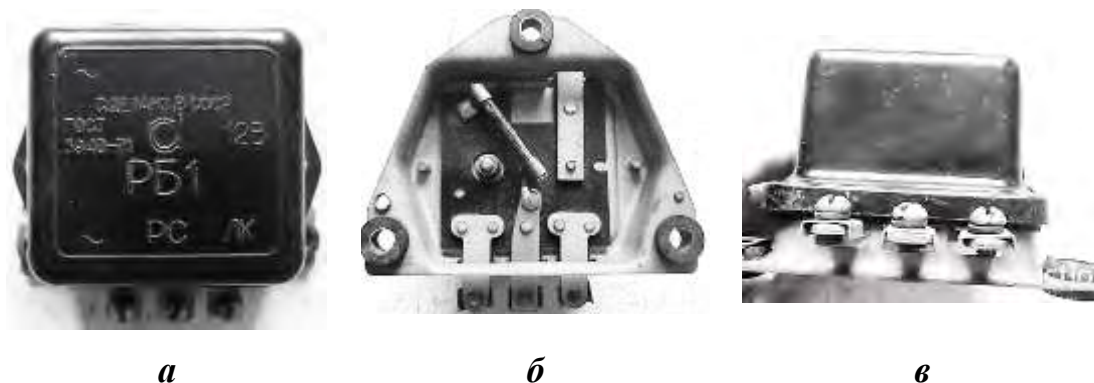
3.5. Реле блокування стартера

Реле блокування стартера — це агрегат в системі електрообладнання мобільної машини (без залежності від виробника), який призначений для автоматичного вимикання стартера, після пуску двигуна, а також для запобігання випадкового вмикання стартера при увімкненому двигуні. Реле працює разом із генератором і додатковим реле стартера.

Конструкцію та принцип дії розглянемо на прикладі реле РБ1 – рис. 3.18.

Основні технічні характеристики реле РБ1 наступні [68]:

- напруга вмикання реле при температурі



а – вигляд зверху; б – вигляд знизу; в – вигляд збоку

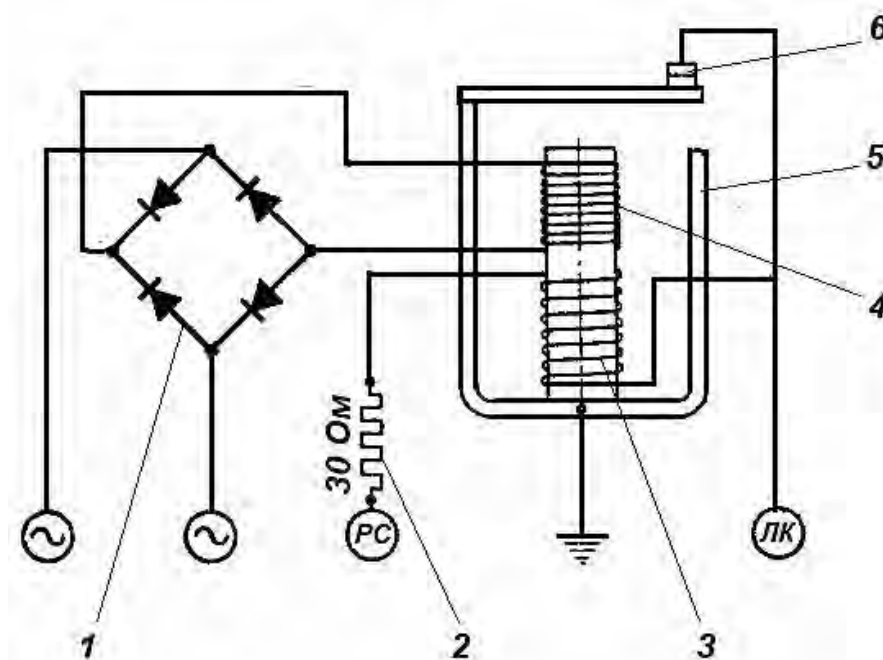
Рис. 3.18. Загальний вигляд реле блокування стартера типу РБ1

- наколишнього середовища 20 °С, В – 9 ... 10;
- напруга вимикання реле, В – 6;
- величина зазору між якорем і осердям при замкнутих контактах (регулюється переміщенням тримача верхнього контакту), мм – 0,35 ... 0,45.

При непрацюючому двигуні реле блокування має нормально замкнуті контакти. У робочому діапазоні обертів генератора контакти реле блокування постійно розімкнуті, завдяки чому запобігається включення стартера при випадковому повороті ключа вмикача стартера [68].

Реле складається (рис. 3.19) з електромагнітного реле 5 з нормально замкнутими контактами 6. Електромагнітне реле має допоміжну обмотку 3 з опором 30 Ом, обмотку включення 4 і випрямний міст 1 з діодів типу *Д76* для живлення первинної обмотки вмикачання [68].

При вмиканні вмикача «маси» на непрацюючому двигуні контакти реле 6 замкнуті, контрольна лампа *ЛК* на щитку приладів спалахує, а після пуску двигуна - гасне. Це свідчить про нормальну



ЛК – контрольна лампа; РС – реле стартера; 1 - міст випрямний; 2 - опір; 3 - допоміжна обмотка; 4 - обмотка вмикання; 5 - електромагнітне реле; 6 - контакти.

Рис. 3.19. Електрична схема реле блокування стартера РБ1 [68].

роботу генератора, оскільки напруга від генератора подається на випрямний міст 1, котушка реле намагнічується і притягує якір – контакти розмикаються [68].

При обриві ременя приводу генератора лампа **ЛК** загоряється, контакти 6 реле блокування замикаються, оскільки на випрямному мосту 1 відсутня напруга від генератора.

При зупинці двигуна напруга на затискачах генератора падає, реле блокування відключається, готуючи коло живлення стартера для подальшого включення і пуску двигуна [68].

Сьогодні використовуються реле блокування стартера типу РБС.111.3733.00, 88.3777, 2602.3747 тощо (рис. 3.20)



Рис. 3.20. Реле блокування стартера 2602.3747 для автомобілів КаМАЗ, КрАЗ

Також встановлюються реле блокування стартера і на автомобілях відомих закордонних брендів – рис. 3.21.

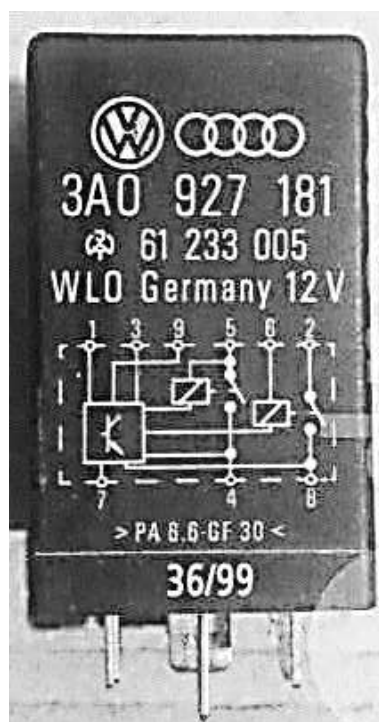


Рис. 3.21. Реле блокування стартера автомобілів концерну VAG.

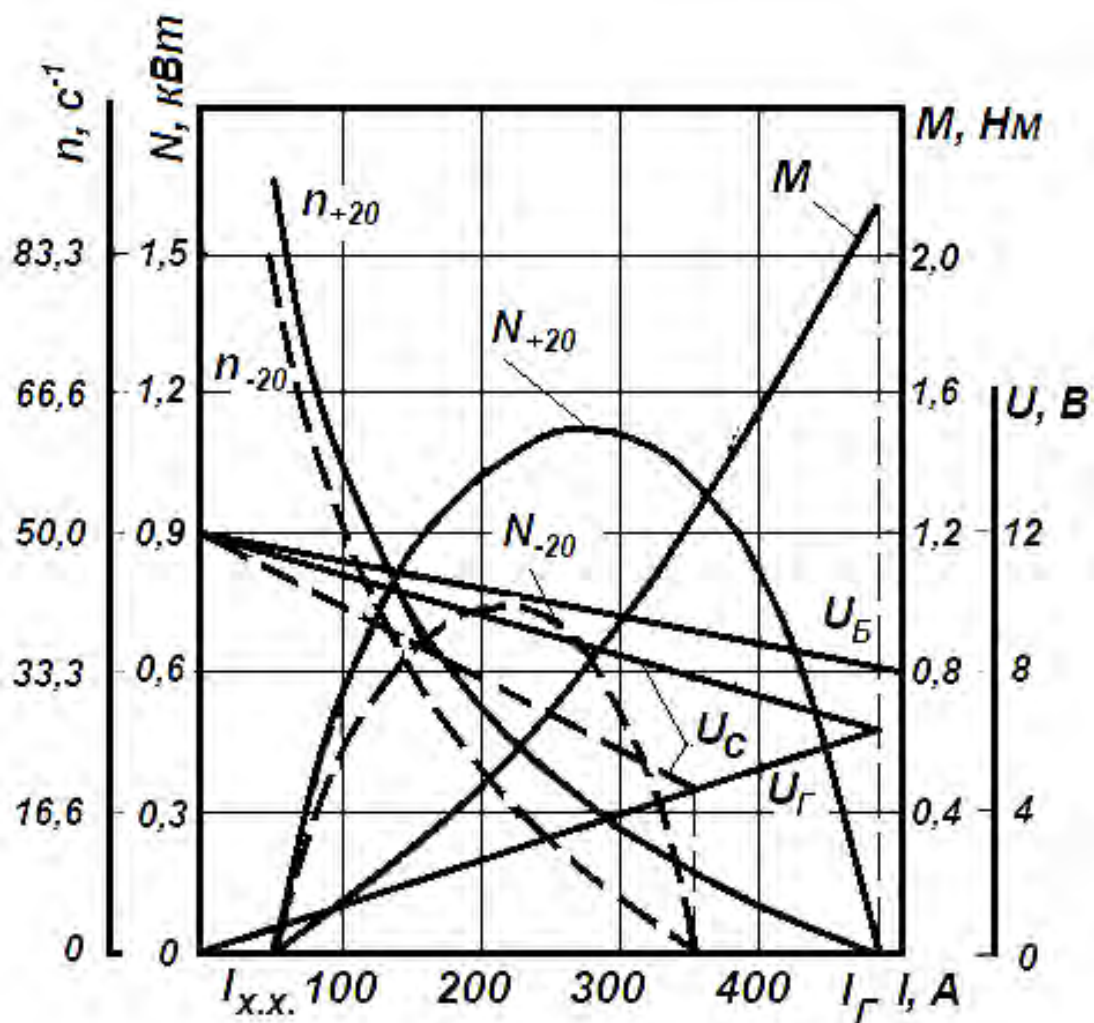
Якщо повернутися на початок даного пункту і проаналізувати, вже на базі отриманої інформації, призначення додаткового реле стартера типу РС502 і реле блокування стартера типу РБ1, то можна зробити висновок, що реле блокування, за визначенням, дещо дублює частину функцій реле РС502, чим можна пояснити те, що в сучасних системах електрообладнання мобільних машин реле блокування стартера дуже часто не використовується.

3.6. Електромеханічні характеристики стартерів

Властивості електростартерів оцінюють за електромеханічними характеристиками.

Електромеханічні характеристики представляють по різному. Досить поширеним варіантом є представлення їх у вигляді залежностей напруги на затискачах стартера U , корисної потужності N на валу, корисного крутного моменту M , частоти обертання якоря n і ККД електродвигуна стартера η від сили струму якоря I . Однак, такі детальні характеристики користуються популярністю у спеціалістів, які займаються обслуговуванням і ремонтом стартерів, що визначається рівнем підготовки спеціаліста. Виходячи з мети даного навчального видання на етапі початкового вивчення приладів електростартерного пуску насамперед необхідно забезпечити розуміння доцільності використання таких характеристик. Розглянемо електромеханічні характеристики на прикладі характеристик стартера СТ130-А1 – рис. 3.22.

При збільшенні моменту опору (гальмуванні якоря) електричний двигун стартера соживає значний струм і розвиває підвищений крутний



N – потужність; M – крутний момент; n – частота обертання якоря;
 U_B – напруга батареї; U_C – напруга на стартері; U_r – напруга гальмування (падіння напруги на стартері $U_r = R_{CT} \times I$)

Рис. 3.22. Електромеханічна характеристика стартера СТ130-А1 з акумуляторною батареєю 6СТ-90 при температурах +20 °С (суцільні лінії) та -20 °С (штрихові лінії) [32]

момент, що є необхідною умовою надійного пуску двигуна. На рис. 3.21 показані характеристики стартера типу СТ130-А1, де показані залежності зміни крутного моменту M , частоти обертання n і потужності стартера N від струму I , який споживає стартер.

З характеристик видно, що на холостому ході стартер розвиває максимальну частоту обертання. На цьому режимі крутний момент і потужність стартера дорівнюють нулю. Із збільшенням навантаження на стартертер струм, який споживається і крутний момент зростають, а частота бертання знижується [32].

На режимі повного гальмування якоря крутний момент і споживаний струм досягають максимальних значень, а потужність стартера стає рівною нулю. Контрольними точками для перевірки стартера на стенді є:

- ✓ на холостому ході – частота обертання, напруга;
- ✓ при повному гальмуванні – споживаний струм, крутний момент і напруга [32].

Електродвигун стартера розвиває максимальну потужність при споживаному струмі, який дорівнює половині максимального значення. На потужність стартера впливає ємність акумулятерної батареї, ступінь її розрядженості і температура [32].

З пониженням ємності батареї і температури електроліту потужність і крутний момент стартера падають внаслідок зростання внутрішнього опору батареї, зменшення напруги на клеммах стартера і споживаного струму. При поганому контакті в провідниках приєднання потужність стартера також різко знижується [32].

Передавальне число від стартера до колінчастого вала двигуна вибирають виходячи з того, щоб момент опору M_c двигуна, який відповідає найбільш важким умовам пуску, переборювався крутним моментом M стартера, який розвивається при споживаному струмі на рівні $\frac{2}{3} \times I_{\Gamma}$ (I_{Γ} – струм повного гальмування). При цьому повинна також бути забезпечена пускова частота обертання колінчастого вала. В подібних

умовах стартер розвиває потужність нижчу за максимальну лише на 12 %, але значно більший момент, що потрібно для надійного переборювання моменту опору прокручування колінчастого вала двигуна [32].

Вплив опору джерела і мережі живлення на робочі і механічні характеристики стартерних електродвигунів вимагають визначення умов, при яких визначається номінальна потужність стартера.

Номінальною вважають найбільшу корисну потужність N_H у короткочасному режимі роботи при живленні від акумуляторної батареї максимально припустимої ємності, встановленої в технічних умовах на стартер, при ступені зарядженості батареї 100 %, температурі електроліту +20 °С, на першій спробі пуску двигуна, без обліку падіння напруги в стартерній мережі. Номінальній потужності відповідають сила струму I_H , частота обертання n_H і крутний момент M_H . Пускова потужність N_P визначається як найбільша корисна потужність у короткочасному режимі роботи при живленні від акумуляторної батареї, зарядженої на 75 %, при температура –20 °С в кінці третьої спроби пуску двигуна з урахуванням падіння напруги в провідниках [24].

3.7. Допоміжні електричні пристрої для полегшення пуску двигунів внутрішнього згоряння мобільних машин

3.7.1. Короткі відомості про допоміжні пристрої і заходи для полегшення пуску

Як вже вказувалось в попередньому пункті за різних погодних умов витрати електричної енергії на пуск двигуна різні, що може унеможливити приведення його в робочий стан. За таких умов в конструкціях мобільних машин передбачають пристрої, які здатні

істотно полегшити процес пуску. Особливо це стосується пуску двигуна внутрішнього згоряння в умовах низьких температур.

Пуск двигунів в умовах низьких температур утруднений в результаті впливу ряду факторів. Так наприклад, при низьких температурах:

- погіршуються характеристики електропускової системи через погіршення характеристик акумуляторної батареї;
- різко зростає момент опору обертання колінчастого вала двигуна при пуску, що є наслідком підвищення в'язкості оливи при зниженні температури.

На пуск дизелів впливає і температура повітря, яке надходить в циліндри. Холодне повітря при стисканні не нагрівається до температури, необхідної для займання палива, яке впорскується.

Розрізняють три основні напрямки забезпечення пуску двигуна при низьких температурах:

- підтримку високих характеристик електричної мережі системи пуску;
- підігрів двигуна, що забезпечує підвищення температури охолоджуючої рідини і оливи;
- підігрів повітря у впускному трубопроводі дизеля [114].

3.7.2. Засоби полегшення пуску двигунів

Для пуску як карбюраторних двигунів, так і дизелів при температурі навколишнього середовища $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ повинні застосовуватися *пристрої полегшення пуску холодного двигуна*, а при температурі $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ і нижче - *системи передпускового підігріву*.

Найбільшого поширення набули пристрої, які полегшують пуск дизелів. Сюди можна віднести наступні пристрої [114]:

- пристрої, що підвищують температуру в кінці такту стискання (свічки підігріву і електрофакельний підігрів впускного повітря);
- пристрої, що забезпечують калоризаторное займання впорснутого в циліндри палива (свічки розжарювання);
- пристрої, які здійснюють подачу легкозаймистої рідини в циліндри двигуна.

Для бензинових двигунів застосовують пристрої впорскування легкозаймистої рідини, що має компоненти з низькою температурою самозаймання. Застосування таких рідин полегшує запалювання палива і підвищує ефективність його згоряння. Пускова рідина впорскується в трубопровід або патрубок повітряного фільтра.

Використовуються також і засоби підтримки високих характеристик електричної мереї системи пуску, які передбачають підігрів акумуляторних батарей та забезпечення високої напруги живлення стартера під час пуску двигуна, що досягається трьома способами [114]:

- утепленням акумуляторної батареї;
- застосування передпускової підзарядки акумуляторної батареї;
- використання допоміжних джерел живлення стартера під час пуску.

Утеплення акумуляторної батареї здійснюється установкою її в теплоізований контейнер з повстю або скловатою, при цьому необхідно забезпечити відведення газу з отворів пробок. В окремих конструкціях акумуляторних батарей передбачається встановлення засобів підігріву електроліту в моноблоці. Передпускова підзарядка акумуляторної батареї рекомендується при температурі електроліту

нижче $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Полягає вона в зарядці акумуляторної батареї струмом $0,9C_{20}$ А протягом 10 хв. Передпускова підзарядка дозволяє різко підвищити енергетичні характеристики акумуляторної батареї при низькій температурі електроліту [114].

3.7.3. Допоміжні джерела живлення стартера

Допоміжні джерела живлення стартера бувають двох типів [114]:

- автономні;
- не автономні.

Автономні джерела живлення стартера, наприклад Е536, являють собою візок із змонтованими на ньому акумуляторними батареями, які обладнані перемикачем на номінальну напругу 12 або 24 В. Такі джерела живлення вимагають періодичної підзарядки встановлених на них акумуляторних батарей. Перевагою автономних джерел живлення є можливість їх використання в польових умовах і при відсутності електричних ланцюгів трифазного струму [114].

Не автономні джерела живлення стартера не можуть функціонувати без трифазної мережі. Випускаються допоміжні джерела живлення стартерів типу Е307 і Е312, які живляться від трифазної мережі і являють собою трифазний трансформатор з випрямлячем, змонтовані на візку. Установки Е307 і Е312 забезпечують живлення електричної пускової системи з номінальною напругою 12 і 24 В [114].

До зовнішньої характеристики допоміжних джерел живлення, яка являє собою залежність напруги U на виході від струму навантаження I , висуваються певні вимоги. Характеристика джерела не

повинна бути вище характеристики, яка визначається формулою $U = 24 - 0,01 \times I$ для електричних пускових систем з номінальною напругою 12 В і формулою $U = 24 - 0,01 \times I$ для електричних пускових систем з номінальною напругою 24 В. Зазначене обмеження обумовлено тим, що при занадто великій потужності допоміжного джерела можливі виходи з ладу стартера [114].

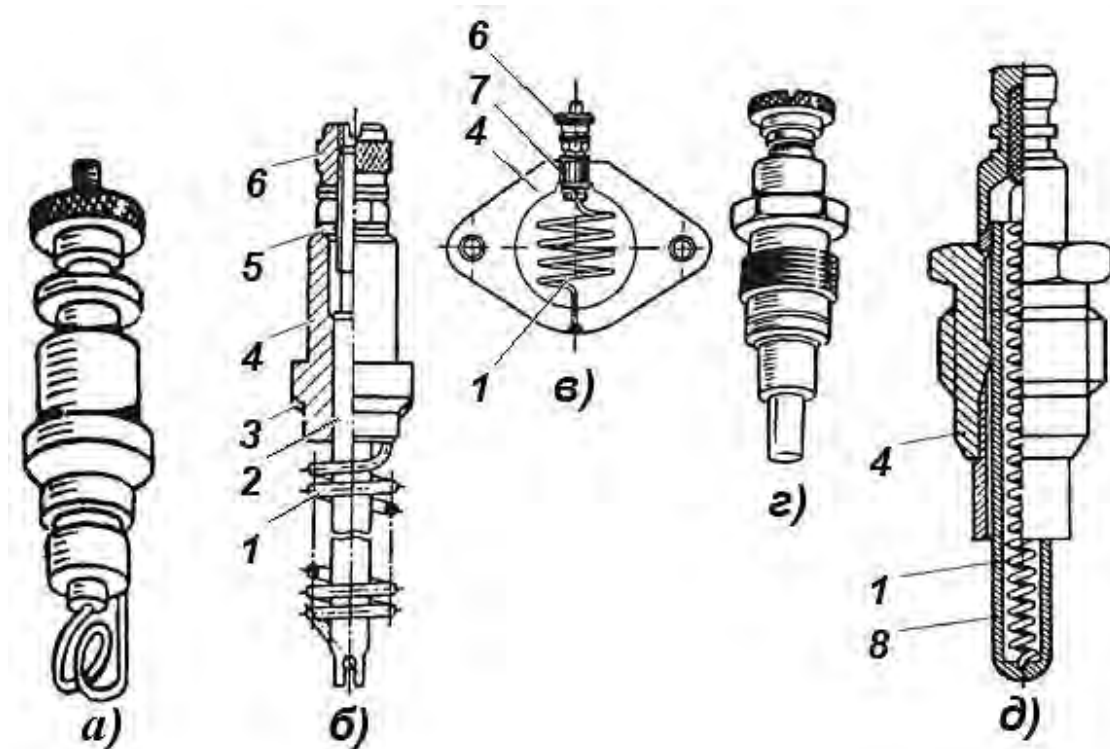
3.7.4. Свічки розжарювання

Для підігріву двигуна застосовуються спеціальні пристрої, які встановлюються на мобільній машині. Для підігріву повітря, яке подається до циліндрів двигуна застосовуються електрофакельні пристрої, для підігріву охолоджуючої рідини – рідинні підігрівачі.

Свічки розжарювання застосовуються для полегшення пуску дизелів. Вони бувають з відкритою спіраллю і зі спіраллю, розташованою усередині захисного кожуха (штифтові свічки) – рис. 3.23 [114].

Свічку розжарювання з відкритим нагрівальним елементом встановлюють в камері згоряння таким чином, щоб струмені розпилюваного палива не доторкалися спіралі. Попадання частинок палива на спіраль хоча і покращує процес запалювання палива, але різко скорочує термін служби свічки. Штифтові свічки розжарювання встановлюються таким чином, щоб конус струменів розпорошується палива доторкався кінця її кожуха – рис. 3.24.

Свічки розжарювання із закритою спіраллю мають більший строк служби і меншими габаритними розмірами. Вони випускаються однопровідними (один кінець спіралі на «масі») і з'єднуються між

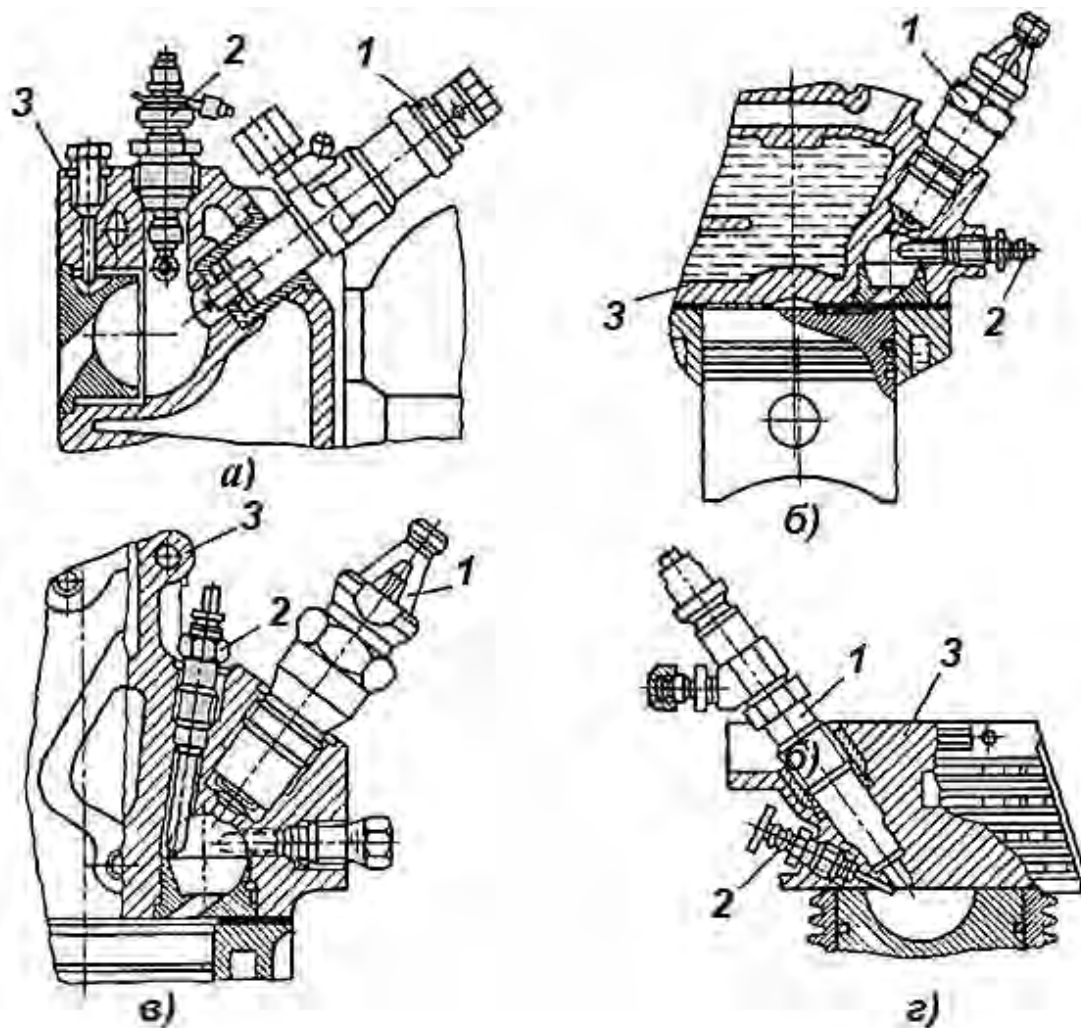


а, б – з відкритою спіраллю; в – фланцева; г, д – із закритою спіраллю (штифтові); 1 – спіраль розжарювання; 2 – стрижень; 3 – ущільнювальна шайба; 4 – корпус; 5 – ізоляційна шайба; 6 – контактна гайка; 7 – ізоляційна втулка; 8 – кожух

Рис. 3.23. Свічки розжарювання [114]

собою паралельно. Свічки розжарювання з відкритою спіраллю випускаються двополюсними (обидва кінці спіралі ізолювані від корпусу). Час нагріву свічки розжарювання до пуску дизеля 30 ... 60 с, сила споживаного струму 40 ... 50 А [114].

Кращий тепловідвід від спіралі 1 (рис. 3.24, в) забезпечується при використанні фланцевих свічок розжарювання, які встановлюють в роз'ємах впускного трубопроводу, що призводить до великої різноманітності їх конструкцій, але ускладнює конструкцію трубопроводу.



а – з відкритою спіраллю (дизель типу Д-50); б – з закритою спіраллю (дизель типу Д-37); в, г – з закритою спіраллю (сучасні дизелі виробництва Volkswagen); 1 – паливна форсунка; 2 – свічка розжарювання; 3 – оловка циліндра

Рис. 3.24. Встановлення свічок розжарювання в камерах згоряння двигунів різних виробників і років випуску [113]

Внаслідок підігріву повітря у впускному трубопроводі свічкою розжарювання типу СН-150 на $20 \dots 35^{\circ}\text{C}$ підвищується температура в циліндрі наприкінці такту стискання, в результаті чого на $5 \dots 10^{\circ}\text{C}$ знижується мінімальна температура пуску двигуна. Через втрату

теплоти при великій довжині трубопроводу знижується ефективність роботи свічок розжарювання в умовах низьких температур. Тому їх використовують на дизелях з малими робочими об'ємами, пуск яких повинен забезпечуватися до температури навколишнього середовища $-12 \dots -17^{\circ}\text{C}$ [114].

Під час пуску двигуна спіраль свічки розжарювання нагрівається до температури $900 \dots 1050^{\circ}\text{C}$. Свічки розжарювання залишаються під напругою (від 1,2 до 1,7 В). Після початку самостійної роботи двигуна свічки розжарювання повинні бути відключені [114].

Свічки розжарювання для підігріву повітря встановлюються у впускному колекторі двигуна і підігрівають повітря, яке подається до циліндрів двигуна. Відносно невисока потужність свічок розжарювання для підігріву (400 ... 1000 Вт) обмежує їх застосування на дизелях з робочим об'ємом до 5 л [114].

Дизельний двигун сучасної мобільної машини обладнується свічками розжарювання різної конструкції, але, як правило, не розбірними, що унеможлиблює їх ремонт – рис. 3.25.

Будова і робота системи полегшення пуску з використанням свічок розжарювання, які встановлюються безпосередньо в камеру згоряння полягає в наступному. Свічки розжарювання являють собою потужні споживачі електричної енергії, ефективна робота яких потребує і потужної системи електрозабезпечення, основою якої є електронний блок управління. До складу електронного блоку управління входить потужне реле, включення якого після повороту ключа в замку запалювання супроводжується добре чутним клацанням.

Одночасно на панелі приладів повинен загорітися контрольний індикатор свічок розжарювання (у вигляді спіралі). Через деякий час, залежно від температури охолоджуючої рідини, індикатор згасне,



а)



б)



в)



г)

а – свічка розжарювання Bosch 0 250 202 022; б – свічка розжарювання Maxgear 066-0002; в – не розділена камера згоряння; г – розділена камера згоряння

Рис. 3.25. Свічки розжарювання в камерах згоряння різних типів сучасних дизельних двигунів

вказуючи, що повітря в камері згоряння готове до прийому порції палива. Частина палива, яке подається, обов'язково потрапляє на розпечений штифт свічки, що також сприяє поліпшенню пуску.

Не загоряння індикатора або його тривале світіння (час роботи системи залежить від конкретної моделі дизеля) вказують на появу в системі передпускового підігріву несправностей [44].

Якщо індикатор не працює, то починати шукати причину відмови слід з перевірки запобіжника, що захищає ланцюг системи від перевантажень. Якщо запобіжник справний, тоді, швидше за все, несправний датчик температури. Не було чутно клацання реле – це вказує на можливу його несправність. Тривале світіння індикатора на панелі приладів вказує на необхідність заміни теплового вимикача. Причому, якщо цього не зробити вчасно, справа може закінчитися оплавленням і перегоранням теплового штифта свічки.

Індикатор може і зовсім не сигналізувати про деякі несправності в системі електропідігріву. Наприклад, він не покаже, що з'явилися збої в роботі хоча б одної свічки, що, як правило, приведе до проблематичного пуску двигуна. З приводу діагностики і усунення несправностей реле і датчиків бажано звертатися на СТО, а от перевірка і заміна свічок розжарювання може бути здійснена і без спеціального обладнання [44].

Перевірку свічок розжарювання починають з того, що з'ясовують, чи подається на них напруга. Для цього використовують омметр або вольтметр, а при їх відсутності – контрольну лампу, яку одним виводом з'єднують з «масою» машини, а іншим доторкаються клемних виводів свічок. Загоряння контрольної лампи вказує на наявність напруги. Наступний крок - від'єднують від шини свічок провід живлення. Тепер один вивід контрольної лампи з'єднують з «плюсом» акумуляторної батареї, інший - по черзі з кожною свічкою. Загоряння контрольної лампи показує, що свічка справна [44].

У деяких інструкціях по ремонту вказується, що роботу свічок розжарювання можна перевірити через отвори під форсунки, попередньо видаливши останні з гнізд, і спостерігаючи, як світяться розпечені штифти свічок. Перед установкою нових свічок доцільно очистити гнізда під свічки від нагару, який може тут збиратися і здатний привести до замикання на

«масу». Особливу увагу приділяють зворотній установці форсунок. Якщо робити це неакуратно, дуже легко можна відламати шматок стінки гнізда форсунки і пошкодити головку циліндрів [44].

Щоб остаточно переконатися, що на ускладнений пуск двигуна впливали саме свічки, можна подати напругу від «плюса» акумуляторної батареї на клему старої свічки, а від «мінуса» - на корпус. Якщо калильний штифт миттєво не почне нагріватися, а потім не розжариться до яскравого світіння, яке повинно починатися від кінчика штифта, то діагностується відмова свічки розжарювання [44].

Для забезпечення пуску дизелів з великим робочим об'ємом замість свічок розжарювання і підігріву застосовують електрофакельні підігрівачі повітря і електрофакельні штифтові свічки. Перед пуском дизеля спочатку включається спіраль розжарювання. Після її нагрівання подається напруга на котушку електромагнітного клапана, в результаті чого клапан відкривається і паливо подається на розпечену спіраль, випаровується і перемішується з повітрям, яке подається до циліндра. Паливноповітряна суміш запалюється і утворюється полум'я, яке нагріває повітря, що надходить в циліндри. Після пуску двигуна підігрівач вимикають. Паливний клапан під дією пружини перекриває подачу палива, і горіння припиняється [114].

Застосування такого підігрівача дозволяє знизити граничну температуру пуску холодного двигуна на 10 ... 15 °С.

Застосування розглянутих способів полегшення пуску в поєднанні з використанням олив малої в'язкості, зимових сортів палива, акумуляторних батарей з поліпшеними стартерними характеристиками забезпечує пуск холодних двигунів при температурах до -30 °С [114].

Пуск двигуна при більш низьких температурах можна здійснювати з використанням передпускового підігріву. При цьому підігрівається олива в картері, в результаті чого знижується його в'язкість і забезпечується задовільне прокачування по магістралях і каналах системи мащення і, як наслідок, зменшується момент опору і зростає частота обертання колінчастого вала при пуску двигуна [114].

Випускається багато різних передпускових підігрівачів, які працюють на тому ж паливі, що і двигун, однак розгляд їх конструкцій не передбачений змістом даного навчального видання.

Час підготовки двигуна до прийняття навантаження (розігрів, пуск і прогрів в режимі холостого ходу) із застосуванням передпускового підігрівача і підігріву акумуляторної батареї при температурі 60 °C не повинен перевищувати 45 хв [114].

3.8. Основні несправності та технічне обслуговування стартера і його обладнання

3.8.1. Основні несправності стартера і його обладнання

Ефективність експлуатації мобільної машини істотно залежить від роботи приладів системи пуску, яка знижується при виході їх з ладу. Одним з основних і досить коштовним приладом системи пуску є стартер і саме він має досить значний перелік несправностей, які необхідно попереджати і ліквідовувати в процесі відповідних ремонтно-обслуговуючих міроприємств. Інші прилади системи пуску двигуна внутрішнього згоряння і системи полегшення пуску, такі як реле вмикання стартера, реле блокування стартера, свічки розжарювання тощо виконані за принципом простої заміни при виході з ладу, а окремі операції з

технічного обслуговування приведені в попередніх пунктах, де викладена їх конструкція. За таких умов доцільно розглянути основні несправності і обслуговування саме стартера.

До основних несправностей стартера належать [63]:

- забруднення і обгоряння колектора;
- знос і зависання щіток;
- пробуксовка або заклинювання муфти вільного ходу;
- рознос обмоток якоря (випадання обмоток з пазів якоря);
- підгоряння контактів включення стартера в тяговому реле;
- ослаблення затяжки кришок стяжними гвинтами;
- вигорання ізоляційних шайб і пластин щіткотримачів;
- заїдання якоря тягового реле у втулці котушки;
- знос підшипників ;
- заїдання приводу на валу якоря стартера;
- обрив обмоток тягового реле;
- ослаблення буферної пружини.

3.8.2. Основні правила технічного обслуговування стартера і його обладнання

📖 При технічному обслуговуванні стартера слід спочатку перевірити стан провідників і клем ланцюга стартера.

📖 Особливу увагу слід звернути на стан колектора і щіток стартера. Робоча поверхня колектора повинна бути гладкою і не мати значного підгоряння. У разі забруднення робочу поверхню треба протерти чистою ганчіркою, змоченою в бензині. Якщо бруд і сліди підгоряння не вдасться усунути, то колектор слід зачистити дрібною шкіркою

(зернистістю 80 ... 100). Якщо і при цьому сліди підгоряння не будуть усунуті, стартер необхідно розібрати і колектор проточити у токарному верстаті. Шорсткість обробки повинна бути не нижче 7-го класу.

Щітки повинні вільно, без заїдань переміщатися в щіткотримачах і не повинні мати надмірного зносу.

При технічному обслуговуванні стартера перевіряють затяжку гвинтів, що кріплять наконечники щіткових канатиків до щіткотримачів, і при необхідності підтягують їх.

Перевіряють стан контактів тягового реле стартера, а контактну коробку очищають від пилу. У разі значного підгоряння контактів їх слід зачистити дрібною шкіркою або плоским оксамитовим напилком. Якщо контактні болти мають значний знос в місці зіткнення з контактним диском, їх слід повернути на 180 °.

При перевірці та регулюванню вильоту шестерні стартера плюсову клему акумуляторної батареї треба з'єднати з вивідною клемою обмоток тягового реле стартера, а мінусову клему – з корпусом («масою») стартера. Якір реле при цьому втягується і висуває шестерню. Зазор між торцем шестерні і упорним кільцем заміряють за допомогою металевої лінійки.

Для видалення пилу стартер продувають повітрям, а при сильній забрудненості внутрішньої порожнини стартера слід його розібрати і очистити.

Кришки стартера і привід очищають від бруду за допомогою ганчірки, змоченої в гасі. Зазначені деталі забороняється мити у ванні з гасом, щоб уникнути вимивання змащення з пористих бронзографітових підшипників ковзання і муфти вільного ходу приводу [63].



РОЗДІЛ 4.

ПРИЛАДИ СИСТЕМИ ЗАПАЛЮВАННЯ

4.1. Загальні відомості про систему запалювання

Сьогодні на бензинових двигунах використовується іскрова система запалювання, тобто система, відмінною ознакою якої є запалювання суміші електричним розрядом, що пробиває повітряний проміжок між електродами свічки запалювання.

Сучасні системи запалювання забезпечують роботу двигунів, які працюють на різних видах палива, включаючи бензин, газ природний і генераторний тощо.

4.2. Призначення, сновні вимоги, класифікація та принципові схеми систем запалювання

Система запалювання призначена для збільшення напруги акумуляторної батареї до рівня, потрібного для виникнення електричного розряду, і подавання його в потрібний момент часу на

відповідну свічку запалювання. Відомі системи запалювання в момент запалювання дістають необхідну енергію не безпосередньо від акумуляторної батареї, а від проміжного накопичувача енергії. Залежно від його типу є системи з накопиченням енергії у котушці індуктивності, тобто в *індуктивності* і в конденсаторі, тобто в *ємності*.

До сучасних систем запалювання висуваються численні вимоги, а саме [81]:

- *вторинна напруга має забезпечувати стійке безперебійне іскроутворення на всіх режимах роботи двигуна;*
- *енергії іскрового розряду має вистачати для займання суміші на всіх режимах роботи двигуна;*
- *стійке іскроутворення в різних умовах (забруднені свічки, коливання напруги живлення, різка зміна температури тощо);*
- *стійка робота за значних механічних навантажень, які спричиняють прискорення та вібрації (прискорення, що діють на електроустаткування сучасних автомобілів, досягають 20-40 g, а іноді - 80 g, діапазон частот вібрації також досить широкий);*
- *надійна робота і великий ресурс елементів та системи загалом;*
- *простота обслуговування агрегатів запалювання, головним чином, переривника-розподільника, кількість регулювань, налагоджень, зачищень має бути мінімальна;*
- *мінімально можливий споживаний струм;*
- *мінімальні розміри й маса агрегатів;*
- *мінімальні вартість агрегатів і трудомісткість їх виготовлення;*
- *технологічність конструкцій агрегатів з огляду на їх масовий випуск.*

Більшість із названих вимог полягають в тому, що система запалювання повинна володіти запасом необхідної кількості енергії, яка повинна безперервно зростати у зв'язку з форсуванням режимів роботи двигунів. Інакше кажучи, *система має створювати задану вторинну напругу незалежно від умов експлуатації та режимів роботи двигуна.*

Системи запалювання класифікують за такими ознаками [81]:

- *за способом отримання високої напруги для запалювання робочої суміші:*
 - ✓ системи запалювання від магнето;
 - ✓ батарейне запалювання;
- *за типом накопичувача енергії:*
 - ✓ системи запалювання з накопиченням енергії в індуктивності;
 - ✓ системи запалювання з накопиченням енергії в ємності;
- *за способом комутації струму в первинній обмотці котушки запалювання:*
 - ✓ контактні;
 - ✓ контактно-транзисторні;
 - ✓ контактно-тиристорні;
 - ✓ безконтактні транзисторні;
 - ✓ цифрові системи запалювання;
- *за ознакою нормування часу накопичення енергії:*
 - ✓ системи з не нормованим часом накопичення енергії у котушці запалювання;
 - ✓ системи з нормованим часом накопичення енергії у котушці запалювання;
- *за способом розподілу запалювання між циліндрами двигуна:*

- ✓ системи з високовольтним розподілом запалювання;
- ✓ системи з низьковольтним розподілом запалювання.

Система запалювання від магнето. Магнето - це генератор змінного струму з постійними магнітами, який конструктивно поєднаний з індуктивною котушкою й переривником, а в окремих випадках і з розподільником. Запалювання від магнето, як правило, використовується на тракторах, і машинах, де відсутня акумуляторна батарея.

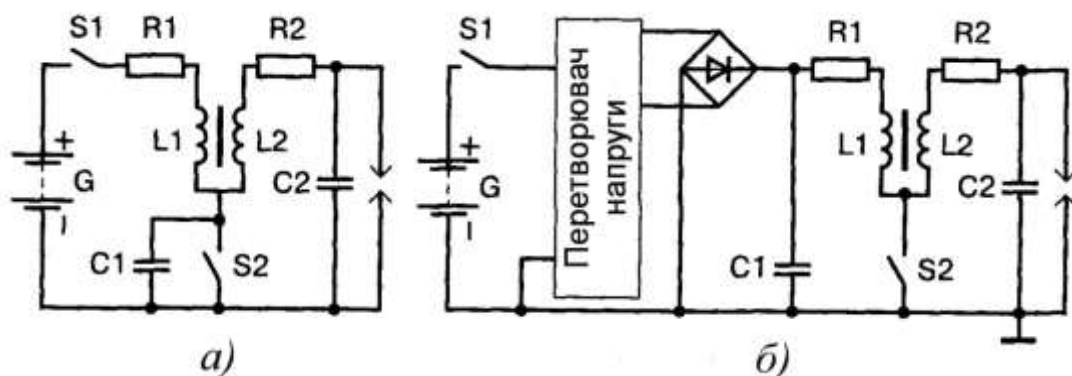
У системах батарейного запалювання струм низької напруги (номінальне значення - 12 В) перетворюється на імпульси високої напруги. Джерелом електричної енергії у цих системах є акумуляторна батарея або генератор.

Системою з накопиченням енергії в індуктивності називається система, в якій енергія, необхідна для створення високої напруги, акумулюється в індуктивності первинної обмотки котушки запалювання.

У системах із накопиченням енергії у ємності енергія для іскрового розряду накопичується в конденсаторі, а як комутуючий елемент використовується транзистор (*тиристорна система запалювання*). У цих системах котушка застосовується лише для перетворення напруги.

В обох випадках, як у систем з накопичення енергії в індуктивності, так і в систем з накопиченням енергії у ємності, для отримання імпульсу високої напруги використовується котушка запалювання – рис. 4.1 [9].

Котушка запалювання являє собою високовольтний трансформатор, який включає дві обмотки: первинну з малою кількістю витків і опором розміром в частки і одиниці Ома і вторинну



а - з накопиченням енергії в індуктивності; б - з накопиченням енергії в ємності

Рис. 4.1. Принципові схеми систем запалювання [9]

з великою кількістю витків і опором в одиниці і десятки кОм. Коефіцієнт трансформації котушки лежить в межах 50 ... 150.

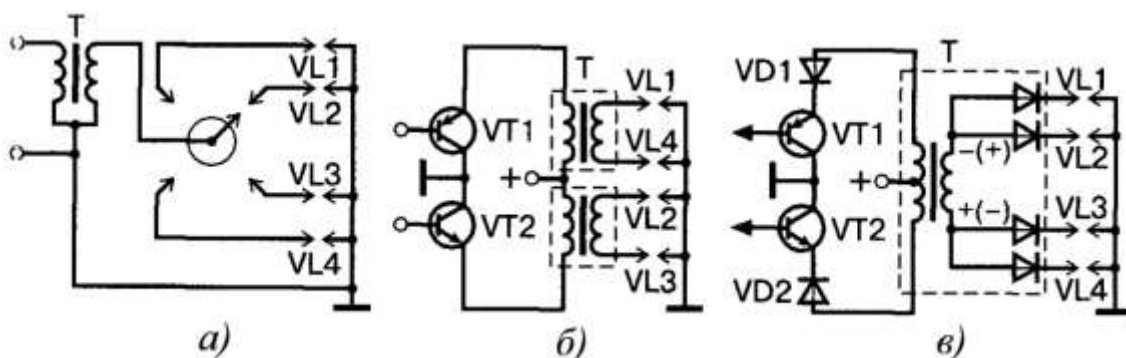
Значну кількість енергії, яка потрібна для займання робочої суміші, накопичити в конденсаторі прийнятних розмірів за досить низької напруги бортової мережі практично неможливо. Тому система запалювання з накопиченням енергії у ємності (рис. 4.1, б) обладнана високовольтним перетворювачем напруги. Таке ускладнення схеми не дає істотних переваг, тому системи з накопиченням енергії в ємності на автомобілях широкого застосування, на даний час, не знайшли.

Принцип роботи системи запалювання згідно схеми, зображеної на рис. 4.1, а, характерний практично для всіх систем запалювання, що встановлюються на автомобілях.

У системах із *ненормованим часом накопичення енергії* час накопичення енергії визначається параметрами сигналу датчика і залежить від частоти обертання колінчастого вала двигуна (кута замкнутого стану контактів, або ж часу протікання струму через котушку запалювання).

У системах із нормованим часом накопичення енергії час накопичення енергії майже не залежить від частоти обертання колінчастого валу двигуна.

Розподіл енергії між циліндрами може здійснюватися як на високовольтній, так і на низьковольтній частині схеми системи запалювання – рис. 4.2 [9].



а - високовольтний розподіл запалювання; б - низьковольтний розподіл запалювання з двохвивідною котушкою запалювання; в - низьковольтний розподіл запалювання з чотирьохвивідною котушкою запалювання

Рис. 4.2. Способи розподілу енергії між циліндрами ДВЗ [9]

При низьковольтному розподілі кожна котушка запалювання обслуговує два або чотири циліндри. У першому випадку котушка має два високовольтних виводи (двох вивідна котушка), у другому чотири (чотирьох вивідна). Імпульси напруги на обох виводах двохвивідної котушки з'являються одночасно, але один з них подається в циліндр на такті стискання і забезпечує займання робочої суміші, в іншому циліндрі в цей час надлишковий тиск відсутній і виділена в іскрі енергія витрачається вхолосту. Чотирьохвивідна котушка укомплектована первинною обмоткою, яка складається з двох секцій. Дві секції

первинної обмотки працюють поперемінно. Високовольтні діоди забезпечують розділення електричних кіл, оскільки високовольтні імпульси такої системи різнополярні. Це є недоліком системи з чотирьох вивідною котушкою, оскільки, в залежності від полярності імпульсу, пробивна напруга на свічці може відрізнятись на 1,5 ... 2 кВ. Котушка може обслуговувати і один циліндр, в цьому випадку вона зазвичай розташовується на свічці [9].

В даний час кількісно найбільш поширений високовольтний розподіл запалювання, однак розвиток електроніки дозволяє перейти, вірніше повернутися, до низьковольтного розподілу, як, наприклад, на перших автомобілях фірми «Форд», де були чотири переривники і чотири котушки запалювання, що і спостерігається на останніх моделях бензинових двигунів [9].

4.3. Сутність процесу запалювання робочої суміші електричним розрядом

В даному пункті окреслені тільки концептуальні підходи щодо процесу запалювання, які здійснені на основі робіт [9, 57, 81, 121] без складних теоретичних викладок.

Процес запалювання робочої суміші двигуна електричною іскрою розглядався дотепер у рамках двох видів теорій: *теплової* та *іонізуючої*. Згідно з першою теорією, причиною згоряння суміші є локальне тепловиділення, згідно з другою - електророзрядом створюється сильна іонізація газу та висока місцева концентрація активних частин. Внаслідок подібності явищ теплопередачі й дифузії

активних частин обидва види теорій дають схожі математичні рішення і не суперечать один одному [81].

Якщо розглядати іскровий розряд як миттєве точкове джерело теплоти, то можна вважати, що протягом дуже короткого часу до високої температури нагрівається невеликий кульоподібний об'єм газу, а це вимагає затрат певної кількості енергії. Кількість енергії залежить від багатьох факторів. Зі збільшенням ступеня стискання енергія, потрібна для запалювання суміші, зменшується. При оптимальному значенні коефіцієнта надлишку повітря α для запалювання паливної суміші необхідна енергія в декілька десятих часток міліджоуля. Проте, враховуючи значну зміну α , а також вимоги стабільного запалювання і холодного пуску двигуна, енергія іскри повинна значно перевищувати наведене значення і бути не менше 15 - 30 мДж. Енергія іскри сучасних систем запалювання становить 20 - 100 мДж [81].

Напруга, прикладена до електродів свічки, має перевищувати пробивну напругу $U_{\text{пр}}$, яка визначається як мінімально потрібна напруга для електричного пробоя іскрового зазору між електродами свічки.

Пробивна напруга залежить від багатьох факторів. За законом Фрідріха Пашена, пробивна напруга пропорційна тиску в циліндрі двигуна p та зазору між електродами свічки δ , і обернено пропорційна температурі паливної суміші T :

$$U_{\text{пр}} = \frac{p \times \delta}{T}. \quad (4.1)$$

Зі збільшенням зазору між електродами свічки пробивна напруга зростає. Крім того, на її значення впливає і форма електродів (*у загострених електродів пробивна напруга менша*). Якщо електроди

мають різну форму (голка-площина), то пробивна напруга залежатиме від їхньої полярності (*пробивна напруга менша, коли голка (як правило це центральний електрод) підключена до позитивного вивода*).

Підвищення тиску збільшує пробивну напругу оскільки для появи іонізації необхідно, щоб електрон на шляху вільного пробігу (тобто між двома зіткненнями, коли він вільний від взаємодії) встиг набрати швидкість, достатню для здійснення процесу іонізації. Шлях вільного пробігу електрона залежить від густини заряду наступним чином: чим більша кількість молекул газу в 1 см^3 і тим коротша відстань вільного пробігу, а отже електрон рухатиметься з більшим прискоренням і для пробою потрібно прикласти більшу напругу [81].

Підвищення температури зменшує пробивну напругу, оскільки зменшується густина газу. Центральний електрод свічки запалювання працюючого двигуна нагрітий до температури $700 \dots 800 \text{ }^\circ\text{C}$ і оточений тонкою плівкою газу меншої густини, що полегшує виникнення іонізації, і пробивна напруга знижується.

При пуску холодного двигуна стінки циліндрів і електроди свічки холодні, паливно-повітряна суміш має низьку температуру і не однорідна. При стискуванні суміш погано прогрівається, і краплі пального погано випаровуються. В міжелектродному просторі свічки така суміш потребує збільшення пробивної напруги на $15 \dots 20 \%$.

Збільшення частоти обертання колінчастого вала двигуна на початку викликає певне збільшення пробивної напруги внаслідок зростання тиску, проте надалі $U_{\text{пр}}$ зменшується, оскільки погіршується наповнення циліндрів свіжою сумішшю і зростає температура центрального електроду свічки запалювання [81].

Із збільшенням навантаження на двигун, що супроводжується збільшенням відкриття дросельної заслінки, пробивна напруга зростає.

Це пояснюється покращенням (збільшенням) наповнення циліндрів свіжим зарядом і, відповідно, збільшенням тиску при стисканні [81].

При бідній суміші пробивна напруга вища, ніж при багатій. Незначне збіднення суміші спричинює спад температури центрального електрода й зростання пробивної напруги. Крім цього, під час роботи на збіднених сумішах потрібно збільшувати зазор між електродами для забезпечення формування осередка спалаху, що також вимагає зростання пробивної напруги [81].

Підвищення ступеня стискання також веде до зростання пробивної напруги.

На величину пробою впливає і форма прикладеної напруги, склад суміші й умови роботи двигуна. Максимальна пробивна напруга має бути під час пуску двигуна, особливо за низьких температур, і під час розгону двигуна.

Підвищення надійності системи запалювання пов'язане зі створенням потрібного запасу вторинної напруги, який оцінюється коефіцієнтом запасу.

Коефіцієнт запасу системи запалювання оцінюють відношенням максимальної величини вторинної напруги, що створює система запалювання, до пробивної напруги свічки:

$$K_3 = \frac{U_{2\max}}{U_{\text{пр}}} \quad (4.2)$$

Для забезпечення надійності роботи системи запалювання, необхідно приймати коефіцієнт запасу на рівні $K_3 = 1,4 \dots 1,6$.

Оскільки фронт полум'я розповсюджується з певною швидкістю, процес горіння робочої суміші в циліндрах двигуна відбувається не

миттєво, а розтягнений в часі. В такому випадку для повного згоряння робочої суміші та здобуття максимальної потужності й економічності роботи двигуна потрібно запалювати робочу суміш не в **ВМТ** такту стискання, а дещо раніше, тобто з деяким *кутом випередження запалювання*.

Кутом випередження запалювання називається кут виміряний в градусах на такті стискання між положенням кривошипа колінчастого вала у момент, коли на електродах свічки запалювання з'являється іскровий розряд і положенням того ж кривошипа колінчастого вала у момент, коли поршень знаходиться у ВМТ кінця такту стискання.

Кут випередження запалювання вибирають так, щоб на кожному режимі роботи максимум тиску, який створюється в циліндрі в процесі згоряння суміші, спостерігався через декілька градусів ($10 \dots 15^\circ$) після **ВМТ** з тим, щоб поштовх газів на поршень був максимальним [81].

На рис. 4.3 наведені залежності потужності N_e і питомої витрати палива g_e автомобільного двигуна від кута випередження запалювання. Кути випередження, за яких досягається максимальне значення потужності та економічності, називають *оптимальними*.

Оптимальний кут випередження запалювання визначається часом, який відводиться на згоряння суміші, і швидкістю горіння суміші. У свою чергу, час, відведений на згоряння, залежить від частоти обертання колінчастого вала, а швидкість горіння визначається складом робочої суміші й ступенем стискання.

Зі збільшенням частоти обертання колінчастого вала двигуна за один і той самий проміжок часу поршень проходить більший шлях, а колінчастий вал повертається на більший кут. Якби час згоряння пального залишався постійним при збільшенні частоти обертання

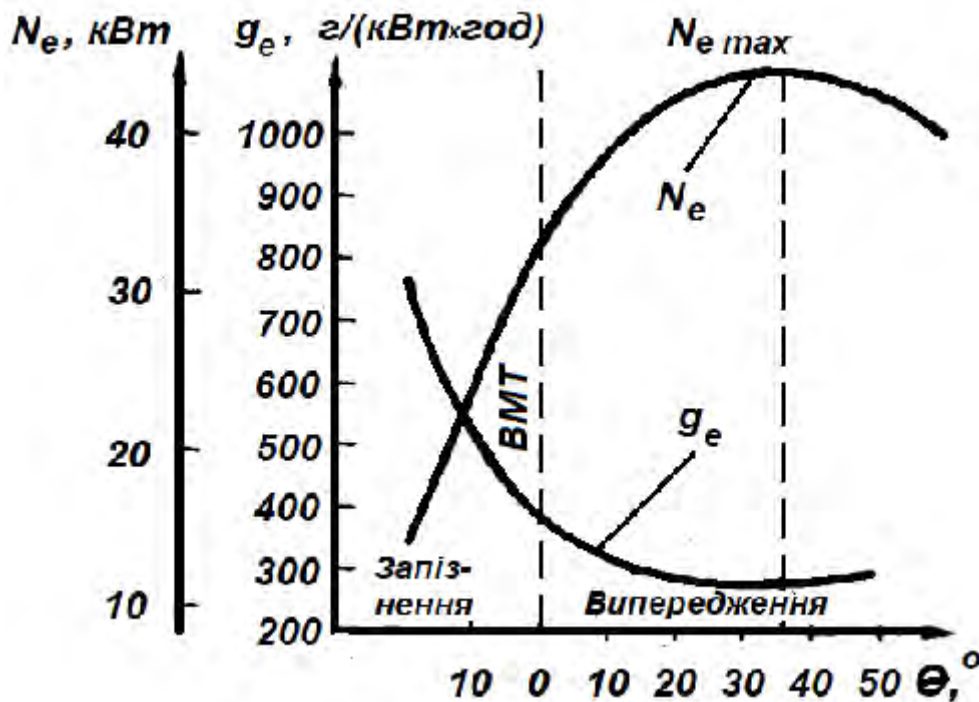


Рис. 4.3 - Вплив моменту запалювання на потужність та економічність двигуна [81]

колінчастого вала двигуна, то закон зміни оптимального кута випередження запалювання був би строго лінійним. Проте, внаслідок збільшення тиску і температури в циліндрі, а також через турбулентності суміші швидкість її згоряння в декілька разів збільшується, а час згоряння, відповідно, в стільки ж разів зменшується. Однак, в цьому випадку обмежувачем є ймовірність виникнення детонації [81].

Швидкість згоряння робочої суміші визначається її складом, який характеризується коефіцієнтом надлишку повітря α .

Якщо $\alpha = 1$, то суміш називається нормальною. Якщо $\alpha > 1$, то суміш буде бідною (збідненою), оскільки є надлишок повітря в порівнянні з нормальною сумішшю. Якщо $\alpha < 1$, то суміш називається багатою (збагаченою), оскільки є недостача повітря в порівнянні з нормальною сумішшю [121].

Деяку уяву про значення кута випередження запалювання θ від коефіцієнта надлишку повітря α формує графічна залежність $\theta = f(\alpha)$ – рис. 4.4 [81].

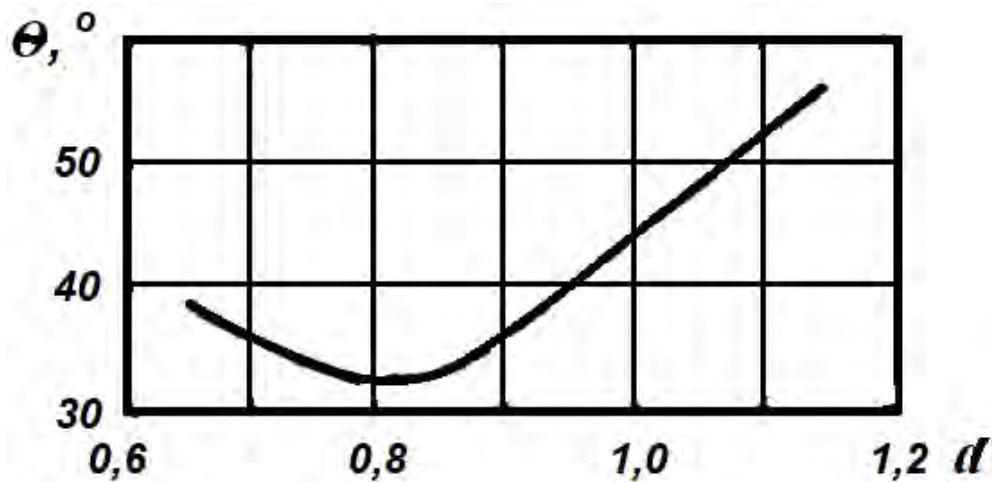


Рис. 4.4 - Вплив складу суміші на кут випередження запалювання двигуна [81]

З графіка на рис. 4.4 видно, що при значенні α рівному 0,8 ... 0,9, яке відповідає повному навантаженню двигуна, кут випередження запалювання буде найменшим, отже, суміш цього складу горить із найбільшою швидкістю. При зменшенні або при збільшенні коефіцієнта надлишку повітря α проти вказаних значень кут випередження запалювання θ^0 необхідно збільшувати.

Збільшення ступеня стискання ε також впливає на кут випередження запалювання, оскільки при цьому зростає тиск та температура робочої суміші в кінці такту стискання, що, у свою чергу, спричиняє збільшення швидкості згоряння робочої суміші. Тому із збільшенням ступеня стискання потрібно зменшувати кут випередження запалювання.

Значним чинником зміни кута випередження запалювання є навантаження двигуна. Із збільшенням навантаження двигуна, повинна бути збільшена і робота, яка виконується двигуном. Для збільшення кількості роботи, яку виконує двигун необхідно подати до циліндрів більшу кількість палива, а відповідно паливу і більшу кількість повітря, тобто більшу кількість суміші, що надходить до циліндра. Внаслідок збільшення кількості суміші збільшується тиск і температура при стисканні, які спричиняють збільшення швидкості згоряння. Тому зі збільшенням навантаження кут випередження запалювання повинен зменшуватися, оскільки для згоряння порції суміші потрібно менше часу.

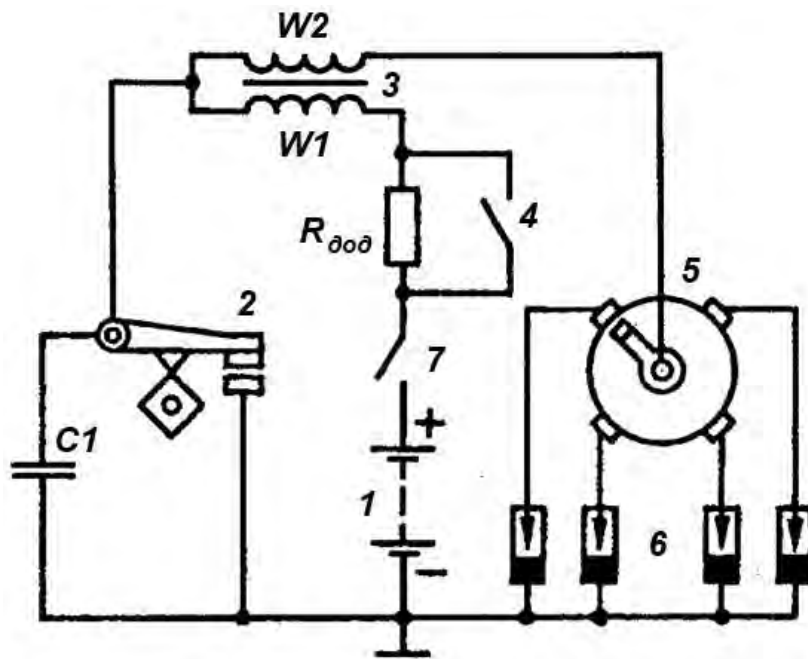
В такому випадку, кут випередження запалювання, залежно від режиму роботи двигуна, повинен автоматично регулюватися так, щоб забезпечувалися найвищі технічні та економічні показники останнього за умови виключення детонаційного згоряння палива.

На процес запалювання робочої суміші в циліндрах двигуна істотний вплив має іскровий розряд та його характеристики. Основні теоретичні аспекти іскроутворення в циліндрах двигуна викладені нижче.

4.4. Теоретичні аспекти іскроутворення в циліндрах двигуна

Природу утворення електричного розряду та встановлення залежностей для отримання значень величин, які визначають потужність цього розряду доцільно розглянути на прикладі найпростішої системи запалювання. Така система буде базовою з тим, щоб надалі була можливість адаптувати отримані теоретичні викладки до систем запалювання інших типів.

Досить тривалий час на автомобілях застосовувалась класична система батарейного запалювання, яка, з метою покращення показників роботи, поступово вдосконалювалась і, з рештою, трансформувалась в системи запалювання інших типів. За таких умов в якості базової для розгляду теоретичних аспектів іскроутворення доцільно вибрати саме класичну систему батарейного запалювання – рис. 4.5.



1 - акумуляторна батарея; 2 - переривник; 3 - котушка запалювання; 4 - вимикач додаткового резистора; 5 - розподільник; 6 - свічки запалювання; 7 - вимикач запалювання

Рис. 4.5. Принципова схема класичної системи батарейного запалювання [81]

Система запалювання, приведена на рис. 4.5 складається з таких основних елементів: джерела енергії – акумуляторної батареї 1; котушки запалювання 3, яка перетворює низьку напругу акумуляторної батареї 1 на імпульси високої напруги, потрібної для пробивання

іскрового зазору свічки запалювання 6; переривника-розподільника запалювання, що в одному корпусі об'єднує низьковольтний переривник 2 і розподільник 5 імпульсів високої напруги. Аби зменшити іскріння на контактах переривника 2, слід паралельно до них включити конденсатор **С1**, який є необхідним елементом коливального контуру (цей конденсатор називають первинним). Крім цього, потрібно включити вимикач (замок) запалювання 7 і вимикач 4 додаткового резистора (опору $R_{\text{дод}}$), зблокованого з вимикачем стартера. Під час пуску двигуна на період увімкнення стартера опір замикають накоротко, а щоб компенсувати зниження первинної напруги, зменшують опір первинного кола котушки запалювання. Класична система батарейного запалювання працює за таким принципом. Кулачок розподільника, обертаючись одночасно з приводним валом, навперемінно замикає та розмикає контакти переривника. Після замикання контактів (коли увімкнено вимикач запалювання) через первинну обмотку котушки запалювання починає протікати струм. Первинний струм створює магнітне поле, в якому накопичується електромагнітна енергія [81].

Після розмикання контактів переривника виникає перехідний процес у двох індуктивно з'єднаних контурах: один контур утворюють первинна обмотка котушки й іскрогасильний конденсатор **С1**, а другий контур утворюють вторинна обмотка котушки та конденсатор вторинного кола, в якому внаслідок перехідного процесу утворюється висока напруга.

У момент, коли наростаюча вторинна напруга досягає значення пробивної напруги свічки запалювання, пробивається іскровий зазор цієї свічки з наступними розрядними процесами. Контакти лишаються розімкнені деякий час, а тоді знову замикаються, і весь цикл роботи

системи батарейного запалювання повторюється, але робоча суміш займається вже в наступному, за циклом роботи двигуна, циліндрі [81].

Робочий процес утворення іскрового розряду поділяють на три етапи [81]:

- *наростання первинного струму після замикання контактів;*
- *розмикання контактів переривника та виникнення ЕРС високої напруги у вторинній обмотці;*
- *пробивання іскрового зазору свічки запалювання.*

Первинний струм після замикання контактів наростає від нуля до граничного значення, розмір якого залежить від електричного опору кола. Внаслідок цього виникає ЕРС самоіндукції e_L у первинній обмотці котушки запалювання, спрямована вона проти ЕРС батареї $E_B \approx U_B$, і сповільнює процес наростання струму. Для періоду наростання первинного струму справджується другий закон Кірхгофа [81]:

$$U_B + e_L = i_1 \times R_1, \quad (4.3)$$

або

$$U_B - L_1 \frac{di_1}{dt} = i_1 \times R_1, \quad (4.4)$$

де U_B - напруга на затискачах акумуляторної батареї;

e_L - ЕРС самоіндукції;

i_1 - струм у первинній обмотці;

R_1 - активний опір первинної обмотки;

L_1 - індуктивність первинної обмотки;

$\frac{di_1}{dt}$ - швидкість наростання струму в первинному колі.

Розв'язуючи це диференціальне рівняння, отримаємо:

$$i_1 = \frac{U_B}{R_1} \times \left(1 - e^{\frac{-R_1}{L_1} \times t}\right). \quad (4.5)$$

Задаючи граничні умови $t = 0$ (момент замикання контактів) і вважаючи, що $t = \infty$ (усталений струм), маємо:

якщо

$$t = 0 \text{ і } i_1 = 0, \text{ то } \frac{di_1}{dt} = \frac{U_B}{R_1}; \quad (4.6)$$

якщо

$$t = \infty \text{ і } i_1 = \frac{U_B}{R_1}, \text{ то } \frac{di_1}{dt} = 0. \quad (4.7)$$

Максимальна сила струму первинної обмотки (струм розмикання i_p залежить від часу замкненого стану контактів):

$$i_p = \frac{U_B}{R_1} \left(1 - e^{\frac{-R_1}{L_1} \times t_3}\right), \quad (4.8)$$

де i_p - струм розмикання;

t_3 - час замкненого стану контактів.

На час t_3 впливають частота обертання n колінчастого вала двигуна, кількість циліндрів z двигуна й час t_p розімкненого стану контактів переривника.

Позначимо $\tau_3 = t_3/T$ - відносний час замкненого стану контактів, де $T = t_3 + t_p$.

Тоді час замкненого стану контактів переривника можна визначити з залежності:

$$t_3 = \tau_3 \times T = \frac{120 \times \tau_3}{n \times z}, \quad (4.9)$$

де $\frac{z \times n}{2 \times 60}$ – частота замикань контактів переривника.

Остаточно сила струму розмикання:

$$i_p = \frac{U_B}{R_1} \left(1 - e^{\frac{-R_1}{L_1} \times \tau_3 \times \frac{120}{n \times z}} \right). \quad (4.10)$$

Отже, струм розмикання i_p залежить від електричних параметрів R_1 , та L_1 , первинного кола. Струм i_p зменшується із збільшенням частоти обертання колінчастого вала й кількості циліндрів двигуна і зростає зі збільшенням відносного часу замкненого стану контактів τ_3 . Збільшити цей час можна тільки за рахунок зменшення часу розімкненого стану t_p контактів. Проте $\tau_3 = 0,63$ і подальшого збільшення допустити не можна, оскільки кулачок переривника в цьому разі виходить дуже гострим, що спричинює удари молоточка та підвищене спрацювання переривника [81].

Після розмикання контактів переривника струм у первинній обмотці та магнітний потік, який він створив, за дуже короткий інтервал часу зникають. У вторинній обмотці котушки наводиться висока напруга 15 ... 20 кВ, яка залежить від ряду параметрів первинного і вторинного кіл. До них належать: сила струму розмикання, коефіцієнт трансформації, індуктивність первинної обмотки, ємність обох кіл та інше.

Щоб визначити аналітичну залежність максимальної вторинної напруги від зазначених параметрів, розглянемо енергетичний баланс котушки запалювання.

Електромагнітна енергія в момент розмикання контактів, накопичена в магнітній системі котушки запалювання визначається з залежності:

$$W_e = \frac{L_1 \times i_p^2}{2}. \quad (4.11)$$

Ця енергія перетворюється на електростатичну, яка накопичується в ємностях (конденсаторах) $C1$ і $C2$ первинного і вторинного кола і частково перетворюється на теплоту. Отже, рівняння балансу енергії у початковий момент розмикання можна записати у вигляді:

$$\frac{L_1 \times i_p^2}{2} = \frac{C_1 \times U_1^2}{2} + \frac{C_2 \times U_2^2}{2} + A, \quad (4.12)$$

де $U_1 = \frac{\omega_1}{\omega_2} \times U_2$;

ω_1, ω_2 = - кількість витків у первинній і вторинній обмотках відповідно;

A - теплові втрати.

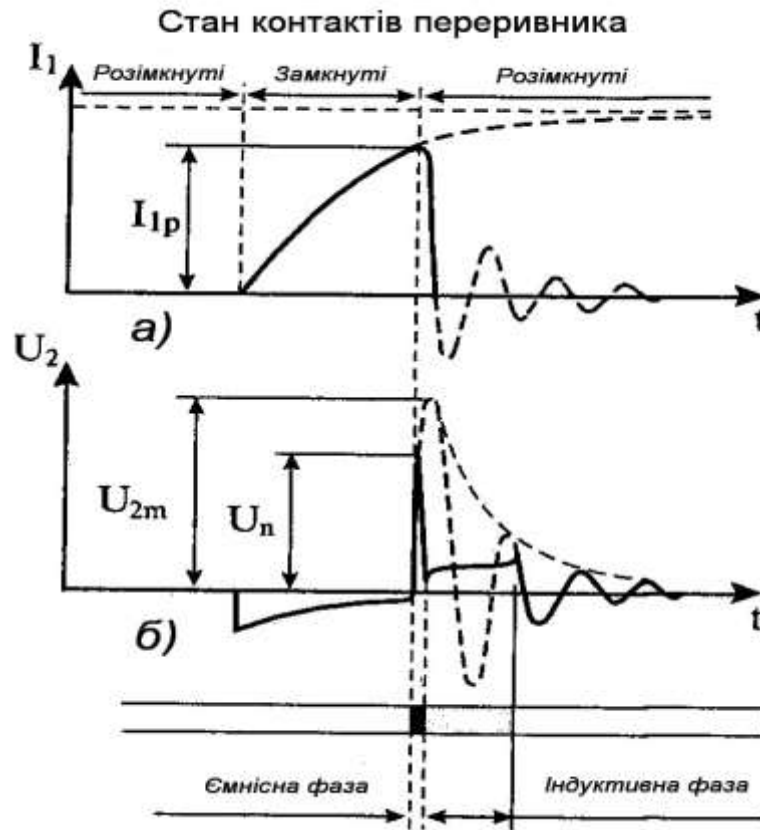
Після перетворень отримаємо:

$$U_2 = i_p \times \sqrt{\frac{L_1 \times \eta}{C_1 \times \left(\frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^2 + C_2}}, \quad (4.13)$$

де $\eta = 0,75 \dots 0,85$ - коефіцієнт, який враховує зменшення вторинної напруги внаслідок теплових втрат.

Іскровий зазор свічки пробивається, коли вторинна напруга U_2 досягне значення, достатнього для цього.

На рис. 4.6 у вигляді діаграм часу показано фази формування іскрового розряду між електродами свічки запалювання, сутність яких зводиться до наступного [9].



а - струму i_1 в первинному колі; *б* - вторинної напруги U_2

Рис. 4.6. Часові діаграми системи запалювання [9]

В момент, визначений для подачі іскрового імпульсу на запалювання переривник 2 (див. рис. 4.5) розриває свої контакти, після чого виникає коливний процес, пов'язаний з обміном енергією між магнітним полем котушки і електричним полем в ємностях $C1$ і $C2$.

Амплітуда коливань напруги, прикладеної до електродів свічки U_2 , убуває по експоненті, як показано на рис. 4.6 пунктиром. Однак зацікавлення

викликає лише перша напівхвиля напруги, тому що, якщо її максимальне значення U_{2m} перевищує напругу пробою іскрового проміжку U_{Π} , виникає необхідна для запалювання іскра. Величина U_{2m} , як зазначено вище, залежить від кількості витків у первинній ω_1 та вторинній ω_2 обмотках котушки запалювання (в деяких залежностях використовується коефіцієнт трансформації котушки запалювання $K_T = \omega_2/\omega_1$, введення якого в залежність для визначення U_2 повинно супроводжуватись появою параметра K_T як у підкореневому виразі, так і за коренем), величини струму первинної обмотки в момент розриву i_p , а також індуктивності L_1 і ємності $C1$ первинного та вторинного $C2$ ланцюгів.

Вплив нагару на свічках на іскроутворення значно знижується зі збільшенням швидкості наростання вторинної напруги. У сучасних системах ця швидкість лежить в межах 200 ... 700 В/мкс.

Після пробою іскрового проміжку вторинна напруга різко зменшується (див. рис. 4.6). При цьому в іскровому проміжку спочатку іскра має ємнісну фазу, пов'язану з розрядом ємностей на проміжок (зазор між контактами), а потім індуктивну, під час якої в іскрі виділяється енергія, накопичена в магнітному полі котушки. Ємнісна складова іскри зазвичай короткочасна, дуже яскрава, має блакитнувате світіння і є нічим іншим, як розрядом енергії, яка накопичена у вторинному колі, зумовленим його ємністю $C2$. Сила струму в іскрі велика навіть при малій кількості електрики, яка в ній протікає. Ємнісний розряд супроводжує специфічне тріскотіння [9, 81].

Індуктивна складова розряду складається з решти енергії, оскільки ємнісний розряд розпочинається і закінчується раніше, ніж вторинна напруга досягне свого максимального значення. Струм індуктивної частини розряду становить 80 ... 100 мА, а його тривалість на 2 ... 3 порядки більша, ніж ємнісної. Колір іскри - блідий бузково-

жовтий, або неяскравий червонуватий. Осцилограма вторинної напруги, яка відповідає рис. 4.6, є ознакою нормальної роботи системи запалювання. Про нормальну роботу свідчить і вид іскри між електродами свічки. У справній системі вона має яскраве ядро, оточене полум'ям червонуватого кольору.

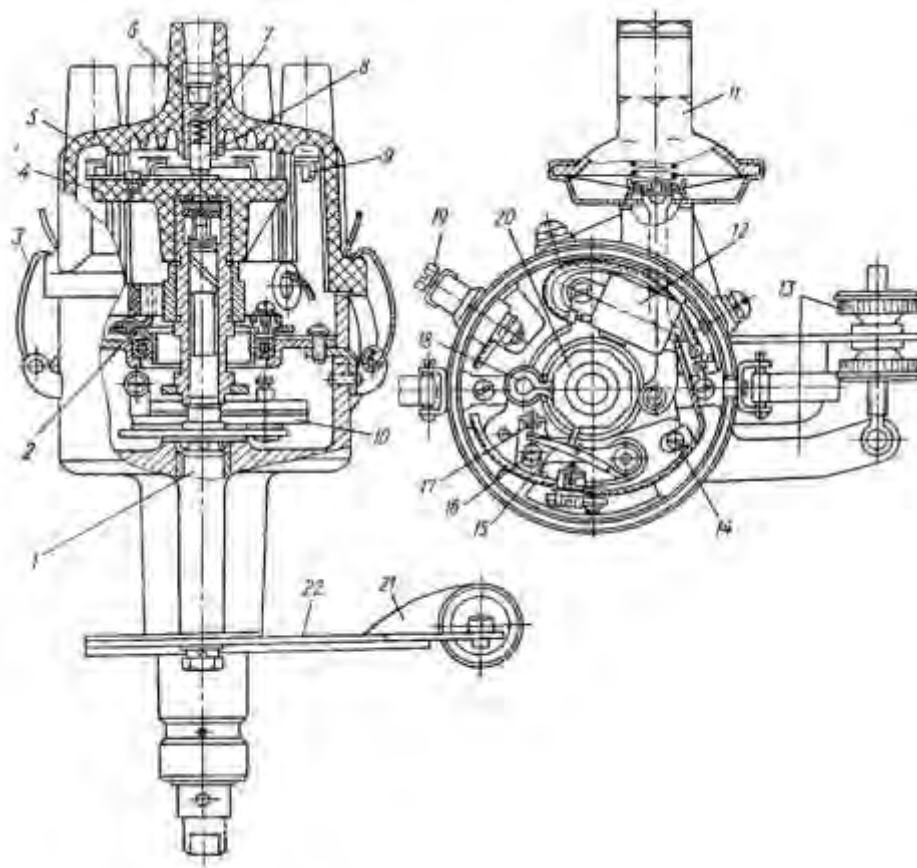
Як видно з викладеного вище, отримання, розподіл і підведення електричної іскри до циліндрів ДВЗ забезпечує цілий комплекс агрегатів і пристроїв системи запалювання. Нижче розглянуто будову і принцип дії основних агрегатів і пристроїв системи запалювання.

4.5. Будова та принцип дії агрегатів і пристроїв системи запалювання

Як і у випадку розгляду теоретичних аспектів іскроутворення у циліндрі ДВЗ конструкцію агрегатів і пристроїв системи запалювання розглянуто на прикладі найбільш відомої для широкого загалу класичної системи батарейного запалювання, яка в даному конкретному випадку виступає в ролі базової. Особливості ж конструкції аналогічних за призначенням агрегатів і пристроїв систем запалювання інших типів викладено як відмінності при детальному розгляді цих систем [121].

4.5.1. Переривник-розподільник

Одним з головних агрегатів системи запалювання є *переривник-розподільник* (рис. 4.7). Основні його функції:



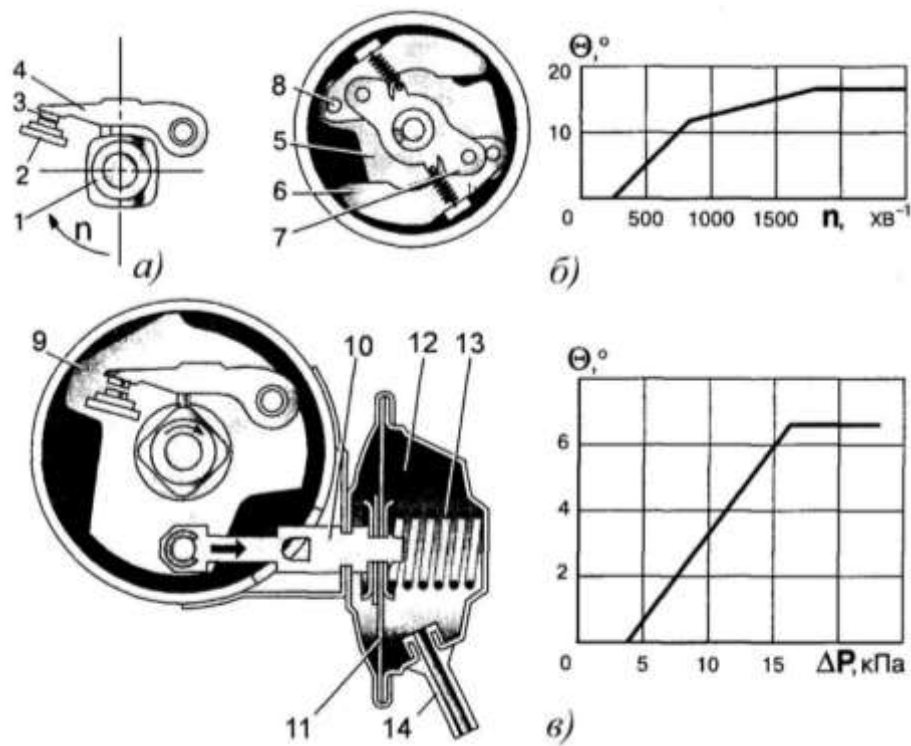
1 - валик; 2 - пластина; 3 - затискач кришки; 4 - ротор з струмопровідною пластиною (бігунець); 5 - кришка; 6 - центральна клема; 7 - пружина контактного вуглика; 8 - контактний вуглик; 9 - бічні клеми розподільника; 10 - відцентровий регулятор; 11 - вакуумний регулятор; 12 - конденсатор; 13 - октан-коректор; 14 - регулювальний гвинт; 15 - важіль; 16 - гвинт кріплення переривника; 17 - нерухомий контакт переривника; 18 - фільц мащення кулачка; 19 - клема низької напруги; 20 - кулачок; 21 - нижня пластина октан-коректора; 22 - верхня пластина октан-коректора

Рис. 4.7. Восьмиіскровий переривник-розподільник типу Р-4В з механічними регуляторами випередження запалювання [57].

- комутація струму в первинному колі (переривання кола живлення первинної обмотки котушки запалювання);
- регулювання кута випередження запалювання;

- розподіл струму високої напруги між циліндрами двигуна.

Комутацію струму в первинному колі здійснюють з допомогою механічного кулачкового переривного механізму, основні деталі якого позначені позиціями 1, 2, 14, 15, 16, 17 і 20 на рис. 4.7 та позиціями 1, 2, 3 і 4 на рис. 4.8, а.



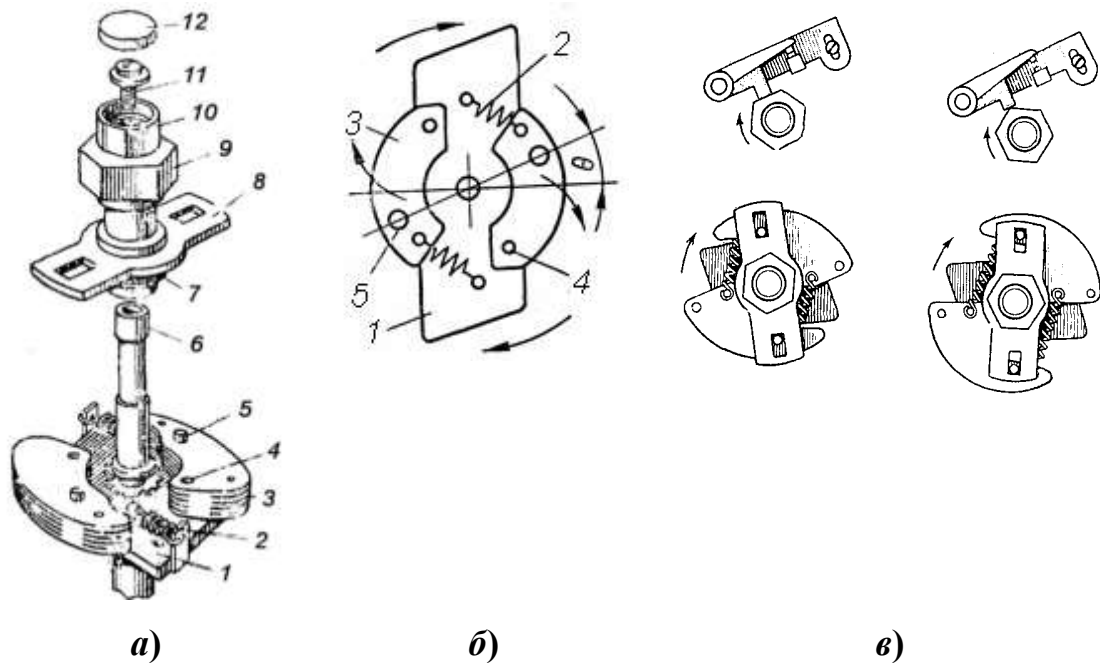
а - кулачково-переривниковий механізм; б - відцентровий регулятор випередження запалювання і його характеристика; в - вакуумний регулятор випередження запалювання і його характеристика; Θ - кут випередження запалювання; n - частота обертання приводного вала переривника-розподільника; 1 - кулачок; 2 - нерухомий контакт; 3 - рухомий контакт; 4 - важіль переривника; 5 - кронштейн; 6 - тягарець; 7 - траверса кулачка 1; 8 - вісь обертання тягарця; 9 - рухома пластина; 10 - шток; 11 - діафрагма; 12 - вакуумна камера; 13 - пружина; 14 - вивід вакуумної камери

Рис. 4.8. Конструктивне виконання елементів чотириіскрового переривника при перерізі його горизонтальними площинами на рівнях переривника, відцентрового та вакуумного регуляторів [9]

У класичних системах запалювання робота двигуна контролюється та регулюється за допомогою спільної дії механічних регуляторів випередження запалювання: *двох автоматичних (відцентрового і вакуумного)* та *октан-коректора* (рис. 4.7 та рис. 4.8).

Перший з двох автоматичних регуляторів реагує на зміну частоти обертання колінчастого вала двигуна, а другий - на зміну навантаження на двигун. Більш детально принцип дії цих регуляторів розглянуто нижче.

Відцентровий регулятор (позиції 1, 10, 20 на рис. 4.7 та позиції 5, 6, 7 і 8 на рис. 4.8, б) автоматично збільшує кут випередження запалювання робочої суміші в циліндрах при підвищенні швидкісного режиму роботи двигуна і, навпаки, зменшує цей кут при наступному зниженні частоти обертання колінчастого вала. Для зміни кута випередження запалювання відцентровий регулятор повертає кулачок 20 відносно приводного валика 1 (див. рис. 4.7), завдяки чому грані кулачка раніше або пізніше починають розмикати контакти. Більш детально будову і принцип дії відцентрового регулятора проілюстровано схемами, зображеними на рис. 4.8. Основними частинами відцентрового регулятора (рис. 4.9, а) є: нижня пластина (кронштейн) 1, відцентрові тягарці 3, їх осі 4 і штифти 5, стяжні пружини 2 і приводний валик 6. Пластина 1 закріплена нерухомо на валику. Важки вільно повертаються на осях 4 і стягуються пружинами 2. Штифти 5 тягарців входять в прорізи верхньої пластини 8, яка разом з втулкою 7 вільно повертається на валику 6. Разом з втулкою 7 повертається шайба, на якій виконані кулачки переривника 9 і верхня втулка 10 ротора розподільника. Таким чином, кулачок 9 і ротор розподільника отримують обертання від приводного валика через відцентровий регулятор.



а - будова відцентрового регулятора; б - дія відцентрових сил на тягарці під час обертання валика регулятора; в - вплив відцентрових сил, що діють на тягарці на положення кулачка і стан контактів переривника; 1 - нижня пластина (кронштейн); 2 - пружина; 3 - тягарці; 4 - вісь повертання тягарця; 5 - штифт тягарця; 6 - валик регулятора; 7 - втулка; 8- верхня пластина з прорізами; 9 - кулачок; 10 - верхня втулка; 11 - гвинт; 12 - повстяна шайба

Рис. 4.9. Схема роботи відцентрового регулятора [57]

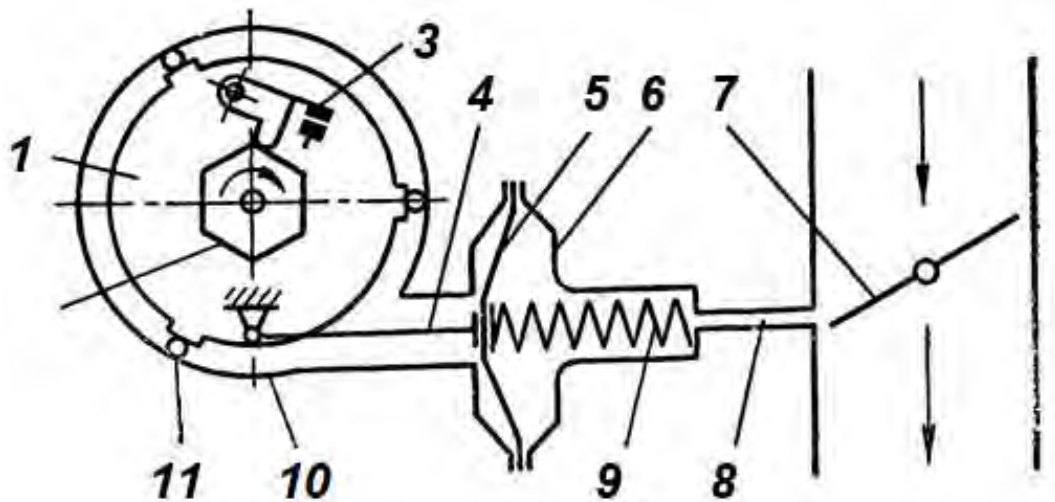
При збільшенні числа обертів колінчастого вала двигуна тягарці 3 під дією відцентрової сили розходяться (рис 4.9, б), долаючи силу стиснення своїх пружин. Разом з тягарцями змінюють на деякий кут θ своє положення і штифти 5. В той же час штифти тягарців 5 тиснуть на стінку верхньої пластини 8, і вона трохи зсувається в бік обертання валика 6 (рис. 4.9, в). Разом з верхньою пластиною в той же бік повертаються кулачок і ротор розподільника. Виступ кулачка з випередженням набігає на п'ятку текстолітової колодки, що призводить до більш раннього розмикання контактів переривника. Утворений в цей

момент струм високої напруги в котушці також з випередженням подається в циліндр двигуна, тому що ротор розподільника в цей момент знаходиться навпроти електрода кришки. При зменшенні частоти обертання колінчастого вала відцентрова сила тягарців зменшується, пружини стягують їх, і верхня пластина 8 займає вихідне положення (провертається проти напрямку обертання валика б). Так, при частоті обертання валика розподільника 300 хв^{-1} відцентровий автомат встановлює кут випередження запалювання в межах $0 \dots 2^\circ$, при 1300 хв^{-1} - $7,5 \dots 10^\circ$, при 1900 хв^{-1} - $11 \dots 13^\circ$ [9, 57].

Інший приклад залежності кута випередження запалювання θ , встановлюваного відцентровим регулятором при зміні частоти обертання n , представлений на рис. 4.8, б. Ламаний характер залежності визначається підбором жорсткості пружини, маси і конфігурації важків. Максимальне значення кута θ обмежується упором і лежить в межах $30 - 40^\circ$ по куту повороту колінчастого вала (цей кут вдвічі менший при його розгляді за кутом повороту приводного вала переривника-розподільника –див. рис. 4.8, б).

Таким чином відцентровий регулятор дає змогу збільшувати кут випередження запалювання до 20° по куту повороту кулачка переривника при частоті обертання вала розподільника від 500 до 2000 хв^{-1} .

Вакуумний регулятор (позиція 11 на рис 4.7 та позиції 9, 10, 11, 12, 13 і 14 на рис. 4.8, в) автоматично змінює кут випередження запалювання залежно від навантаження двигуна. Зміна кута випередження запалювання тут відбувається за рахунок повертання контактної вузла 3 відносно кулачка 2 (рис. 4.10): повертанням диска 1 з контактами назустріч кулачку, що обертається, розмикання контактів відбуватиметься трохи раніше; при повороті диска в напрямі обертання кулачка контакти розмикатимуться трохи пізніше, і кут випередження запалювання зменшиться [57].



1 - кулачок; 2 - диск; 3 - контактний вузол; 4 - тяга; 5 - діафрагма; 6 - корпус регулятора; 7 - дросель; 8 - вакуумний канал; 9 - пружина; 10 - корпус розподільника; 11 - підшипник диска

Рис. 4.10. Схема роботи вакуумного регулятора випередження запалювання [57]

Рухомий диск 1 з контактним вузлом 3 повертається діафрагмовим пристроєм за рахунок різниці атмосферного тиску і розрідження у дросельному патрубку карбюратора.

Якщо дросельна заслінка прикрита (при пуску двигуна на холостому ході), до вакуумного регулятора передається мінімальне розрідження. При незначному перепаді тисків пружина 9 відтискує діафрагму вліво (рис. 4.10). Через тягу 4 діафрагма удержує рухомий диск 1 з контактами в положенні мінімального кута випередження запалювання.

У момент збільшення навантаження при встановленому швидкісному режимі роботи двигуна дросельна заслінка трохи

відкривається, і розрідження перед дроселем 7, куди виходить вакуумний канал 8, збільшується. Тепер діафрагма 5, долаючи опір пружини 9, вигинається вправо і повертає диск 1 з контактами проти напрямку обертання кулачка 2. Розмикання контактів відбуватиметься трохи раніше, тобто кут випередження запалювання збільшиться. Під час роботи двигуна на середніх навантаженнях, коли робоча суміш збіднена і має порівняно малу швидкість згоряння, вакуумний регулятор встановлює максимальний кут випередження запалювання, додаючи час на розповсюдження фронту полум'я.

Перехід двигуна на роботу при повному навантаженні супроводжується відкриттям дроселя, а отже, зменшенням розрідження у вакуумному каналі 8. Пружина 9 вигинає діафрагму вліво, повертаючи диск з контактним вузлом у напрямі обертання кулачка. Кут випередження запалювання зменшується. Спалахнення збагаченої робочої суміші відбувається трохи пізніше, ніж у режимі середніх навантажень. Вакуумні регулятори працюють при розрідженні від 1,3 до 51 кПа і забезпечують кут випередження запалювання від 0 до 12° (по куту повороту вала переривника-розподільника).

Характеристики роботи відцентрового і вакуумного регуляторів підбирають відповідно до конструктивних і експлуатаційних властивостей конкретних марок двигунів. Приклад характеристики вакуумного регулятора представлений на рис. 4.8, в (кут вказаний по валу повороту розподільника). У реальній експлуатації відцентровий і вакуумний регулятори працюють спільно [9, 57, 81, 121].

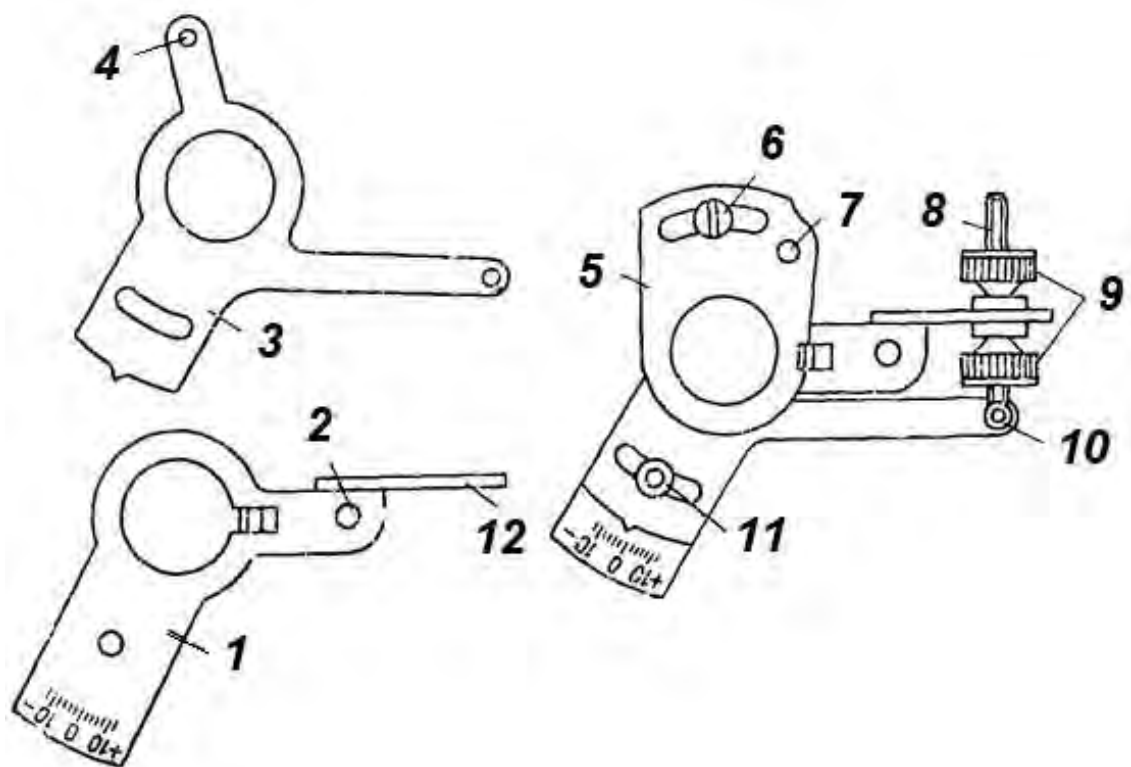
При сумісній роботі регуляторів повинен автоматично встановлюватись оптимальний кут випередження запалювання за будь-якого навантажувального і швидкісного режиму роботи двигуна.

З метою покращення характеристик розроблялись комбіновані високочутливі діафрагмо-вакуумні всережимні регулятори випередження запалювання, які одночасно реагують як на зміну навантаження, так і на зміну швидкісного режиму роботи двигуна.

Октан-коректор (позиції 13, 21, 22 на рис. 4.7) являє собою пристрій для ручного коригування раніше встановленого кута випередження запалювання. Його дія ґрунтується на повертанні корпусу розподільника, а разом з ним і диска з контактами, відносно приводного вала 1 і кулачка 20. Повертання корпусу розподільника в напрямі обертання кулачка зменшує встановлений кут випередження запалювання, а повертання в зворотному напрямі – збільшує цей кут. Октан-коректор застосовують переважно для зміни кута випередження запалювання в залежності від сорту бензину (його октанового числа) і умов роботи двигуна. Наприклад, для нормальної роботи автомобільного двигуна застосовується бензин з октановим числом 76. Застосування бензину з більш низьким октановим числом призводить до порушення нормальної роботи двигуна - з'являється підвищена детонація. Вона служить причиною прискореного зносу і руйнування деталей кривошипно-шатунного механізму і головки циліндрів двигуна. Підвищену детонацію можна усунути, якщо змінити кут випередження запалювання за допомогою октан-коректора.

Октан-коректор дає можливість змінювати кут випередження запалювання в межах до $\pm 12^\circ$ (по відношенню кута повороту колінчастого вала двигуна). Більш детально будову найпростішого октан-коректора показано на рис. 4.11.

Основні частини октан-коректора: нижня 1 і верхня 3 пластини, установча пластина 5, установчий гвинт 6, регулювальні гайки 9, штифт 11 з пружиною і з'єднувальні болти. На нижній пластині є шкала



1 - нижня пластина; 2 - отвір для закріплювального болта; 3 - верхня пластина; 4 - отвір для установочного гвинта; 5 - установча пластина; 6 - установочний гвинт; 7 - отвір для болта; 8 - гвинт; 9 - регулювальні гайки; 10 - палець; 11 - штифт; 12 - кронштейн нижньої пластини

Рис. 4.11. Октан-коректор переривника-розподільника

з 12-ма поділками - по шість поділок в кожен бік від нуля. Кожна поділка відповідає 1° повороту корпусу переривника і 2° повороту колінчастого валу ДВЗ. На одному кінці шкали виштампувано знак «плюс», на іншому – «мінус». Нижня пластина прикріплена до блоку двигуна болтом, який проходить через отвір 2. Показчик на верхній пластині, виготовлений у вигляді стрілки, пересувається вздовж поділок шкали на нижній пластині. Установча пластина через отвір 7 кріпиться болтом до корпусу переривника.

Кут випередження запалювання змінюється шляхом повороту гайок 9, одну з яких відгвинчують, а іншу загвинчують. При цьому верхня пластика 3 повертається разом з установчою пластиною 5, а стрілка-показчик верхньої пластини пересувається вздовж поділок шкали, нанесеної на нижній пластині. При повороті пластини з бік знака «-» шкали кут випередження запалювання зменшується, а в бік «+» - збільшується, тому що разом з верхньою пластиною повертається корпус переривника з контактами. При повороті пластин контакти або віддаляються, або наближаються до кулачка.

Механічні регулятори не мають достатньої гнучкості. Тому вони не можуть забезпечити необхідні параметри регулювання на всьому діапазоні режимів роботи двигуна. В процесі роботи рухомі частини регулятора спрацьовуються, а пружні деталі (пружини, діафрагми) протягом часу старіють. Цим регуляторам також властива інерційність. Механічні автомати випередження запалювання не можуть відтворити досить складні характеристики випередження за швидкістю, навантаженням, а також температурою двигуна. Крім цього, кутові похибки приводу датчиків-розподільників спричинюють підвищений асинхронізм іскроутворення і «розмиття» кута запалювання. Ці регулятори мають також такі недоліки, як спрацювання кулачка, резонансні явища та ін.

Системи запалювання з електронними автоматами випередження запалювання ліквідують зазначені недоліки цих систем.

Цифрові системи запалювання практично не мають рухомих частин, що забезпечує стабільність відтворення оптимального закону регулювання моменту іскроутворення в процесі роботи двигуна.

Суттєвий засіб боротьби з детонаційним згорянням і разом із тим робота двигуна з оптимальним кутом випередження запалювання – це

електронні (цифрові) системи запалювання з контуром зворотного зв'язку за сигналом датчика детонації, який сприймає механічні коливання блоку або головки блоку двигуна. Як правило, за допомогою датчика детонації фіксується початок детонаційного згоряння ще до появи сильної детонації, цифрові системи роблять коригування кута випередження запалювання в бік зменшення, й детонація припиняється. Із застосуванням цих систем значно економиться пальне, знижується токсичність і забезпечується можливість роботи двигуна на низькооктановому пальному.

У верхній частині переривника-розподільника розташовано деталі розподільника (позиції 1, 4, 5, 6, 7, 8 і 9 на рис 4.7), які забезпечують спрямування струму високої напруги від котушки запалювання, з'єднаної з центральною клемою 6 кришки 5 (див. рис. 4.7) до відповідних периферійних клем, які, в свою чергу, з допомогою проводів високої напруги з'єднуються з свічками запалювання відповідних циліндрів [4.4]. Технічні дані окремих типів переривників-розподільників приведено в таблиці 4.1.

4.5.2. Котушка запалювання

В класичних контактних системах запалювання застосовуються котушки, які мають індуктивність первинної обмотки 5 ... 10 мГн при максимальному первинному струмі 3 ... 4 А. Запас енергії складає до 40 мДж. Їх виготовляють на номінальну напругу 12 В. Вони здебільшого мають одну й ту саму будову, проте відрізняються одна від одної обмотковими даними, конструкцією вузлів та деталей, наявністю додаткових пристроїв, габаритними та установчими розмірами.

Таблиця 4.1 – Технічні дані окремих типів переривників-розподільників [9]

Марка	Кількість циліндрів, що обслуговуються	Кут випередження запалювання для регуляторів, град.	
		відцентрового	вакуумного
1	2	3	4
24.3706*	8	0-2/200** 3,5-5,5/500 8-10/1000 13-15/1500	0-2/0,013 4,5-6,5/0,027 7,5-9,5/0,033
30.3706	4	0-1/400 3-5/700 8-10/1100 9,5-11,5/1400 14,5-16,5/2500	0-2/0,011 1-3/0,013 3,75-5,75/0,019 5-7/0,021
38.3706*	4	0-1/400 3-5/700 8-10/1100 9,5-11,5/1700 14,5-16,5/2500	0-2/0,011 1-3/0,013 3,75-5,75/0,019 5-7/0,021
40.3706*	4	0-5/500 3,25-5,25/1100 5,5-7,5/1300 8,25-10,25/2000 11-13/2800	0-2/0,015 3,25-5,25/0,02 6-8/0,024
46.3706	8	0-2/500 4,5-6,5/1000 8-10/1400	0-1/0,013 1-3/0,021
47.3706	4	0-1,75/900 1,75-3,5/1200 4,75-6,5/1700 6,75-8,5/2300 8,5-10,5/2500 8,5-10,5/3000	0-2,5/0,013 3,5-6/0,015 9,5-12/0,02 9,5-12/0,027
53.3706*	4	1,5-3,5/500 3,5-5,5/800 5,5-7,5/1100 9,5-11,5/1500 11-13/2000	0-2/0,011 3,5-5,5/0,013 6,5-8,5/0,016

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4
54.3706*	4	1,75-3,5/1200 4,75-6,5/1700	0-2,5/0,011 3,5-6/0,013 9,5-12/0,023 9,5-12/0,024
*) – датчик розподільник; **) – записом через дріб вказані відповідні куту випередження запалювання частоти обертання в хв^{-1} і розрідження в Па			

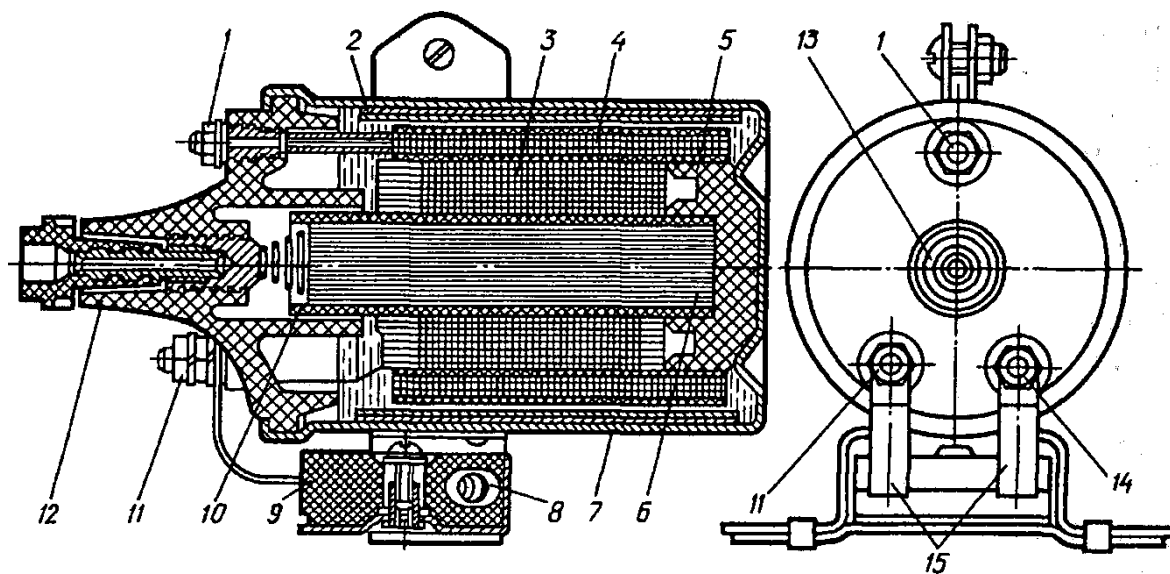
Основні частини котушки запалювання (рис. 4.12) такі: осердя *б* з первинною *4* та вторинною *3* обмотками; кришка *12* з виводами *1*, *11*, *14* низької та *13* високої напруги. У більшості випадків застосовують котушки з додатковим резистором *8*, змонтованим у керамічному ізоляторі *9* [81].

Осердя котушки виготовляють з листів електротехнічної сталі, ізолюваних один від одного окалиною, завдяки чому зменшуються вихрові струми, які утворюються внаслідок пульсацій магнітного потоку. Навколо осердя розміщено трубку *10* з електротехнічного картону, на яку кількома шарами намотано вторинну обмотку, виготовлену з великої кількості витків (17500 ... 26000) емальованого проводу марки ПЕЛ діаметром 0,06 ... 0,1 мм.

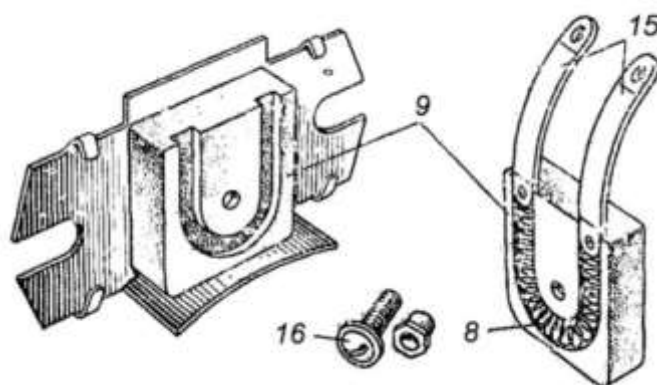
Для покращення ізоляції, шари вторинної обмотки відокремлені один від одного конденсаторним папером. Перші та останні вісім рядів, де виникають найбільші потенціали, ізолювано чотирма-шістьма шарами, а решту - двома шарами паперу. Щоб зменшити напругу між шарами, витки перших і останніх чотирьох рядів мотають з інтервалом 1 ... 2 мм.

Поверхню вторинної обмотки ізолюють лакотканиною та кабельним папером. Фарфоровий ізолятор *5* запобігає пробиванню вторинної обмотки на кожух *7*.

Поверх вторинної намотано первинну обмотку *4* (з проводу марки ПЕЛ діаметром 0,57 ... 0,77 мм), яка має – 250 ... 300 витків. Міжшарову ізоляцію первинної обмотки виготовлено з кабельного



а)



б)

а - загальний вигляд; б - частини додаткового резистора (варіатора); 1, 11, 14 - виводи низької напруги; 2 - магнітопровід; 3 - вторинна обмотка; 4 - первинна обмотка; 5 - ізолятор; 6 - осердя; 7 - кожух; 8 - додатковий резистор; 9 - керамічний ізолятор додаткового опору; 10 - картонний ізолятор; 12 - кришка передня; 13 - вивід високої напруги; 15 - шини; 16 - з'єднувальний гвинт з гайкою.

Рис. 4.12 . Котушка запалювання [81]

паперу. Завдяки тому, що первинну обмотку розміщено ближче до кожуха 7, поліпшено її охолодження. Навколо неї розміщено

магнітопровід 2, який складається з двох розрізаних уздовж осі тонкостінних циліндрів із трансформаторної сталі [81].

Усю конструкцію розміщено в металевому кожусі 7. Герметичність котушки забезпечує прокладка між кожухом 7 і карболітовою кришкою 12. Внутрішню порожнину більшості котушок заповнюють трансформаторною оливою (в котушках попередніх років випуску використовували бітумний склад).

Додатковий резистор (варіатор) 8 виготовляють у вигляді спіралі з сталевого, або нікелевого дроту і прикріплюють у двох половинах керамічного ізолятора 9. Кінці спіралі приварені до двох шин 15, за допомогою яких резистор приєднують до виводів 11 та 14 котушки запалювання.

Призначення варіатора - зменшувати нагрів котушки і зберігати в ній номінальний струм при зміні частоти обертання колінчастого вала двигуна. Варіатор складається з спіралі 8, шин 15, фарфорового ізолятора 9 і з'єднувального гвинта 16, який скріплює половинки ізолятора на кронштейні основи. Спіраль 8 включена в ланцюг первинної обмотки котушки запалювання послідовно. В холодному (нормальному) стані вона має опір 1,20 Ом, а при нагріванні опір збільшується до 4,20 Ом.

Якщо двигун працює на малих обертах, то контакти переривника замкнуті більш тривалий час, ніж на великих обертах. За законом Джоуля-Ленца нагрів провідника залежить не тільки від значення струму, але і від тривалості його проходження через провідник. Отже, на малих обертах первинна обмотка нагрівається більше. Одночасно з первинною обмоткою нагрівається і спіраль варіатора. Її опір починає збільшуватися, що зменшує і нагрівання первинної обмотки; одночасно зменшується іскріння між контактами переривника.

Із збільшенням частоти обертання колінчастого вала двигуна частота розмикань контактів збільшується, і струм у первинній обмотці котушки зменшується. Спираль варіатора при цьому не нагрівається і її опір не впливає на струм в первинній обмотці. По первинній обмотці буде проходити струм, який утворює у вторинній обмотці встановлений струм високої напруги.

При запуску двигуна резистор варіатора є перешкодою для отримання нормальної напруги в індукційній котушці. На резисторі відбувається падіння напруги, що в підсумку призводить до зменшення напруги у вторинній обмотці котушки. Тому передбачено автоматичне відключення резистора варіатора допоміжним контактом вимикача стартера.

Затискачі **BK** і **BK-Б** індукційної котушки з'єднані провідниками з допоміжними контактами на реле стартера. При запуску двигуна допоміжні контакти стартера, з'єднані з резистором варіатора, закорочуються і струм проходить через них, минаючи резистор варіатора. Якщо ж двигун з якоїсь причини доводиться запускати за допомогою рукоятки, то резистор відключають, поєднуючи затискачі **BK** і **BK-Б** шматком проводу.

Усі виводи котушки запалювання розміщені на карболітовій кришці 12. Вторинну обмотку приєднано до високовольтного виводу 13 котушки. Спиральний кінець первинної й вторинної обмоток з'єднано з виводом 1, а первинну обмотку - з виводом 11. До виводу 14 приєднано тільки шину від додаткового резистора.

Виводи 1 і 13 не маркують. Маркування виводу 11 - **BK**, а виводу 14 - **BK-Б**.

У табл. 4.2 приведені характеристики котушок запалювання, які найчастіше використовуються в системах запалювання [9].

Таблиця 4.2 – Характеристики котушок запалювання [9]

Марка котушки запалювання	Первинна обмотка		Вторинна обмотка		Коефіцієнт трансформації, $K_T = \omega_2 / \omega_1$	Додатковий опір, марка
	опір, Ом	індуктивність, мГн	опір, Ом	ємність, пФ		
Б114	0,37-0,41	3-3,3	21,5-23	31-36	227	СЭ107
Б115	1,86-2	9,3-9,8	8,3-9,2	38-44	68	Б115
Б116	0,78-0,79	5,4-5,6	15,6	55-57	153	СЭ107
Б117	3,1-3,3	10-11	6,3-9,2	44-47	78,5	-
Б118*	0,72-0,73	5,6-5,8	15	55-57	115	СЭ325
27.3705	0,4-0,5	3,7-3,8	4,5-5,5	31	82	-
29.3705	0,45-0,55	4,1-4,4	11	37	90	-
30.3705	0,4-0,55	5,6-6,2	6,3-6,4	24	70	-
*) – екрановане виконання						

4.5.3. Іскрові свічки запалювання

Важливим елементом системи запалювання є іскрова свічка запалювання. Від досконалості її конструкції та правильного добору до двигуна багато в чому залежить надійність роботи системи запалювання і двигуна.

Свічка на двигуні працює у важких умовах, а саме:

✓ значні механічні навантаження (на поверхню свічки, вмонтовану в камеру згоряння діє тиск до 10 бар);

✓ значні теплові навантаження (температура в камері згоряння коливається від 70 до 2700 °С, а повітря, що оточує ізолятор свічки в підкапотному просторі двигуна, може мати температуру від -60 до +100 °С. Через нерівномірне нагрівання окремих ділянок свічки в ній виникають теплові деформації, які небезпечні для матеріалів із різними коефіцієнтами лінійного розширення (метал, кераміка));

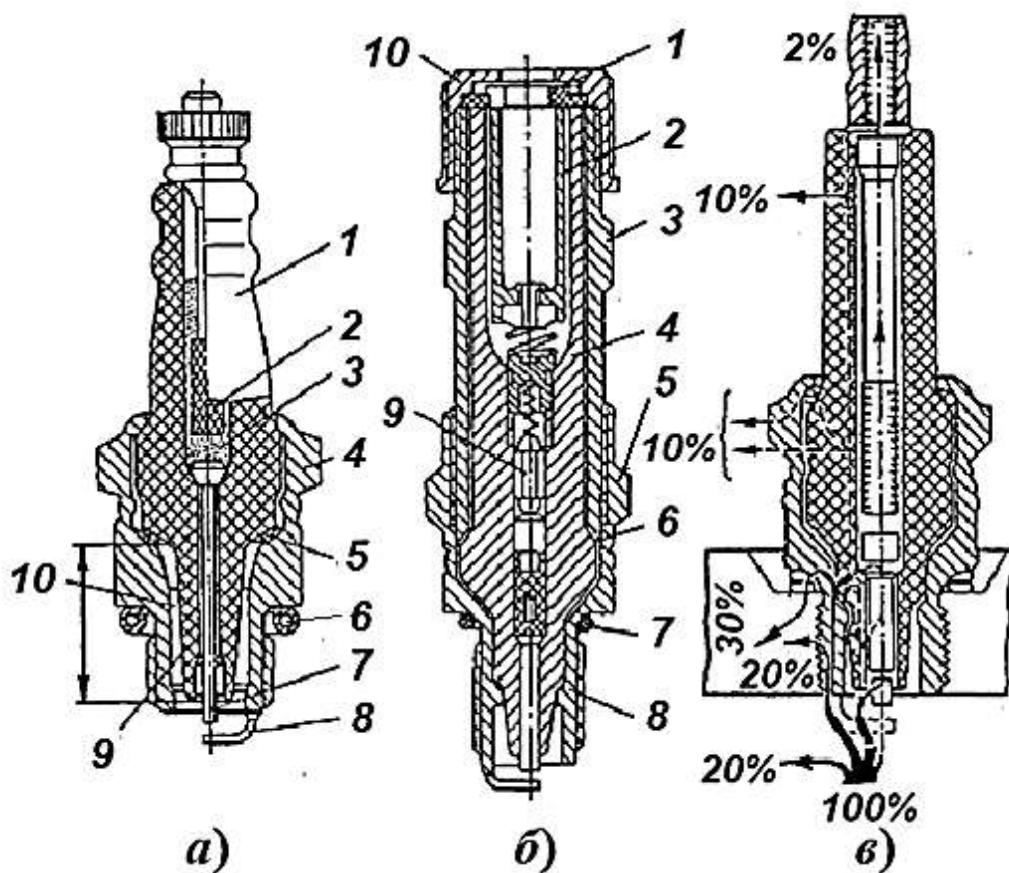
✓ значні електричні навантаження (свічка зазнає дії імпульсів високої електричної напруги до 26 кВ.);

✓ значні хімічні навантаження від дії продуктів згоряння (у процесі роботи двигуна внаслідок неповного згоряння палива на поверхні теплового конуса, електродах і стінках камери свічки утворюється нагар, який шунтує (замикає, закорочує) іскровий зазор. Втрата струму, а іноді й розряду також може статися і на зовнішній поверхні ізолятора свічки запалювання, коли вона забруднена чи покрита вологою) [81].

В процесі роботи двигуна зазор між електродами свічки запалювання збільшується, в середньому, на 0,015 мм на 1 тис. км. пробігу автомобіля.

Свічка (рис. 4.13, а) складається з ізолятора 1, корпусу 4, центрального 7 і бічного 8 електродів. Для герметизації свічки в зоні розташування центрального електрода застосовують термоцемент, а останнім часом - струмопровідний склогерметик 3. Герметичність між ізолятором і корпусом свічки забезпечують прокладкою 5, а також завальцьовуванням корпусу на плічку ізолятора [81].

У свічках деяких типів тепловий конус ізолятора виходить за торець нижньої частини корпусу, завдяки чому він краще охолоджується під час впуску холодної суміші і тепловий діапазон роботи свічки розширюється.



а - конструкція гарячої свічки: 1 - ізолятор; 2 - контактна головка; 2 - струмопровідний склогерметик; 4 - корпус; 5, 6 - прокладки; 7 - центральний електрод; 8 - бічний електрод; 9 - тепловий конус; 10 - робоча камера;

б - конструкція холодної екранованої свічки: 1 - гумове ущільнення; 2 - контактний пристрій; 3 - екран; 4 - ізолятор; 5 - корпус із боковим електродом; 6 - шайба; 7 - ущільнювальне кільце; 8 - тепловідвідна шайба; 9 - завадоприглушувальний резистор; 10 - накидна гайка;

в - тепловий баланс свічки

Рис. 4.13. Іскрові свічки запалювання [81]

Для форсованих двигунів нині використовують свічки, центральний електрод яких виготовлено і покрито нікельхромовою, срібною чи платиновою оболонкою.

На рис. 4.13, б наведено екрановану холодну герметизовану свічку. Ізолятор свічки повинен мати високу механічну та електричну міцність, корозійну стійкість, стійкість проти змочування, не вбирати вологу і мати високу питому теплопровідність. Він виготовляється з керамічного матеріалу з високим вмістом оксиду алюмінію: ураліт, борокорунд, синоксаль та ін.

Матеріал центрального електрода повинен мати високу корозійну та ерозійну стійкість, жаростійкість і добру теплопровідність. Центральні електроди виготовляють із хром титанової сталі 13X25T, а в свічках деяких типів - із ніхрому X20H80; бічні електроди - із нікель-марганцевого сплаву (наприклад, НИ5), корпус свічки та контактну головку з конструкційних сталей [81].

Далі розглянемо теплову характеристику і маркування свічок.

Свічка нормально працює при температурі теплового конуса ізолятора від 400 ... 500 до 850 ... 900 °С. Нагар на тепловому конусі ізолятора зникає (відлущується) після нагрівання його до температури 400 ... 500 °С, яку називають температурою самоочищення свічки. Коли температура деталей свічки перевищить 800 ... 900 °С, може виникнути передчасне займання суміші (*калильне запалювання*) під час процесу стискання, ще до моменту появи іскри.

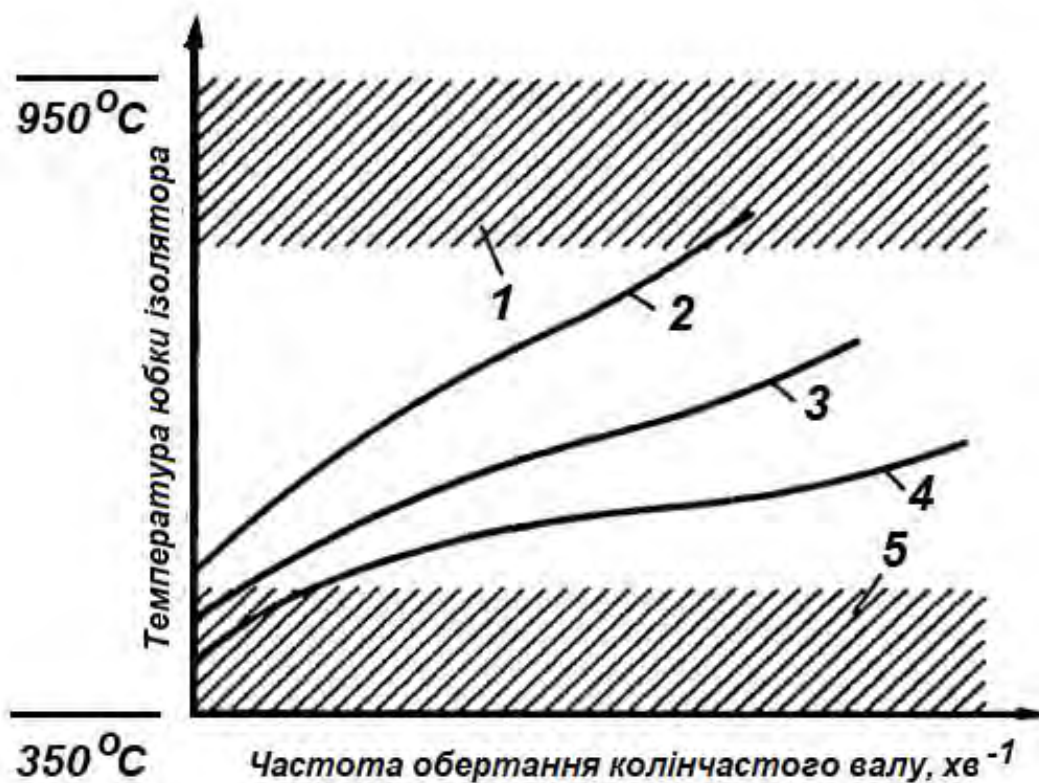
Теплота, підведена до свічки (див. рис. 4.13, в), відводиться від неї через різні елементи конструкції (корпус – 10 %, ізолятор – 10 %, центральний електрод – 30 %) і через робочу суміш, яка надійшла до камери згоряння – 20 %). Діапазон зміни температури для всіх свічок майже однаковий, а теплові умови їхньої роботи на різних двигунах істотно різняться. Тому одна й та сама свічка може мати температуру ізолятора на одному двигуні нижчу температури самоочищення, а на другому - вищу температури жарового запалювання. У зв'язку з цим

випускаються свічки запалювання з різною тепловіддачею. Для кожного типу двигуна підбирається свічка з такою тепловіддачею, за якої температура ізолятора буде в необхідних межах. Різна тепловіддача у свічок різних типів виходить за рахунок зміни деяких конструктивних розмірів, головним чином довжини та діаметра теплового конуса (юбки) ізолятора. Чим більша довжина теплового конуса, а отже, більша площа поверхні, тим більше теплоти набере ізолятор і тим меншими будуть ступінь стискання і температура згоряння в камері двигуна, в іншому випадку ізолятор перегріється. На рис. 4.13, *а* наведена свічка з великою, а на рис. 4.13, *б* - з малою довжиною теплового конуса ізолятора. Мабуть, при роботі на одному і тому самому двигуні температура кінця ізолятора та центрального електрода у свічки представленої на рис. 4.13, *а* буде вища, ніж у свічки представленої на рис. 4.13, *б*. Тому свічку з більшою довжиною юбки називають *гарячою*, а з малою – *холодною* [81].

На високооберткових форсованих двигунах з високим ступенем стискання свічці передається значно більша кількість теплоти, ніж на низькооберткових двигунах із малим ступенем стискання. Тому для перших застосовуються *холодні* свічки, а для других - *гарячі* свічки.

Кількість теплоти, яка передається свічці, залежить не тільки від типу двигуна, а й від режиму його роботи (рис. 4.14).

Дуже гаряча свічка забезпечує самоочищення під час обертів холостого ходу, проте при високій частоті обертання спричинить калильне запалювання. Дуже холодна свічка не забезпечить самоочищення на значній частині робочого діапазону частоти обертання. Правильно підібрана свічка не спричинює калильне запалювання при високих частотах обертання, проте за малих обертів не забезпечує і самоочищення. Ця обставина не призводить до



1 - зона жарового запалювання; 2 - дуже гаряча свічка; 3 - правильно підібрана свічка; 4 - дуже холодна свічка; 5 - зона відсутності самоочищення

Рис. 4.14. Залежність температури теплового конуса ізолятора свічки від частоти обертання колінчастого вала [81]

порушення роботоздатності системи запалювання, оскільки двигун працює, як правило, в змінному режимі, при змінних частотах обертання й відкриття дросельної заслінки. Отже, змінюється і температура теплового конуса. Якщо ця температура нижче самоочищення, на ізоляторі осідають струмопровідні частинки нагару, але при черговому підвищенні температури ці частинки згорають.

З викладеного вище зрозуміло, чому двигун не може тривалий час працювати в режимі, значно відмінному від звичайного. Може бути

доцільною заміна свічок для даного двигуна на свічки з іншою тепловіддачею.

Теплопровідність ізолятора та його робоча температура є основними показниками для визначення калильного числа свічки.

Зміною розміру теплового конуса (спіднички) (рис. 4.15) змінюють теплову характеристику свічки. Чим менша висота спіднички свічки, тим «холодніша» свічка і більше її калильне число. У свічки з великим калильним числом краще відводиться тепло від теплового конуса ізолятора.



Рис. 4.15. Залежність теплової характеристики свічки (каильного числа) від розмірів теплового конуса ізолятора: (125, 145, 175, 225, 240) - калильні числа за маркуванням фірми «Bosch» (ФРН). 10, 14, 17, 23, 26 - калильні числа за ГОСТ 2043

Згідно нормативних документів (ГОСТ 2043-74 «Свічки запалювання іскрові») каильним (жаровим, гартівним) числом називається абстрактна величина, пропорційна середньому індикаторному тиску, при якому під час випробування свічки на еталонній моторній установці зі змінним ступенем стискання в циліндрі двигуна починає з'являтися калильне запалювання.

Фізично калільне число характеризує спроможність свічки працювати в умовах еталонного двигуна без жарового запалювання. Можливі різні методи оцінки жарового числа свічки.

У країнах СНД та в Україні калільне число вибирають із такого ряду чисел: 8; 11; 14; 17; 20; 23; 26.

У деяких зарубіжних країнах під калільним числом розуміють час, протягом якого еталонний двигун працює до початку жарового запалювання. Так, жарові числа свічок запалювання німецької фірми «Bosch» становлять 45 ... 280 од.

Іскрові свічки за конструктивним виконанням різняться діаметром різьби та типом ущільнення, довжиною різьби на корпусі, калільним числом.

Свічки в країнах СНД маркують так [81]:

- ✓ *перша літера* містить інформацію про діаметр різьби на корпусі: *A* - M14×1,25; *M* - M18×1,5;
- ✓ *друга літера* характеризує особливості конструкції свічки: *K* – з конусним ущільненням без прокладки; *M* - малогабаритна;
- ✓ *після літер вказується калільне (жарове) число* з наведеного вище ряду;
- ✓ *після калільного (жарового) числа* можуть бути:
- ✓ *літера B* означає, що тепловий конус ізолятора виступає за корпус;
- ✓ *літера T* означає, що герметизація на з'єднанні «ізолятор - центральний електрод» виконана термоцементом.

В кінці маркування свічки через дефіс може вказуватись порядковий номер розробки.

Якщо немає позначень на другій, четвертій, п'ятій та шостій позиціях, то це означає, що свічка не має конструктивних

особливостей, довжина її різьбової частини становить 12 мм, тепловий конус ізолятора не виступає за корпус, а герметизацію на з'єднанні «ізолятор - центральний електрод» виконано іншим герметиком, ніж термоцемент.

Зразок умовного позначення свічки запалювання з різьбою на корпусі М14×1,25, калильним числом 20, довжиною різьбової частини корпусу 19 мм, яка має тепловий конус ізолятора, що виступає за торець корпусу має наступний вигляд - **A20ДВ**.

Подібне маркування мають свічки фірми Bosch. Перша буква в їх позначенні **W** відповідає, у вітчизняному маркуванні, букві **A**, **D** відповідає **M**, далі може іти буква, яка позначає виконання свічки (**R** – з вбудованим резистором), потім число, яке характеризує її теплові характеристики (чим менше число – тим свічка «холодніша»), потім іде позначення довжини різьбової частини (**D** відповідає 19 мм), далі позначення буквою кількості бічних електродів, якщо їх більше ніж один (**D** – два; **T** – три; **Q** – чотири) і, на кінець, виконання центрального електрода: **C** – мідь; **P** – платина; **S** – срібло.

У табл. 4.3 наведені дані щодо взаємозаміни свічок, які використовуються в Україні, зі свічками, що випускаються за кордоном [81].

Маркування вітчизняних свічок запалювання більш ранніх років випуску носило дещо інший характер. Марка свічок також складалася з ряду букв і цифр, наприклад А15Б або М12У. Перші букви (**М**, **А** і **Т**) характеризували діаметр і крок різьби різьбової частини: **М** - різьба 18×1,5 мм, **А** - різьба 14 ×1,25 мм, **Т** - різьба 10 ×1,0 мм. Цифри після першої літери вказували на висоту **h** теплового конуса ізолятора (8; 11; 12; 13; 14; 15; 16 і 20 мм). Літери **У**, **К** і **Б** після цифри вказували на матеріал ізолятора: **У** - ураліт, **К** - кристалокорунд, **Б** - бор-корунд.

Таблиця 4.3 – Взаємозамінність іскрових свічок запалювання [81]

Марка свічки в країнах СНД	«Iskra» (Чехія)	«Pal» (Чехія)	«Bosch» старе позначення (Німеччина)	«Bosch» нове позначення (Німеччина)	«Bosch» термопластик (Німеччина)	«Champion» (Велика Британія)	«Lodge» (Велика Британія)	NGK (Японія)
A26	FE 80	-	260T1	W4A1	W3AC	-	5H	-
A26ДВ	FE 155P	-	280X30	-	-	N64	SHLNY	-
A23	F 75	14-8	W225T1	W5A	W4AC	NR-10	HNL-85	B9H
A23ДВ	FE 135F	14-9	W230T30	W5D1	W5DC	N-84	2HLNY	BP8E8
A23B	-	-	W225T35	W5B	W4BC	L-81Y	-	-
A20	-	-	-	W5A	W4AC	-	-	B8H
A20Д	-	14-8	W200T27	-	-	-	-	B7ES
A20B	P65P	14-84	W200T35	W6B	W5BC	UL-82Y	HNY,H	BP7H
A20ДВ	FE65P	14L-84	W200T30	W6D	W5DC	N-9	HLNY,H	BP7ES
A17	F70	1407	W175T1	-	-	D91,L-7	HBH	B7H
A17B	F55P	H-7Y	W175T35	W7BC	W7BC	L-87Y	L86, CNY	BP7H
A17Д	FE 75	HL-7	W175T2	W7C	W7CC	N-5	HLN	B6ES
A14	-	14-5	WH5T1	W8A	W7SC	L10	-	B6H
A14Д	FE 70	141-5	W145T2	W8C	WJCC	N-8	CHNH	B5ES
A14ДВ	FE 45 P	14L-5y	W145T30	W8D	W7DS	N14Y	BLNY	BPSES
A11	F 50	-	-	-	-	-	CN	-
A11B	-	-	-	-	-	-	-	BP2H
A11Д	FE 50	-	W125T2	-	-	N18	-	-
A11H	F 70	-	W125T1	W8A	W7AC	H8	-	B6L
A8HT	-	-	-	-	-	-	H8	-

Інколи в кінці марки добавляли букви (**A** або **B**), які характеризували конструктивні особливості гайки кріплення провідника високої напруги: **A** - фасонна гайка під пружинний наконечник провідника високої напруги; **B** - затискна гайка з накаткою.

Іскрова свічка запалювання, а точніше колір її ізолятора є своєрідним індикатором правильної комплектації системи запалювання і технічного стану двигуна в цілому. Про правильну комплектацію агрегатів системи запалювання і стан двигуна можна судити з наступних міркувань і тестових перевірок, а саме [81]:

✓ При правильному регулюванні агрегатів системи живлення

(карбюратора тощо), відповідності свічки двигуну за жаровим числом і хорошому стані циліндропоршневої групи тепловий конус ізолятора свічки може мати колір від сіро-жовтого до коричневого.

Інше забарвлення ізолятора вказує на наступне:

✓ Білий колір ізолятора означає збіднену суміш, що готує карбюратор, або те, що свічка за жаровим числом є дуже гарячою.

✓ Якщо тепловий конус покритий оксамитовим матово-чорним нагаром, то в карбюраторі готується дуже збагачена суміш або свічка холодна (має жарове число, вище за потрібне).

✓ Якщо нагар маслянистий і щільний, то це свідчить про значне спрацювання циліндропоршневої групи або про те, що підібрана дуже холодна свічка.

✓ Якщо електрод, особливо центральний, має сильну ерозію, чи на тепловому конусі є краплі розплавленого металу, то це означає, що робоча суміш дуже збіднена або не герметично закріплена свічка.

4.5.4. Провідники високої напруги

Високовольтні провідники поділяються на [9]:

- звичайні з металевим центральним провідником;
- спеціальні з розподіленими параметрами, що забезпечують придушення радіоперешкод.

Провідники з мідною жилою ПВВ, ПВРВ, ППОВ і ПВЗС мають ізоляцію з полівінілхлориду, гуми та поліетилену, поверх якої у провідників типу ПВРВ, ППОВ і ПВЗС надіта оболонка підвищеної бензооливістійкості. Ці провідники володіють низьким опором центральної жили $(18 \dots 19) \times 10^{-3} \text{ Ом/м}$, розраховані на максимальну

робочу напругу 15 ... 25 кВ і можуть застосовуватися тільки в комплекті з завадопридушувальними резисторами [9].

Провідники з рівномірно розподіленим опором діляться на провідники з розподіленим активним опором (резистивний провідник) і реактивним опором (реактивний провідник). Резистивний провідник має струмопровідну жилу з бавовняної пряжі, просоченої сажовим розчином, в бавовняному або капроновому обплетенні. Провід ПВВО такого типу має опір $(15 \dots 40) \times 10^3$ Ом/м і розрахований на максимальну робочу напругу 15 кВ.

Реактивний провідник знаходить більш широке поширення і застосовується, зокрема, на автомобілях ВАЗ.

Проводи марки ПВВП мають центральну нитку з льону, на яку нанесений шар феропласту, до складу якого входять марганець-нікелеві і нікель-цинкові порошки.

Поверх феропластового осердя намотується струмопровідний залізо-нікелевий дріт. Зверху дріт ізолюваний полівінілхлоридною ізоляцією. Поглинання радіоперешкод відбувається в провіднику і діелектрику феропластового шару. Провідник ПВВП випускається діаметром 7,2 і 8 мм відповідно на робочу напругу 25 і 40 кВ і має опір 2 кОм/м. Встановлений на автомобілях ВАЗ такий провідник ПВВП-8 відрізняється червоним кольором [9].

Провідники типу ПВППВ і ПВППВ-40 мають аналогічну конструкцію і відрізняються тільки використаними в них матеріалами.

Для безконтактних систем запалювання автомобілів марки ВАЗ застосовується провідник синього кольору ПВВП-40 з силіконовою ізоляцією з опором 2,55 кОм/м і робочою напругою до 40 кВ. Провідники закордонного виробництва мають, через наявність підвищених вимог до зниження радіоперешкод, вищі значення опору

(наприклад, у провідників фірми Motorcraft опір складає 11 кОм/м). Однак слід пам'ятати, що установка провідників високої напруги з підвищеним опором може призвести до перебоїв в роботі двигуна через пропуски запалювання.

Крім того, високоомні провідники імпортного виробництва позначаються текстом вздовж проводу. Зміст тексту можна розшифрувати з допомогою фірмового каталогу. У деяких мікропроцесорних системах запалювання стали застосовувати вологозахисні екрановані укриття або кришки для проводів та свічок запалювання [9].

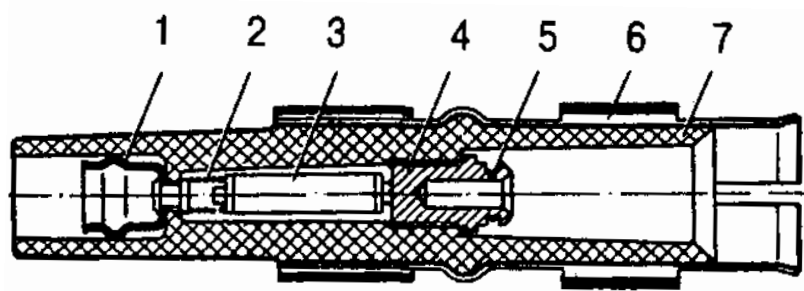
4.5.5. Пристрої для зниження радіоперешкод

Іскріння, яке виникає під час роботи приладів запалювання, утворює високочастотні електромагнітні хвилі. Діючи на антени, хвилі створюють перешкоди для якісного радіо- і телеприйому. Для зниження рівня цих перешкод в електрообладнанні автомобілів застосовують такі пристрої:

1) давильні резистори опором 5 ... 14 кОм, які у вигляді стрижнів з насиченого вуглецем азбесту поміщають в карболітові накінецьники провідників, сполучені з іскровими свічками запалювання – рис. 4.16 [9], в самі свічки запалювання – рис. 4.13, б тощо;

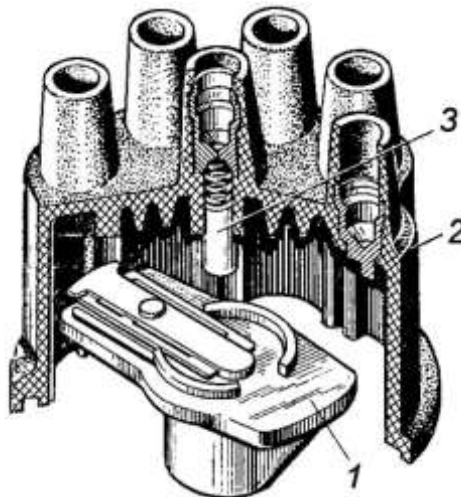
2) у кришках розподільників встановлюють рухомий вугільний контакт з пружиною, що володіє значним опором – рис. 4.17;

3) встановлюють високовольтні провідники з осердям та обплетенням, просоченими напівпровідниковим складом опором 15 ... 40 кОм;



1 - клема; 2 - пружина, 3 - давильний резистор, 4 - наконечник; 5 - скоба; 6 - екран; 7 - корпус

Рис. 4.16. Свічковий екранований накінецьник [9]



1 – ротор розподільника з струмопровідною пластиною (бігунець); 2 – кришка розподільника; 3 – контактний вуглик з пружиною

Рис. 4.17. Рухомий вугільний контакт у кришці розподільника

4) у ланцюг струму низької напруги включають спеціальні фільтри, що складаються з обмотки дроселя, намотаної на феритове осердя, і двох конденсаторів ємністю по 1 мкФ;

5) екранують, тобто укладають в металеву оболонку проводи низької і високої напруги, іскрові свічки запалювання, індукційні

катушки, розподільники та інші прилади електрообладнання (див. рис. 4.16 - екранований накінецьник);

б) зміцнюють з'єднання частин машини: двигун з кузовом і рамою з'єднують м'яким плетеним проводом, під головки болтів і гвинтів ставлять шайби-зірочки.

При застосуванні перерахованих вище технічних рішень слід пам'ятати, що:

- давальні резистори зменшують амплітуди струмів і тим самим зменшують потужність електромагнітних коливань;
- дроселі та конденсатори:
 - ✓ порушують періодичність високочастотних контурів, що послаблює їх дію;
 - ✓ поглинають електричну енергію під час зарядки конденсатора і перетворюють її в магнітну;
- екрани поглинають електромагнітні хвилі і перетворюють їх у вихрові струми, які нагрівають екран;
- шайби-зірочки служать не тільки для з'єднання частин машини, а й сприяють збереженню однакової ємності у всіх її вузлах, а також правильному розподілу по ній струмів в процесі роботи.

4.6. Особливості конструкцій систем запалювання різних типів

На даний час широко застосовуються декілька типів систем запалювання бензинових двигунів, а саме:

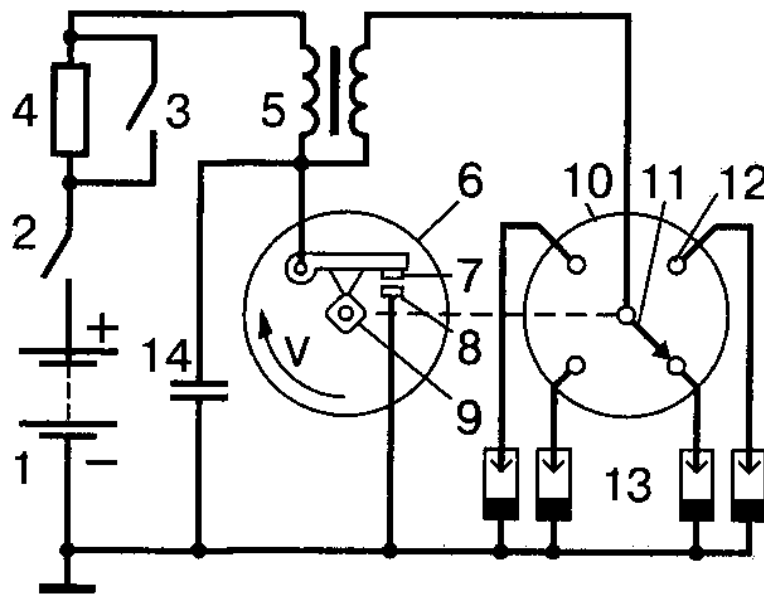
- ✓ *контактні системи запалювання (КСЗ, з котушкою запалювання або з накопиченням енергії в індуктивності);*
- ✓ *контактно-транзисторні системи запалювання (КТСЗ, з накопиченням енергії в індуктивності);*
- ✓ *безконтактно-транзисторні системи запалювання (БСЗ, відрізняється тим, що в ній замість контактів використовуються датчики імпульсів – магнітоелектричні, індукційні або датчики Холла);*
- ✓ *цифрові (ЦСЗ) та мікропроцесорні (МСЗ);*
- ✓ *системи запалювання від магнето.*

Нижче приведено детальний аналіз названих систем запалювання з акцентуванням уваги на їх конструктивні особливості.

4.6.1. Контактна (класична) система запалювання

Контактна система запалювання (КСЗ) призначена для примусового запалювання робочої суміші в камері згоряння двигуна електричною іскрою, яка утворюється між електродами свічок *1* (рис. 4.18) внаслідок надходження імпульсів струму високої напруги. Принцип дії класичної системи запалювання був описаний вище при розгляді теоретичних аспектів іскроутворення.

Функції генератора імпульсів виконує котушка запалювання *5* (індукційна котушка), яка діє за принципом трансформатора. Вторинна напруга залежить від величини магнітного поля та інтенсивності його зменшення, тобто від сили й швидкості зменшення струму в первинній обмотці. Струм самоіндукції, що утворюється в первинній обмотці (напругою до 300 В), зумовлює іскріння *і*, як наслідок, обгорання



1 - акумуляторна батарея; 2,3 - контакти вимикача запалювання; 4 - додатковий резистор; 5 - котушка запалювання; 6 - переривник; 7, 8 - рухомий і не рухомий контакти переривника; 9 - кулачок, 10 - розподільник; 11 - ротор (бігунок); 12 - нерухомий електрод; 13 - іскрові свічки запалювання; 14 - конденсатор

Рис. 4.18. Схема контактної системи запалювання [9]

контактів переривника. Для підвищення вторинної напруги та зменшення обгоряння контактів переривника паралельно контактам підключають конденсатор 14.

Вторинна напруга (напруга пробоею) при оптимальному співвідношенні компонентів суміші має бути тим більшою, чим більший зазор між електродами свічки й чим більший тиск у камері згоряння. Зазвичай вона знаходиться в межах 8 ... 12 кВ, але для підвищення надійності спалахування суміші застосовують системи, що утворюють вторинну напругу в межах 16 ... 25 кВ. Такий запас потрібен як у зв'язку з відхиленнями в процесі роботи самої системи, так і в зв'язку з зміною складу суміші

Повністю позбавитися від іскріння контактів переривника застосуванням конденсатора не вдається (іскрять також контакти ротора). Кардинальний спосіб зменшити іскріння контактів переривника – зменшення сили струму (який досягає 5 А) в первинній обмотці котушки запалювання.

Внаслідок багатократних швидких розмикань і замикань та іскріння в колах електрообладнання виникають електромагнітні коливання. Вони можуть створювати перешкоди на діапазонах частот, що використовуються в радіотехніці.

Більші, порівняно з іншими (генератором, реле-регулятором, показниками поворотів тощо), перешкоди створюються вторинним колом СЗ. Для зниження створюваних СЗ перешкод радіоприйманню застосовують додаткові давильні опори, розташовані якомога ближче до джерела виникнення електромагнітних коливань, що заважають надійному радіоприйому. Додатковий опір зменшує обгоряння контактів і електродів свічок, але й зменшує енергію іскри.

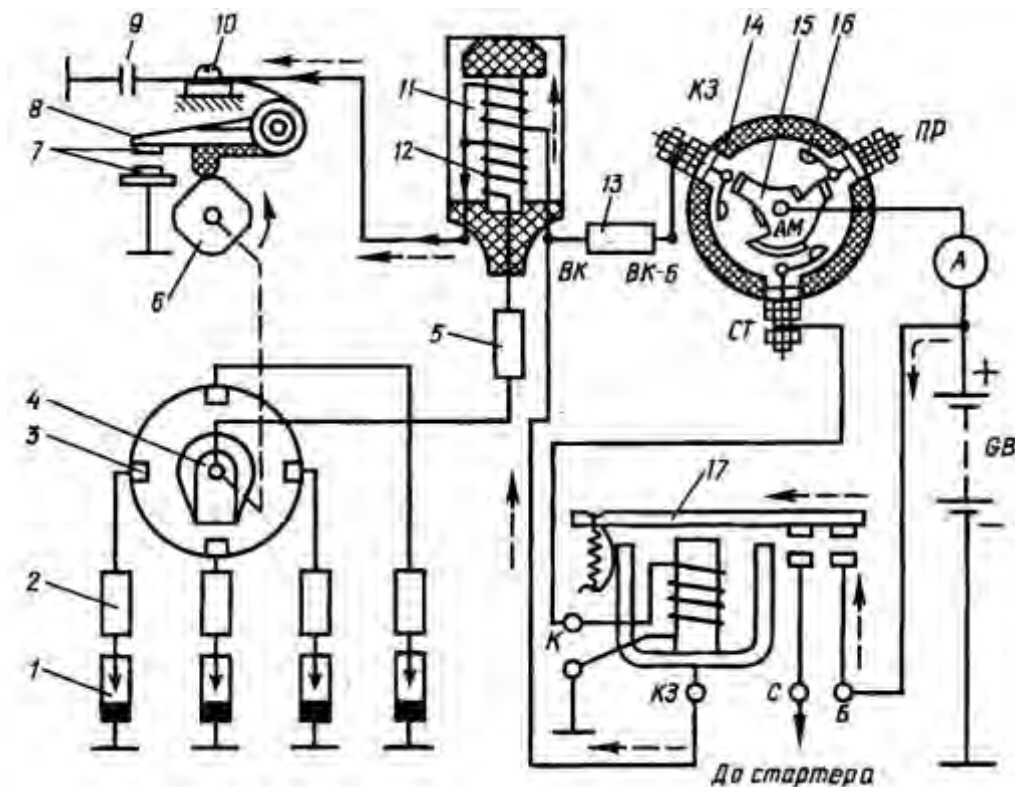
Енергія іскри, від якої залежить надійність запалювання бензиноповітряної (горючої) суміші в камері згоряння двигуна, визначаються напругою, силою струму й тривалістю горіння (головний параметр – напруга). Вторинна напруга в сучасних КСЗ досягає 25 кВ (чим вища напруга, тим менше система чутлива до забруднення електродів свічок і складу суміші).

Зі збільшенням частоти обертання колінчастого вала та кількості циліндрів енергія іскри зменшується. Отже, щоб СЗ мала високу енергію потрібно задовольнити дві діаметрально протилежні вимоги, а саме:

- ✓ збільшити первинний струм;

✓ зменшити струм, що проходить через контакти переривника.

Прикладом класичної системи батарейного запалювання може бути система запалювання двигуна типу ГАЗ 24-01 «Волга», напівмонтажна схема якої представлена на рис. 4.19 [81].



GB - акумуляторна батарея; 1 - свічка запалювання; 2, 5 - давильні опори (приглушувальні резистори); 3 - кришка розподільника; 4 - ротор розподільника; 6 - кулачок; 7 - контакти переривника; 8 - важіль переривника; 9 - конденсатор; 10 - затискач переривника; 11, 12 - первинна та вторинна обмотки котушки запалювання відповідно; 13 - додатковий резистор із затискачами ВК і ВК-Б (варіатор); 14 - вимикач запалювання із затискачами КЗ, СТ, ПР та АМ; 15 - контактна пластина; 16 - пружинний контакт; 17 - реле ввімкнення стартера із затискачами К, КЗ, С та Б

Рис. 4.19. Напівмонтажна схема системи запалювання двигуна типу ГАЗ 24-01 «Волга» [81]

Система запалювання на рис. 4.19 працює так. Коли запалювання ввімкнене і контакти переривника замкнені, в первинному колі протікає струм низької напруги.

Коло струму низької напруги (див. рис. 4.19): плюсовий вивід батареї - амперметр - затискач **АМ** - вимикач запалювання **14** - пластина **15** - контакт **16** - затискач вимикача **КЗ** - додатковий резистор **13** - первинна обмотка **11** котушки запалювання - затискач **10** переривника - важіль **8** - контакти **7** переривника - корпус автомобіля - мінусовий вивід батареї.

Коло струму низької напруги переривається в момент, коли кулачок **6**, набігаючи виступом на важіль **8** переривника, спричинює розмикання контактів **7**. У цей час у первинній обмотці **11** індукується ЕРС самоіндукції близької до 200 - 300 В, а у вторинній - до 24 кВ і більше; в осерді та кільцевому магнітопроводі з'являються вихрові струми. Електрорушійна сила, індукована у вторинній обмотці, створює між електродами свічок запалювання іскровий розряд, внаслідок чого у вторинному колі з'являється струм [81].

Коло струму високої напруги: вторинна обмотка **12** котушки запалювання - приглушувальний резистор **5** кришки розподільника - електрод ротора **4** розподільника - іскровий зазор - електрод кришки **3** - приглушувальний резистор **2** - центральний електрод свічки запалювання **1** - іскровий зазор - маса автомобіля.

Під час пуску двигуна стартером напруга акумуляторної батареї, а отже, і в первинній обмотці котушки запалювання, знижується, що знижує високу напругу. Щоб збільшити силу струму, контакти реле стартера замикаються та закорочують додатковий резистор **13**, а це знижує опір первинного кола і, як наслідок, сила струму в ньому збільшується [81].

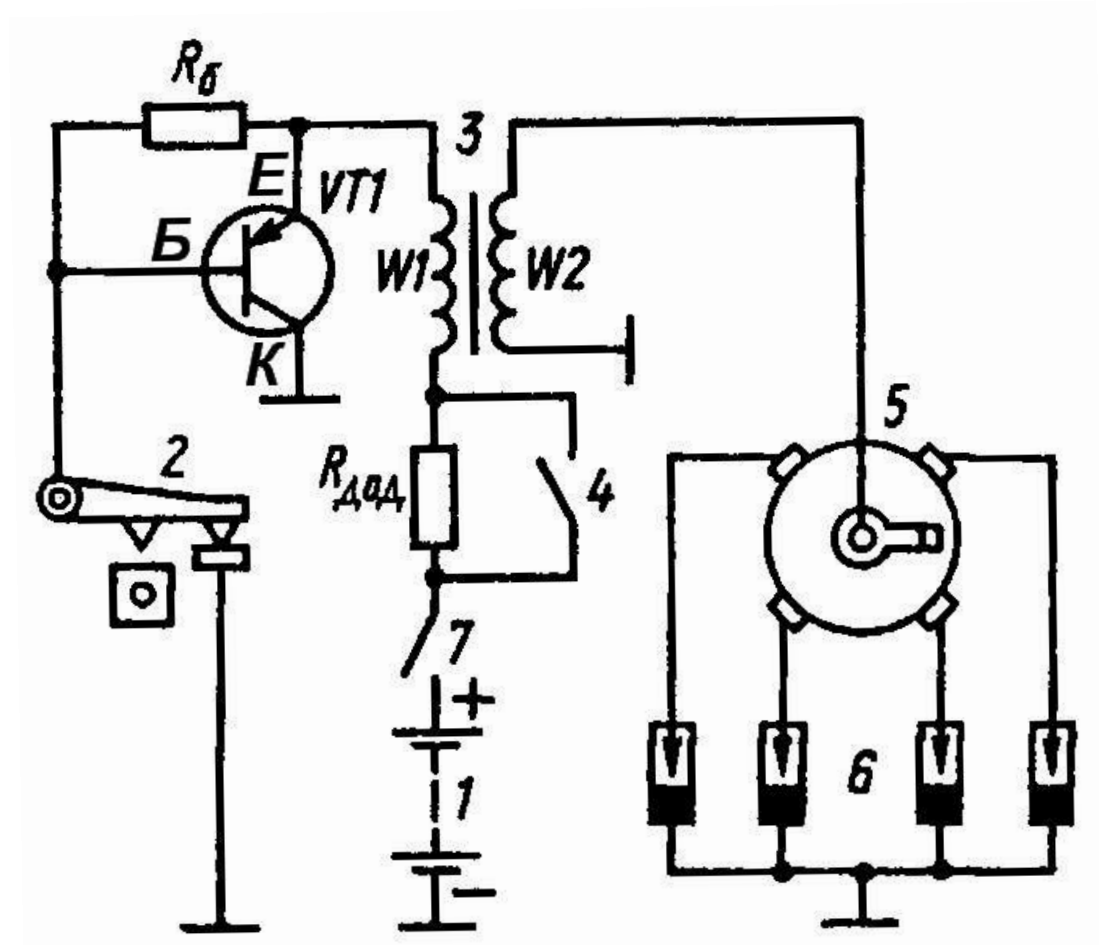
4.6.2. Контактно-транзисторна система запалювання

Високі вимоги, що висуваються до системи запалювання, не може задовольнити класична система батарейного запалювання, оскільки в цьому випадку реальним способом підвищення вторинної напруги є збільшення сили струму розривання контактів переривника. Проте, якщо ця сила перевищить певне значення - (3,5 ... 4,0 А при 12 В), то це призведе до ненадійної роботи контактів переривника та різкого скорочення терміну їхньої служби. А тому постала потреба створення нових пристроїв, які дали б змогу поліпшити умови займання робочої суміші в циліндрах [81].

Один із шляхів підвищення вторинної напруги – застосування напівпровідникових приладів, що працюють як ключі керування, або реле для переривання струму в первинній обмотці котушки запалювання. У якості напівпровідникових реле найчастіше використовують потужні транзистори.

Схема КТСЗ (рис. 4.20) має ту особливість, що в ній контакти переривника комутують тільки незначний струм бази i_B - струм керування транзистором, тоді як струм емітера i_E в силовому колі комутує транзистор. Слід зазначити, що ця особливість контактнотранзисторної системи дає змогу позбутися головної вади класичної системи запалювання. Вторинну напругу U_2 , яку розвиває котушка запалювання, в цій системі можна підвищувати у великих межах, оскільки збільшення струму i_p обмежують лише параметри транзистора, а не стійкість контактів переривника [81].

За таких умов опір первинного кола R_1 (див п. 4.3), залежить не тільки від опору первинної обмотки та додаткового резистора, а й від опору переходу емітер-колектор відкритого транзистора $R_{E.K.}$, тобто:



1 - акумуляторна батарея; 2 - переривник; 3 - котушка запалювання; 4 - вимикач додаткового резистора; 5 - розподільник; 6 - свічки запалювання; 7 - вимикач

Рис. 4.20. Принципова схема контактно-транзисторної системи батарейного запалювання [81]

$$R_{1\Sigma} = R_{W1} + R_{\text{Дод}} + R_{\text{Е.К.}}, \quad (4.14)$$

де $R_{1\Sigma}$ – сумарний опір первинного кола

R_{W1} – опір первинної обмотки котушки запалювання;

$R_{\text{Дод}}$ – опір додаткового резистора;

$R_{\text{Е.К.}}$ – опір переходу емітер-колектор.

В такому випадку струм розриву i_p буде визначатися із виразу:

$$i_p = \frac{U_B}{R_{1\Gamma}} \times \left(1 - e^{-\frac{R_{1\Gamma}}{L_1} \times \tau_B \times \frac{120}{n_{ДВ \times z}}} \right), \quad (4.15)$$

де τ_B – відносний час відкритого стану транзистора.

Решта позначень відповідає прийнятим у п. 4.3, де розглядались теоретичні аспекти іскроутворення.

Таким чином в контактно-транзисторній системі запалювання через контакти переривника проходять імпульси струму в межах 0,5 А і конденсатор відсутній. За рахунок зменшення кількості витків первинної обмотки та збільшення – вторинної, пробивна напруга зросла (в межах 25 % порівняно з КСЗ), що створило можливість збільшити зазори між електродами свічок до 1,0 ... 1,2 мм.

У контактно-транзисторній системі запалювання з'явився новий прилад, а в відповідній технічній термінології новий термін – *комутатор*. Сутність його зводиться до того, що отримуючи від контактів переривника керівні імпульси (команди) комутатор перетворює їх («комутує» на їх базі) у імпульси струму в первинній обмотці котушки запалювання. Розмикання і замикання первинного кола здійснюється закриванням і відкриванням вихідного транзистора комутатора, який і забезпечив формування повної назви цього приладу – *транзисторний комутатор*.

Транзисторний комутатор – це електронний пристрій (на прикладі комутатора типу ТК 102), у литому алюмінієвому корпусі якого змонтовані: стабілітрон, діод, конденсатор **CI** і опори **R1** і **R2**. Германієвий транзистор **ГТ 701А** закріплений зовні корпуса у спеціальній горловині і залитий епоксидною смолою. Корпус

транзистора контактує з корпусом комутатора, який до того ж має ребристу зовнішню поверхню, що забезпечує добре відведення тепла від транзистора. Стабілітрон теж має тепловий радіатор.

Коли ввімкнене запалювання й розімкнені контакти переривника струм в СЗ відсутній, тому що транзистор закритий внаслідок великого перехідного опору між емітером *Е* (див. рис. 4.20) і колектором *К* транзистора.

В момент замикання контактів переривника в колі керування транзистора через базу *Б* і колектор *К* проходить струм 0,3 ... 0,8 А, залежно від частоти обертання кулачка переривника.

Через наявність струму керування відбувається різке зниження опору переходу «емітер-колектор» транзистора і він відкривається, вмикаючи коло первинної котушки запалювання.

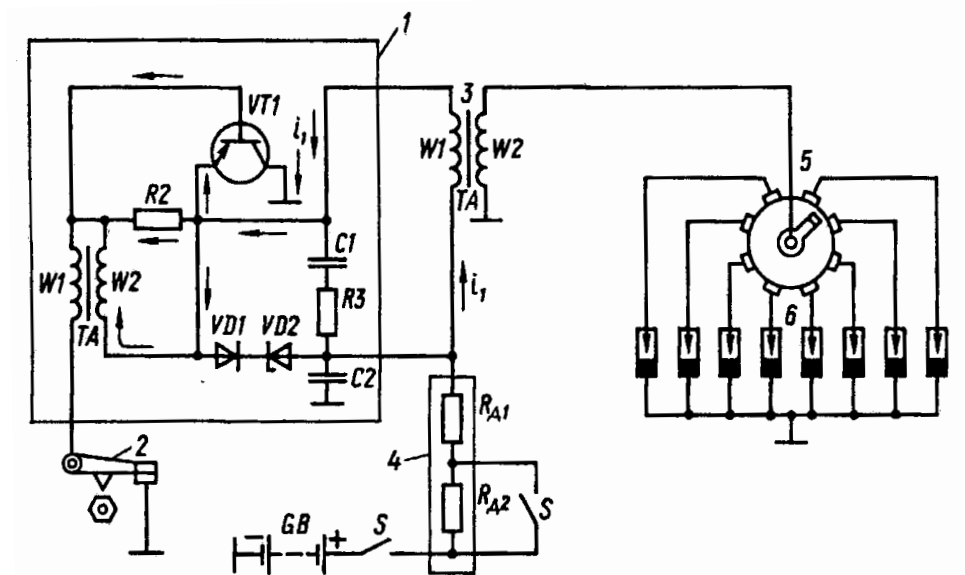
Сила струму в цьому ланцюгу (3 ... 7 А) залежить від напруги джерела, опору та індуктивності первинної обмотки й тривалості замкненого стану контактів переривника.

При розмиканні контактів переривника струм керування зникає, що викликає різке зростання опору переходу «емітер-колектор» транзистора до кількох сотень Ом і він закривається, вимикаючи коло струму первинної обмотки котушки запалювання. Отже, через контакти переривника проходить лише струм керування (вони (контакти) стали датчиком керівних імпульсів).

В розглянутій схемі КТСЗ енергія, необхідна для іскроутворення, накопичується в магнітному полі котушки запалювання (в індуктивності).

Прикладом контактно-транзисторної системи запалювання може служити система, що встановлювалась на автомобілях типу ЗІЛ-130, ГАЗ-53, ГАЗ-3307 та інших автомобілях російського виробництва.

Приклад схеми такої системи запалювання приведений на рис. 4.21. Вона включає комутатор 1 (типу ТК-102), блок додаткових резисторів (типу СЭ-107 – два резистори загальним опором $1,04 \pm 0,05$ Ом), котушку запалювання 3 (типу Б114) та восьмиіскровий розподільник 5 типу Р13-Д, Р11-33 чи Р137 [81].



VT1 - транзистор ГТ701А; VD1 - діод Д220; VD2 - стабілітрон Д8П7В; C1- конденсатор БМБ-160-1; C2 - конденсатор К50-6 - 50мкф, 25 В; R2 - резистор УЛИ-0,25-27; ТА - імпульсний трансформатор ($W1 = 57$, $W2 = 500$), 1 - транзисторний комутатор; 2 - переривник; 3 - котушка запалювання; 4 - блок резисторів; 5 - розподільник; 6 - свічки запалювання

Рис. 4.21. Схема контактно-транзисторної системи запалювання автомобілів типу ГАЗ-53А, ГАЗ-3307 [81]

Коли запалювання ввімкнене і контакти переривника розімкнені, то транзистор закритий і в первинному колі струм не протікає. У момент замикання контактів переривника в колі керування транзистора протікає струм, силою не більше 0,8 А.

Стрілками на рис. 4.21 зображено *шлях струму в колі керування транзистора*: позитивний вивід батареї **GB** - вимикач запалювання **S** - додаткові резистори СЭ-107 - первинна обмотка котушки запалювання - перехід «емітер-база» транзистора - первинна обмотка імпульсного трансформатора - контакти переривника 2 - корпус - негативний («мінусовий») вивід акумуляторної батареї.

Внаслідок протікання струму керування через перехід між базою та емітером транзистора різко знижується опір переходу «емітер-колектор» транзистора з кількох сотень до кількох часток Ома, і він відкривається, вмикаючи коло струму низької напруги [81].

Коло струму низької напруги: позитивний вивід акумуляторної батареї - вимикач запалювання - додаткові резистори - первинна обмотка котушки запалювання - перехід «емітер-колектор» транзистора - корпус - негативний вивід батареї. Сила струму в первинному колі, коли транзистор відкритий, досягає 8 А при непрацюючому двигуні й знижується до 3 А зі збільшенням частоти обертання його колінчастого вала. Після увімкнення стартера вимикач запалювання вмикає реле, яке спричиняє замикання контактів, і первинна обмотка котушки запалювання підключається до живлення від акумуляторної батареї, оминаючи резистор (нижній за схемою). Сила струму в первинному колі зростає, а разом із цим збільшується напруга у вторинному колі запалювання.

Розмикання контактів переривника супроводжує переривання струму керування транзистора, що спричиняє різке підвищення опору транзистора, і він, закриваючись, вимикає струм у первинному колі запалювання. У момент переривання струму керування у вторинній обмотці імпульсного трансформатора індукується ЕРС.

Імпульс ЕРС вторинної обмотки імпульсного трансформатора діє

в колі транзистора в напрямі, супротивному струму керування, внаслідок чого прискорюється закриття транзистора за 3 ... 5 мкс, а отже, прискорюється переривання струму в первинній обмотці котушки, і різко зменшується магнітний потік. Енергія струму взаємоіндукції вторинної обмотки трансформатора витрачається на нагрівання резистора **R12**, який збільшує тривалість дії запірного імпульсу.

У вторинній обмотці котушки індукується ЕРС від 17 до 30 кВ, а в первинній обмотці котушки - ЕРС самоіндукції до 100 В [81].

Коло струму високої напруги: вторинна обмотка котушки запалювання - розподільник - свічка запалювання – корпус («маса» машини).

ЕРС самоіндукції первинної обмотки котушки спричиняє заряджання конденсатора **C1** (1 мкФ). Надалі, коли контакти переривника розімкнені, конденсатор розряджається через первинну обмотку котушки запалювання.

Щоб запобігти перегріванню й пробиванню транзистора у разі збільшення ЕРС самоіндукції первинної обмотки, що може статися за малої частоти обертання колінчастого вала двигуна чи обривання в колі високої напруги, паралельно колу конденсатора **C1** додане коло, яке включає діод **VD1** та стабілітрон **VD2** із зустрічними напрямками прямих провідностей. Діод **VD1** перешкоджає протіканню струму від акумуляторної батареї через стабілітрон **VD2** поза первинною обмоткою котушки запалювання.

Зі збільшенням ЕРС самоіндукції первинної обмотки котушки запалювання понад 80 В (напруга стабілізації) стабілітрон пропускає через себе струм самоіндукції, здійснюючи, тим самим, шунтування даної обмотки. Завдяки протіканню струму самоіндукції по колу

стабілітрона *VD2* і діода *VD1* напруга на затискачах первинної обмотки знижується, а це запобігає перегріванню та пробиванню транзистора.

Якщо ЕРС самоіндукції стає меншою за 80 В, стабілітрон не проводить через себе струм, і ЕРС самоіндукції витрачається на заряджання конденсатора *C1*.

Електролітичний конденсатор *C2*, увімкнений паралельно до генератора, захищає транзистор від імпульсних перенапруг, що виникають у колі генератор - акумуляторна батарея. З надходженням імпульсу напруги від генератора конденсатор *C2* заряджається, а це зменшує напругу й імпульс сили струму в колі транзистора, запобігаючи його перегріванню [81].

У контактно-транзисторній системі запалювання контакти переривника розвантажені від струму кола первинної обмотки котушки запалювання, що ліквідує окислення та ерозію контактів. Завдяки цьому вони не потребують обслуговування (зачищення контактних поверхонь) в процесі експлуатації в межах 100 ... 150 тис. км пробігу автомобіля. Крім цього, усунення окислення та підгоряння контактів переривника запобігає зміні зазору між ними й розрегулюванню кута випередження запалювання під час експлуатації автомобіля.

Напруга у вторинному колі підвищується не менш як на 25% порівняно з класичною системою запалювання, а це збільшує енергію іскрового розряду.

Підвищення енергії іскрового розряду сприяє повному згорянню навіть збідненої робочої суміші, полегшує пуск двигуна та поліпшує приємність і економічність двигуна (витрата пального знижується на 2 %) [81].

Існують також *КТСЗ* з накопиченням енергії в ємності або конденсаторі. В таких системах використовуються, як правило,

керований діод, тому їх називають *тиристорними*. При розмиканні контактів переривника транзистор підключає конденсатор до первинної обмотки котушки запалювання, на яку він і розряджається (а у вторинній обмотці індукується висока напруга). Таким чином, головна частина енергії іскроутворення накопичується в ємності. Швидкоплинність розрядження конденсатора призводить до короткочасної тривалості існування іскри, що знижує надійність спалахування (особливо в умовах низьких температур).

4.6.3. Безконтактно-транзисторна система запалювання

Безконтактно-транзисторні системи запалювання (БСЗ) набули поширення з 80-х років. Якщо в КСЗ переривник безпосередньо розмикає первинне коло стуму, в КТСЗ – коло керування, то в БСЗ і керування безконтактне. В такій системі транзисторний комутатор, який перериває коло первинної обмотки котушки запалювання, спрацьовує під дією електричного імпульсу, створеного безконтактним датчиком. Це система високої пробивної напруги (не менше 30 кВ), що створило можливість збільшити зазор між електродами свічок до 0,7 ... 0,8 мм (у КСЗ зазор 0,5-0,6 мм).

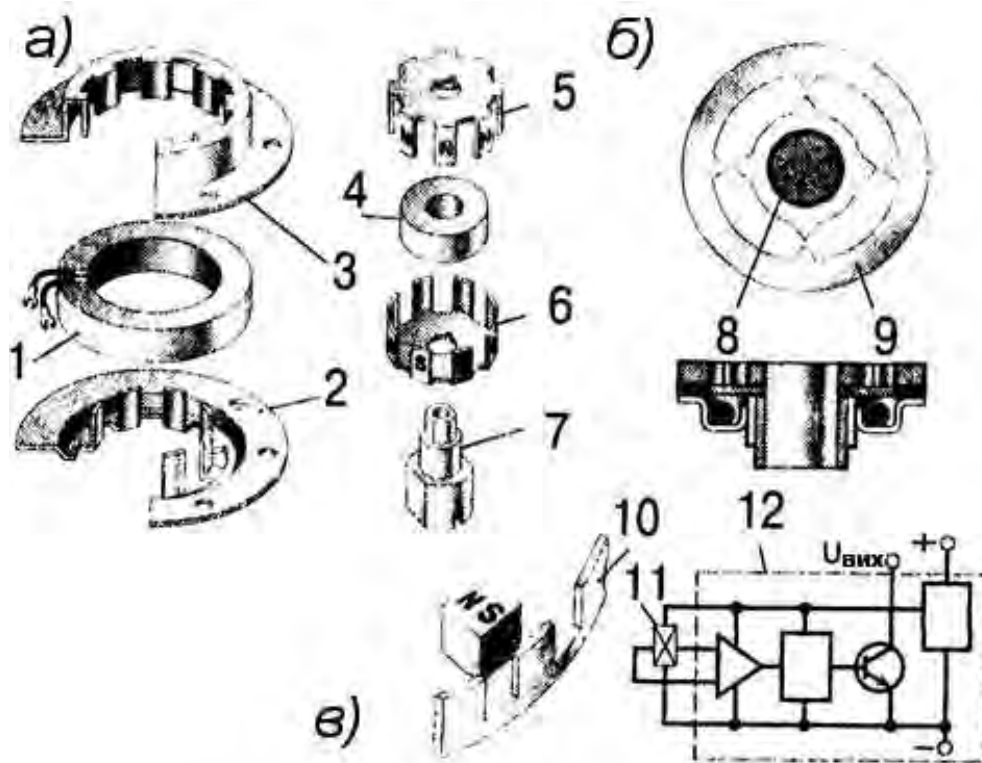
В ролі безконтактних датчиків з механічним приводом від розподільчого вала ДВЗ були досліджені магнітоелектричні, індукційні, електромагнітні, генераторні, оптичні та інші перетворювачі механічного обертання в електричний сигнал.

Загалом датчики для БСЗ поділяють на два основних типи, а саме:

- ✓ *параметричні* (застосовуються обмежено);
- ✓ *генераторні*.

Генераторні датчики – джерело живлення електричного кола

керування. Найбільшого поширення набули магнітоелектричні індукційні датчики й датчики Холла – рис. 4.22 [9].



а - магнітоелектричний генераторний з кігтеподібним статором; б - магнітоелектричний комутаторного типу; в - датчик Холла; 1 - котушка; 2, 3 - дзьобоподібні половини статора; 4 - магніт; 5, 6 - дзьобоподібні половини ротора; 7 - привідна втулка; 8 - зубчастий ротор; 9 - зубчастий статор; 10 - екран (шторки); 11 - чутливий елемент датчика Холла; 12 - мікросхема

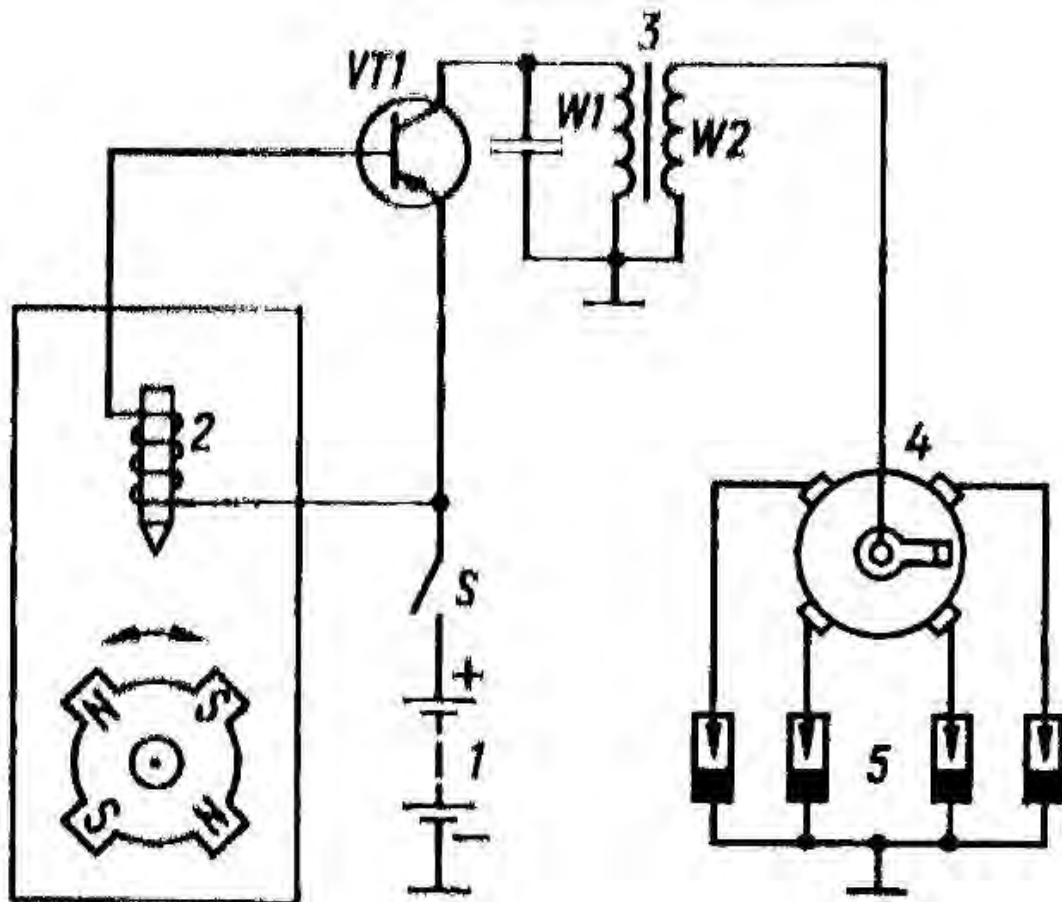
Рис. 4.22. Датчики безконтактних систем запалювання [9]

Спочатку як більш простий і достатньо надійний, широке впровадження отримав магнітоелектричний датчик. Але з розробкою датчика, що працює на ефекті Холла, останній став основним елементом для всіх наступних електронних систем запалювання, що серійно випускаються за кордоном.

Магнітоелектричний індукційний датчик – це однофазний генератор змінного струму з ротором на постійних магнітах. Кількість пар полюсів ротора відповідає кількості циліндрів двигуна. Півперіоди напруги, що створюються, відкривають транзистор, який формує первинний струм каскаду комутатора системи запалювання. Коли частота обертання колінчастого вала двигуна невелика, створюваної напруги недостатньо для перемикання транзистора, тому застосовується спеціальний формувальний каскад. В результаті усереднений струм, що споживається схемою з індукційним датчиком досить великий (6 ... 8 А). Нижче розглянемо найпростішу схему БСЗ – рис. 4.23 [9].

На рис. 4.23 наведено принципову схему транзисторної безконтактної системи запалювання з накопиченням енергії в індуктивності з магнітоелектричним датчиком. Схема працює так. Коли хрестоподібний магніт нерухомий, транзистор *VT1* закритий, і струм у первинній обмотці *W1* котушки запалювання 3 не протікає. Коли магніт обертається, в обмотці датчика 2 індукується змінна ЕРС, яка керує транзистором. Під час протікання на датчику позитивних півперіодів напруги транзистор перебуває в стані насичення, а негативних - у стані відсічки. Коли транзистор відкритий, від акумуляторної батареї через перехід «емітер-колектор» і первинну обмотку котушки запалювання протікає струм. За негативної ЕРС транзистор закривається, струм у первинній обмотці переривається і у вторинній обмотці індукується значна ЕРС. Кількість пар полюсів магніту датчика має відповідати кількості циліндрів двигуна [81].

Отже, замість переривників-розподільників, наявних у класичній і контактно-транзисторній системах запалювання в безконтактній транзисторній СЗ застосовано *датчики-розподільники*. Виготовляють



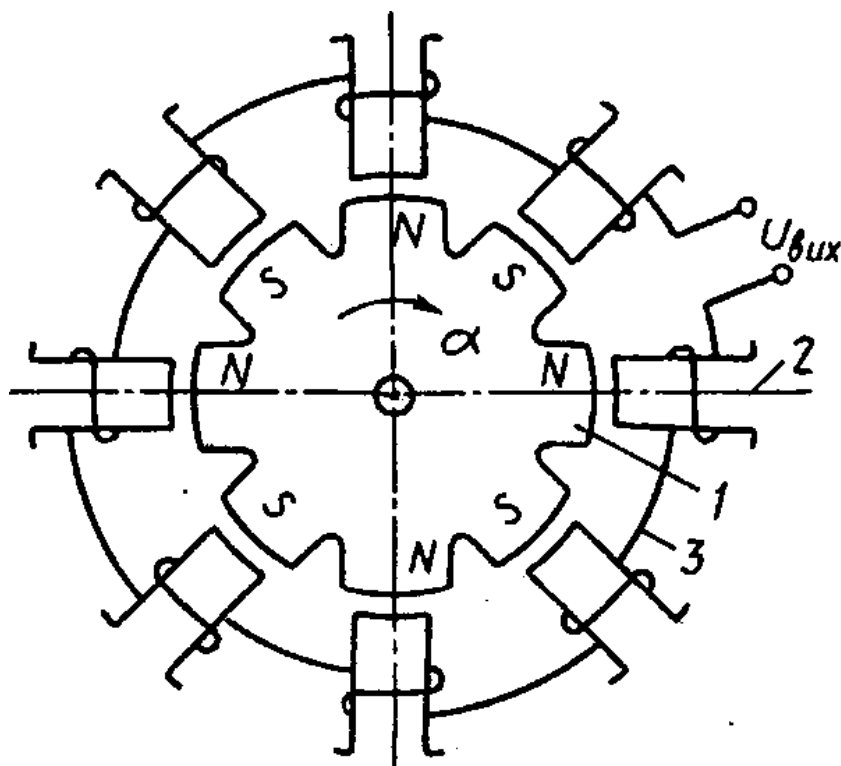
1 - акумуляторна батарея; 2 - магнітоелектричний датчик; 3 - котушка запалювання; 4 - розподільник; 5 - свічки запалювання

Рис. 4.23. Принципова схема системи запалювання з магнітоелектричним датчиком [81]

їх на базі традиційних переривників-розподільників, однак вузол переривника замінюють безконтактним датчиком.

Принципову схему магнітоелектричного датчика наведено на рис. 4.24 [81].

Під час обертання зубчастого магніту в обмотці статора згідно із законом індукції виникає змінна напруга. Коли один із зубців магніту наближається до обмотки, напруга в ній швидко зростає, досягає максимуму, потім зубець розміщується на середній лінії обмотки,



1 - магніт; 2 - статор; 3 - обмотка

Рис. 4.24. Принципова схема магнітоелектричного датчика для чотирьох циліндрового двигуна [81]

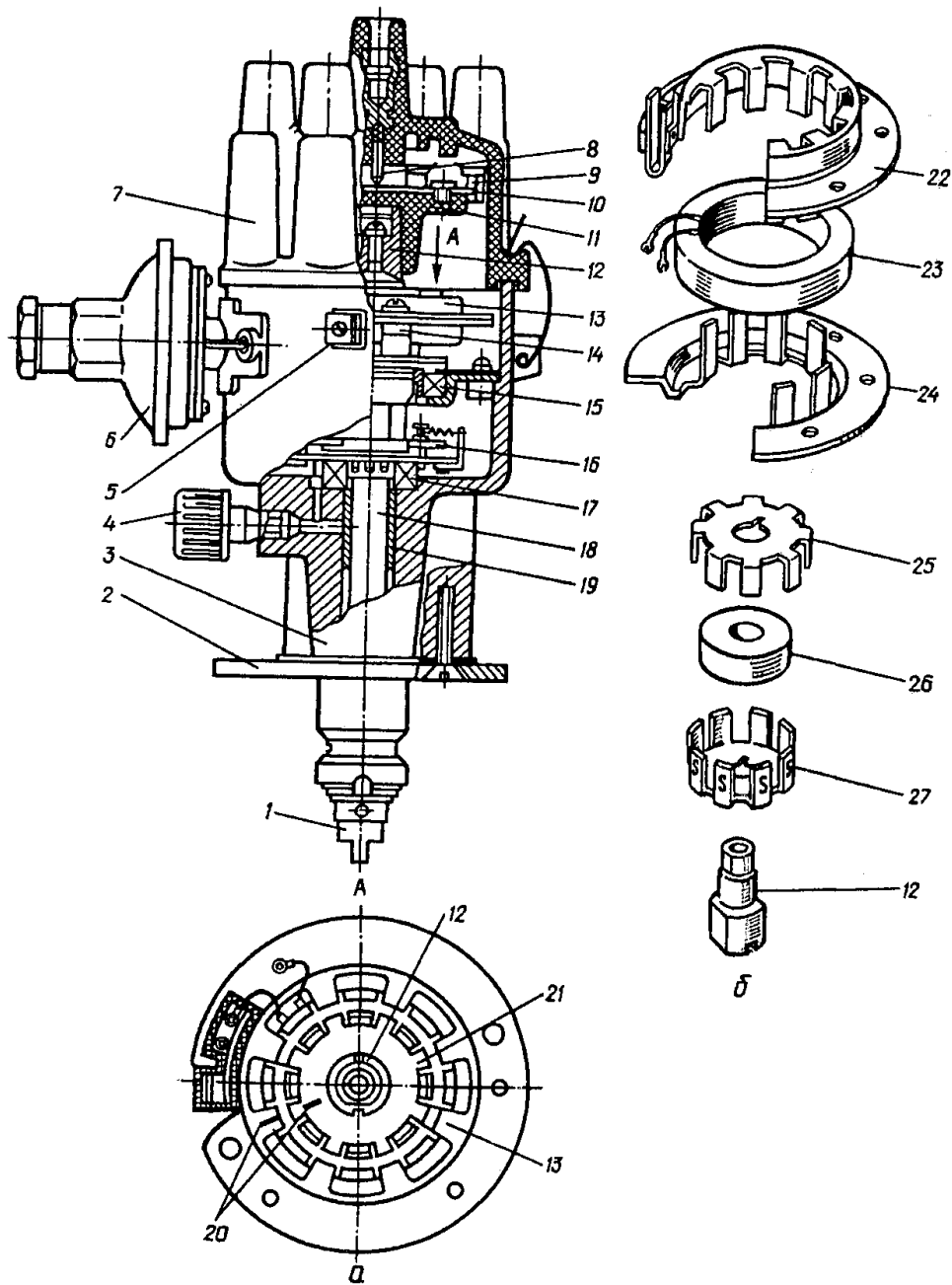
після цього, коли він віддаляється, швидко змінює знак і збільшується в протилежному напрямі до максимуму. Напруга дуже швидко змінюється від позитивного максимуму до негативного, тому нульовий перехід між ними можна використати для керування системою запалювання. Зубчастий магнітний якір встановлено у звичайний корпус переривника. Кількість зубців залежить від кількості циліндрів і тактності двигуна. Напруга, яку виробляє генераторний датчик, залежить від частоти обертання якоря та його конструкції, і має забезпечити надійність запалювання навіть за малої частоти обертання під час пуску двигуна [57].

Прикладом реалізації магнітоелектричного датчика може служити датчик-розподільник типу 24.3706 (рис. 4.25). Він складається з таких основних вузлів: магнітоелектричного генераторного датчика із статором 13 та ротором 21, відцентрового регулятора 16, вакуумного регулятора 6. Корпус 3 вилито з алюмінієвого сплаву, а у хвостовій його частині розміщено пластину 2 октан-коректора, призначеного для ручного регулювання моменту іскроутворення та кріплення датчика-розподільника на двигуні. Датчик-розподільник приводиться в рух через приєднувальний шип 1, який закріплено на валику 18. Для змащування підшипника 19 валика 18 та упорного підшипника 17 у корпусі поставлено маслянку 4 [57].

Ротор 21 датчика - це кільцевий постійний магніт 26 із щільно притисненими до нього зверху та знизу 8-полюсними обоймами 25 і 27, що міцно закріплені на втулці 12, на верхній частині якої розміщено бігунець 11 високовольтного розподільного пристрою. У нижній частині втулки 12 є паз, в який входить виступ втулки, нерухомо закріплений на повідковій пластині ротора.

Статор 13 датчика - це обмотка 23, вміщена у 8-ми полюсних пластинах 22 і 24, з'єднаних між собою заклепками. Статор має один ізолюваний вивід 5, розміщений на корпусі розподільника. Другий кінець обмотки проводами з'єднано з корпусом. Статор 13 за допомогою опор 14 поставлено на рухомій пластині, нерухомо закріплений на внутрішній обмотці підшипника 15. Зовнішню обойму підшипника 15 закріплено нерухомо щодо корпусу 3. Рухома пластина шарнірно з'єднана з тягою вакуумного регулятора 6.

Отже, відцентровий регулятор забезпечує зміну випередження запалювання, повертаючи ротор датчика відносно статора, а вакуумний регулятор повертає статор відносно ротора.



а - загальний вигляд; б - конструкція датчика; 1 - приєднувальний щит;
 2 - пластина; 3 - корпус; 4 - маслянка; 5 - вивід; 6 - вакуумний регулятор;
 7 - кришка; 8 - вугільний контакт; 9, 10 - електроди; 11 - бігунець розподільника;
 12 - втулка; 13 - статор; 14 - опора; 15, 17, 19 - підшипники; 16 - відцентровий регулятор;
 18 - вал; 20 - позначки для встановлювання кута випередження запалювання у першому циліндрі;
 21 - ротор; 22, 24 - полюсні пластини; 23 - обмотка; 25, 27 - обойми

Рис. 4.25. Датчик розподільник типу 24.3706 [81]

Високовольтний розподільний пристрій має кришку 7 з дев'ятьма виводами. З внутрішнього боку в центральному виводі розміщено рухомий вугільний контакт 8, який забезпечує електричний контакт між центральним виводом і електродом 10 бігунця 11. Через електроди 9 висока напруга надходить до 8-ми високовольтних виводів, призначених для приєднання провідників високої напруги від свічок запалювання.

Для встановлення початкового кута випередження запалювання на роторі й статорі датчика вииконані позначки 20, які мають збігатися, якщо колінчастий вал двигуна перебуває в положенні, що відповідає моментові іскроутворення в першому циліндрі [81].

Як було сказано вище, останнім часом в усьому світі на автомобілях для керування процесом іскроутворення широко застосовують *датчики, принцип дії яких ґрунтується на ефекті Холла* (рис. 4.26). Ефект Холла виникає в пластині, через яку протікає струм I від джерела U_{1-2} , коли під прямим кутом на неї діє магнітне поле B [81].

ЕРС Холла E_X знімають з виводів 3 – 4 і визначають за формулою:

$$E_X = \frac{K_H \times I \times B}{h}, \quad (4.16)$$

де K_H - стала Холла;

I - сила струму;

B - індукція магнітного поля;

h - товщина пластини.

Максимально проявляється ефект Холла у пластинах із напівпровідникового матеріалу (германію, кремнію, арсеніду галію, індію тощо).

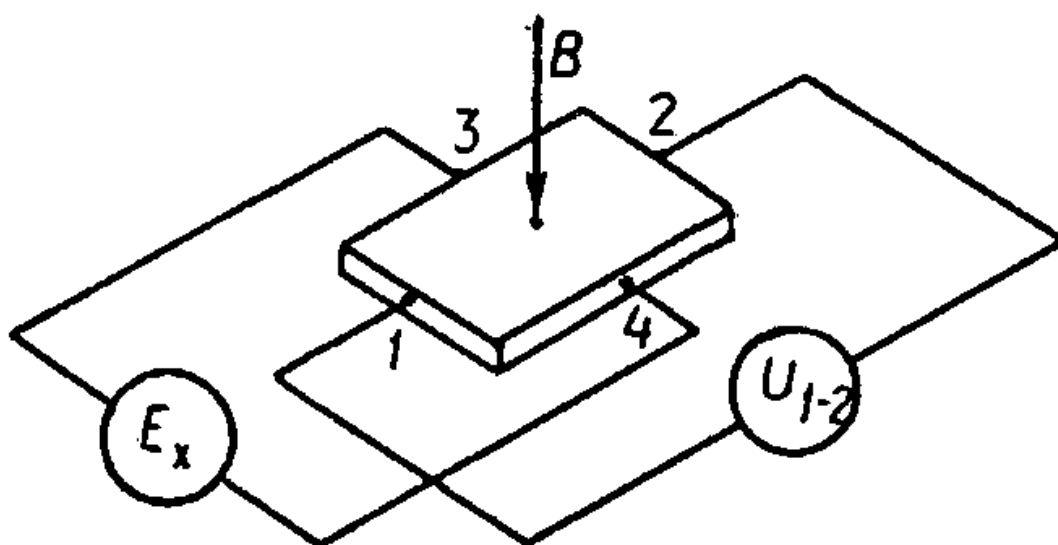
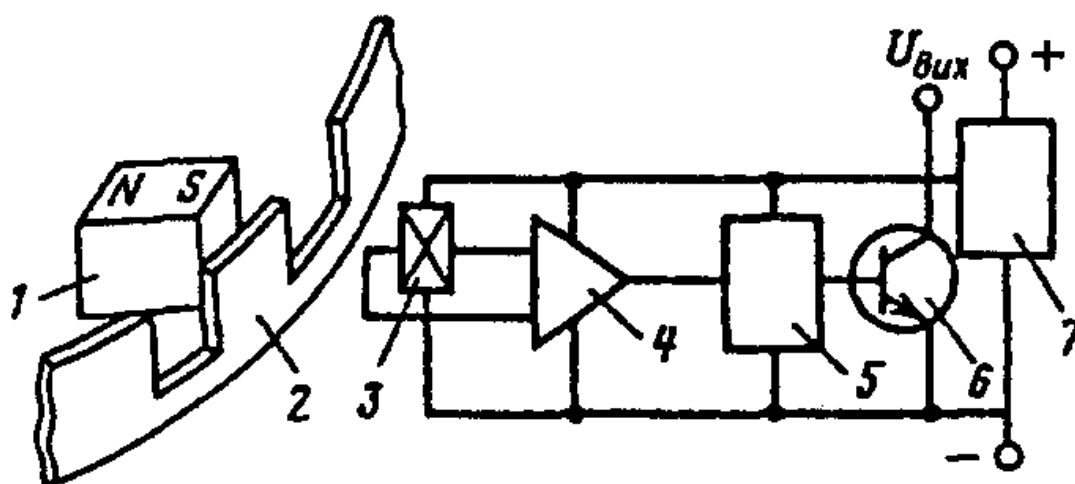


Рис. 4.26. До пояснення принципу дії датчика Холла [81]

Величина ЕРС Холла дуже мала і тому має бути підсилена безпосередньо поблизу пластини для того, щоб усунути вплив радіоелектричних перешкод. Тому конструктивно і технологічно елемент Холла і підсилювальна схема містять підсилювач 4, тригер Шмітта 5, вихідний транзистор 6 та стабілізатор напруги 7, які виготовлені у вигляді інтегральної мікросхеми (рис. 4.27) [81].

Якщо обертається вал розподільника, а з ним і ротор 2, то магнітне поле, створене постійним магнітом 1, закривається екраном чи відкривається при проходженні прорізу. Якщо магнітне поле потрапляє на поверхню пластини, створюється ЕРС Холла, яка підсилюється підсилювачем 4 і надходить до бази вихідного транзистора 6, який потім відкривається. При закриванні екраном магнітного потоку в пластині не виникає ЕРС Холла і вихідний транзистор закривається.

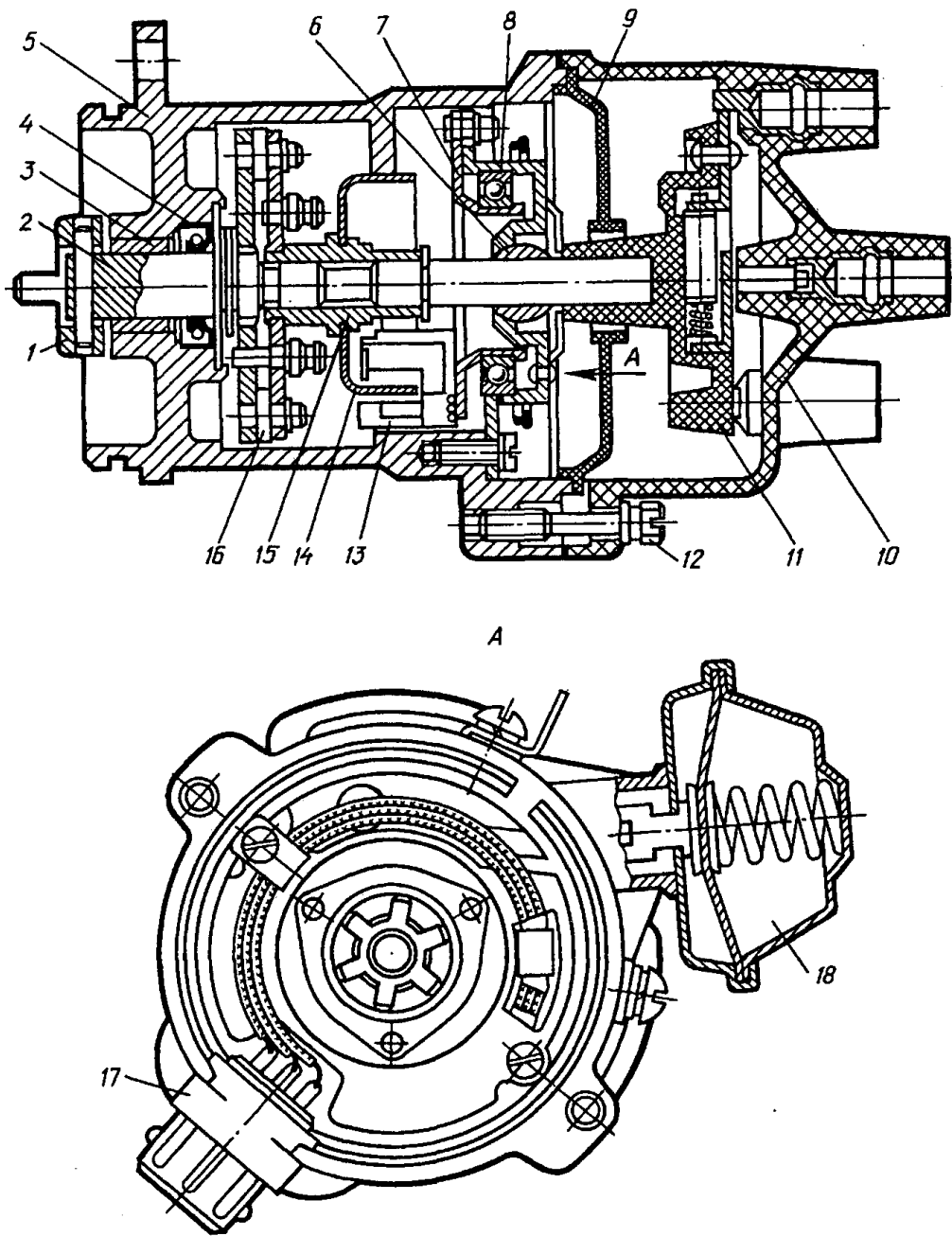
Отже, на виході мікросхеми знімається сигнал практично прямокутної форми, який і дозволяє мінімізувати втрати в системі пов'язані з наростанням і зникання струму в первинній обмотці.



1 - магніт; 2 - ротор; 3 - чутливий елемент (напівпровідникова пластина); 4 - підсилювач; 5 - тригер Шмітта; 6 - вихідний транзистор; 7 - стабілізатор напруги

Рис. 4.27. Схема безконтактного мікроперемикача, принцип дії якого ґрунтується на ефекті Холла [81]

Прикладом реалізації датчика, що працює на ефекті Холла, служить датчик-розподільник типу 40.3706 (рис. 4.28), який має чутливий елемент із мікросхемою, описаною вище [81]. Цей датчик горизонтального типу і має корпус 5, вилитий з алюмінієвого сплаву. Датчик-розподільник приводиться в рух через муфту 1 і вал 2, на протилежному кінці якого розміщений бігунець 11. Висока напруга між свічками запалювання розподіляється за допомогою виводів, розміщених на кришці 10, прикріпленій до корпусу 5 трьома гвинтами 12. Високовольтна частина пристрою відокремлена від решти конструкції перегородкою 9. Вал 2 обертається у втулках 3 та 6. Ущільнення 4 перешкоджає потраплянню змазуючого матеріалу (оливи) у внутрішню частину корпусу. До рухомої пластини 7, на якій закріплено напівпровідниковий датчик 13 із магнітом, приєднано тягу від вакуумного регулятора 18.



1 - муфта; 2 - вал; 3, 6 - втулки; 4 - ущільнення; 5 - корпус; 7 - рухома пластина; 8 - підшипник; 9 - перегородка; 10 - кришка; 11 - бігунець; 12 - гвинт; 13 - датчик Холла; 14 - ротор-шторка; 15 - втулка; 16 - відцентровий регулятор; 17 - штекер; 18 - вакуумний регулятор

Рис. 4.28. Датчик-розподільник типу 40.3706 [81]

Три виводи датчика ізольованими провідниками з'єднано з виводами штекера 17. У прорізі датчика 13 обертається ротор (шторка) 14, який втулкою 15 з'єднаний із повідковою пластиною відцентрового регулятора 16 [81].

Отже, під час роботи відцентрового регулятора повідкова пластина повертає замикач відносно датчика, а під час роботи вакуумного регулятора датчик разом із рухомою пластиною повертається відносно замикача.

Котушки запалювання в безконтактних системах запалювання мають подібну конструкцію, що і у контактних-транзисторних. Обмотки можуть бути з'єднані за автотрансформаторною схемою. Особливістю конструкцій є відносно низький опір первинної обмотки (0,5 Ом), що дає змогу здобувати стабільні вихідні характеристики зі зменшенням напруги живлення до 6 В [81].

Усі високовольтні деталі системи виготовлено зі спеціальної лугостійкої пластмаси типу склонаповненого напівбутилентерефталату, яка з великим запасом витримує утворювану системою високу напругу.

В СЗ з датчиком Холла тривалість процесу накопичення енергії (час накопичення) в котушці запалювання залишається незмінним незалежно від частоти обертання колінчастого вала, тобто енергія іскри не залежить від частоти обертання колінчастого вала й напруги бортової мережі. Будова комутатора в такій системі досить складна (в ній мають місце: мікросхема, силовий транзистор, декілька резисторів, стабілітрони, конденсатори).

Енергія іскри в БСЗ в три – чотири рази перевищує енергію в КСЗ, але система досить вразлива й потребує обережності (якщо, наприклад, від'єднати струмопровід від свічки – можуть «згоріти» комутатор або розподільник).

Прикладом безконтактної системи запалювання з магнітоелектричним генераторним датчиком може бути система, що встановлюється на автомобілях типу ГАЗ-2401, ГАЗ-3102, ГАЗ-3129, ГАЗ-6602 та інших модифікаціях автомобілів цього виробника (рис. 4.29). Вона складається з датчика-розподільника типу 20.3706 чи 24.3706, транзисторного комутатора типу 13.373401, котушки запалювання типу Б116, додаткового резистора типу 14.3729, зблокованого з реле пуску стартера, свічок запалювання, замка запалювання [81].

При включеному замку запалювання S і непрацюючому двигуні, тобто коли ротор датчика не обертається, або при негативному напівперіоді сигналу датчика база $VT1$ має нульовий потенціал і він закритий. База $VT2$ через $VD3$, резистори $R3$ та $R7$ отримує позитивний потенціал, і він відкривається. Струм, що протікає через $VT2$, створює на $R10$ перепад напруги з плюсом біля бази $VT3$, і він також відкривається. Через відкритий транзистор $VT3$ у первинній обмотці котушки запалювання протікатиме струм.

У наступний момент при повороті ротора датчика на деякий кут до бази $VT1$ через $R2$, $VD1$ та $R4$ надійде позитивний імпульс. Тоді транзистор $VT1$ відкриється, шунтуючи входи $VT2$ та $VT3$, які закриються.

У момент закриття транзистора $VT3$ струм через первинну обмотку $W1$ переривається і у вторинній обмотці $W2$ виникає імпульс високої напруги, який надходить через розподільник до відповідної свічки запалювання.

Стабілітрон $VD4$ та резистори $R3$ і $R5$ призначені для обмеження напруги живлення, конденсатори $C2$, $C3$, $C5$ і $C6$ - для згладжування імпульсів напруги, що виникають у системі. Конденсатор $C4$ і резистор $R8$ створюють позитивний зворотний зв'язок, що сприяє прискоренню

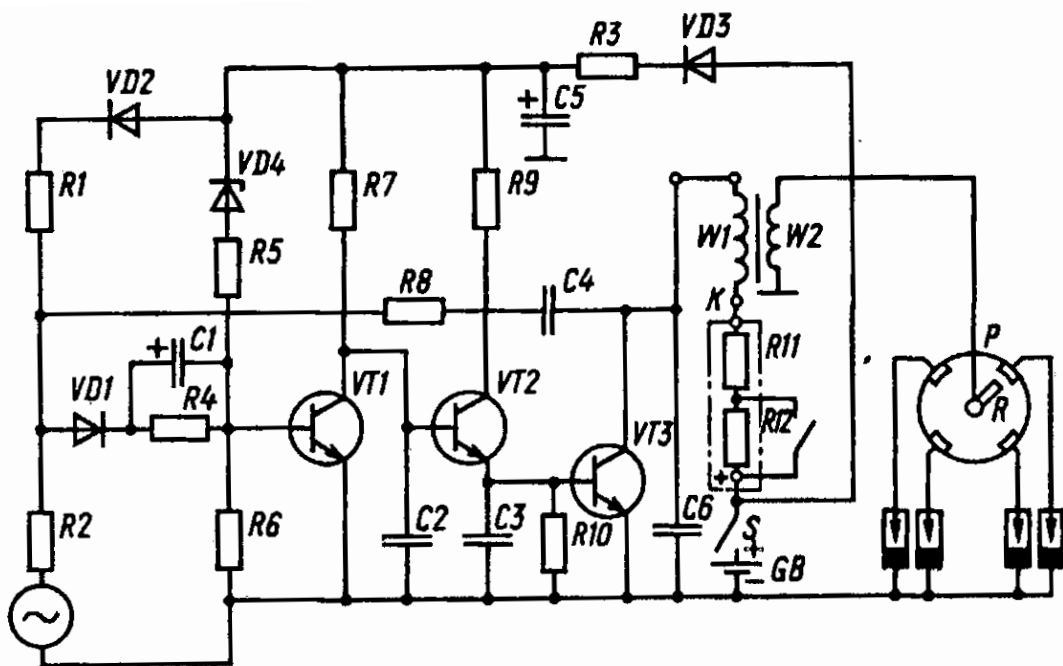


Рис. 4.29. Схема системи запалювання з безконтактним магнітоелектричним датчиком і транзисторним комутатором типу 13.3734.01 [81]

перехідного процесу (відкриттю *VT1* і закриттю *VT2* і *VT3*). Діод *VD3* захищає транзистори у разі випадкової зміни полярності джерела живлення. Резистор *R2* обмежує струм датчика [81].

4.6.4. Цифрові та мікропроцесорні системи запалювання

Найважливіший фактор, який визначає потужність двигуна, його паливну економічність та токсичність відпрацьованих газів, - це його робота при оптимальних кутах випередження запалювання на всіх режимах. Механічні регулятори випередження запалювання, що застосовуються в

класичних та електронних системах запалювання, не можуть забезпечити необхідні параметри регулювання в усьому діапазоні роботи двигуна. Рухомі частини регулятора у процесі роботи спрацьовуються, а отже, неминучі люфти в сполучених деталях, які створюють нестійкість моменту запалювання (асинхронізм) за кутом повороту колінчастого вала [81].

Через те, що паливно-повітряна суміш між циліндрами двигуна розподіляється нерівномірно, оптимальний момент запалювання також має бути різним для різних циліндрів, а цього існуючі системи запалювання врахувати не можуть. Крім того, нестійкість моменту запалювання не дає змоги задовольнити зростаючі вимоги щодо токсичності відпрацьованих газів, а тому потрібно застосовувати спеціальні системи рециркуляції відпрацьованих газів чи каталітичні окислювачі.

Іще одна обставина є принциповою вадою систем запалювання попередніх конструкцій. Це наявність високовольтного розподілу іскор по циліндрах за допомогою ротора, що знаходиться в кришці розподільника, оскільки комутація та передача високої напруги реалізується через електричну іскру. Це, крім значних витрат енергії, призводить до вигорання контактів в ізоляційній кришці розподільника і, як наслідок, до асинхронізму іскор на $2 \dots 3^\circ$ між виводами розподільника.

Подальше вдосконалення автомобільних систем запалювання пішло шляхом усунення цих недоліків. На заміну розглянутих раніше систем прийшли нові системи запалювання четвертого покоління - це системи з електронно-обчислювальними пристроями керування і без високовольтного розподілу енергії між свічками запалювання циліндрів.

Цифрові та мікропроцесорні системи запалювання мають три принципові відмінності від попередніх систем, а саме [81]:

- *блоки керування (контролери) є електронно-обчислювальними блоками дискретного принципу дії, виконані з застосуванням*

мікроелектронної технології (на універсальних, або на великих інтегральних мікросхемах) і призначені для автоматичного керування моментом (кутом випередження) запалювання;

- *застосування мікроелектронної технології дозволяє значно розширити функції електронного керування: стало можливим впровадження в систему запалювання бортової самодіагностики та принципів схмотехнічного резервування;*
- *вихідні каскади цих систем, як правило, багатоканальні і не мають високовольтного розподільника запалювання.*

Цифровими називаються системи запалювання, які забезпечують автоматичне регулювання випередження моменту запалювання за будь-якою характеристикою залежно від частоти обертання та навантаження двигуна, режимів його роботи і температури, а також складу робочої суміші, за допомогою електронного цифрового блока (контролера). У випадку спрацювання деталей у процесі експлуатації ці системи не потребують обслуговування та регулювання. Параметри системи зберігаються протягом усього терміну служби [81].

Цифрові системи електронного регулювання моменту випередження запалювання працюють, як правило, за попередньо складеною жорсткою програмою, їх контролери можуть мати або не мати блок пам'яті.

Мікропроцесорними називаються цифрові системи запалювання, які для обробки інформації використовують мікропроцесор або мікроЕОМ. Обидві системи дають змогу більш гнучко відтворювати задані характеристики моменту випередження запалювання [81].

Названі системи відносяться до електронних. Сучасні електронні системи, в загальному випадку, виконують наступні задачі:

- *керують системою запалювання з регулюванням кута випередження запалювання;*

- *статично розподіляють струм високої напруги по циліндрах двигуна;*
- *виконують самодіагностику всіх систем автомобіля;*
- *керують системою впорскування палива;*
- *керують пуском холодного двигуна;*
- *регулюють роботу двигуна на холостому ході;*
- *регулюють частоту обертання колінчастого вала двигуна.*

Всі електронні системи складаються із трьох блоків, а саме:

- ✓ *вхідні датчики;*
- ✓ *електронна частина системи;*
- ✓ *вихідні електричні сигнали.*

Розглянемо більш детально кожен з цих блоків.

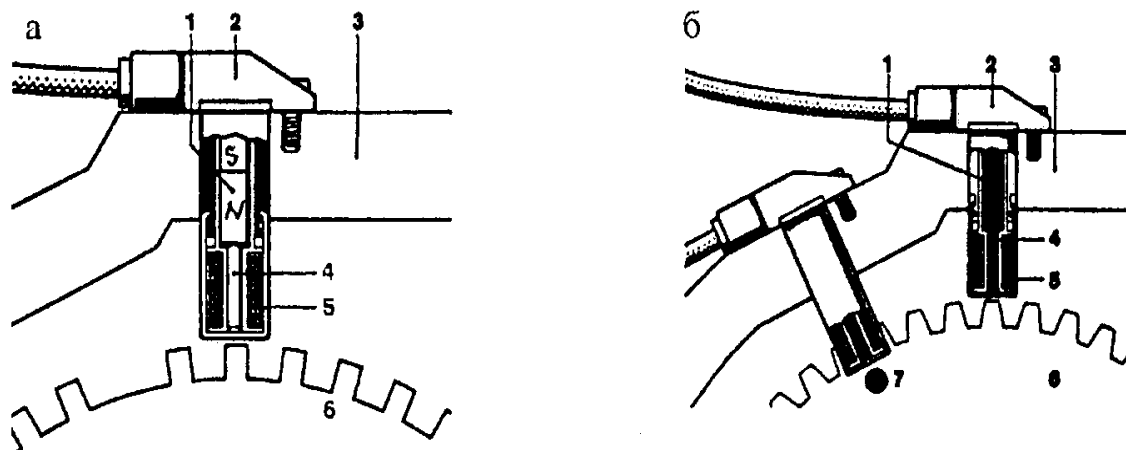
 Датчики електронних систем, як правило, перетворюють неелектричні величини в електричний сигнал. Датчик складається, щонайменше, з двох частин:

- ✓ *чутливого елементу;*
- ✓ *перетворювача неелектричного сигналу в електричну величину.*

Датчики частоти обертання і положення колінчастого вала.

Частоту обертання колінчастого вала можна визначити, підрахувавши число зубців спеціального зубчастого диску, закріпленого на колінчастому валу, що проходять за одиницю часу повз індукційний датчик.

Індукційний датчик (рис. 4.30) складається з котушки індуктивності L з постійним магнітом $N-S$ та зубчастого диску, зубці якого виконані із феромагнітного матеріалу. Специфікою індуктивного датчика є конструктивна розрізненість його елементів (сам датчик та зубчастий диск). Таким чином, сам датчик представляє собою лише половину пристрою для



а - датчик, який виконує функції вимірювання частоти (ДКІ) і визначення положення колінчастого валу (ДПВ); б - датчики ДКІ та ДПВ; 1 - постійний магніт N-S; 2 - корпус датчика; 3 - картер зчеплення; 4 – феромагнітне осердя; 5 - котушка; 6 - зубчастий диск чи вінець маховика; 7 - штифт для ДПВ

Рис. 4.30. Індуктивні датчики частоти обертання [81]

перетворення неелектричної величини (кругової частоти ω колінвала) в електричний сигнал (частоту проходження електричних імпульсів). Друга половина - зубчастий диск [81]. Принцип дії індуктивного датчика ґрунтується на першому законі електромагнітної індукції і полягає в тому, що збільшення або зменшення (зміна) магнітного потоку Φ через витки W котушки індуктивності L викликає виникнення в них (в витках) електрорушійної сили (ЕРС).

$$E_{\text{д}} = W \times \frac{d\Phi}{dt}. \quad (4.17)$$

В індуктивному датчику його котушка 5 розміщена навколо постійного магніту 1, полюс якого обернено до об'єкта обертання -

зубчастого вінця маховика двигуна, магнітопровід 4 якого встановлено із незначним зазором відносно зубців маховика.

При переміщенні зубців відносно магнітопроводу величина зазору між ними змінюється. Це викликає зміну магнітної індукції і появу змінного електричного імпульсу в індукційній котушці. Нульова точка відповідає центру кожного зуба. Це дозволяє з достатньою точністю визначити положення маховика [81].

Амплітуда вихідного сигналу датчика залежить від повітряного зазору між магнітопроводом і зубом і від швидкості зміни магнітної індукції, що залежить від швидкості переміщення зуба.

Індуктивний датчик встановлюється на картері зчеплення так, щоб його магнітний щуп знаходився на відстані 0,3 ... 1,5 мм до феромагнітних зубців вінця маховика. Такий індуктивний датчик називають датчиком частоти обертів колінвала двигуна.

Якщо вінець маховика служить в якості зубчастого диску індуктивного датчика частоти обертів двигуна (див. рис. 4.30, б) то для визначення точки початку відліку встановлюється другий додатковий індуктивний датчик, який генерує один імпульс за один оберт колінчастого вала. Феромагнітним збуджувачем другого додаткового датчика служить сталевий штифт 7, закручений в маховик у визначеному місці. Це місце відповідає точці положення колінчастого вала, від якої до ВМТ першого циліндра залишається стільки кутових градусів, скільки передбачено мікропроцесором даної системи для обчислення кута випередження запалювання (як правило 45 ... 90°). Цей датчик називається датчиком початку відліку.

Замість двох датчиків для вимірювання частоти обертання і положення вала можна використовувати один (див. рис. 4.30, а), якщо зорієнтувати його на окремий зубчастий диск і наділити цей диск якою-

небудь спеціальною міткою, помітною для датчика, наприклад, відсутність одного або двох зубців в тому місці, де встановлюється спеціальний штифт для датчика початку відліку.

В разі несправності датчика або його електричного кола двигун перестає працювати, а електронно-керуючий пристрій заносить в свою пам'ять код несправності, а також включає лампу сигналізації про несправність [81].

Датчики Холла. Крім індуктивних датчиків для визначення частоти обертання і положення колінчастого вала, деякі автомобільні фірми використовують датчики, що працюють на ефекті Холла. Зокрема, англійська фірма «Lucas» для автомобілів «Ford» використовує датчик Холла, який вмонтовано в серійний переривник замість контактів або безконтактного переривника. Німецька фірма «Bosch» та японська «Hitachi» також використовують ефект Холла для датчиків частоти обертання і положення колінчастого вала [81].

Сутність ефекту Холла описана раніше. Як і в датчику-розподільнику для безконтактної системи запалювання, постійний магніт встановлено нерухомо, а ротор-шторка має стільки вікон, скільки циліндрів у двигуні. Вікно для першого циліндра ширше за інші, завдяки чому може бути зафіксована точка початку відліку. Таким чином, за допомогою датчика Холла та електронної схеми обробки інформації можуть бути визначені три головні вхідні параметри для системи запалювання:

- частота обертання колінчастого вала (застосовується електронне множення частоти імпульсів);
- положення колінчастого вала відносно верхньої мертвої точки для будь-якого циліндра в будь-який момент часу;
- положення точки початку відліку.

Безінерційність датчика і стабільність параметрів сигналу дозволяє реалізувати керування кутом випередження запалювання в кожному такті, тобто для кожного циліндра окремо.

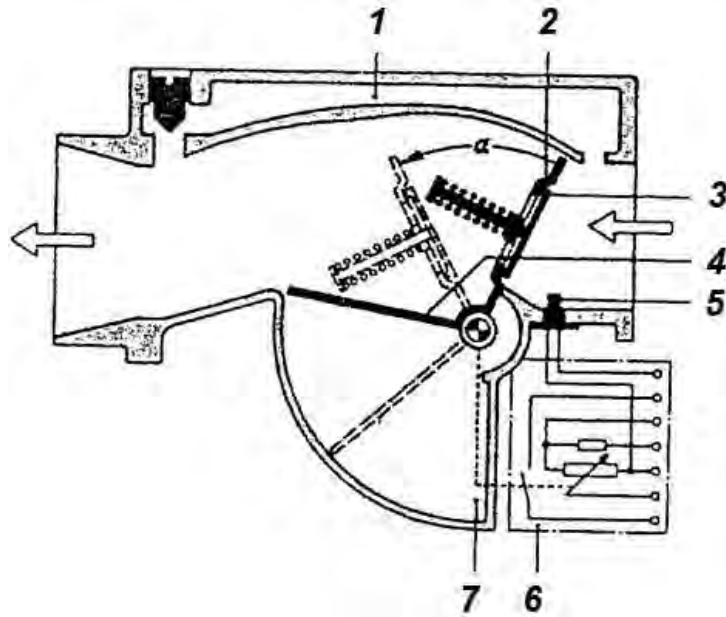
Сигнали датчиків, які працюють на ефекті Холла, можуть служити також сигналами для перемикання каналів в двоканальному комутаторі. Для цього ротор-шторка має екран розміром 180° , а решта 180° не закриті і магнітне поле потрапляє на напівпровідникову пластинку, яка виробляє ЕРС Холла. Таким чином, половину оберту датчик виробляє ЕРС, а решту півоберту – ні [81].

Датчики навантаження. Інформацію про навантаження двигуна дає розрідження у випускному трубопроводі або витрати повітря через колектор та його температура. Адже, при створенні паливно-повітряної суміші в рахунок береться не об'єм повітря, а його маса.

В автомобільних системах запалювання та впорскування пального різні фірми випускають різні типи вимірювачів витрати повітря, а саме:

- ✓ *вихрові;*
- ✓ *термоанемометричні;*
- ✓ *іонізаційні;*
- ✓ *звукові.*

На рис. 4.31 показаний вихровий вимірювач витрати повітря, де повітряний потік діє на заслінку 2, яка закріплена на осі в спеціальному каналі. Кут повороту заслінки 2 з допомогою потенціометра перетворюється в напругу пропорційну витраті повітря. Дія повітряного потоку на заслінку 2 врівноважується пружиною. Демпфер із пластиною 4 жорстко зв'язані з вимірювальною заслінкою 2, служить для гасіння коливань пульсацій повітряного потоку спричиненими динамічними діями руху автомобіля. На вході в вимірювач витрати повітря вбудований датчик



1 - обвідний канал; 2 - повітряна заслінка витратоміра (ротаметр); 3 - клапан заслінки; 4 - заслінка демпфера; 5 - датчик температури повітря; 6 - потенціометричний датчик положення ротаметра; 7 - демпферна камера

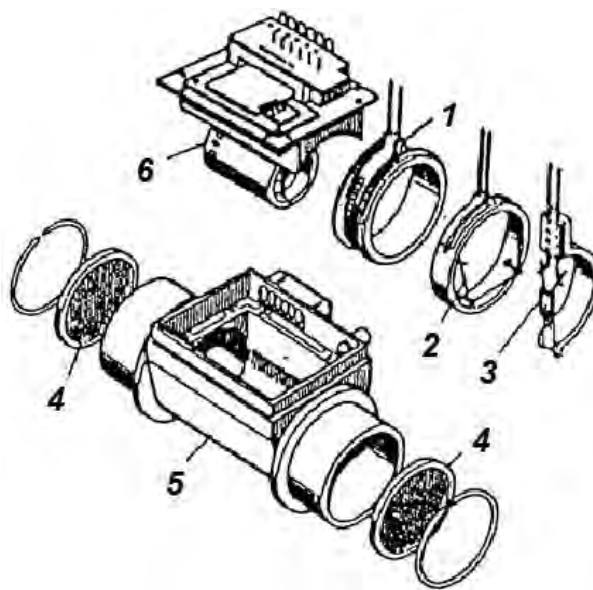
Рис. 4.31. Вихровий вимірювач витрати повітря [81]

5 температури повітря. Недоліком вимірювача витрати повітря є наявність рухомих частин та контактів [81].

Рухомих частин не мають вимірювачі термоанемометричного типу, які ще називаються масметрами.

Принцип дії масметра ґрунтується на контролі ступеня охолодження нагрітого тіла, яке розташоване в потоці впускного повітря. Тіло, що нагрівається, виконано у вигляді тонкого дроту, по якому пропускається електричний струм. Охолодження повітрям дроту компенсується збільшенням струму підігріву. При цьому величину зміни струму, яка витрачена не марно на забезпечення підігріву легко заміряти. Саме величина зміни струму і несе інформацію про масу повітря, яке пройшло через масметр.

На рис. 4.32 показана будова термоанемометричного масметра, що встановлюється у впускний тракт двигуна і має вимірювальний канал 6, що складається із пластикових обойм, які тримають несучі кільця нагрітого платиного дроту 2 діаметром 100 мкм і термокомпенсаційного плівкового резистора 3. Корпус 5 має камеру для розміщення електронного блоку, який підтримує постійний перегрів дроту на рівні 150 °С шляхом регулювання сили струму вимірювального моста. Вихідним параметром вимірювача витрати повітря служить падіння напруги на прецизійному резисторі 1, яке і є вхідною інформацією для електронно-керуючого пристрою.

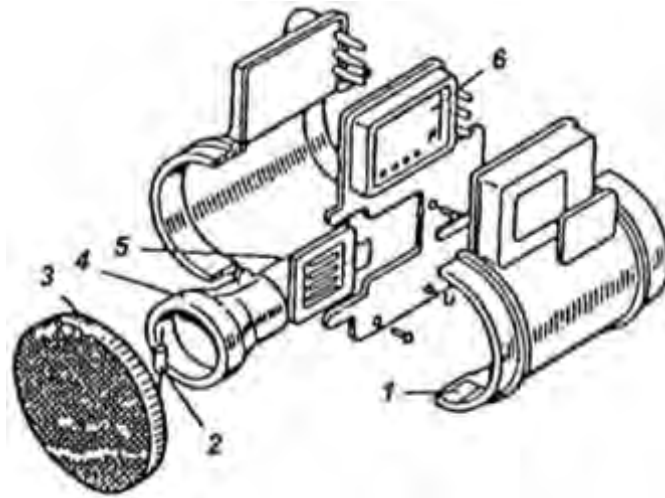


1 - прецизійний резистор; 2 - вимірювальний елемент; 3 - термокомпенсаційний елемент; 4 - стабілізуючі решітки; 5 - пластмасовий корпус; 6 - внутрішній вимірювальний канал

Рис. 4.32. Термоанемометричний вимірювач витрати повітря [81]

Крім розглянутих датчиків, широке застосування отримали термоанемометричні вимірювачі витрати повітря з плівковим

чутливим елементом на твердій керамічній основі (рис. 4.33). Основою конструкції є чутливий елемент 5, який включає вимірювальний і термокомпенсаційний резистори. Пластмасова рамка з чутливим елементом розміщена в вимірювальному патрубку вимірювача витрати повітря 4. Температура перегріву терморезистора 70 °С. Вона підтримується за допомогою електронної схеми керування [81].



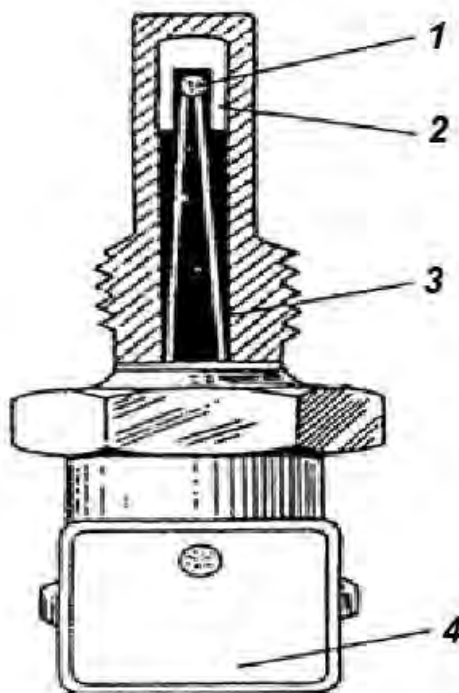
1 - корпус; 2 - датчик температури повітря; 3 - стабілізуюча решітка; 4 - внутрішній вимірювальний канал; 5 - чутливий елемент; 6 - електронна схема

Рис. 4.33. Термоанемометричний витратомір з плівковим чутливим елементом [81]

Датчики температури. За допомогою цих датчиків контролюється температура охолоджуючої рідини двигуна, повітряного та газового потоку у впускному тракті, температура оливи в двигуні та охолоджуючої рідини кондиціонера. Більшість цих датчиків - це напівпровідникові резистори (термістори). Опір терморезисторів суттєво змінюється з ростом температури. Від'ємний

температурний коефіцієнт опору мають спечені керамічні напівпровідникові маси. Їх формують в гранули, пластини, таблетки або стержні. Температура, яка вимірюється такими датчиками, лежить в межах - 40 ... 800 °С, точність вимірювань складає 0,05 °С.

На рис. 4.34 показано датчик температури охолоджуючої рідини ДВЗ, де термістор *1* розташований в теплопровідному корпусі *2* з різьбою для кріплення на двигуні в потрібному місці. З прогріванням двигуна омичний опір чутливого елемента такого датчика зменшується і, відповідно, зменшується спад напруги в розетці *4* електричного роз'єму. Температура вводиться в електронний блок керування (ЕБК) як додатковий параметр, що поряд з частотою обертання і навантаженням двигуна дозволяє визначити кут випередження запалювання [81].



1 - термістор; 2 - ізолятор; 3 - ущільнювач; 4 - електричний роз'єм

Рис. 4.34 - Датчик температури охолоджуючої рідини [81]

Датчики детонації. В основі роботи цих датчиків лежить явище п'єзоелектричного ефекту – виникнення електричних зарядів при деформації кристалів із кварцу (двоокису кремнію) під дією зусилля. Стискування кварцової пластини датчика забезпечується зусиллям, яке утворюється інерційною масою при її вібрації разом з деталями двигуна.

Напруга на вході електронної схеми підсилення пропорційна тиску інерційної маси на кварцову пластину (п'єзоелемент):

$$U_{\text{п.е.}} = \frac{Q_Z}{C+C_3} = \frac{e \times F_Z \times P_Z}{C+C_3}, \quad (4.18)$$

де Q_Z - заряд, Кл;

e - п'єзоелектрична постійна (для кварцу $2,1 \times 10^{-11}$ Кл/кг);

P_Z - питомий тиск, кг/см²;

F_Z - поверхня грані прямокутної призми, см²;

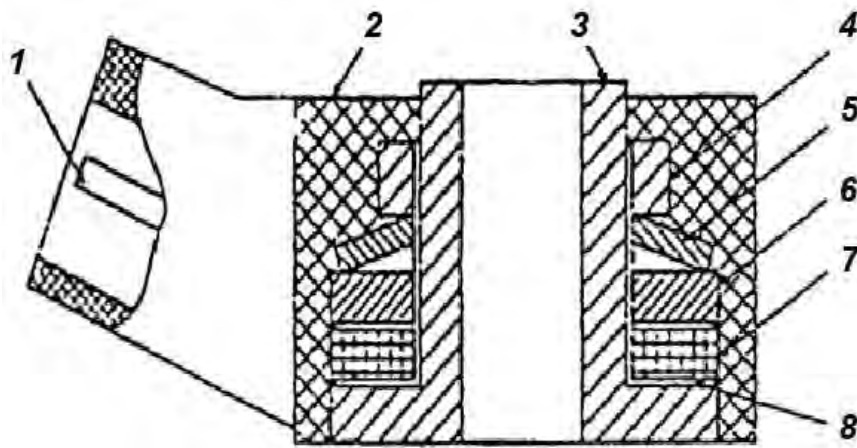
C - ємність кварцової пластини;

C_3 - ємність схеми, включаючи ємність з'єднань.

Залежно від параметрів електронної схеми підсилення та перетворення датчики детонації виконуються резонансними або широкополосними. В резонансних датчиках амплітуда вихідної напруги різко зростає і перевищує пороговий рівень на одній (резонансній) частоті детонації. В широкополосних датчиках амплітуда вихідної напруги перевищує пороговий рівень в діапазоні частоти детонації.

П'єзокристалічний елемент в датчику може бути виконаний різної форми: прямокутним бруском, плоскою пластиною, круглою шайбою або трубчастим циліндром, що визначається конструкцією базової опори та місцем прикладання зовнішнього зусилля до п'єзоелемента.

Датчик детонації (рис. 4.35) являє собою шайбу 7, яка за допомогою гайки 4 та інерційної маси (металевого диска) 6 через стакан 3 притиснута до полірованої площадки (базової опори) на блоці циліндрів. Місце установки датчика визначається експериментально на етапі конструювання двигуна [81].



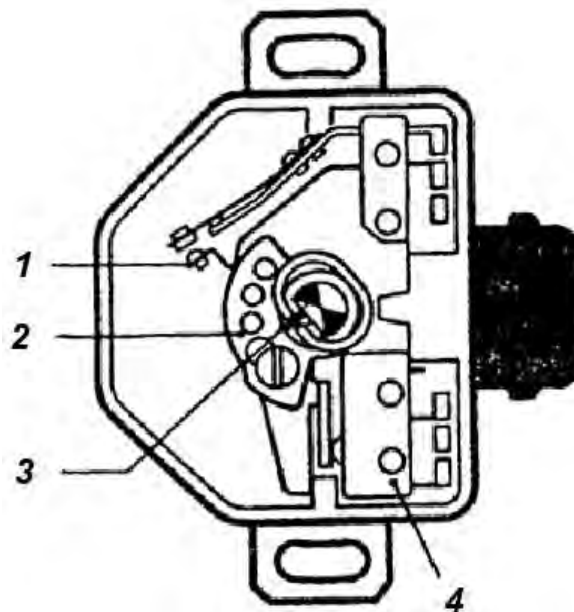
1 - електричний контакт; 2 - корпус; 3 - стакан; 4 - гайка; 5 - конусне притискне кільце; 6 - інерційна маса; 7 - п'єзоелемент; 8 - кільце

Рис. 4.35. Датчик детонації [81]

При роботі двигуна його деталі вібрують. Вібрація передається інерційній масі 6 датчика, яка діє на п'єзоелемент 7 з відповідним зусиллям та частотою. При виникненні детонації амплітуда електричних сигналів датчика різко зростає. Блок керування порівнює амплітуду з допустимим значенням і при перевищенні заданого рівня корегує кут випередження запалювання до припинення детонації.

Датчики положення дросельної заслінки. Датчики положень та швидкості переміщення дросельної заслінки використовуються для посилення у блок керування сигналів про те, що дросельна заслінка

досягла одного з крайніх положень повного навантаження або частоти обертання вала на холостому ході. Сигнали крайніх положень заслінки потрібні для переходу на спеціальні програми регулювання запалюванням в цих режимах. Зокрема, у деяких системах керування сигнал крайнього положення дросельної заслінки використовується для відсічки палива при збільшенні частоти обертання вала двигуна понад допустимого значення – рис. 4.36 [81].



1 - контакт повного навантаження; 2 - кулачок; 3 - вісь заслінки; 4 - контакт холостого ходу.

Рис. 4.36. Датчик положення дросельної заслінки [81]

Основою потенціометричних датчиків є плівковий резистор з декількома контактними доріжками, з якими контактують пружні струмовивідні елементи. Останні жорстко зв'язані із віссю датчика. Струмовивідні елементи забезпечують отримання сигналів прискорення при різкому відкритті дросельної заслінки, про холостий

хід двигуна, інформацію про положення дросельної заслінки при повному або частковому її відкритті.

Основні вимоги до датчика положення дросельної заслінки: висока довговічність і стабільність сигналів при відсутності вібрації контактів. Ці вимоги забезпечуються за рахунок підбору зносостійких матеріалів контактних доріжок та струмознімних елементів.

Недоліки електромеханічних датчиків контактного типу відсутні у безконтактних датчиках - оптико-електронних датчиках із кодуємим диском. Чутливість датчика може бути меншою 1° за рахунок використання прецизійних кодованих дисків і оптичних чи фотоелектричних пристроїв (фотодіодів). Диск, що кодує переміщення, має прорізи або прозорі площадки. З різних боків диска встановлюються джерела світла та фоточутливі елементи. При обертанні диска світло потрапляє на окремі ділянки чутливих елементів, це дозволяє однозначно визначити кут повороту диска [81].

Контактні датчики електронних систем запалювання. В сучасних системах запалювання є достатньо велика кількість контактних датчиків, які складаються з електричної контактної пари. Такі датчики є пасивними і працюють за принципом розриву або замикання електричного кола і тому на виході мають дискретний сигнал «так-ні», який легко сприймається цифровим контролером.

Контактні датчики застосовуються в основному як окремі пристрої. В деяких випадках контактний датчик використовується як мікровимикач електробензонасоса при непрацюючому двигуні, але увімкненому запалюванні [81].

 *Електронна частина системи запалювання.* В цифровій системі запалювання електронний блок керування є самостійним конструктивним вузлом і називається контролером. На входи контролера

подаються сигнали від датчиків системи запалювання, а на виході контролер працює на електронний двоканалний комутатор. Як правило, контролер забезпечує роботу інших бортових електронних блоків керування.

У мікропроцесорній системі запалювання всі функції керування об'єднані в центральний бортовий комп'ютер автомобіля і персональний блок керування для системи запалювання може бути відсутній. В мікропроцесорних системах запалювання для формування сигналу запалювання застосовується число-імпульсне перетворення, при якому параметр процесу задається не часом протікання, а безпосередньо числом електричних імпульсів. Функції електронного обчислення тут виконує число-імпульсний мікропроцесор, який працює від електричних імпульсів, стабілізованих за амплітудою та тривалістю. Тому між мікропроцесором та вхідними датчиками в цих системах запалювання встановлюються число-імпульсні перетворювачі (ЧІПи) аналогових сигналів в цифрові [81].

Мікропроцесорна система запалювання працює згідно наперед заданих для даного двигуна програмі керування. Тому в електронному блоці керування присутня електронна пам'ять, як постійна, так і оперативна.

Як для цифрової, так і для мікропроцесорної системи запалювання для конкретної конструкції двигуна програма керування визначається експериментально в процесі її розробки. На дослідницькому стенді імітуються всі можливі режими роботи двигуна при всіх можливих умовах його роботи.

Для кожного сполучення швидкості і навантаження визначається оптимальне значення кута випередження запалювання. За цими даними будуються графіки, які вводяться в пам'ять комп'ютера.

При виборі оптимального кута випередження для кожного режиму роботи двигуна приймається до уваги фактори: паливна економічність; запас на детонацію; склад відпрацьованих газів; крутний момент; температура двигуна тощо [81].

Залежність кута випередження запалювання тільки від частоти обертання вала двигуна (див. рис. 4.7) має двохвимірний графік. Щоб врахувати ще один параметр - навантаження, потрібно побудувати вже тривимірний графік, всі точки якого утворюють поверхню. Якщо вибрати будь-яке сполучення частоти обертання і навантаження і провести з цієї точки перпендикуляр вгору, то на перетині його з поверхнею ми одержимо необхідне значення кута випередження запалювання.

Поверхня нагадує топографічний план місцевості і може бути зображена на зразок топографічної карти, тому її іноді називають *картою запалювання* [81]. Якщо основні карти розбити на інтервали за швидкостями і навантаженнями та побудувати на цих інтервалах сітку, як показано на рис. 4.37, то для вузлів цієї сітки можна знайти відповідні значення кута випередження запалювання і записати ці значення у пам'ять комп'ютера. Для задовільного керування запалюванням необхідно зберігати в пам'яті від 1000 до 4000 таких значень. Для конкретного авто карта доповнюється режимами роботи при частоті обертання колінчастого вала на холостому ході (з метою її підтримки), а також на максимальній частоті обертання (з метою її обмеження). Режим повних навантажень програмується таким чином, щоб двигун не переходив межі детонації [81].

Блок керування мікропроцесорної системи запалювання складається з наступних елементів:

- ✓ електронно-керуючого пристрою (ЕКП);
- ✓ логічного пристрою;
- ✓ блоку пам'яті;

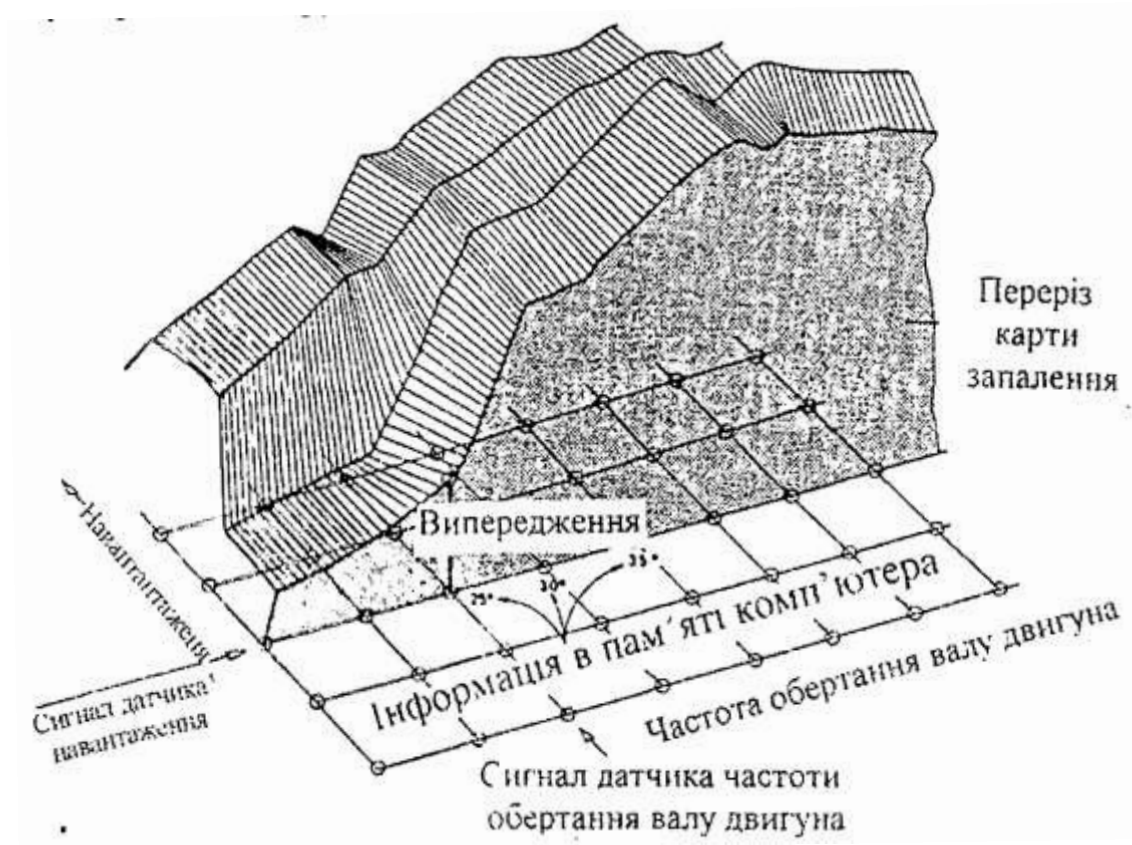


Рис. 4.37. Карта кутів випередження запалювання [81]

- ✓ блоку синхронізації;
- ✓ комутатора магістралей.

ЕКП складається із окремих систем.

📖 *Вхідні пристрої.* Сигнали, що надходять на вхід ЕКП від датчиків, перетворюються з аналогової форми в серію імпульсів «ТАК», або «НІ», які є цифрами двійкової системи числення.

Аналогові сигнали, наприклад, напруга акумулятора, перетворюються в двійковий код за допомогою число-імпульсного перетворювача (ЧІПа).

Пристрій вводу-виводу (ПВВ). Цей пристрій приймає сигнали в ті моменти й у тій послідовності, у якій вони надходять, а потім видає їх

у процесор в тій послідовності і з тією швидкістю, що потрібна процесорові, або відправляє поточну інформацію в оперативну пам'ять.

Годинник. Комп'ютер оперує даними як функціями часу. Для визначення часу і тимчасових інтервалів у комп'ютері встановлений точний кварцовий генератор імпульсів.

Шини. Окремі блоки комп'ютера зв'язані між собою плоскими кабелями, відомими за назвою як «шини». По шинах передаються дані (шина даних), адреси пам'яті (адресна шина), а також сигнали керування (керуюча шина).

Центральний мікропроцесор. Мікропроцесор виконує в комп'ютері всі обчислення та обробки сигналів. Крім того, процесор виконує логічні операції. ЕКП керує ходом обчислень, направляючи в процесор потрібну інформацію в потрібний момент і відправляє результати обчислень у потрібні пристрої.

Постійна пам'ять. Ця пам'ять може тільки видавати інформацію, що зберігається в ній, але вона ніяк не може бути змінена. Ця інформація зберігається в пам'яті навіть за відсутності живлення. В неї неможливо записати ніяку нову інформацію. У постійній пам'яті зберігаються такі дані, як карта значень керованих параметрів двигуна в табличній формі, коди, що керують програмами й ін. Усі ці дані заносяться (зашиваються) у постійну пам'ять виготовлювачем. До складу постійної пам'яті входять також перепрограмовувані блоки, які можуть бути використані виготовлювачем або його представниками для відновлення та зміни записаної інформації [81].

Оперативна пам'ять. Поточні дані - сигнали датчиків, команди керування і проміжні результати обчислень зберігаються в оперативній пам'яті комп'ютера, поки не будуть замінені новою інформацією.

Для реєстрації несправностей в елементах системи є реєстратор

несправностей, який займає частину об'єму оперативної пам'яті і представляє собою запам'ятовуючий пристрій з інтерфейсом для бортового самодіагностування. Всі реєстратори несправностей зберігають інформацію і після виключення запалювання, але інформація, як і вся оперативна пам'ять, руйнується, якщо від бортової мережі відключити акумуляторну батарею. Інформація реєстраторів може бути стертою спеціальною командою.

Робота бортового комп'ютера. Інформація про характеристики двигуна зберігається в пам'яті комп'ютера у формі таблиць, які називаються робочими. Таблиці виходять з інформації тривимірних карт випередження запалювання і таких же карт для періоду включеного стану котушки. Робочі таблиці можуть бути складені комп'ютером для різних сполучень параметрів, однак, насамперед такими параметрами є частота обертання колінчастого вала, навантаження, температура і напруга акумулятора. Кожна з таблиць дає своє значення кута випередження, і для визначення результуючого кута всі результати зіставляються. Подібним чином обчислюється і кут включеного стану котушки.

При включенні живлення мікропроцесор посилає закодовану двійкову адресу, що вказує, до якої частини пам'яті він звертається. Потім посилається керуючий сигнал, що вказує напрямок і послідовність руху інформації в процесор або з процесора. Робота самого процесора становить серію двійкових імпульсів, за допомогою яких інформація зчитується з пам'яті, декодується і виконується. Програми виконання операцій - арифметичних, логічних і транспортних, також записані в пам'яті. Нарешті, ЕКП видасть команду силовому ключу системи запалювання на включення або виключення котушки відповідно до поточного стану двигуна [81].

Вихідні каскади електронних систем. Катушки запалювання. Не дивлячись на деяку різницю будови цифрових та мікропроцесорних систем запалювання, вихідні каскади електронних систем запалювання мають ідентичне схемотехнічне та конструктивне виконання.

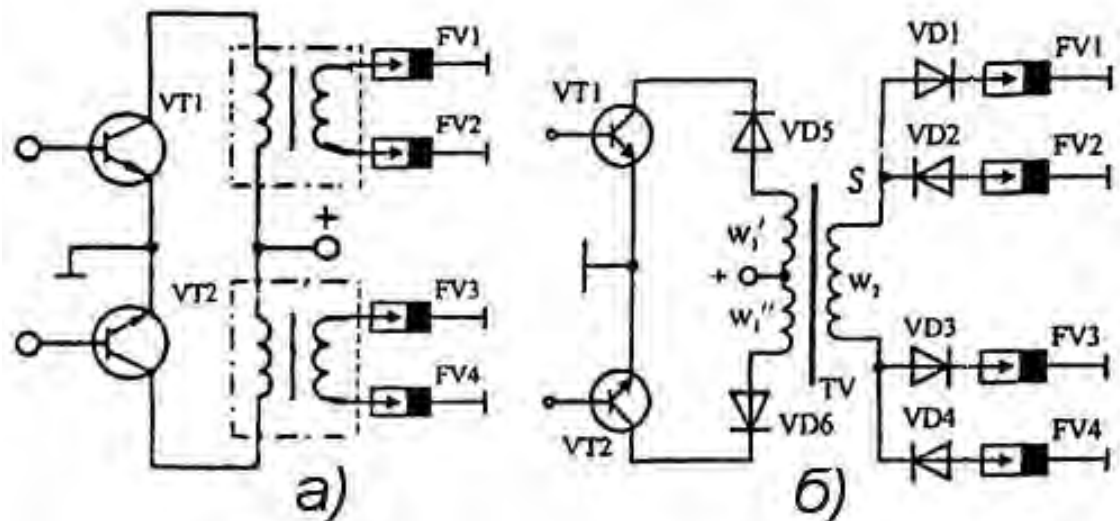
Для успішного функціонування системи запалювання контролер чи мікропроцесор видає на комутатор сигнал запалювання, сигнал включення каналів та сигнал на пусковий пристрій двигуна. Якщо цей контролер чи мікропроцесор одночасно забезпечує і роботу системи живлення, то він видає сигнали на включення форсунки та електричного бензонасосу. Якщо на двигуні функціонує ще карбюратор, то електронна система керує електроклапаном економайзера примусового холостого ходу. Велика різноманітність комутаторів електронних систем з накопиченням енергії в індуктивності ділиться на комутатори з постійною величиною первинного струму в котушці запалювання та з нормованою. За способом обробки інформації вони бувають з аналоговими та з цифровими регуляторами.

У багатоканальних комутаторах з силовими транзисторами та двохвивідними катушками кожна свічка запалювання отримує енергію по окремому каналу.

При цьому традиційний механічний розподільник з ротором відсутній, а застосовується електронний спосіб перемикання каналів на низькопотенціальному рівні безпосередньо в електронному комутаторі з подальшим розподілом напруги на багатовивідні (2-х чи 4-х) або індивідуальні катушки запалювання.

Такий спосіб розподілення називається *статичним*. Система з двохвивідними катушками придатна для роботи з парним числом циліндрів.

На рис. 4.38 показана схема вихідного каскаду системи запалювання для 4-х циліндрового двигуна [81].



а - з двома двохвивідними котушками запалювання; б - з чотирьохвивідною котушкою запалювання

Рис. 4.38. Схеми низьковольтного розподілу іскор [81]

Якщо двигун працює за схемою, зображеною на рис.4.38 *а*, то щоб чергування запалювань паливо-повітряної суміші в циліндрах відповідало порядку роботи двигуна 1-3-4-2 або І-2-4-3, перша свічка згрупована з четвертою, а друга з третьою. При такому з'єднанні свічок «робочі» іскри виникають в циліндрах в кінці такту стискання, а «холості» іскри - в кінці такту випуску. Зрозуміло, що робочі іскри запалюють паливоповітряну суміш, а холості - розряджаються в середовищі відпрацьованих газів.

Двохвивідна котушка запалювання (рис. 4.39) має розімкнутий магнітопровід і двосекційну вторинну обмотку [81].

Вторинна обмотка розташована зверху первинної, що забезпечує надійну ізоляцію виводів високої напруги. Охолодження первинної

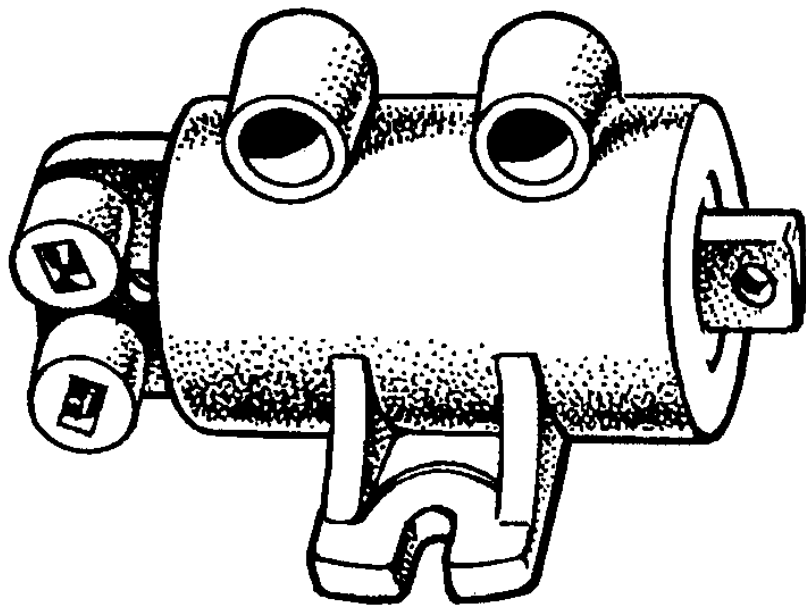


Рис. 4.39. Загальний вигляд котушки запалювання типу 29.3705 [81]

обмотки відбувається через центральний стержень магнітопроводу, який виступає назовні і має кріпильний отвір.

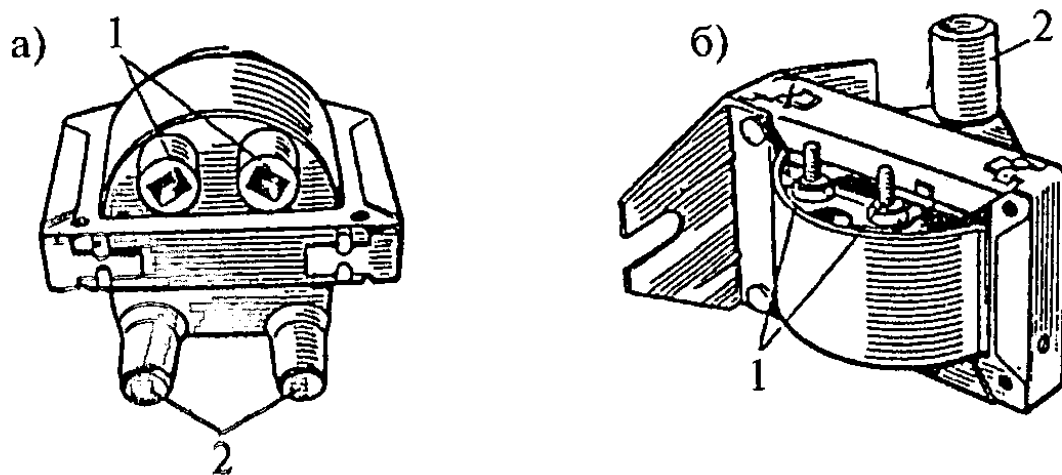
Наприклад, котушка запалювання типу 29.3705 (рис. 4.39), яку застосовують у складі мікропроцесорної системи керування двигуном на автомобілях ВАЗ-21083 та ВАЗ-21093, має два виводи високої напруги, а також вхід і вихід первинної обмотки. Її виготовлено за спеціальною технологією: спочатку просочують обмотки епоксидними компаундами, а потім їх обпресовують морозостійким поліпропіленом, що утворює корпус котушки.

Останнім часом все більшого поширення отримує схема низьковольтного розподілу іскор з чотирьохвивідною котушкою та високовольтними діодами, що представлена на рис. 4.38, б. Вона включає дві зустрічно намотані первинні обмотки і одну вторинну. Полярність вторинної напруги визначається напрямком укладки витків

в первинних обмотках. Якщо в точці S (рис. 4.38, б) напруга має позитивну полярність, відкриваються верхній та нижній діоди для свічок $FV1$ та $FV4$ і в відповідних циліндрах з'являються іскрові розряди [81].

Друга первинна обмотка намотана в зворотному напрямку і при перериванні в ній струму полярність вторинної напруги в точці S зміниться на негативну. При цьому іскрові розряди виникнуть в двох циліндрах двигуна зі свічками $FV2$ та $FV3$. Для виключення взаємного впливу первинних обмоток в період створення імпульсів високої напруги до їх виводів низької напруги підключені розділяючі діоди $VD5$ та $VD6$.

Деякі автомобільні фірми в мікропроцесорних системах запалювання застосовують трансформатори запалювання, тобто двохвивідні котушки запалювання із замкнутим магнітопроводом (рис. 4.40) [81].



а – котушка запалювання типу 3009.3705; б – котушка запалювання типу 3112.3705; 1 - виводи первинної обмотки; 2 - виводи вторинної обмотки

Рис. 4.40 - Котушки запалювання із замкнутим магнітопроводом [81]

У виробництві є двохвивідна котушка запалювання типу 3009.3705, яка має опір первинної обмотки 0,52 Ом, опір вторинної 6,3 кОм. Індуктивність первинної обмотки складає 5,9 мГн, а вторинної 29 Гн, число витків $W1 = 115$; $W2 = 8008$. У цій котушці вторинна обмотка має каркасну секційну намотку, що дозволяє зменшити вторинну ємність та посилити ізоляцію вторинної обмотки. Котушка має пластмасовий каркас, в який вмонтовано обмотки. Котушка в зборі з обмотками і виводами представляє монолітну конструкцію з високою стійкістю до механічних, електричних та кліматичних впливів.

Для мікропроцесорних систем запалювання деякі фірми застосовують індивідуальні одновивідні котушки запалювання з замкнутим магнітопроводом (рис. 4.40, б). Такі котушки випускаються в Росії (тип 3112.3705) та в Німеччині фірмою Bosch. Наявність замкнутого магнітопроводу дозволяє зменшити габарити та вагу котушки, підвищити коефіцієнт корисної дії перетворення енергії, зменшити витрати обмоткового проводу та електротехнічної сталі, покращити параметри іскрового розряду.

Свічки запалювання електронних систем. Свічки запалювання цих систем мають бути більш стійкими до:

- високої напруги пробою;
- високої температури.

Електроди таких свічок виготовляють:

- біметалевими, тобто мідні з хромонікелевим покриттям;
- пластиковими.

Щоб не допустити пропуски запалювання в циліндрах двигуна змінилась конструкція центральних та бічних масових електродів. На рис. 4.41 наведено різні типи 1 - 20 свічок, що їх випускає німецька фірма Bosch [81].

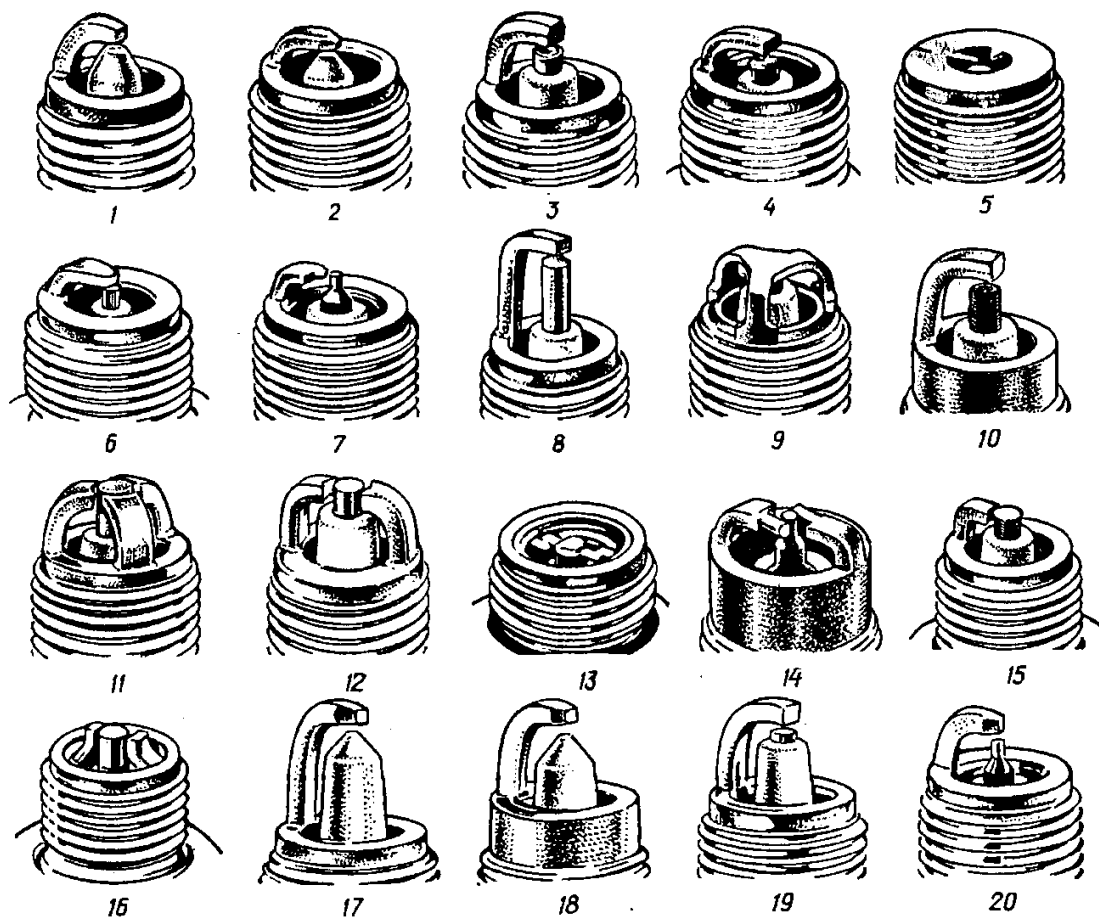


Рис. 4.41. Приклади конструкцій електродів свічок запалювання [81]

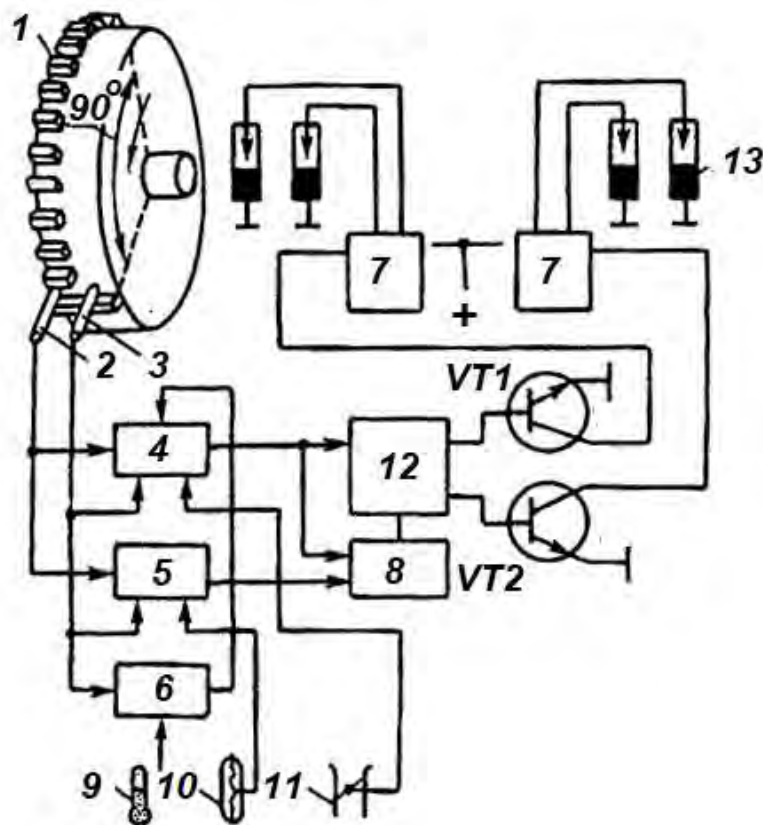
Найбільш поширеним залишається одинокий торцевий масовий електрод (1, 2, 3, 4, 8, 10, 17, 18, 19, 20). Є також конструкції свічок, в яких застосовуються масові електроди різної форми: кільцевий 5, парні сплюснені 12, 14, 16; заглиблені бокові 13, потрійні 9, 11. Центральні електроди також мають різні форми: циліндричні: 3, 4, 8, 9, 10, 12, 13, 15, 16, конусні 1, 2, 17, 18 та голчасті 7, 14, 20. Завдяки високому запасу енергії, що мають електронні системи запалювання, такі свічки створюють багатоелектродні або кільцеві розряди електричної іскри, які забезпечують стійке запалювання робочої суміші на всіх режимах роботи двигуна.

В електронних системах запалювання з'явилась можливість встановлювати зазор між електродами свічки в межах 0,7 ... 1,2 мм для стійкої роботи двигуна на збіднених сумішах. Це вимагає збільшення вторинної напруги, що, якраз, і вдалось реалізувати за рахунок більшого запасу енергії цих систем.

Охарактеризуємо окремі системи запалювання.

Цифрова система запалювання. У якості прикладу слугує цифрова система запалювання автомобілів ВАЗ. Принцип дії цифрової системи показаний на рис. 4.42 [81]. В цій системі елементом датчика частоти обертання використовується маховик двигуна з вінцем 1, на якому розміщені зубці. Електромагнітний датчик 2 за допомогою маховика 1 виробляє серію імпульсів пропорційну частоті обертання вала двигуна. У положенні, яке відповідає **ВМТ** першого циліндра, або за 90° до досягнення **ВМТ**, на маховику розміщено установчий зубець із позначкою, який за допомогою електромагнітного датчика початкового положення 3 створює під час кожного оберту вала установчий імпульс. Електронна частина цифрової системи складається з головного 4 і додаткового 5 лічильників, задавача часових інтервалів 6, блоку формування сигналу вимкнення каналів 8, датчиків температури 9, тиску 10 і положення дросельної заслінки карбюратора 11, двоканального комутатора з силовими транзисторами 12, двовивідних котушок запалювання 7 та свічок запалювання 13.

Волзький автомобільний завод на своїх автомобілях ВАЗ-21083, 21093, 21099 та 21102 встановлює саме цифрову систему запалювання. Її схема показана на рис. 4.43 [81]. Основою схеми є контролер 10 типу МС 2715.03. Крім контролера, схема має такі вузли: двоканальний комутатор 4 типу 6420.3734, двовивідні котушки запалювання 2 та 3 типу 29.3705, датчик початку відліку (ДПВ) 13 та датчик кутових

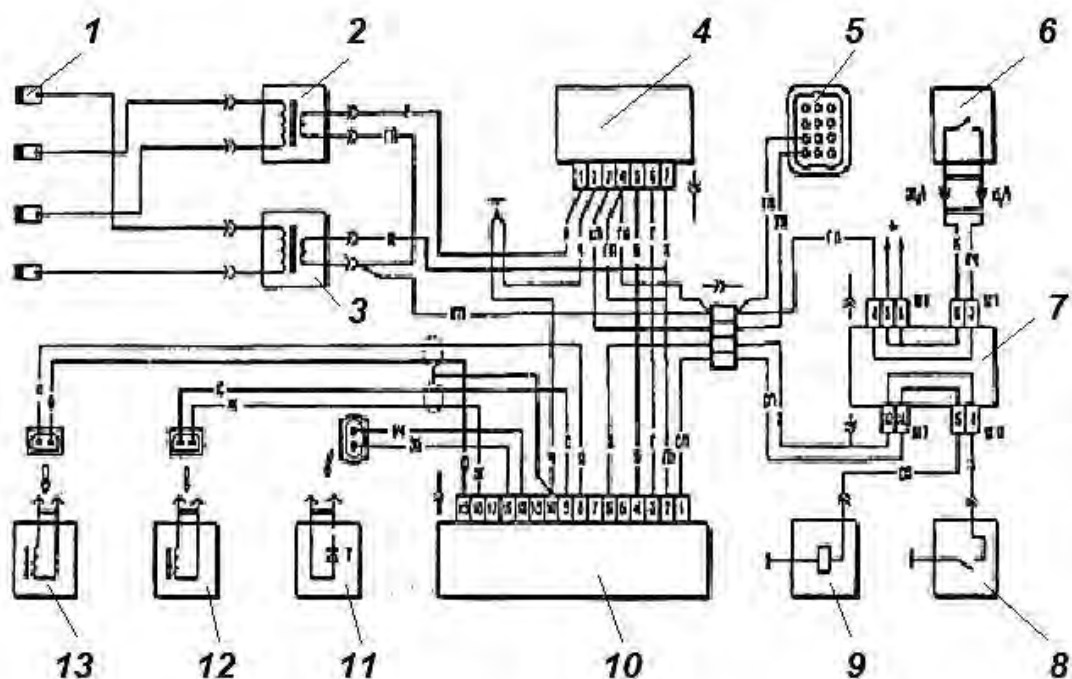


1 - вінець маховика; 2 - датчик імпульсів; 3 - датчик початкового положення; 4, 5 - лічильники; 6 - задавач часових інтервалів; 7 - котушка запалювання; 8 - блок формування сигналу вимикання каналів; 9 - датчик температури; 10 - датчик тиску; 11 - датчик положення дросельної заслінки; 12 - силовий транзистор; 13 - свічки запалювання

Рис. 4.42. Принцип дії цифрової системи запалювання [81]

імпульсів (ДКІ) 12 типу 14.3847, терморезисторний датчик температури 11 та датчик кінцевого положення дросельної заслінки 8.

Вимикач запалювання, свічки запалювання та проводи високої напруги такі самі, як і в безконтактній системі запалювання, що працює з комутатором типу 36.3734. Система працює так. Коли увімкнений вимикач запалювання, напруга живлення через монтажний блок 7 та вимикач 6 подається на клему «4» комутатора 4, до клемі «2» контролера 10 та до низьковольтних виводів котушок запалювання 2 та



1 - свічки запалювання; 2 - котушка запалювання 2 та 3 циліндрів; 3 - котушка запалювання 1 та 4 циліндрів; 4 - комутатор; 5 - колодка діагностики; 6 - вимикач запалювання; 7 - монтажний блок; 8 - кінцевий вимикач карбюратора; 9 - електромагнітний клапан карбюратора; 10 - контролер; 11 - датчик температури; 12 - датчик кутових імпульсів; 13 - датчик початку відліку

Рис. 4.43. Схема цифрової системи запалювання автомобілів типу ВАЗ-21083, 21093, 21099 та 21102

3. При пуску двигуна маховик починає обертатися і індукційні датчики кутових імпульсів (ДКІ) та початку відліку, які встановлені на картері зчеплення над маховиком, видають імпульси. ДКІ створює імпульси, коли в його магнітному колі перебувають зубці вінця маховика. Оскільки кількість їх становить 128, то період імпульсів датчика кутових імпульсів становить $360/128=2,8^\circ$ [81].

Датчик початку відліку (ДПВ) генерує один імпульс за один оберт колінчастого вала в момент руху в його магнітному полі

маркерного штифта. Цей момент відповідає положенню ВМТ першого та четвертого циліндрів.

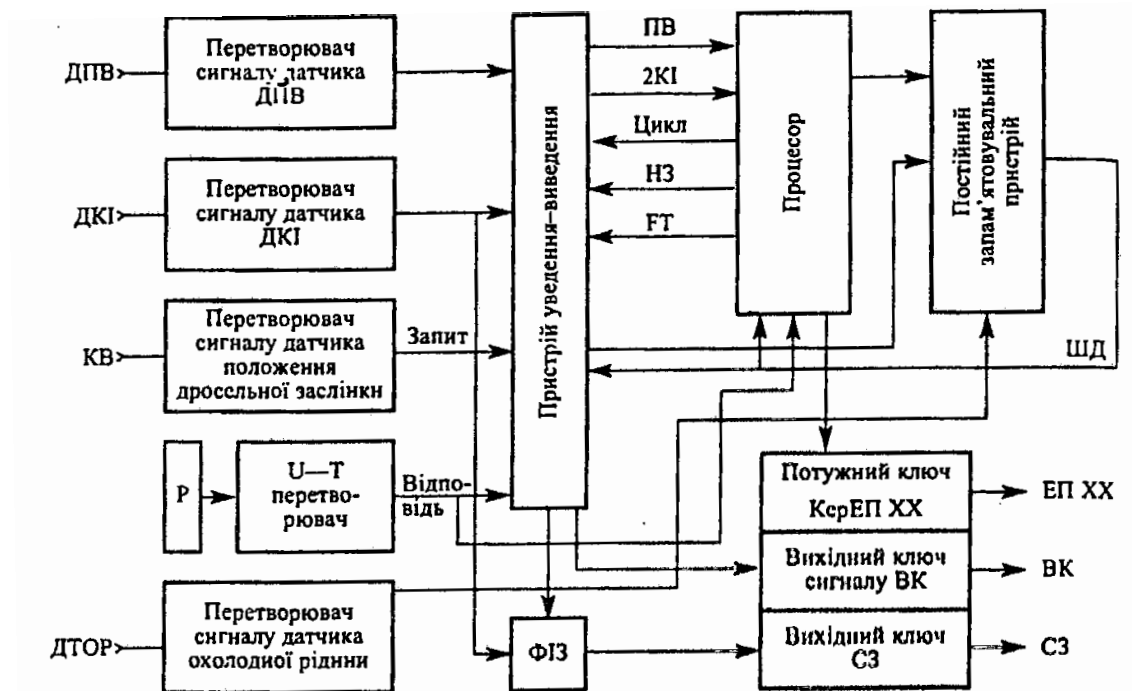
Імпульси, які генерують датчики ДПВ і ДКІ, мають вигляд синусоїди. Амплітуда імпульсів напруги становить 0,2 ... 100 В у діапазоні частот обертання колінчастого вала 25 ... 6000 хв⁻¹. Зазор між осердям датчика і вершиною зубця вінця маховика або торцем маркерного штифта має становити 0,3 ... 1,2 мм [81].

У цифровій системі запалювання автомобілів ВАЗ застосовано напівпровідниковий датчик температури охолоджувальної рідини двигуна типу 19.3828 з лінійною характеристикою. Його встановлено на випускному патрубку системи охолодження двигуна. До обмотки датчика підведено постійний струм. На виході мікросхеми напруга буде пропорційна температурі охолоджувальної рідини.

Контролер типу «Електроніка МС 271503» призначений для керування моментом іскроутворення в системі запалювання, а також для керування електромагнітним запірним клапаном карбюратора економайзера примусового холостого ходу (ЕПХХ). Він є електронною системою, структурна схема якої показана на рис. 4.44 [81].

Контролер працює так. До його входів із датчиків ДПВ, ДКІ, ДТОР та датчика тиску надходять сигнали, необхідні для визначення робочого режиму двигуна в конкретній ситуації. Сигнали від індуктивних датчиків ДПВ та ДКІ перетворюються на імпульси прямокутної форми відповідного рівня. Щоб підвищити точність характеристик системи, потрібно частоту послідовних імпульсів датчика ДКІ подвоїти (2КІ).

Сигнал із тензорезисторного датчика тиску перетворюється за принципом подвійного інтегрування на цифровий код, пропорційний розрідженню у випускному трубопроводі [81].



2КІ - подвоєні кутові імпульси; ІЗ - імпульс запалювання; ДТОР - вхід сигналу від датчика температури; FT - тактова частота; ЦТ - напруго-часовий інтервал; ШД - шини даних; СЗ - сигнал запалювання; ФІЗ - формувач імпульсів запалювання; КІ - кутові імпульси

Рис. 4.44. Структурна схема контролера типу МС 271503 [81]

Сигнал із датчика температури перетворюється на сигнал двох видів. Температурі 50 °С відповідає сигнал низького рівня, а температурі понад 50 °С - високого. За цими сигналами вибирають кут випередження запалювання для двох станів двигуна: холодного або гарячого. Перетворені на потрібну та зручну для подальшої обробки форму сигнали з датчиків надходять до процесора, який визначає кут випередження запалювання [81].

Значення швидкості обертання колінчастого вала двигуна, яке використовується для обчислення кута випередження запалювання, характеризується кодом швидкості (8 розрядів), здобутим внаслідок

розрахунку за визначений інтервал (1 с) кількості подвоєних кутових імпульсів (2KI).

Контроль за кутом випередження запалювання відбувається за кожним обертом колінчастого вала, а зміна його значення - після розрахунку відповідного кута випередження запалювання, частотного та навантажувального режимів [81].

Електронний двоканалний комутатор 6420.3734. Електронний двоканалний комутатор виконує такі функції [81]:

- формує імпульси тривалості ввімкнення первинного кола котушки запалювання за заданим законом як функцію частоти обертання колінчастого вала двигуна та функцію напруги живлення мережі електропостачання;

- обмежує імпульси первинної напруги $U_{оп}$, катушок запалювання;

- комутує струм розривання потрібної сили I для забезпечення заданих вихідних параметрів системи запалювання; стабілізує струм розривання залежно від зміни напруги живлення мережі електропостачання;

- перериває протікання струму через первинне коло катушок запалювання, коли вимикач запалювання ввімкнено, а двигун не працює;

- робить низьковольтовий розподіл енергії між циліндрами двигуна.

Схема двоканального комутатора (рис. 4.45), яку виконано на базі одноканального комутатора типу 36.3734, відрізняється тим, що поділяє процес іскроутворення між циліндрами двигуна: перший канал керує іскроутворенням у другому і третьому циліндрах, а другий - у першому і четвертому. Процес керування в обох каналах однаковий [81].

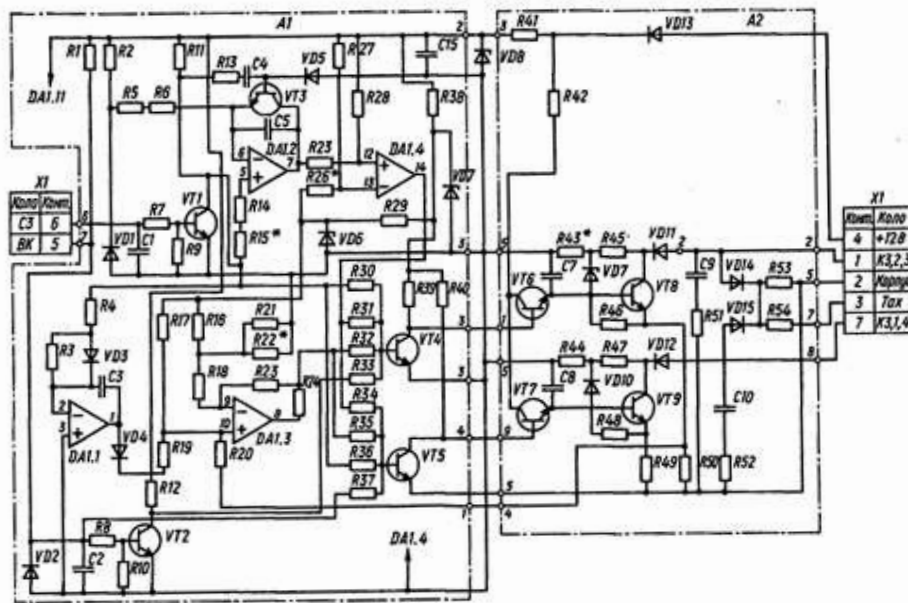


Рис. 4.45. Електрична схема двоканального комутатора 6420.3734

[81]

Програмний регулятор часу накопичення енергії складається з інтегратора *DAI.2*, конденсатора *C5*, пристрою скидання на транзисторі *VT3*, діоді *VD5*, резисторах *R13* та *R11* і конденсатора *C4*, а також з компаратора, виконаного на підсилювачі *DAI.4*.

Вихідні підсилювачі *VT6-VT8* і *VT7-VT9* комутують струм первинної обмотки котушки запалювання відповідно другого і третього або першого і четвертого циліндрів. Роботою вихідного підсилювача керує логічний вузол «І-НЕ» на транзисторі *VT4* (*VT5*), виготовлений як схема збігу. До входу цієї схеми надходять чотири сигнали (рис. 4.45): компаратора *DAI.4* (діаграма *г*), схеми захисту *DAI.1* (діаграма *е*), компаратора *AI.3* (діаграма *д*) і «вибору каналів» *BK*.

Під час обертання колінчастого вала двигуна до входу транзистора *VT1* надходять прямокутні імпульси (див. рис. 4.45, діаграма *а*), які він інвертує (діаграма *б*), і через резистори *R14* та *R15*

подає до не інвертованого входу інтегратора *ДАІ.2*, а до інвертованого його входу через резистори *R2*, *R5* та *R6* надходить опорна напруга.

Сигнал інтегратора *ДАІ.2* надходить до не інвертованого входу компаратора *ДАІ.4*, а до його інвертованого входу - опорний рівень $U_{оп2}$. Вихідний сигнал компаратора *ДАІ.4* надходить до логічних схем *VT4* і *VT5* (діаграма з – рис. 4.46) [81].

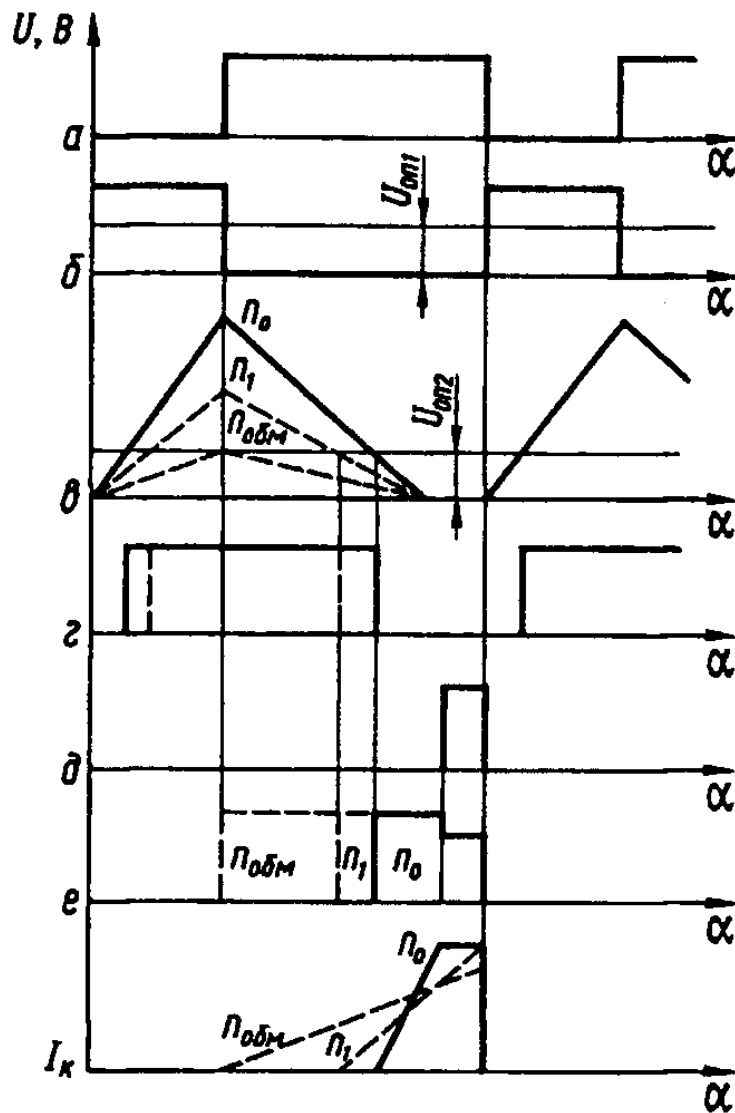


Рис. 4.46. Діаграма принципу роботи безконтактної системи запалювання з датчиком Холла [81]

Кут замкненого стану α_3 , який визначає час вмикання первинного кола котушки t_3 , утворюють дві складові: сталий кут α_1 і кут α_2 , що лінійно збільшується із зростанням частоти обертання. У цьому випадку напруга заряду конденсатора $C5$ знижується пропорційно до частоти обертання. Регулювання t_3 , за необхідним законом, розпочинається з частоти n_0 (початок регулювання), за якої конденсатор $C5$ заряджається до максимального рівня напруги джерела живлення.

Із збільшенням частоти обертання напруга заряду конденсатора $C5$ знижуватиметься, змінюючись обернено пропорційно частоті обертання. На частоті $n_{\text{обм}}$ (обмеження регулювання) напруга заряду конденсатора $C5$ дорівнюватиме рівню $U_{\text{оп}2}$ компаратора $ДАІ.3$, він блокується, а на виході схеми збігу формуватиметься сигнал, який за фазою збігатиметься (співпадатиме) із сигналом керування [81].

Для прискорення розряджання конденсатора $C5$ призначений транзистор $VT3$, який відкриваючись шунтує конденсатор $C5$. Транзистор $VT3$ швидко відкривається і по колу $R11$, $R13$ протікає струм, якщо конденсатор $C4$ заряджений. Проте розряджається він набагато швидше, ніж конденсатор $C5$, оскільки має значно меншу ємність.

Компаратор $ДАІ.4$ не тільки нормує час t_3 як функцію частоти обертання колінчастого вала за рахунок резисторів зміщення $R27$ та $R28$, а й регулює цей параметр як функцію напруги живлення. У цьому випадку рівень компаратора також є функцією напруги живлення: чим більша напруга, тим вищий рівень [81].

Безіскрове вимкнення забезпечує інтегратор $ДАІ.1$. Сигнал з інвертора $VT1$ через резистори $R4$ і $R3$ надходить до входу інтегратора $ДАІ.1$. Тривалість інтегрування помітно перевищує тривалість проходження іскор на мінімально можливій частоті обертання колінчастого вала двигуна

(50 - 100 хв⁻¹). Завдяки цьому до логічних схем *VT4* і *VT5* надходить практично нульовий сигнал. Якщо двигун не працює, а з контролера до входу комутатора надходить сигнал низького рівня, то транзистор *VT1* закритий і струм через котушку запалювання в даному випадку не протікає. Якщо двигун зупинений, а з контролера надійшов сигнал високого рівня, то на виході інтегратора *ДАІ.1* сигнал лінійно зростатиме і за 2 ... 8 с досягатиме рівня, потрібного для відкриття транзисторів *VT4* або *VT5*, внаслідок чого протікання струму через котушку припиниться.

Вихідними каскадами *VT4*, *VT6*, *VT5* і *VT7*, призначеними для керування силовими вихідними транзисторами *VT8* і *VT9*, керує сигнал ВК контролера через ключовий каскад, виконаний на транзисторі *VT2* (*КТ342А*) [81].

Коли до бази транзистора *VT2* від контролера надходить сигнал ВК, який відповідає рівню логічної одиниці, транзистор *VT2* відкритий, струм через опір *R33* не протікає, і транзистор *VT4* закритий. Водночас відкривається транзистор *VT5*, оскільки до його бази через резистор *R37* надходить сигнал ВК. У цьому випадку працює силовий вихідний транзистор *VT8*, який комутує струм у первинній обмотці котушки запалювання, що обслуговує другий та третій циліндри.

Коли сигнал ВК переходить від одиниці до нуля, транзистори *VT2* і *VT5* закриваються, однак відкривається транзистор *VT4*, оскільки через опори *R12* та *R33* протікає струм його бази [81].

Схему обмеження струму виконано на компараторі *ДАІ.3*. Якщо вихідні транзистори *VT8* чи *VT9* увімкнені, то зростаючий емітерний струм спричиняє на резисторах *R49* та *R50* спад напруги, який компаратор *ДАІ.3* порівнює з напругою подільника *R17*, *R26*, *R27*. Транзистор *VT4* закритий доти, доки спад напруги на *R49*, *R50* не зрівняється з $U_{оп}$ компаратора *ДАІ.3*. Після цього відкривається

транзистор *VT4*, який шунтуючи вхід *VT6*, зменшує вхідний струм підсилювача потужності та змінює режим роботи підсилювача *VT6-VT8* чи *VT7-VT9*. З режиму насичення підсилювач переходить в активний режим, у цьому випадку на переході емітер-колектор транзистора *VT8* або *VT9* створюється спад напруги, який фіксує заданий рівень струму комутації [81].

Стабілітрон *VD7 (VD10)* разом з подільником напруги *R43, R45 (R44, R47)* захищає потужний вихідний транзистор *VT8 (VT9)* від імпульсів перенапруг, які виникають у первинній обмотці котушки запалювання. Якщо імпульсна напруга перевищує напругу пробивання стабілітрона, на подільнику *R43, R45* формується імпульс, який закриває транзистор *VT8 (VT9)* на час дії імпульсів перенапруги, а напруга, прикладена до колектора-емітера, не перевищує припустимої. Стабілітрон *VD8* і резистор *R41* стабілізують напругу живлення, а *VD6, R26, R27*- напругу компараторів *DA1.4* та *DA1.3*. Діод *VD3* призначений для захисту від зміни полярності джерела живлення, конденсатор *CI5* у колі живлення - для захисту від шкідливих сигналів, які виникають у мережі електропостачання.

Схема комутатора 6420.3734 також має пристрій формування сигналу для керування тахометром (*VD14. VD15. R53. R54*) [81].

➤ *Мікропроцесорна система запалювання фірми «Siemens» (Нідерланди).* Ця система запалювання встановлюється на багатьох європейських автомобілях, в тому числі і на автомобілях чеського заводу «Skoda». Для прикладу розглянемо автомобіль цього виробника «Skoda Octavia», який має двигун «Superb» потужністю 85 кВт з об'ємом циліндрів 2,0 л.

Основним вузлом системи запалювання цього двигуна є мікропроцесор Simos 3.2, який керує не тільки системою запалювання,

а й системою впорскування пального. Крім мікропроцесора, до системи запалювання входять [81]:

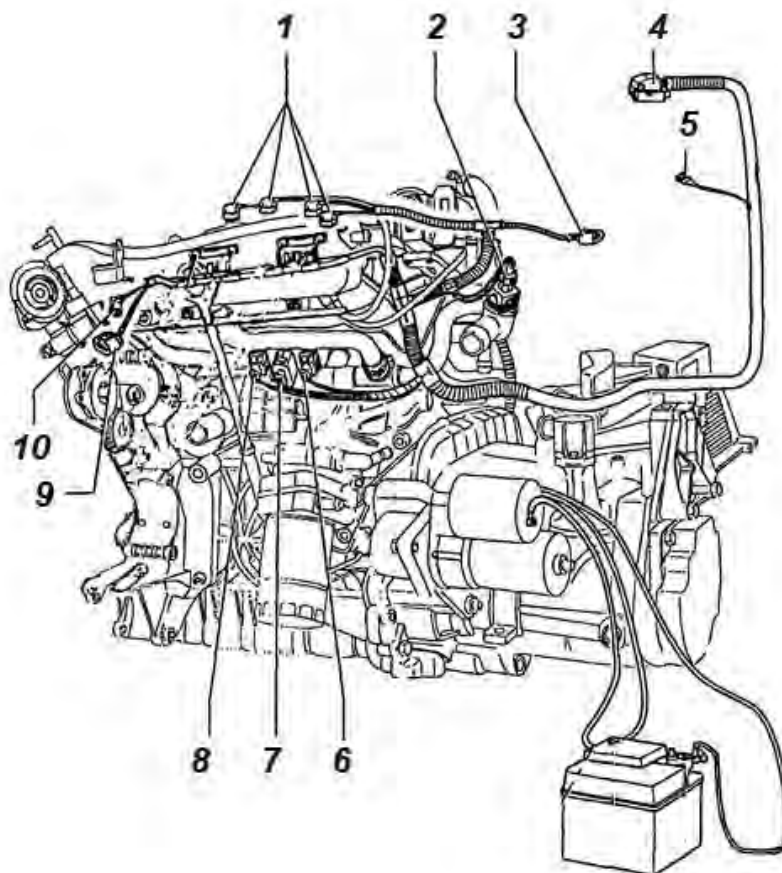
- ✓ датчик частоти імпульсів **G28**;
- ✓ датчик положення кулачкового вала **G40**, що працює на ефекті Холла;
- ✓ датчик температури охолоджувальної рідини **G62**;
- ✓ датчик **G61** контролю детонаційного згоряння;
- ✓ датчик положення дросельної заслінки **J338**;
- ✓ датчик тиску і температури у впускному трубопроводі **F-96**;
- ✓ двовивідні котушки запалювання з кінцевим потужнісним каскадом (**N70**, **N 127**, **N 291** та **N 292**);
- ✓ проводи високої напруги;
- ✓ свічки запалювання.

На рис. 4.47 позначені датчики, джгути проводів та штекерні з'єднувачі деяких із вищезазначених датчиків [81].

Керування моментом іскроутворення здійснюється в цій системі на основі обчислених мікропроцесором оптимальних значень кута випередження запалювання, відповідних швидкості обертання колінчастого вала двигуна та тиску у впускному трубопроводі.

Блок керування мікропроцесорної системи запалювання складається із електронно-керуючого пристрою (ЕКП), логічного пристрою, блоку пам'яті, блоку синхронізації та комутатора магістралей.

Робота бортового комп'ютера. Інформація про характеристики двигуна зберігається в пам'яті комп'ютера у формі таблиць, які називаються робочими. Таблиці виходять з інформації тривимірних карт випередження запалювання і таких же карт для періоду «замкнутого стану контактів». Робочі таблиці можуть бути складені комп'ютером для різних сполучень параметрів, однак насамперед



1 - штекерні з'єднувачі для котушок запалювання; 2 - датчик температури охолоджуючої рідини; 3 - штекер датчика тахометра; 4 - багатоконтактний штекерний з'єднувач блоку керування Simos 3.2; 5 - штекер датчика тиску у впускному колекторі; 6 - датчик детонаційного згоряння 3, 4 циліндрів; 7 - датчик частоти обертів колінчастого валу; 8 - датчик детонаційного згоряння 1, 2 циліндрів; 9 - штекер датчика положення дросельної заслінки; 10 - датчик положення кулачкового валу (датчик Холла)

Рис. 4.47. Комплектація елементів системи запалювання двигуна автомобіля Skoda «Superb»

такими параметрами є частота обертання колінчастого валу, навантаження, температура і напруга акумуляторної батареї. Кожна з таблиць дає своє значення кута випередження, і для визначення

результуючого кута всі результати зіставляються. Подібним чином визначаються і інші показники [81].

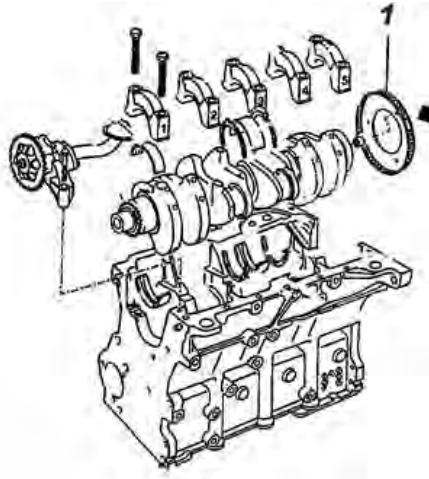
При увімкненні живлення мікропроцесор посилає закодовану двійкову адресу, вказуючи, до якої частини пам'яті він звертається.

Потім посилається керуючий сигнал, що вказує напрямок і послідовність руху інформації в процесор або з процесора. Робота самого процесора становить серію двійкових імпульсів, за допомогою яких інформація зчитується з пам'яті, декодується і виконується. Програми виконання операцій - арифметичних, логічних і транспортних також записані в пам'яті. Нарешті, ЕКП видасть команду силовому ключеві системи запалювання на увімкнення або вимкнення котушки відповідно до поточного стану двигуна [81].

Датчик частоти імпульсів G 28 (див. рис. 4.47, поз. 7) працює на явищі електромагнітної індукції. Він складається із нерухомого магніту та нерухомої котушки. Ротор датчика - імпульсне колесо 1 (рис. 4.48) виготовлено із магнітом'якої сталі, кріпиться на колінчастому валу двигуна і обертається з його частотою. Тому кількість синусоїдальних імпульсів, що виробляє датчик за 1 оберт, дорівнює кількості зубців на імпульсному колесі [81].

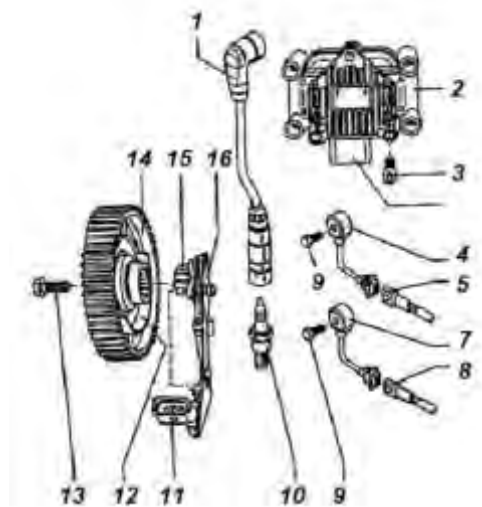
Для визначення ВМТ поршня першого циліндра, тобто для формування початкового імпульсу на імпульсному колесі 1 (див. рис. 4.48) є лиска (вказана стрілкою на рисунку) шириною в два зуби.

Датчик G 40 (див. рис. 4.47, поз. 10) працює на ефекті Холла і служить для визначення положення розподільчого валу, а значить і моменту запалювання в першому циліндрі. В зазорі між постійним магнітом та напівпровідниковою пластиною, яка індукує ЕРС Холла, обертається екран 12 (рис. 4.49). Цей екран закріплено всередині шестерні приводу кулачкового вала 14. В момент, коли екран не



1 - імпульсне колесо

Рис. 4.48. Розташування імпульсного колеса на двигуні [81]



1 - провід високої напруги з заводопоглинаючим резистором та наконечником для свічки; 2 - двохвивідні котушки запалювання високої напруги зі штекерними з'єднувачами; 4; 5 - датчик детонаційного згорання G 61 3 та 4 циліндрів; 7 - датчик детонаційного згорання G 66 1 та 2 циліндрів; 6 та 8 - трьох контактні штекерні з'єднувачі; 10 - свічка запалювання; 11 - з'єднувальний штекер датчика Холла; 12 – екран; 14- шестерня приводу; 15 - датчик Холла

Рис. 4.49. Елементи мікропроцесорної системи запалювання

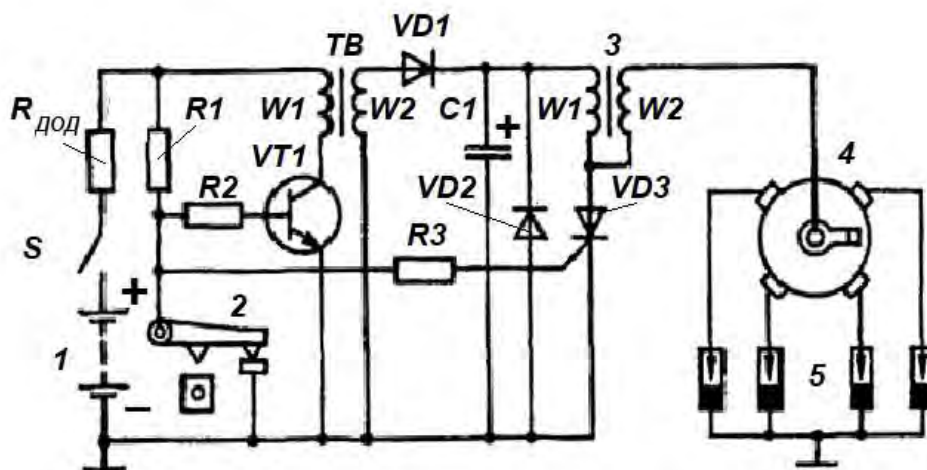
перекриває магнітне поле, воно (магнітне поле) діє на датчик Холла і останній генерує ЕРС. Якщо екран перекриває магнітне поле, то датчик не виробляє ЕРС. Оскільки екран являє собою дугу, яка стягується кутом 180° , то цей сигнал служить також для управління каналами комутатора, тобто вмикає котушки запалювання 1, 4 чи 2 і 3-го циліндрів [81].

Датчики детонаційного згоряння палива. На боковій поверхні блоку циліндрів двигуна «*Superb*» встановлено два датчики детонаційного згоряння палива: **G61** та **G66** (див. поз. 6 та 8 на рис. 4.46 або поз. 5 та 7 на рис. 4.49). Перший з них контролює детонаційне згоряння в 3 і 4, а другий - в 1 і 2 циліндрах. Для припинення детонаційного згоряння мікропроцесор зменшує кут випередження запалювання для кожної пари циліндрів з 15° до 2° з кроком $0,5^\circ$, до моменту зникнення детонації. Якщо детонація припиняється, система повертається у вихідне положення.

Принципи дії та будова решти датчиків та елементів мікропроцесорної системи мають аналогію з датчиками інших систем і були описані раніше.

➤ *Система запалювання з накопиченням енергії в конденсаторі.* Системи запалювання, де енергія для іскрового розряду накопичується в конденсаторі, а в якості силового реле служить тиристор, часто називають тиристорними. У цих системах котушка запалювання не накопичує енергію, а лише перетворює напругу.

Прикладом такої системи запалювання є тиристорна система – рис. 4.50 [81]. Система складається з транзистора **VT1**, що працює в режимі ключа; підвищуючого трансформатора **TV** із замкнутим магнітопроводом; накопичувального конденсатора **CI** та котушки запалювання 3. Увімкненням вимикача **S** і при розімкнутих контактах переривника 2 транзистор **VT1** переходить у відкритий стан. Струм бази протікає від



1 - акумуляторна батарея; 2 - переривник; 3 - котушка запалювання; 4 - розподільник; 5 - свічки запалювання

Рис. 4.50. Принципова схема тиристорної системи запалювання [81]

батареї *1* через резистори $R_{\text{доД}}$, $R1$ та $R2$ на базу-емітер і на масу. Через відкритий транзистор протікає струм по первинній обмотці трансформатора: «+» акумуляторної батареї - додатковий резистор $R_{\text{доД}}$ - первинну обмотку $W1$ - колекторно-емітерний перехід транзистора $VT1$ - масу. В трансформаторі створюється магнітне поле.

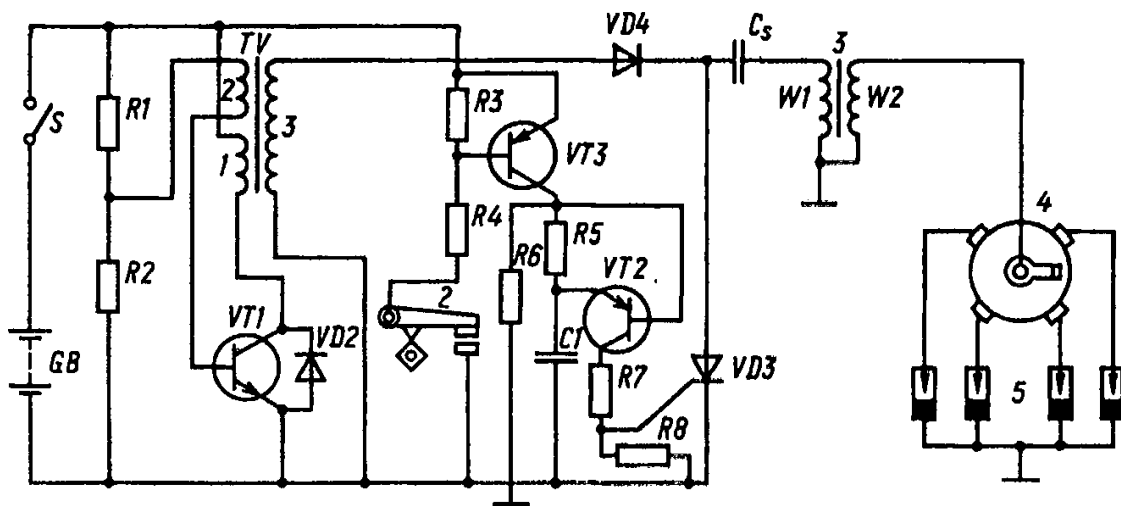
Коли контакти переривника замикаються, то вони шунтують коло бази транзистора, і він закривається, внаслідок чого струм в первинній обмотці трансформатора припиняється, а у вторинній обмотці трансформатора $W2$ виникає ЕРС, яка через діод $VD1$ заряджає конденсатор $C1$ до 200 - 400 В. Тиристор $VD3$ у цей час закритий, оскільки його коло керування шунтоване контактами переривника 2.

Після розмиканням контактів переривника 2 з'являється струм керування тиристора. Від батареї *1* через резистори $R_{\text{доД}}$, $R1$ та $R3$ струм

потрапляє на електрод керування і тиристор $VD3$ проводить струм. Конденсатор $C1$ розряджається через первинну обмотку $W1$ котушки запалювання 3. В обмотці $W2$ індукується імпульс високої напруги [81].

У розглянутій тиристорній системі запалювання можна отримати більш високу швидкість зростання вторинної напруги U_{2m} , що зменшить вплив на неї забруднення електродів свічки запалювання. Крім цього, в розглянутій системі запалювання напруга U_{2m} може бути практично незмінною зі зміною числа обертів від пускових до максимальних, оскільки конденсатор встигає повністю зарядитися на всіх режимах роботи двигуна [81].

На автомобілях «Mercedes-Benz», «Porsche», «Alfa Romeo» застосовується контактнo-тиристорна система запалювання німецької фірми Bosch (рис. 4.51) [81].



1 - транзисторний комутатор; 2 - переривник; 3 - котушка запалювання; 4 - розподільник; 5 - свічки запалювання

Рис. 4.51. Принципова схема контактнo-тиристорної системи запалювання фірми Bosch [81]

Після вмикання замка запалювання S (див. рис. 4.51) транзистор $VT1$ відкривається, бо з подільника напруги, утвореного з резисторів $R1, R2$ до бази транзистора надходить позитивний потенціал, який його відкриває. Збільшуючись, струм колектора транзистора протікає через обмотку 1 трансформатора TV , а в обмотці 2 внаслідок цього індукується вторинна напруга, яка збільшує позитивну перенапругу бази транзистора $VT1$ та прискорює зростання колекторного струму.

Однак, колекторний струм збільшується лише до межі насичення, а в обмотці 2 індукується негативна напруга і транзистор закривається. Після зникнення імпульсу закриття транзистор знову відкривається і процес повторюється. Завдяки трансформаторному зворотному зв'язку транзистор $VT1$ постійно працює в режимі «включено-виключено». У цьому випадку колекторна напруга змінюється між позитивною напругою живлення і залишковою напругою транзистора і на виході цього каскаду виникають прямокутні імпульси.

У випадку даної схеми транзистор $VT1$ працює в релейному режимі, а тому постійна напруга перетворюється на пульсуючу з великою ефективністю. Стабільність частоти такого однотактного запірного осцилятора невисока. Трансформаторний зворотний зв'язок дозволяє отримати змінну напругу для заряджання накопичувального конденсатора. Цього досягають за допомогою обмотки 3 трансформатора TV , а діод $VD2$ випрямляє отриману в ній на виході змінну напругу. У цій схемі постійна зарядна напруга конденсатора становить близько 450 В [81].

Після замикання контактів переривника 2 до бази транзистора $VT3$ надходить негативний потенціал і транзистор $VT3$ починає пропускати струм. У цьому випадку колекторний струм цього транзистора протікає через резистор $R5$ і заряджає конденсатор $C1$,

напруга якого прикладається до переходу база-колектор транзистора *VT2*. Тому, коли конденсатор заряджається, база транзистора *VT2* одержує додатковий потенціал, внаслідок чого він закривається.

Після розмикання контактів переривника 2 розривається негативний потенціал бази і транзистор *VT3* закривається. Внаслідок цього до бази транзистора *VT2* через резистор знову надходить негативний потенціал і транзистор відкривається. Конденсатор *C1* розряджається через відкритий перехід емітер-колектор транзистора *VT2*, і до електрода керування тиристора *VD3* надходить керувальний імпульс, а обкладки накопичувального конденсатора *Cs* замикаються накоротко через тиристор *VD3*. Якщо струм, який протікає через тиристор *VD3*, зменшується до нуля, то він закривається, конденсатор *Cs* знову заряджається і процес повторюється [81].

В системах запалювання з накопиченням енергії в конденсаторі котушка запалювання виконує функцію лише підвищуючого імпульсного трансформатора, її габарити при цьому можуть бути значно зменшені. Це дозволяє виготовляти індивідуальні котушки запалювання для кожної свічки і монтувати їх безпосередньо на свічках. Для цієї системи не потрібні високовольтні проводи, котрі є джерелом радіоперешкод. Крім того, виключається поява «холостої» іскри.

4.6.5. Форкамерно-факельне запалювання

Термічний ККД кращих бензинових двигунів сьогодні не дотягує і до 40%. Сьогодні розглядається технічна можливість підняти його до 50% та скоротити викиди оксидів азоту до 0,1 г на 1к.с./год. Щоб

вирішити це необхідно заставити працювати двигуни на надбідних сумішах, розбавлених відпрацьованими газами з системи рециркуляції EGR на 50 ... 60 %, із ступенями стискання близько 20:1 і домогтися максимально швидкого і повного згоряння заряду при мінімальній температурі.

Як вказувалось вище, для гарантованого запалювання і загоряння стехіометричної суміші (в якій окислювача рівно стільки, скільки необхідно для повного згоряння палива) енергія іскри повинна складати 10 ... 20 мДж. Отримати ж іскровий розряд в перезбагаченій або збідненій суміші набагато важче. Напруга пробою в такому середовищі наростає з 17 до 25 кВ і вище, тому для утворення факела потрібно не менше 100 мДж енергії. Але чим вище потужність і температура розряду, тим швидше руйнуються електроди свічки запалювання: кожне спрацьовування свічки позбавляє їх частини матеріалу, з якого вони виготовлені. Найефективніший (і найдорожчий) спосіб боротьби з цим явищем - використання дуже тонких електродів з тугоплавкими елементами з платини або іридію.

Втім, стратегічно використання дуже тонких електродів нічого не змінює. Сучасні системи іскрового запалювання в принципі не здатні забезпечити істотного підвищення ККД: вони занадто повільні - з моменту виникнення крихітного вогнища загоряння до охоплення полум'ям всього об'єму камери згоряння проходить 500 мс. Це дуже багато. Крім того, для генерації іскри, здатної пробити міжелектродний зазор в «тугій», стислій в 20 і більше разів надбідній однорідній суміші потрібне дуже потужне джерело енергії, а не свинцева батарея.

Необхідність отримувати максимальну потужність при мінімально витраченій енергії спонукала інженерів Формули 1 (Ф1) звернутися до технології, яка використовується на великих

вантажівках. Суть цієї технології зводиться до використання принципу роботи форкамерно-факельного запалювання, який застосували в Mercedes і Ferrari, і який раніше використовувався на окремих моделях автомобілів «Волга» в СРСР.

Форкамерно-факельне запалювання зазвичай використовується на двигунах великого об'єму. Зважаючи на час, який відводиться на заповнення циліндра свіжою сумішшю, ефективного заповнення багатопаливно-повітряною сумішшю циліндрів великих об'ємів ускладнене, в зв'язку з чим було вирішено розділити проблему надвоє.

Була створена додаткова камера згоряння не великих розмірів, в якій і були встановлені форсунка і свічка запалювання – рис. 4.52 [91]. У свою чергу ця камера була сполучена вузьким каналом з основною камерою згоряння циліндра. Саме ця невелика попередня камера і отримала назву форкамери.

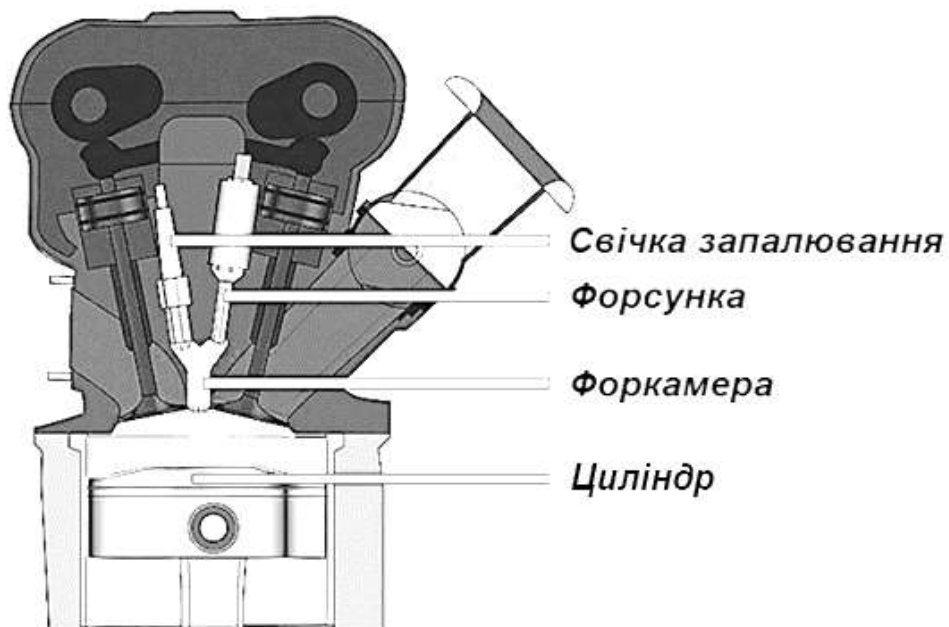


Рис. 4.52. Принципова схема форкамерно-факельної системи запалювання [91]

Під час протікання першого такту двигуна - впуску - значно збіднена паливно-повітряна суміш потрапляє в циліндр, заповнюючи його сумішшю, яка погано запалюється.

Після цього невеликий об'єм форкамери заповнюється збагаченою сумішшю, концентрація парів палива в якій достатня для запалювання від іскрового розряду на електродах свічки запалювання - безпосередньо перед тактами стисання і робочого ходу циліндра.

Власне процес запалювання відбувається не в основній камері, а в допоміжній форкамері не великого розміру. Цю збагачену суміш завдяки її характеристикам підпалити не так складно, а в результаті цієї реакції утворюються язики полум'я (факел), які проникають через вузький канал в основну камеру і ефективно підпалюють збіднену суміш.

Цей процес можна порівняти з ефектом займання збідненої суміші за допомогою відразу декількох свічок запалювання. Важливо також і те, що при такому методі запалювання паливна суміш в основному циліндрі згорає швидше, збільшуючи загальний ККД двигуна.

В радянському легковому автопромі технологія форкамерно-факельного запалювання вперше була застосована на автомобілі «Волга» ГАЗ-3102. Розроблений на основі автомобіля ГАЗ-24 «Волга», ГАЗ-3102 повинен був стати її наступником – рис. 4.53 [91].

4.6.6. Система запалювання від магнето

Системи запалювання пускових двигунів потужних тракторних дизелів є автономними, а робоча бензиново-повітряна суміш в них запалюється від магнето. В магнето конструктивно об'єднані генератор змінного струму низької напруги зі збудженням від постійних магнітів,

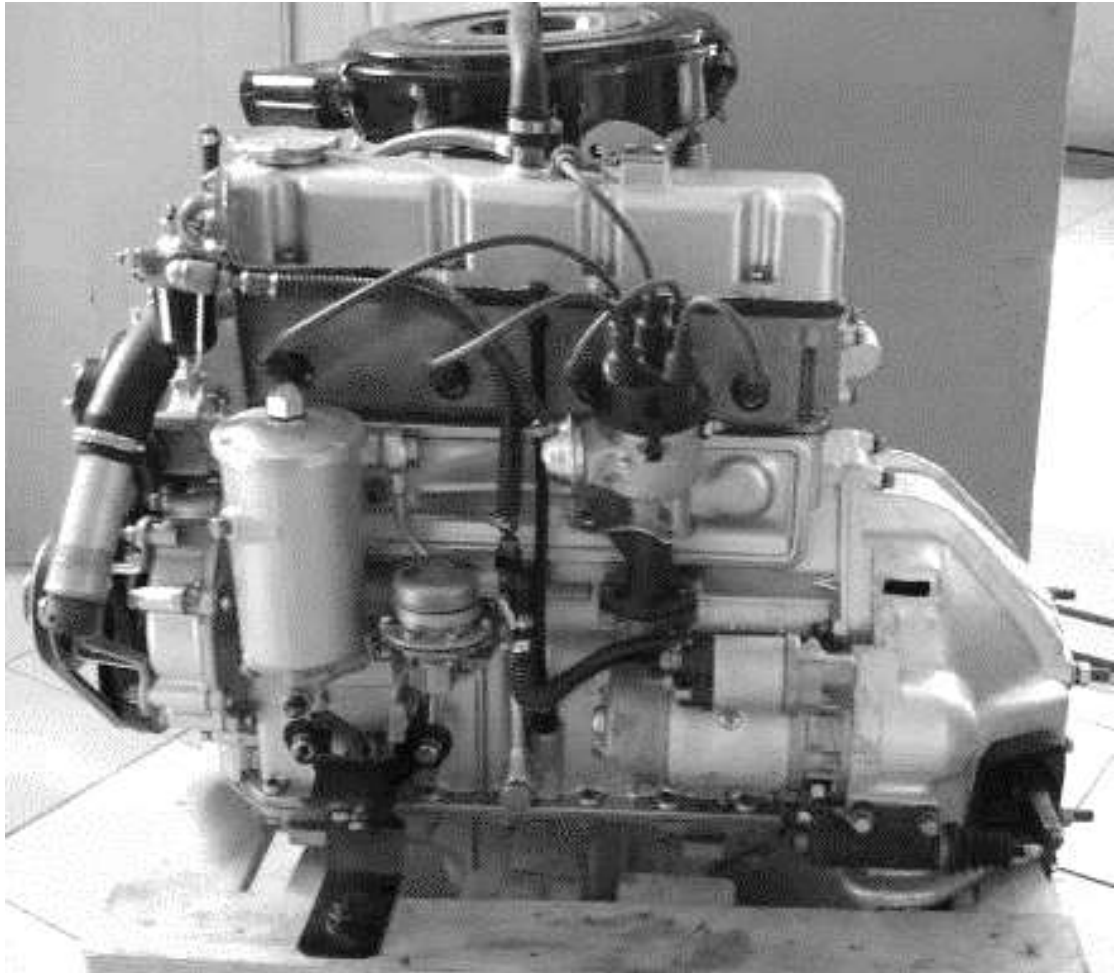
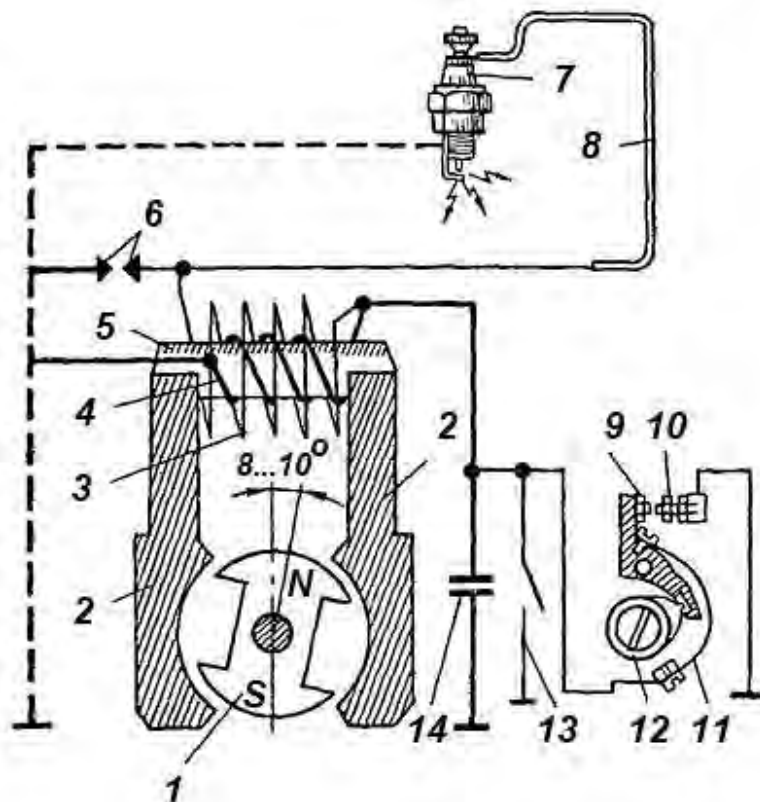


Рис. 4.53. Двигун ГАЗ-4022.10

трансформатор та переривник з розподільником. Іскрове запалювання від магнето не потребує стороннього джерела електричної енергії. Принципова схема магнето показана на рис. 4.54 [120].

Принцип дії магнето наступний. При обертанні двополюсного магніту між полюсами осердя індукційної котушки в замкнутому магнітопроводі наводиться магнітний потік, який змінюється за величиною і напрямком - рис. 4.55 [81].

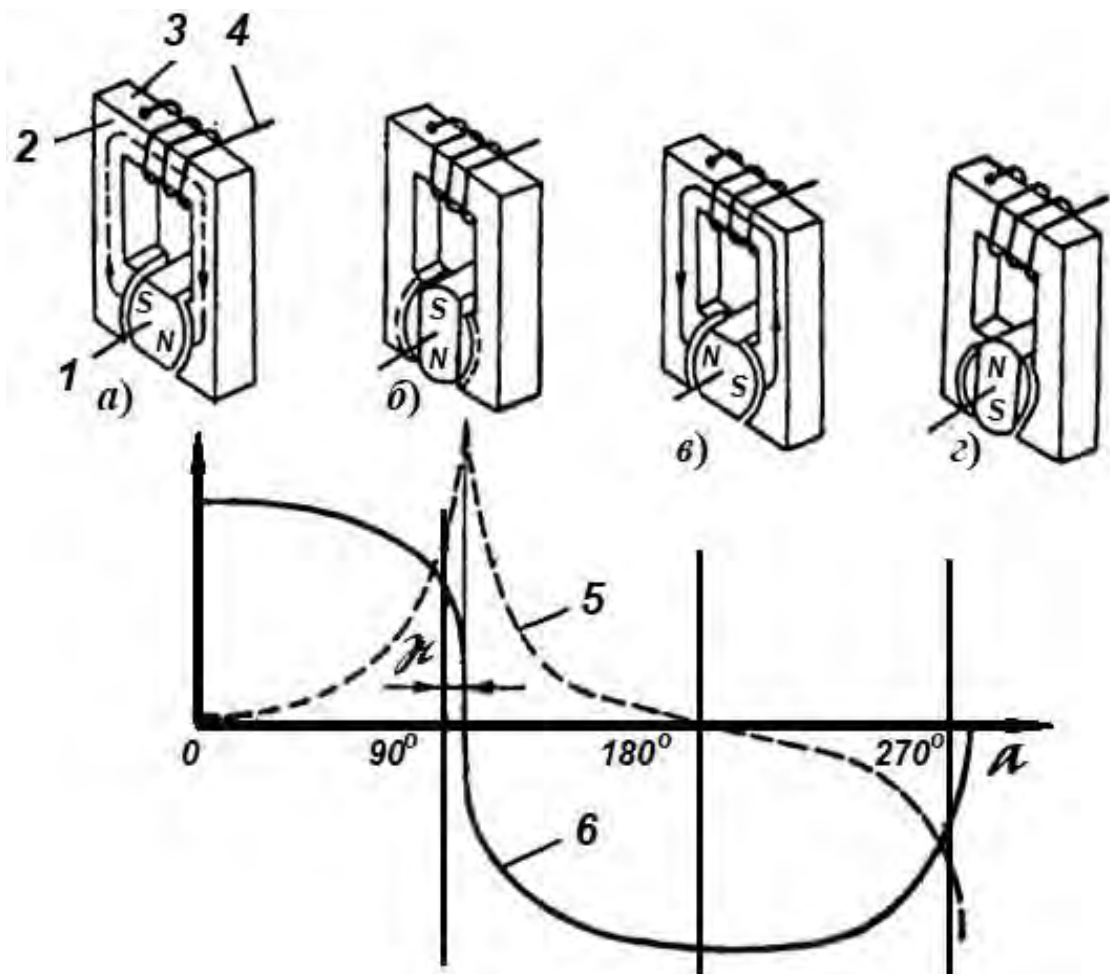
За конструкцією існуючі магнето суттєво відрізняються між собою, однак принцип дії всіх магнето однаковий.



1 - магніт; 2 - стояк з башмаком; 3 - вторинна обмотка; 4 - первинна обмотка; 5 - осердя; 6 - іскровий проміжок (запобіжник); 7 - свічка запалювання; 8 - провід високої напруги; 9 - рухомий контакт; 10 - нерухомий контакт; 11 - пружина рухомого контакту; 12 - кулачок переривника; 13 - вимикач запалювання; 14 - конденсатор.

Рис. 4.54. Принципова схема магнето високої напруги [120]

При цьому в обмотках котушки збуджується змінний струм, напруга якого залежить від частоти обертання магніту і кількості витків в первинній та вторинній обмотках. У первинній обмотці ефективне значення напруги становить 15 ... 20 В, вторинній – 1000 ... 1500 В. Але для живлення іскрових свічок запалювання напруга повинна бути 15000 ... 25000 В. Щоб одержати таку напругу, використовують явище трансформації. В певний момент, коли струм первинної обмотки буде



а, б, в, г – варіанти положень магнітних полюсів ротора; 1 - магнітні полюси ротора; 2 - магнітопровід; 3 - осердя індукційної котушки; 4 - первинна обмотка; 5 - ЕРС в первинній обмотці; 6 - магнітний потік в осерді; α - кут обертання магніту

Рис. 4.55. Принципова схема роботи і графік зміни магнітного потоку та ЕРС в первинній обмотці котушки запалювання магнето високої напруги [81]

найбільшим і досягатиме 5 А, коло первинної обмотки розмикається переривником, що призводить до зміни магнітного потоку в

магнітному контурі, а отже, і в осерді індукційної котушки. В результаті у вторинній обмотці тепер вже збуджується електричний струм високої напруги (15000 - 25000 В), який і направляється до свічок запалювання. Отже, величина напруги залежить від інтенсивності магнітного потоку в осерді і кількості витків в обмотках [81]:

$$E_1 = -W \frac{d\Phi}{dt}, \quad (4.19)$$

де W - кількість витків первинної обмотки;

Φ - магнітний потік.

Величина магнітного потоку і значення ЕРС у первинній обмотці залежать від положення магніту між полюсами осердя індукційної котушки. У початковому положенні і орієнтації магнітних полюсів (див. рис. 4.55, *а*) магнітний потік найбільший, що призводить до зростання ЕРС в первинній обмотці. При повороті двополюсного магніта на кут 90° від горизонтального положення (див. рис 4.55, *б*) магнітний потік спадає, а ЕРС в первинній обмотці досягає найбільшої величини. При цьому первинний струм досягає також найбільшого значення. Саме в цей момент переривник і розмикає коло первинної обмотки і при зникненні магнітного поля у вторинній обмотці індукуються імпульси високої напруги (див. рис. 4.55, *в*).

Внаслідок впливу залишкового магнетизму в осерді, взаємодії кола первинної обмотки з магнітним полем магніту і інших чинників уповільнюється зникнення магнітного потоку в осерді, змінюється характер кривої ЕРС в первинній обмотці та кривої магнітного потоку в осерді. Ця обставина веде до відхилення положення ротора з магнітними полюсами від вертикального в момент досягнення

максимального значення сили струму в первинній обмотці на деякий кут γ (див рис. 4.55).

*Кут, що визначає положення ротора магнето в момент розмикання контактів переривника, називається **абрисом** магнето.* Оптимальні значення абрису визначають експериментальним шляхом і для магнето різних типів вона не однакова. Для сучасних магнето цей показник знаходиться в межах $8 \dots 10^\circ$ (див. рис. 4.54). При неправильній установці абрису сила струму знижується і, як наслідок, зменшується U_{2max} . При значному відхиленні абрису від оптимального значення магнето не буде пробивати іскровий проміжок свічки. В такому разі необхідно встановити абрис відповідно до інструкції заводу-виробника [81].

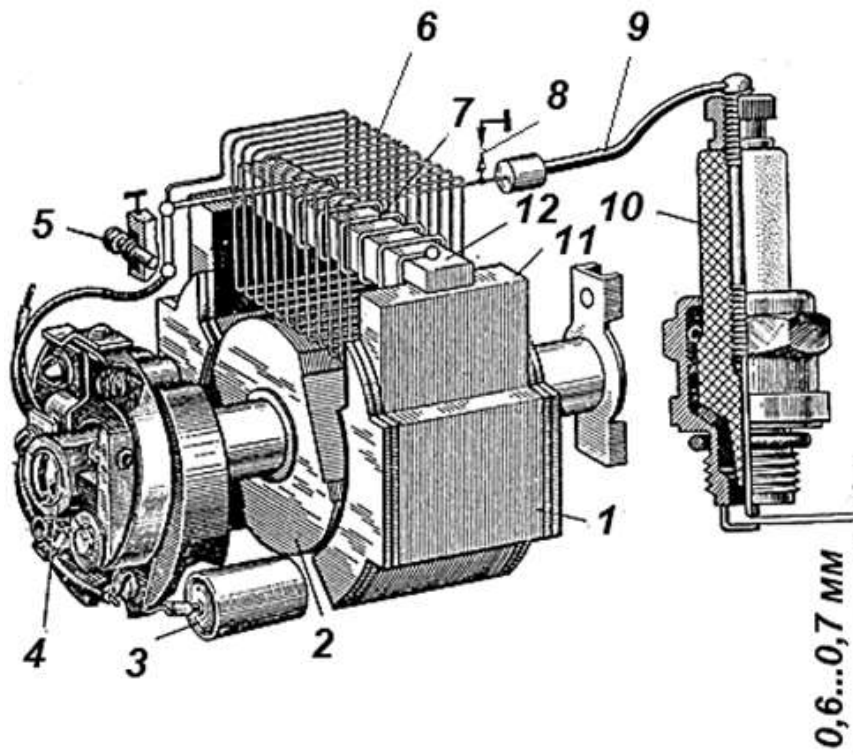
При подальшому провертанні двополюсного магніту на кут 180° (рис. 4.55, в) магнітний потік знову досягає максимальної величини, але в результаті зміни положення полюсів напрям його буде протилежним і на графіку він розміщується нижче осьової лінії. Далі процес повторюється. При повороті двополюсного магніту на кут 270° (див. рис. 4.55, г) магнітний потік зменшується, а значення ЕРС у первинній обмотці досягає найбільшої величини, переривник розмикає коло первинної обмотки котушки запалювання і у вторинній обмотці котушки запалювання індукуються імпульси високої напруги [81].

Паралельно до первинної обмотки увімкнено конденсатор (див. рис. 4.54), який зменшує іскріння контактів і, крім того, поліпшує процес формування імпульсу високої напруги. Процес проходить так. При найбільшому значенні ЕРС первинної обмотки конденсатор заряджається і, отже, стає своєрідним джерелом живлення. Як тільки переривник розмикає коло первинної обмотки, у вторинній обмотці збуджується перший імпульс струму високої напруги. При розімкну-

тих контактах переривника в первинну обмотку надходить струм з конденсатора, збуджуючи новий магнітний потік в осерді, а отже, і новий імпульс високої напруги у вторинній. Ємність конденсатора вибирають так, щоб запас електричної енергії забезпечив виконання кількох циклів надходження струму до первинної обмотки, а отже, збудження струму високої напруги у вторинній обмотці. В результаті за один цикл роботи магнето після розмикання контактів переривника у вторинній обмотці збуджується не один імпульс високої напруги, а ціла послідовна серія. Отже, на електродах свічки запалювання може виникнути не одна, а декілька послідовних іскор, які поліпшують підпалювання стиснутої робочої суміші у циліндрах двигуна. Особливо це необхідно при пуску двигуна у холодну пору року, а також при використанні палива з вмістом оливи або гасу, температура спалахування якого вища. Конструктивно конденсатор встановлюється в магнето як окрема деталь або виконується у вигляді металевих стрічок, намотаних на первину обмотку індукційної котушки і підключених до електричного кола [81].

У системах запалювання основних і пускових двигунів тракторів встановлюються магнето різних типів і марок, проте принцип їх дії залишається загальним. Відрізняються вони кількістю вивідних провідників високої напруги, напрямком обертання та способом кріплення на двигуні.

На рис. 4.56 показана загальна будова одноіскрового магнето. Корпус магнето виготовлений із цинкового сплаву [26]. Він має два полюсних башмаки 1 з металевих пластин, між якими обертається ротор 2. У корпусі встановлена також індукційна котушка, переривник з кулачком 4, конденсатор 3. На корпусі магнето розміщено вимикач 5, що з'єднує первинну обмотку з корпусом. Магнето закріплюється на двигуні за допомогою фланця. Повертаючи на певний кут корпус магнето у пазах,



1 - полюсний бармак; 2 - ротор; 3 - конденсатор; 4 - кулачок; 5 - вимикач запалювання; 6 - вторинна обмотка; 7 - первинна обмотка; 8 - іскровий проміжок (запобіжник); 9 - провідник високої напруги; 10 - свічка запалювання; 11 - полюсний стояк; 12 - осердя індукційної котушки;

Рис. 4.56. Одноіскрове магнето [26]

регулюють постійний кут випередження запалювання робочої суміші, що становить, наприклад, для пускових двигунів типу П-350 і ПД-10М 27° (магнето М-214Б і М-24А1), а для П-23М - 25° (М-48В1) [26].

У корпусі магнето між полюсними стояками 11 обертається ротор 2 - двополюсний постійний магніт. На передньому кінці вала встановлена напівжорстка муфта привода або муфта випередження запалювання, а на задньому - кулачок 4 переривника.

На полюсних стояках встановлено індукційну котушку, на осерді 12 якої розміщені дві ізолювані одна від одної обмотки 6 та 7. Первинна обмотка 7

низької напруги, яка має, порівняно, не велику кількість витків, виготовлена з дроту, порівняно, великого діаметра, а вторинна б, навпаки, має велику кількість витків з тонкого дроту. Щоб забезпечити відповідне підвищення напруги у вторинній обмотці індукційної котушки запалювання магнето (яка працює за принципом трансформатора), остання має такі обмоточні дані: первинна обмотка – 160 ... 180 витків з дроту діаметром 0,73 ... 0,93 мм, а вторинна обмотка – 11 ... 13 тис. витків з дроту діаметром 0,07 ... 0,08 мм. Опір первинної обмотки становить приблизно 0,3, а вторинної - 8000 Ом [26, 81].

Первинна обмотка одним кінцем з'єднана з осердям, а другим - з переривником і початком вторинної обмотки. Кінець вторинної обмотки з'єднується з клемою виводу високої напруги, а в багатоіскрових магнето - з розподільником високої напруги. З торців котушки захищені гетинаксовими пластинами, а зовні - ізоляцією з капрону та поліетилену.

Для розривання кола первинної обмотки застосовують контактний вузол. Розмикання контактів здійснюється кулачковою муфтою, закріпленою на валу ротора в певному положенні відносно полюсів магніту. Контакти повинні розмикатися в момент найбільшого значення ЕРС у первинній обмотці, яка виникає з невеликим запізненням при провороті магніта на відповідний кут (*абрис*) від вертикального положення.

На кулачковій муфті одноіскрового магнето є виступ, а в кулачкових муфтах багатоіскрових магнето кількість виступів відповідає кількості циліндрів. Отже, при обертанні ротора кулачок 4 під час кожного оберту один раз (в багатоіскрових магнето кілька разів) розмикає контакти, які замикаються знову після провертання кулачка під дією зворотної пружини.

Залежно від напрямку обертання магнето бувають *правого* і *лівого обертання* [26, 81].

Під час обертання ротора полюси по черзі підходять до стояків, в результаті чого в осерді за кожен оберт двічі з'являється і зникає магнітний потік, тобто створюється змінне за величиною і напрямком магнітне поле. Внаслідок його зміни в первинній і вторинній обмотках індукується ЕРС. Якщо контакти замкнуті, у первинній обмотці виникає струм низької напруги (2 ... 30 В), який проходить через витки первинної обмотки, рухомий контакт переривника, нерухомий контакт, корпус і до початку обмотки. При проходженні струму в осерді індукційної котушки створюється нове магнітне поле, силові лінії якого перетинають обидві обмотки. Воно досягає найбільшого значення при повороті магніту на 8 ... 10° (у окремих конструкціях цей показник може досягати 8 ... 12°) у бік обертання від нейтрального положення, первинний струм при цьому досягає також найбільшого розміру (до 5 А). Якщо в цей момент розімкнути електричне коло первинної обмотки, то струм відразу ж зникає, а разом з ним і магнітне поле. Зникаюче, магнітне поле перетинає витки обмоток індукційної котушки, в результаті чого в первинній обмотці виникає ЕРС самоіндукції розміром 200 ... 300 В, а у вторинній – ЕРС взаємоіндукції близько 15000 ... 25000 В. Під дією ЕРС у первинній обмотці виникає струм розмикання, а у вторинній - струм високої напруги, що і надходить до свічки запалювання. Для зменшення струму самоіндукції та іскріння між контактами в момент їх розмикання, а також підвищення напруги у вторинній обмотці паралельно до контактів вмикають конденсатор про що більш детально було описано вище [26, 81].

Між клемою виводу вторинної обмотки і корпусом передбачено додатковий іскровий проміжок, розряд у якому виникає при перевищенні високої напруги у 1,5 рази. Це необхідно для запобігання пробом вторинної обмотки індукційної котушки в разі зменшення навантаження у колі високої напруги, що може статися при знятті проводу

високої напруги з клеми свічки запалювання. Під час роботи електричний розряд між електродами іскрового проміжку не виникає, оскільки зазор між ними збільшений. В окремих магнето іскровий проміжок регулюють гвинтом розрядника так, щоб він становив 10 ... 11 мм [81].

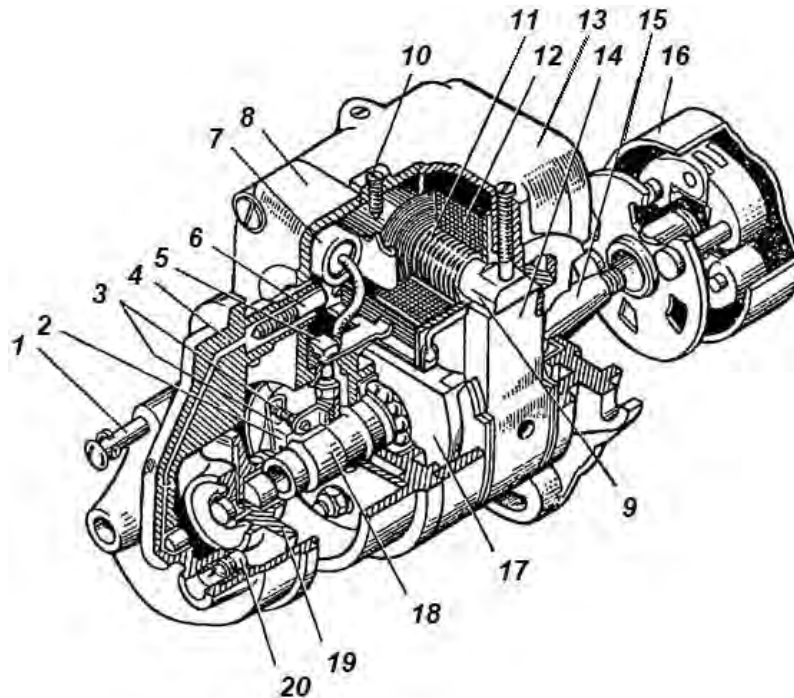
Для вимикання струму високої напруги, що необхідно для зупинки двигуна, натискають на кнопку вимикача, контакти якого замикають первинну обмотку на корпус. При цьому слід пам'ятати, що при замиканні первинної обмотки на корпус магнето працює в режимі найвищої потужності, а це призводить до надмірного розмагнічування ротора. Для кращої збереженості магнето, а також інших механізмів перед зупинкою необхідно зменшити частоту обертання колінчастого вала. У деяких типів магнето (М-124Б та ін.) зупинити двигун можна з робочого місця, для чого на корпусі є клема дистанційного керування.

На дво- і більше циліндрових двигунах встановлюють багатоіскрові магнето, до складу яких входять додатково розподільник струму високої напруги по свічках запалювання.

Наприклад, двоіскрове магнето типу М-48В1 (рис. 4.57) лівого обертання з автоматичним регулятором випередження запалювання має дві клеми 20 виводу високої напруги і бігунок 19, до якого подається струм високої напруги через струмознімач 6 [81].

Магнето приводиться в дію від колінчастого вала двигуна за допомогою шестеренної або іншої передачі з відповідним передаточним числом, що забезпечує синхронізацію моменту запалювання при відповідному положенні поршня у циліндрі.

Для забезпечення пуску двигуна і створення умов для карбюрації (приготування робочої суміші з палива і повітря) частота обертання колінчастого вала повинна становити 30 ... 40 хв⁻¹, тобто близько одного оберту за дві секунди. А мінімальна частота обертання ротора магнето



1 - гвинт кріплення кришки розподільника; 2 - важіль переривника; 3 - контакти; 4 - кришка розподільника; 5 - клемма; 6 - струмознімач; 7 - конденсатор; 8 - кришка магнето; 9 - осердя; 10 - розрядник; 11- обмотка (первинна) низької напруги; 12 - обмотка (вторинна) високої напруги; 13 - корпус; 14 - полюсний башмак; 15 - вал ротора; 16 - муфта випередження запалювання; 17 - ротор; 18 - кулачок переривника; 19 - бігунок розподільника; 20 - клемма виводу високої напруги

Рис. 4.57. Будова двоіскрового магнето [81]

для забезпечення іскроутворення складає $150 \dots 250 \text{ хв}^{-1}$, отже при пуску двигуна колінчастому валу треба надати такої самої частоти обертання. А це вимагає застосування спеціальної системи приводу (стартери, редуктори тощо) і до того ж практично виключає можливість пуску двигунів вручну. Щоб забезпечити пуск двигуна при незначній частоті обертання колінчастого вала, наприклад, один оберт за секунду,

в деяких типах магнето застосовують пусковий прискорювач, який надає ротору частоту обертання близько $150 \dots 200 \text{ хв}^{-1}$. При цьому забезпечується утворення іскри в пусковому режимі, а також автоматичне запізнення моменту запалювання, що необхідно при пуску двигуна вручну.

Технічні характеристики найбільш поширених магнето наведені в табл. 4.4 [81].

Таблиця 4.4 – Основні технічні характеристики магнето [81]

Показник	Марка магнето						
	М-10А	М-24А1	М-47Б1	М-48В1	М-124А1	М-124Б1	М-130
На якій машині (двигуні) встановлюється	Т-100М	Т-74, ДТ-75	Т-100, (П-46)	Т130	Т-150, Т-150К	Т-150, Т-150К, КСКУ-6; (ПД-10М2)	Т-40 (ПД-8)
Напрямок обертання	Лівий	Правий	Правий	Лівий	Правий	Правий	Правий
Кількість розмикань контактів на один оберт	2	1	2	2	1	1	1
Взор між контактами	0,25-0,35	0,25-0,35	0,25-0,35	0,25-0,35	0,25-0,35	0,25-0,35	0,25-0,35
Частота обертання ротора для іскроутворення, хв^{-1} :							
- мінімальна	150	250	150	150	250	250	150
- максимальна	2500	4500	2500	2500	4500	4500	3000
Муфта випередження запалювання	-	МС-100	МС-22А	МС-22А	МС-100	МС-22А	МС-100
Пусковий прискорювач	ПУ 20-3218	-	-	-	-	-	-
Кут випередження запалювання (муфтою, прискорювачем), град	25	16-18	8-26	8-26	8-26	8-26	8-26
Робота муфти, хв^{-1} :							
- початок	-	700-1200	900-1000	900-1000	700-1200	700-1200	-
- кінець	-	1700-2000	1700-1800	1700-1800	1700-2000	1700-2000	-
Ємність конденсатора, мкФ	0,14-0,25	0,14-0,25	0,14-0,25	0,14-0,25	0,14-0,25	0,14-0,25	0,14-0,25
Маса магнето, кг	2,7	1,8	2,7	2,7	1,8	1,8	1,8

4.6. Використання агрегатів і пристроїв систем запалювання на автомобілях

Залежно від комплектації на одній і тій же марці автомобіля можуть застосовуватись різні елементи систем запалювання як вітчизняного, так і закордонного виробництва. В табл 4.5 приведено приклади застосування агрегатів і пристроїв систем запалювання найбільш поширених автомобілів країн СНД, а в табл. 4.6 – застосування іскрових свічок запалювання на автомобілях виробництва цих же країн [9].

4.8. Методика встановлювання запалювання на двигуні

Викладені вище міркування щодо оптимальних значень кута випередження запалювання для бензинового двигуна зводяться до наступних практичних висновків, а саме:

✓ *якщо у двигуна встановлено пізнє запалювання, то силова установка:*

- не розвиває потужності, істотно падає динаміка набору швидкості;
- дуже погано запускається, особливо «на холодну»;
- споживає значно більше палива;
- дуже швидко нагрівається аж до перегріву;
- спостерігаються «хлопки» в випускнй систему або систему живлення.

✓ *якщо у двигуна встановлено раннє запалювання, то його ознаки децю інші, а саме:*

Таблиця 4.5 – Використання агрегатів і пристроїв систем запалювання [9]

Марка автомобіля	Переривник-розподільник	Котушка запалювання	Електронний комутатор
Контактні системи запалювання			
ГАЗ-24	P119Б	Б115-В	-
«Москвич» - 21412	47.3706	Б115-В2	-
ВАЗ-21011, ВАЗ-2104, ВАЗ-2105	30.3706-10	Б117-А	-
ВАЗ-2105, ВАЗ-2106, ВАЗ-2107	30.3706	Б117-А	-
ВАЗ-2121	30.3706-02	Б117	-
Контактно-транзисторні системи запалювання			
ГАЗ-53А	P133	Б114-Б	ТК102, ТК102-А
ЗИЛ-131, ЗИЛ-43410	46.3706	Б114-Б	ТК102, ТК102-А
Автобуси ПАЗ, КАвЗ	P133-Б	Б114-Б	ТК102, ТК102-А
Безконтактні електронні системи запалювання			
ГАЗ-2410	19.3706	Б116	13.3734-01
ГАЗ-3102	36.3706	Б116	13.3734-01
ВАЗ-2106, ВАЗ-2107, ВАЗ-2121	38.3706	27.3705	36.3734-20
ВАЗ-2108, ВАЗ-2109	40.3706	27.3705	36.3734-20
ВАЗ-1111	55.3706	29.3705	36.3734-20
«Москвич»-21412	54.3706	27.3705	36.3734-20
ЗАЗ-1102	53.3706	27.3705	36.3734-20
Мікропроцесорні системи запалювання			
ВАЗ-21083-02, ВАЗ-21093-02, «Москвич»-2141	МС2715-03*	29.3705	42.3734
ГАЗ-3302	МС2713-01*	3009.3705	6420.3734
*) - контролер			

Таблиця 4.6 – Використання на автомобілях і взаємозамінність свічок запалювання окремих марок і виробників [9]

СНГ	Bosch, Германія	Champion, Англія	Motorkraft, США	MagnetiMarelli, Італія	NGK, Японія	Застосування
A11	W8A, W9A, W8AP; W9AP, W8AC; W9AC	L88A; L88	AE52	CW3N	V5HS	ГАЗ-53А, ЗИЛ-431410, УАЗ-469
A14Д; A17ДВ	W8CC; W7DC, W7DP, WR7DC, WR7DP	N5\$ N10Y	AG3, AG31; AG252	CW5L; CW7LP	-; BP6ES	ЗМЗ-4022.10 BA3-2101-07
A17ДВ- 10	W7DC, W7DP, W7DTC; WR7DP, WR7DC	N9Y	AG252	CW7LP	BP6ES	BA3-2108, BA3-2109, ЗА3-1102
A20Д1; A20Д2	W6CC	N3	AG4	CW7L	B7ES	УЗАМ-412, УЗАМ- 331.10
A23	W5A, W5AP; W5AS	LW81; LW82	AE2; AE3	CW7N; CW7NI	B7HS	МЕМЗ-968, МЕМЗ 969

- двигун працює «жорстко»;
- під час роботи прослуховується явно виражений металевий стукіт;
- спостерігається прояв детонаційного згоряння палива;
- спостерігається нестійка робота і падіння потужності двигуна на малих обертах;
- спостерігається підвищення витрати палива.

І це тільки ознаки неправильно встановленого запалювання. Наслідки ж, за умови продовження експлуатації двигуна з неправильно

встановленим кутом випередження запалювання можуть бути дуже серйозними.

Тому дуже важливо, щоб кут випередження запалювання був виставлений правильно. Відразу відзначимо, що бензинові силові установки використовують різні системи живлення - карбюраторну (застаріла і на нові авто вже не встановлюється, але зустрічається ще дуже часто) і інжекторну.

У сучасних інжекторних двигунах така операція, як установка кута випередження запалювання не потрібна тому, що за роботу системи запалювання відповідає електронний блок управління (ЕБУ) – рис. 4.58.



Рис. 4.58. Загальний вигляд електронного блока управління

У ЕБУ закладається вся інформація, що стосується моменту запалювання, і він її повністю відслідковує.

В такому авто все працює наступним чином: численні датчики, встановлені на двигуні, передають дані на ЕБУ.

На їх основі він і віддає команди на системи мотора - живлення і запалювання.

Для системи живлення ЕБУ показує, скільки і коли палива і повітря запустити в циліндри, а для запалювання - в який момент подати іскру на електроди свічки запалювання.

Але варто зазначити, що пошкодження датчиків або порушення геометрії положення складових елементів мотора, може привести до зміни кута випередження запалювання.

Тому навіть на інжекторному двигуні можуть з'явитися ознаки збоїв у підтриманні оптимального кута випередження запалювання.

При цьому змінити кут вручну не можливо, оскільки дані внесені в ЕБУ і єдине, що залишається - можна «перепрошити» електронний блок управління, і «залити» в нього інформацію зі зміненими даними (рис. 4.59).



Рис. 4.59. Процес тестування і «перепрошивки» ЕБУ

Не на всіх інжекторних двигунах електронний блок відповідає і за роботу системи запалювання. На двигунах автомобілів більш ранніх випусків з такою системою живлення, ЕБУ управляє тільки подачею палива, що стосується запалювання, то у них використана окрема система і всі регулювальні роботи виконуються окремо, тобто, так само, як і на карбюраторному двигуні.

За таких умов актуальним буде розглянути найпростіший випадок встановлювання кута випередження запалювання саме на бензиновому карбюраторному двигуні [121].

4.8.1. Процес встановлювання запалювання на бензиновому карбюраторному двигуні

Процес встановлення запалювання на двигуні включає кілька основних операцій. Перед установкою батарейного запалювання перевіряють і регулюють зазор між контактами переривника – *ця операція є першою.*

Крім того, слід пам'ятати, що іскровий розряд до циліндра двигуна подається в кінці такту стискання. І саме тому *другою операцією* є визначення початку такту стискання в циліндрі двигуна (для багаточиліндрових двигунів запалювання встановлюється по першому циліндру, а запалювання в інших циліндрах забезпечується автоматично завдяки відповідній конструкції кривошипно-шатунного механізму (кут між шатунними шийками) та конструкції приладів і агрегатів системи запалювання, які розглядалися раніше), для чого слід знати найбільш поширені способи визначення початку такту стискання, а саме:

- встановленням пробки (гумової, паперової, закривання отвору для свічки запалювання пальцем руки тощо) в отвір на місце свічки запалювання;
- спостереженням за послідовністю відкриття і закриття клапанів газорозподільчого механізму.

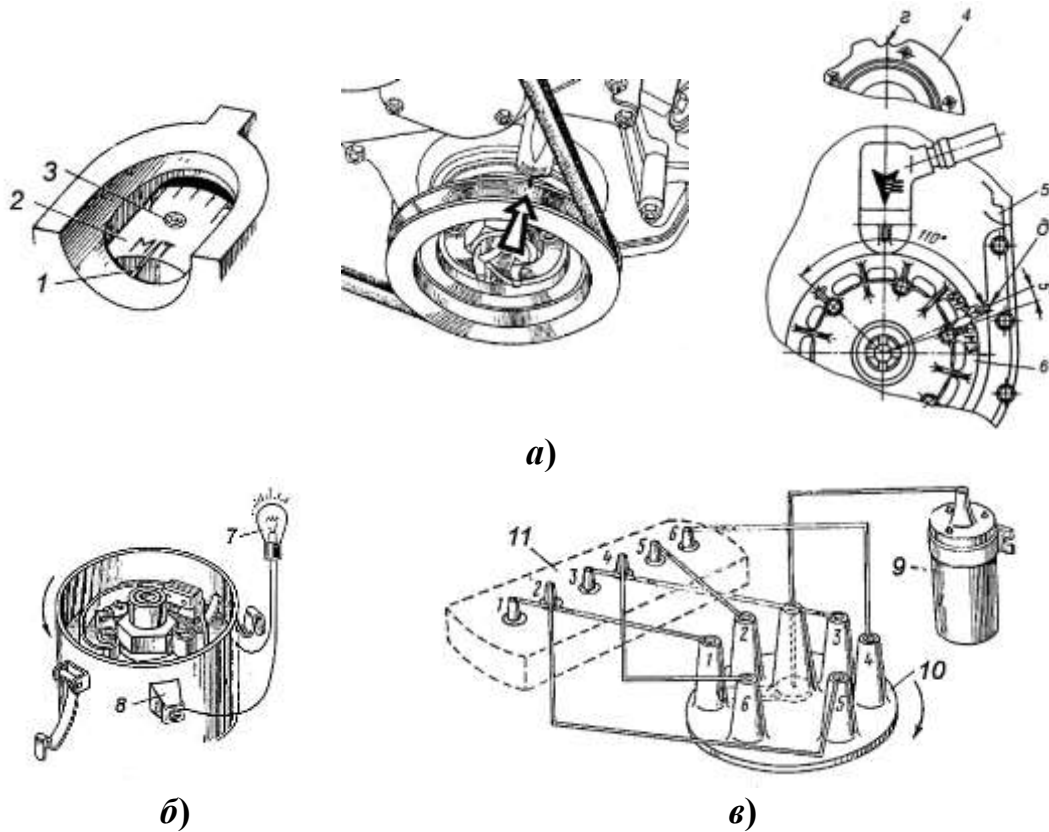
Для реалізації першого способу визначення початку такту стискання в циліндрі двигуна (в багатоциліндрових двигунах - з першого циліндра) викручують іскрову свічку запалювання. Свічковий отвір щільно закривають великим пальцем руки або паперовою (чи гумовою) пробкою. Заводною рукояткою (або в інший спосіб, якщо не передбачено заводної рукоятки) повільно прокручують колінчастий вал. На початку такту стискання в циліндрі з під пальця почне з зусиллям просочуватися повітря, а у випадку використання пробки, остання вискочить з отвору.

Умовою реалізації другого способу визначення початку такту стискання є зоровий контакт з клапанами механізму газорозподілу, або іншими деталями механізму газорозподілу, які мають безпосередній контакт з клапанами (коромисла, штовхачі тощо). Для реалізації цієї умови необхідно зняти кришку клапанів (для багатоциліндрових двигунів з окремими головками – кришку клапанів першого циліндра). Далі, спостерігаючи за розташуванням впускних і випускних трубопроводів, або в інший доступний спосіб визначити де розташований випускний, а де впускний клапани. Пам'ятаючи про черговість зміни тактів чотиритактного ДВЗ (впуск - стискання - робочий хід - випуск - впуск - стискання - і т.д.) з допомогою заводної рукоятки повільно провертають колінчастий вал двигуна і спостерігають за поведінкою клапанів. Виходячи з приведеної послідовності чергування тактів, такт стискання наступний після такту

впуску, а такту впуску передують такт випуску, слід прослідкувати за тим, щоб під час провертання колінчастого вала спочатку відкрився і закрився випускний клапан, потім відкрився і закрився впускний клапан (такому стану клапанів повинно відповідати положення самих клапанів, або деталей, які безпосередньо з ними контактують). Закриття впускного клапана свідчить про повну герметизацію камери стискування в циліндрі, тобто про настання такту стискування. Проконтролювати це явище можна за положенням коромисел (у верхньоклапанному газорозподільчому механізмі), або штовхачів (у газорозподільчому механізмі з бічним розміщенням клапанів) механізму газорозподілу першого циліндра. А саме в цьому стані (початок такту стискування), за умови дотримання регулювань газорозподільчого механізму, вони (коромисла і штовхачі) не повинні мати безпосереднього контакту з стержнем клапана, тобто між бойком коромисла і стержнем клапана (штовхачем і стержнем клапана) повинен бути наявний тепловий зазор. Коромисла обох клапанів механізму газорозподілу з верхнім розміщенням клапанів, в межах цього зазору, повинні мати можливість вільно коливатись на своїх осях, а штовхачі газорозподільчого механізму з бічним розміщенням клапанів повинні мати можливість вільно обертатись навколо своїх осей і переміщуватись вздовж цих осей в межах теплового зазору.

Третя операція полягає в установці поршня в положення, яке диктується умовами розповсюдження фронту полум'я у камері згоряння і відповідає моменту появи електричного розряду в циліндрі двигуна. Остаточне положення поршня в циліндрі на такті стискування, яке відповідає моменту появи електричного розряду (моменту випередження запалювання) в циліндрі (в першому циліндрі для багаточиліндрових двигунів) визначають після суміщення

відповідних міток, які можуть розміщуватися в зоні розташування маховика, шківів привода вентилятора, або на інших агрегатах ДВЗ поєднаних з колінчастим валом (рис. 4.60, а).



а - визначення положення поршня в першому циліндрі (моменту запалювання на такті стискання); б - визначення моменту початку розмикання контактів переривника за допомогою переносної лампи; в - схема розподілу проводів високої напруги після встановлювання запалювання; г - виступ на корпусі відцентрового очисника оливи; д - установочний виступ на кришці шестерень приводу механізму газорозподілу; 1 - показчик, 2 - маховик двигуна; 3 - сталева кулька (може бути заглиблення, шкала тощо); 4 - корпус відцентрового очисника оливи; 5 - кришка шестерень приводу механізму газорозподілу; 6 - кришка відцентрового очисника оливи; 7 - переносна лампа; 8 - бічний затискач переривника; 9 - індукційна котушка; 10 - кришка розподільника; 11 - головка циліндра

Рис. 4.60. Установка батарейного запалювання на двигуні

Четверта операція - установка контактів переривника на початок розмикання, що відповідає положенню вже встановленого на потрібний кут випередження запалювання поршня (тобто поршень не доходить до **ВМТ** на постійний кут випередження запалювання). Спочатку від'єднують трубку вакуумного регулятора від карбюратора (якщо це необхідно), а гайками ручного регулювання переміщують показчик октан-коректора на нульову поділку. Потім перевіряють, чи знаходиться рухомий контакт ротора (бігунка) розподільника багатоциліндрового двигуна навпроти того електрода кришки, від бокового виводу якого провідник високої напруги йде до свічки запалювання першого циліндра. Після ослаблення установочного гвинта октан-коректора корпус переривника повертають у напрямку обертання ротора до початку розмикання контактів. Цей момент зручно фіксувати переносною лампою. Один з дротів лампи з'єднують з боковим зажимом переривника-розподільника, а другий - з масою (див. рис. 4.60, б). В момент розмикання контактів переривника лампа загориться, після чого залишається тільки закріпити установочний гвинт. Саме в цей момент у вторинній обмотці індукційної котушки утворюється струм високої напруги, який і потрапить на свічку запалювання першого циліндра.

П'ята операція – установка розподільника. Перед установкою розподільника встановлюють ротор. Бічний вивід кришки розподільника, на який спрямований ротор, потрібно вважати першим (на деяких кришках навпроти нього заводом-виробником проставляється цифра «1»), інші бічні виводи з'єднують проводами високої напруги зі свічками інших циліндрів відповідно до порядку роботи циліндрів двигуна, тобто для двигунів з чотирма циліндрами – 1-3-4-2, або 1-2-4-3, з шістьма - 1-5-3-6-2-4, з вісьмома – 1-5-4-2-6-3-7-

8 тощо - (див. рис. 4.59, в). Відлік ведуть у напрямку обертання ротора, для чого на кришці розподільника нанесена стрілка.

Наприклад, на двигуні типу ЗИЛ-130 батарейне запалювання встановлюють за описаною вище методикою з окремими особливостями, які характерні саме для цього типу двигунів. Зокрема, для визначення початку такту стискання в першому циліндрі користуються описаними вище способами, а для встановлення поршня першого циліндра в положення, яке відповідає моменту появи електричного розряду на електродах свічки запалювання, заводною рукояткою повільно провертають колінчастий вал до тих пір, поки отвір на шківі не співпаде із середньою поділкою на покажчику. При цьому поршень в першому циліндрі не дійде до **ВМТ** на 9° , тобто на постійний кут випередження запалювання для цього двигуна.

Початок розмикання контактів переривника також краще визначати за допомогою переносної лампи. Дроти високої напруги з'єднують зі свічками запалювання згідно порядку роботи циліндрів (1-5-4-2-6-3-7-8).

Вище описано самий простий спосіб установки запалювання на двигуні, який не має електронного керування запалюванням. Сьогодні в експлуатації знаходяться машини як з карбюраторними, так і з інжекторними двигунами, на яких можуть бути встановлені класичні, контрактно-транзисторні та безконтактні системи запалювання. Сучасні системи запалювання, як правило керуються електронними блоками, де не завжди є необхідним допримання описаних вище покрокових операцій встановлювання моменту запалювання в циліндрах бензинового двигуна. За таких умов варто розглянути найбільш характерні практичні поради встановлення запалювання на двигуні, який обладнаний сучасними приладами запалювання.

4.8.2. Окремі особливості встановлювання запалювання на сучасних двигунах

Існує кілька методів установки кута випередження запалювання на двигуні, де за роботу системи запалювання не відповідає ЕБУ, і всі роботи виконуються вручну.

Розглянемо найбільш вживані методи.

✓ *«За допомогою стробоскопа».*

Найбільш точний метод установки кута випередження запалювання - це з використанням стробоскопа.

Технологія установки кута випередження з його допомогою - дуже проста, і для її виконання всього лише потрібно:

- стробоскоп – рис. 4.61;
- набір ключів і іншого інструменту;
- білий маркер або фарба.



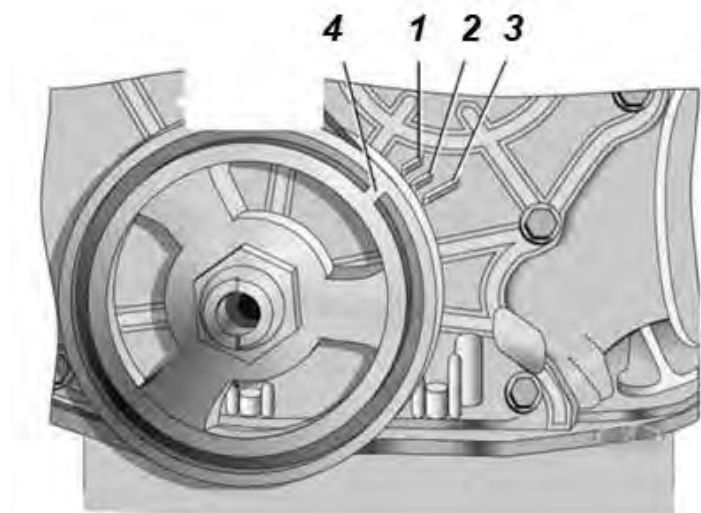
Рис. 4.61. Загальний вигляд стробоскопа (один з варіантів)

Регулювальні роботи слід виконувати на прогрітому двигуні. Розглянемо послідовність виконання робіт на прикладі двигуна автомобіля типу ВАЗ-2107 з карбюратором.

Відзначимо, що описаний метод можна використовувати практично для будь-якої машини з карбюраторним двигуном, а також інжекторних моделей, у яких установка виконується вручну.

Послідовність дій наступна:

1. Провертають колінчастий вал до сполучення міток на шківі з мітками на захисній кришці приводу ГРМ. У ВАЗ-2107 на кришці наявні три мітки - дві коротких і одна довга (рис. 4.62). Довга мітка вказує на ВМТ в першому циліндрі, короткі ж відповідають куту випередження з кроком 5 градусів (середня коротка мітка - 5 град., Крайня коротка мітка - 10 град.). Потрібно поєднати мітку на шківі з середньою на кришці;

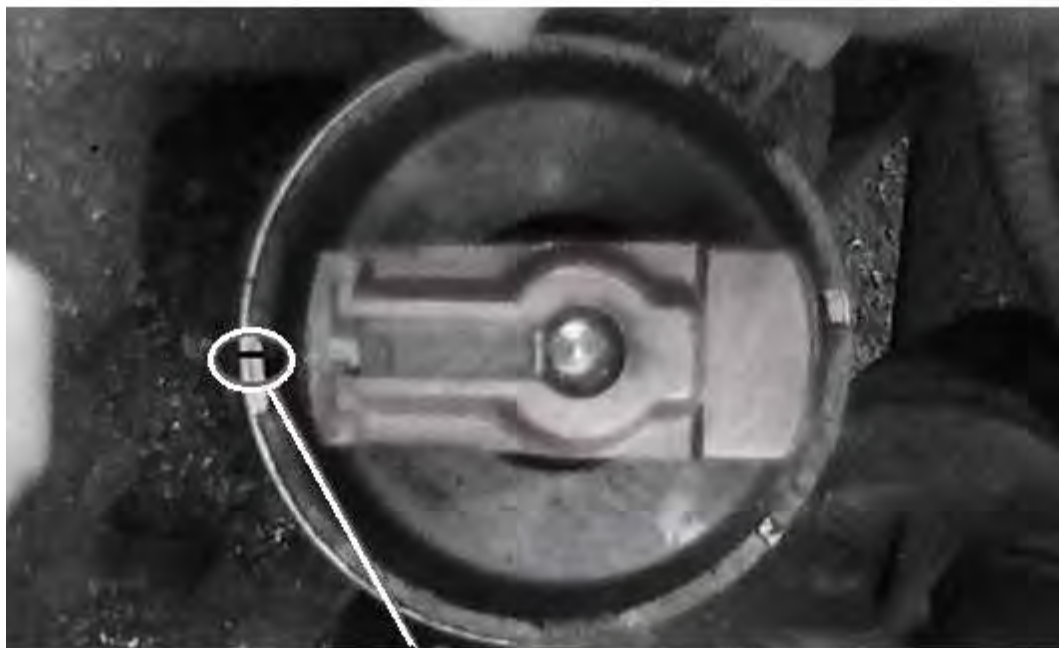


1 - кут випередження запалювання 10°; 2 - кут випередження запалювання 5°; 3 - ВМТ в першому, або четвертому циліндрах; 4 - мітка ВМТ на шківу.

Рис. 4.62. Мітки для встановлювання кута випередження запалювання на двигуні автомобіля ВАЗ-2107

2. Зазначені мітки помічають білою фарбою;

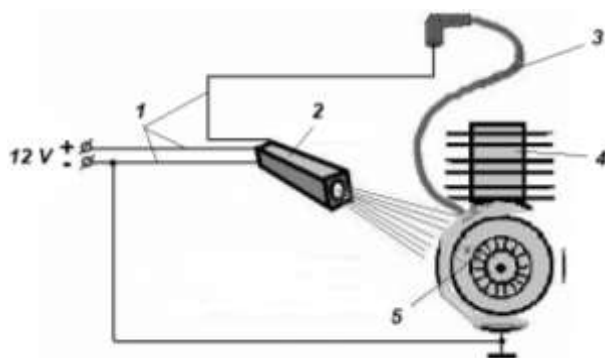
3. Перевіряють положення бігунка розподільника в корпусі датчика-розподільника - він повинен бути повернутий контактною пластиною в бік контакту першого циліндра на кришці розподільника (рис. 4.63);



Середину контакту ротора розподільника (бігунка) повинна бути повернута на мітку на корпусі датчика-розподільника, яка вказує на ВМТ в першому циліндрі

Рис. 4.63. Положення ротора розподільника датчика-розподільника в момент встановлювання кута випередження запалювання

4. Підключають стробоскоп згідно з інструкцією (зазвичай два виводи його з'єднуються з АКБ, а третій закріплюється на високовольтному проводі 1-го циліндра) – рис. 4.64;



1 - провідники підключення стробоскопа; 2 - стробоскоп; 3 - провідник високої напруги першого циліндра; 4 - двигун; 5 - мітки на шків та кришці приводу ГРМ (або на маховику і картері)

Рис. 4.64. Схема підключення стробоскопа

5. Запускають силову установку і встановлюємо оберти на рівні $750 \dots 800 \text{ хв}^{-1}$;

6. Світло стробоскопа спрямовують на шків колінчастого вала. Імпульсне світіння приладу призведе до того, що візуально мітка на шківі буде перебувати на одному місці, і вона буде порівнюватися із середньою міткою на кришці – рис. 4.65.

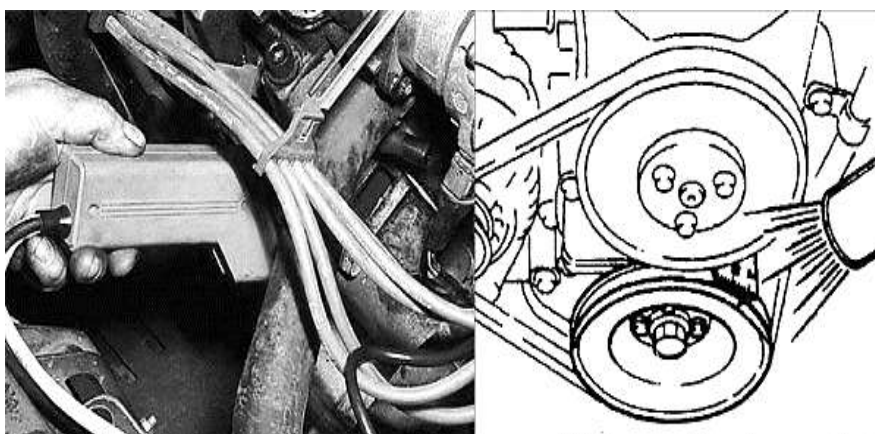


Рис. 4.65. Спрямування світіння стробоскопа під час порівняння міток на шківі та кришці приводу ГРМ

7. Якщо зазначені мітки знаходяться на одному рівні, то кут випередження запалювання встановлений правильно і регулювання не потрібне. У разі ж коли мітка шківів розташована перед або за міткою кришки виконують регулювання;

8. Зупиняють двигун і переходять до датчика-розподільника (переривника-розподільника). Відпускають його фіксуючу гайку і провертають в потрібний бік корпус датчика (переривника-розподільника) – рис. 4.66;

9. Якщо мітка шківів розташована за міткою кришки - запалювання пізніше. Для його усунення необхідно трохи повернути корпус в бік, протилежний обертанню ротора розподільника, при ранньому ж - повертаємо корпус в бік обертання ротора датчика. При цьому зміщувати корпус датчика-розподільника слід потроху, після чого його зафіксують гайкою;

10. Знову запускають двигун і спостерігають за мітками. Важливо домогтися, щоб вони під час роботи двигуна розташовувались на одній лінії.

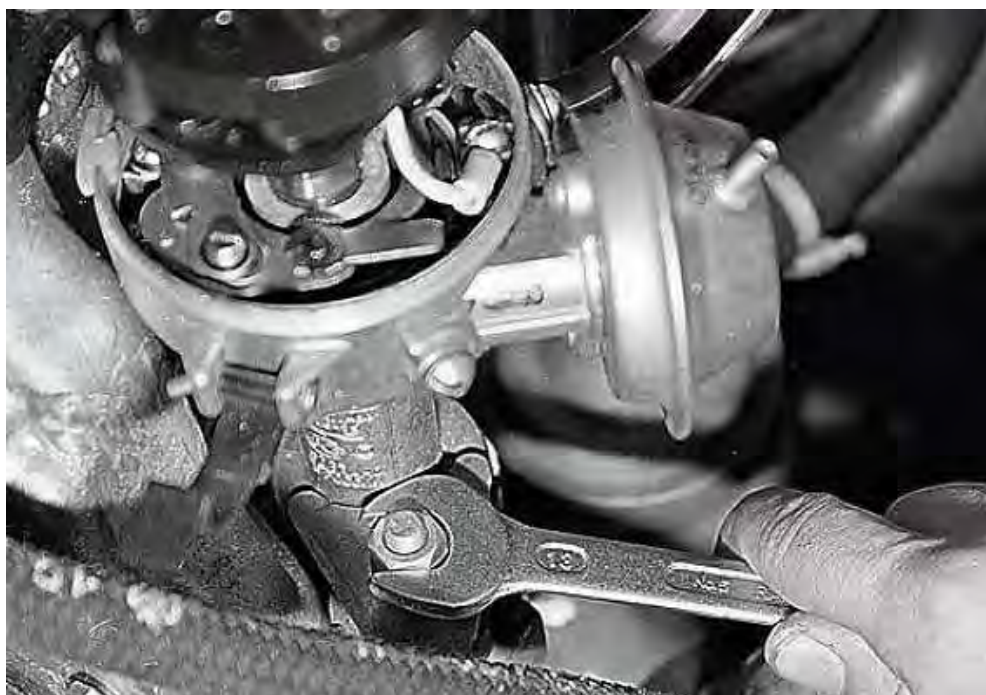
Принцип регулювання за допомогою стробоскопа практично однаковий для всіх автомобілів. Єдине, що спостерігати мітки можна не тільки на шківу, але і на маховику.

✓ *«За допомогою лампочки».*

Цей спосіб детально описаний вище, однак варто уточнити його і для більш сучасних двигунів з іншими конструкціями агрегатів системи запалювання.

На відміну від способу зі стробоскопом, лампа не дасть точної установки кута. І все ж цей метод цілком можна застосувати, тим більше, що з його допомогою можна відрегулювати запалювання навіть в дорозі. Прикладом виступить двигун автомобіля типу ВАЗ-2108.

a)



б)

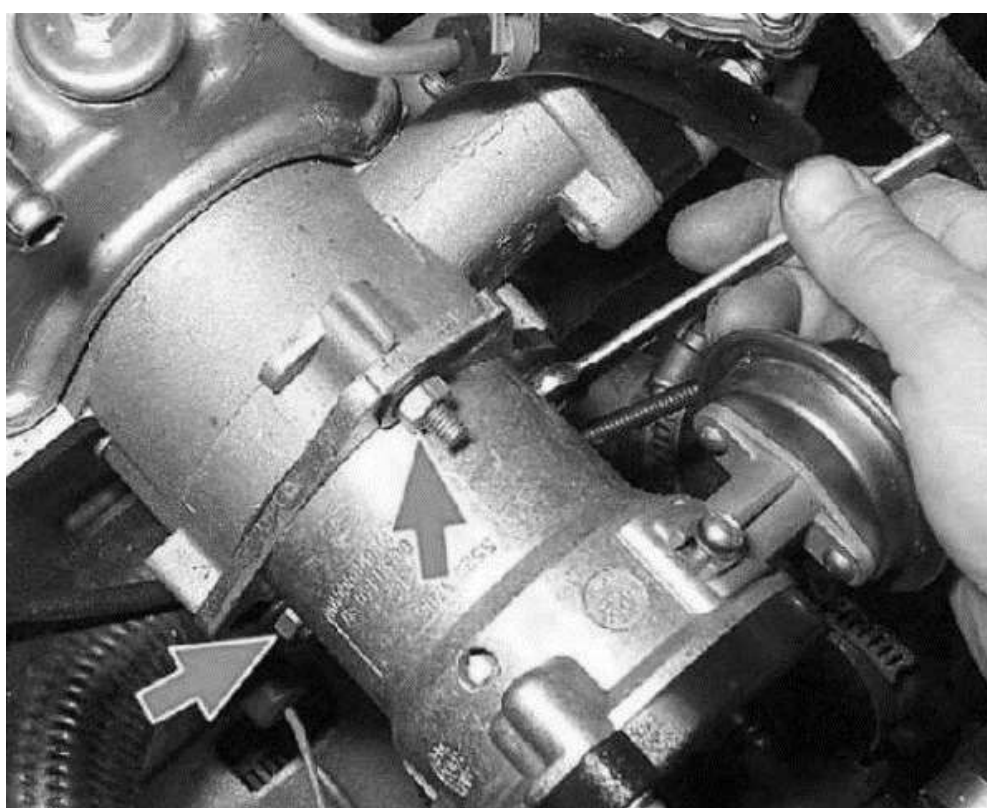


Рис. 4.66. Коригування положення корпусу переривника розподільника (*a*) та датчика-розподільника (*б*) на різних моделях двигунів

З інструментів знадобитися всього лише лампа розжарювання напругою 12 В, два провідники (див. рис. 4.59, б) і набір ключів.

Щоб встановити кут випередження запалювання «по лампочці» потрібно:

1. Сумістити мітки на шківі приводу ГРМ з виступом на кришці, встановивши поршень першого циліндра у положення ВМТ – рис. 4.67. Додатково проконтролювати правильність установки можна за мітками на маховику через оглядове віконце на корпусі – рис. 4.68;

2. До лампочки, приєднують два провідники. Потім один з провідників підключають до клеми «К» на котушці запалювання, а другий – на «масу»;

3. Відпускають гайки кріплення розподільника (див. рис. 4.66, б);

4. Включають запалювання, але двигун не запускають;

5. Провертають корпус розподільника так, щоб лампочка погасла. Потім плавно і акуратно провертають його в протилежний бік – рис. 4.69. Вся суть цього методу зводиться до того, щоб «зловити» момент, коли лампа загориться. Саме в цьому положенні на свічку запалювання буде подаватися імпульс високої напруги;

6. Затягуємо гайки кріплення і перевіряємо працездатність силової установки.

✓ *Встановлення кута випередження запалювання «на слух».*

Деякі майстри для установки кута випередження запалювання взагалі не користуються якимись пристроями, а роблять все «на слух».

Причому робиться все дуже легко: двигун запускають, встановлюють оберти холостого ходу.

Потім послаблюють кріплення розподільника, після чого корпус провертають в різні боки, при цьому слухають поведінку силової установки. При провертанні корпуса переривника- розподільника

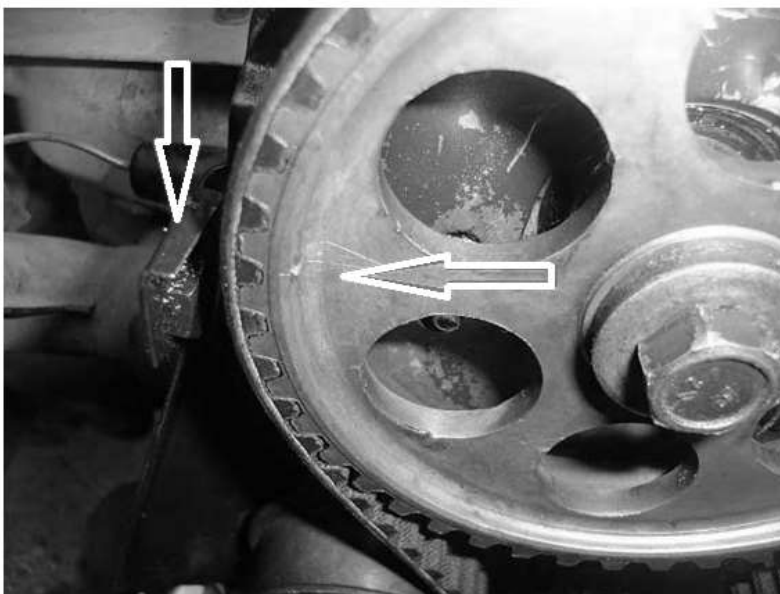
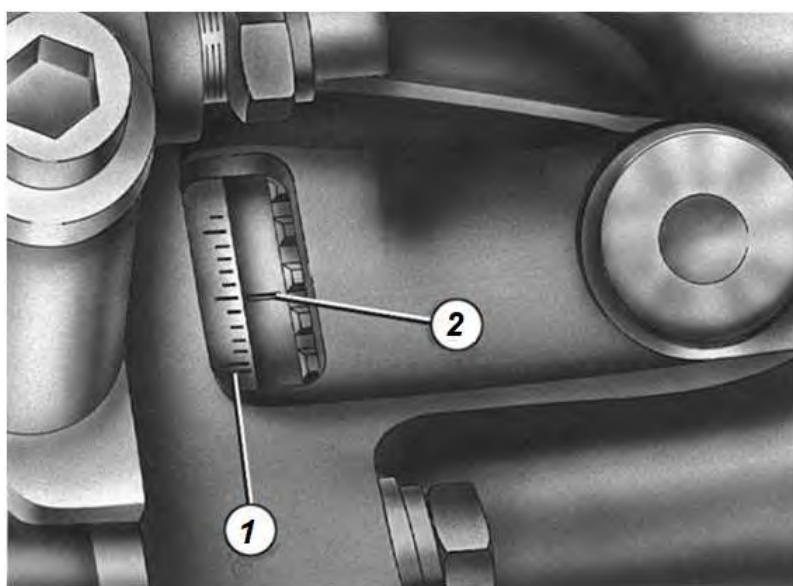


Рис. 4.67. Суміщення міток а шківі приводу ГРМ з виступом на кришці



1 - шкала на корпусі; 2 - мітка на маховику

Рис. 4.68. Розташування міток на маховику двигуна автомобіля типу ВАЗ-2108

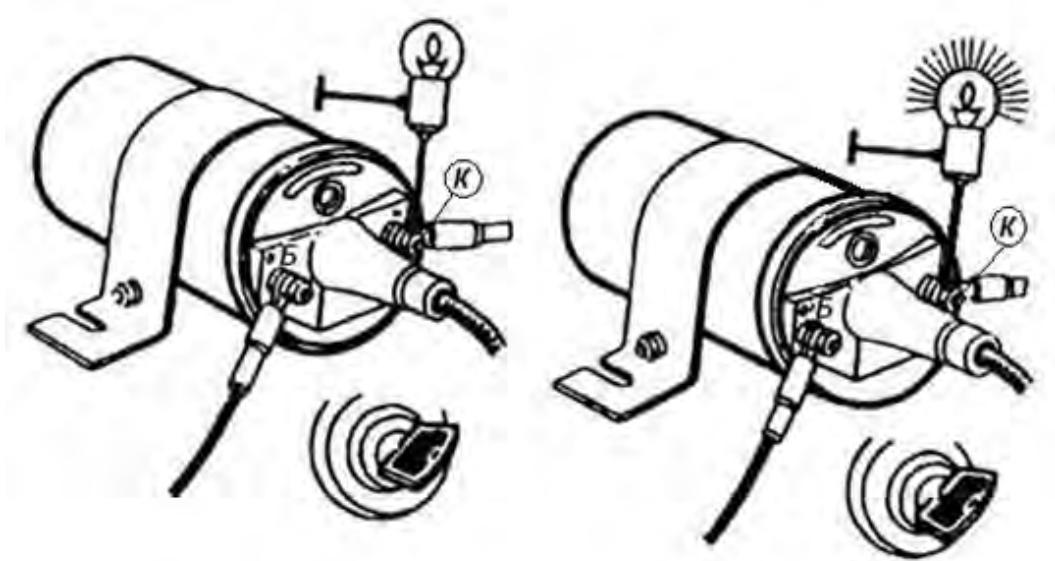


Рис. 4.69. Сутність процесу встановлення кута випередження запалювання за допомогою лампи

(датчика-розподільника) в різні боки, кут випередження запалювання змінюється і починають змінюватися «плавати» оберти колінчастого вала.

Суть цього методу полягає в тому, щоб встановити максимально високі оберти колінчастого вала двигуна, причому вони повинні бути стабільними. Після цього корпус переривника-розподільника (датчика-розподільника) фіксується в визначеному положенні.

Правильність установки запалювання перевіряють при русі автомобіля з навантаженням, що становить $3/4$ номінального. Двигун при цьому потрібно прогріти до $70 \dots 80^\circ\text{C}$. Перейшовши зі швидкості $25 \dots 35$ км/год (в окремих конструкціях швидкість може складати 50 км/год) на пряму передачу, автомобіль розганяють різко натискаючи на педаль керування дросельною заслінкою. Якщо при цьому з'являться несильні, короточасні стуки (ці стуки говорять про детонаційне згоряння палива), значить запалювання встановлено правильно. Якщо

стуки будуть сильними, тривалими і частими, то це означає, що запалювання «раннє» (кут випередження запалювання зavelикий) і потрібно його зменшити поворотом корпусу переривника-розподільника (датчика-розподільника) в бік напрямку обертання ротора. Це здійснюють з допомогою регулювальних гайок октан-коректора повертаючи корпус переривника-розподільника на одну поділку шкали октан-коректора в бік знака «-» (у конструкціях агрегатів ранніх випусків), або переміщуючи корпус розподільника вздовж пазів отворів кріплення (у конструкціях агрегатів більш пізніх випусків). Якщо стуків немає, то це означає, що запалювання «пізнє» (кут випередження запалювання недостатній) і корпус повертають на одну поділку в бік знака «+»

Результатом несправності приладів батарейного запалювання може бути відсутність іскри на електродах свічок запалювання або вона буде незначною, або з'являтися з перебоями. Щоб виявити місце несправності, потрібно спочатку визначити, чи немає пошкоджень у ланцюгу струму низької напруги, а потім перевірити ланцюг струму високої напруги. Якщо акумуляторна батарея справна, то, включивши запалювання, треба повільно обертати колінчастий вал заводною рукояткою і спостерігати за стрілкою амперметра. Якщо стрілка нерухома, значить в колі струму низької напруги є обрив. Його потрібно шукати не тільки в проводах, а й в котушці запалювання. Якщо стрілка амперметра швидко відхилиться в сторону на позначку «- 20» і залишиться в такому положенні, це свідчить про замикання на масу. При справному ланцюгу стрілка амперметра злегка відхиляється в бік розрядки і при обертанні колінчастого вала погойдується.

В колі струму високої напруги потрібно звернути увагу на стан конденсатора і свічок запалювання, а також на кріплення проводів.

Методи більш детального визначення несправностей конкретних приладів запалювання викладені нижче.

4.9. Установка магнето на пусковий двигун

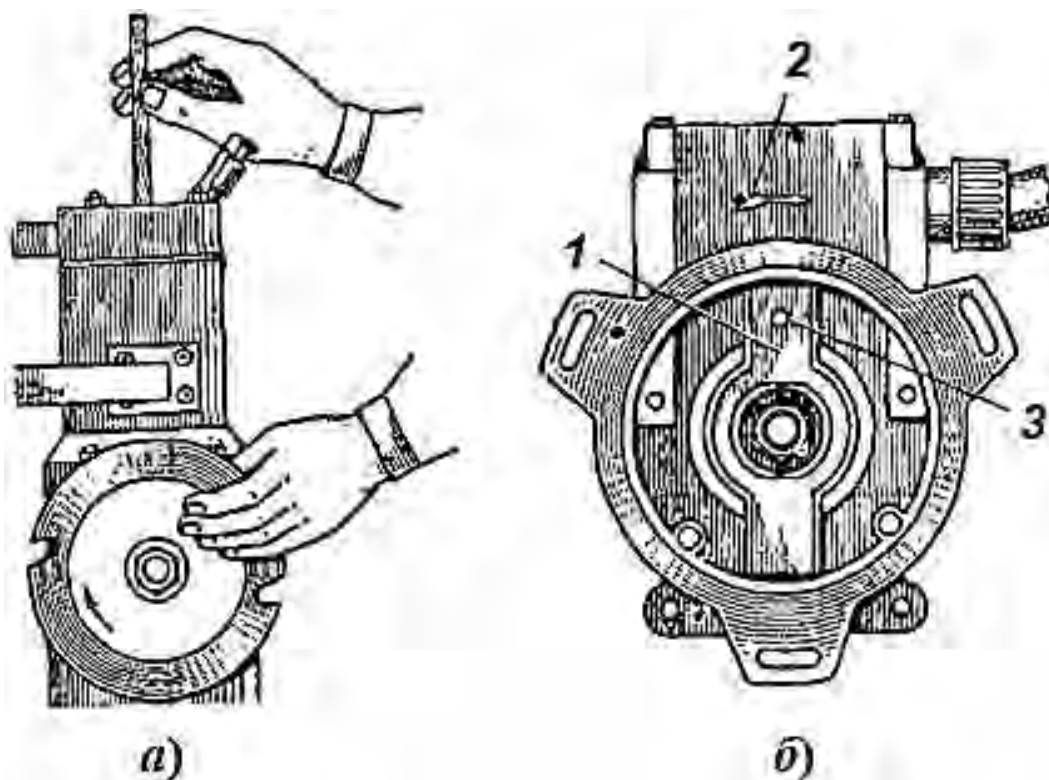
Установку магнето на двигун розглянемо на прикладі магнето типу М24-А1 та двигуна типу ПД-10М.

Перед установкою магнето М24-А1 на пусковий двигун ПД-10М потрібно виконати наступні підготовчі операції:

- ✓ встановити поршень в двигуні так, щоб він не доходив до верхньої мертвої точки (**ВМТ**) на 5,8 мм, тобто на постійний кут випередження запалювання;

- ✓ контакти переривника магнето поставити в положення, яке відповідає початку їх розмикання, так як саме в цей час виникає струм високої напруги.

Перед установкою поршня викручують свічку запалювання і через свічковий отвір вставляють в циліндр двигуна чисту паличку до її упору в дно поршня (рис. 4.70, а). Однією рукою обертають маховик пускового двигуна (в сторону його обертання під час роботи, тобто за годинниковою стрілкою), а другою рукою притискають паличку до днища поршня. Коли поршень досягне **ВМТ**, тобто паличка не буде більше підніматися вгору, на ній олівцем або ножем точно по верхньому зрізу головки циліндра роблять позначку (в якості описаної палички іноді використовують штангенциркуль з глибиноміром). Після цього паличку виймають і вище першої позначки роблять другу риску або засічку на відстані 5,8 мм. Потім паличку знову вставляють в циліндр до упору в днище поршня і повільно обертають маховик у



а - установка поршня в пусковому двигуні в положення, яке відповідає моменту появи електричного розряду на електродах свічки запалювання; б - установка контактів переривника магнето на початок розмикання; 1 - приводна муфта. 2 - стрілка на корпусі, яка вказує напрямок обертання ротора, 3 - контрольний отвір в приводній муфті

Рис. 4.70. Установка магнето на двигун

зворотний бік, тобто проти годинникової стрілки. Як тільки верхня мітка стане на місце нижньої (верхня мітка порівнюється з верхнім зрізом головки циліндра), обертання припиняють. Поршень в цьому положенні не дійде до **ВМТ** на 5,8 мм, або на 27 °.

Перед установкою контактів переривника в положення, яке відповідає початку розмикання, треба, щоб у повністю розімкненому стані між ними був зазор, рівний 0,25 ... 0,35 мм. Під час регулювання зазору ротор магнето обертають в напрямку стрілки на його (магнето)

корпусі, тобто в бік нормального обертання (див. рис. 4.70, б). Початку розмикання контактів відповідає вертикальне положення приводної муфти 1, при цьому її контрольний отвір 3 повинен знаходитися вгорі. Таке положення ротора відповідає абрису магнето. Початок розмикання контактів можна визначити за допомогою папірця, що вставляється між ними і затиснутий пружиною. Повертаючи ротор, треба одночасно тягнути за папірець. Як тільки він почне легко витягуватися, це свідчить про початок розмикання контактів.

Після установки поршня і контактів в потрібні положення магнето з'єднують з двигуном через приводну шестерню з пазом для приводної муфти і закріплюють трьома гвинтами через довгасті отвори, зроблені у фланці корпусу. При цьому необхідно стежити, щоб не порушився зазор між контактами переривника, а якщо він порушився, то відновити його шляхом провороту корпусу магнето навколо ротора.

Під час установки двоіскрового магнето потрібно правильно поєднувати провідники високої напруги, що йдуть від розподільника до циліндрів двигуна.

4.10. Рядова експлуатація системи запалювання та її основні несправності

У процесі експлуатації систем запалювання потрібно уважно стежити за монтажем їхніх елементів. З'єднання проводів між собою, а також корпусів апаратів із «масою» мають забезпечувати надійний контакт. У контактно-транзисторних, безконтактних та мікропроцесорних системах запалювання категорично заборонено замикати накоротко вивідні затискачі, а також перемикати з'єднувальні

проводи, що не передбачено монтажною електричною схемою автомобіля.

Під час експлуатації автомобіля чи трактора в системі запалювання можуть виникнути різні несправності, а саме:

- ✓ не запускається двигун;
- ✓ двигун запускається, однак після вимикання стартера зупиняється;

- ✓ двигун запускається важко;
- ✓ не працює один або кілька циліндрів двигуна;
- ✓ циліндри двигуна працюють із перебоями;
- ✓ зниження потужності та економічності двигуна.

Охарактеризуємо окремі з приведених вище несправностей з точки зору їх ознак, основних причин та способів діагностики.

- ✓ Двигун не запускається.

Ознаки неполадок зумовлених роботою системи запалювання - під час обертання колінчастого вала двигуна стартером не виникає іскровий розряд між електродами всіх свічок запалювання, немає спалахів робочої суміші в окремих циліндрах двигуна.

Основні причини:

- обривання чи пробивання ізоляції високовольтного проводу, який з'єднує котушку запалювання з розподільником;
- несправний ротор розподільника;
- пробивання ізоляції вторинної обмотки котушки запалювання;
- обривання проводів у колі низької напруги;
- пробивання транзистора в комутаторі безконтактної або контактно-транзисторної системи;

- замаслювання, велике окислення чи підгоряння контактів переривника;
- замикання виводу контакту переривника або рухомого контакту з корпусом;
- обривання провідника конденсатора або замикання його обкладок між собою (у контактній системі запалювання).

У безконтактній транзисторній системі запалювання виникають й інші несправності, які спричиняють відмову датчика та транзисторного комутатора.

Для комплексної перевірки всієї системи запалювання (за винятком свічок) від'єднують провідники (чи один провідник) від наконечників свічок запалювання та розташовують їх на 5 ... 10 мм від корпусу двигуна. Увімкнувши запалювання, стартером або пусковою ручкою, обертають колінчастий вал двигуна і стежать за іскроутворенням у зазорах. Якщо іскри утворюються без перебоїв, то прилади, апарати та кола системи запалювання справні. У цьому випадку перевіряють стан свічок запалювання.

Якщо іскри в зазорах між корпусом двигуна та проводами, від'єднаними від наконечників свічок запалювання, не утворюються, перевіряють розподільник. Для цього виймають високовольтний провід котушки запалювання з центрального входу розподільника, розташовують його наконечник на відстані 5 ... 10 мм від корпусу двигуна й, увімкнувши запалювання, стартером чи пусковою ручкою обертають колінчастий вал двигуна і стежать, чи виникають іскри в зазорі між наконечником проводу та корпусом двигуна. Проте можна і не обертати колінчастий вал двигуна, а зняти кришку розподільника, замкнути контакти, увімкнути запалювання і за допомогою рухомого контакту переривника розмикати та замикати їх. Періодичне

розмикання та замикання контактів переривника можна забезпечити також, обертаючи ротор розподільника в обидва боки в межах кута, що його допускають вирізи в повідковій пластині відцентрового регулятора випередження запалювання.

Якщо іскрові розряди утворюються без перебоїв, то котушка запалювання та первинне коло справні, а несправний розподільник запалювання.

Перевірити ізоляцію ротора (бігунця) можна, якщо розташувати провідник високої напруги, який іде від котушки запалювання на невеликій відстані від електрода ротора (металева частина ротора – пластина) і, увімкнувши запалювання, розмикати та замикати контакти переривника. Якщо в утвореному зазорі виникатимуть іскри, ротор несправний (пробитий). Несправний ротор, приглушувальний резистор і кришку розподільника замінюють. Кришку розподільника та ротор не відновлюють.

Якщо на провіднику від котушки запалювання високої напруги немає (не спостерігається іскроутворення при увімкненому запалюванні, розмиканні - замиканні контактів переривника і розташування наконечника провідника високої напруги на відстані 5 - 10 мм від «маси» машини), перевіряють коло струму низької напруги, котушку запалювання та переривник.

Справність первинного кола можна перевірити за допомогою амперметра. Для цього вмикають запалювання і пусковою ручкою повільно обертають колінчастий вал двигуна. У фазі замикання контактів переривника стрілка амперметра відхилятиметься у бік розряду, а у фазі розмикання - у бік нульової поділки шкали. Якщо під час обертання колінчастого вала двигуна стрілка амперметра не коливається, то первинне коло не справне.

Для того, щоб детально перевірити коло низької напруги, потрібно прокручуючи колінчастий вал пусковою ручкою замкнути контакти переривника і до затискача низької напруги переривника приєднати контрольну лампу. Вмикають запалювання та періодично розмикають і замикають контакти переривника. Якщо лампа горить, коли контакти розімкнені, і не горить, коли замкнені, то коло струму низької напруги разом із первинною обмоткою котушки запалювання, додатковим резистором, комутатором (у контактнотранзисторній системі) і переривником справне, тобто в колі низької напруги обриви відсутні.

Якщо лампа, яка приєднана до затискача переривника не горить після розмикання контактів, то перевіряють переривник і коло низької напруги від джерела струму до переривника. Для цього провідник від'єднують від затискача переривника, а між наконечником з'єднувального проводу та корпусом підключають контрольну лампу і вмикають запалювання. Якщо лампа горить, то коло до переривника справне, проте несправний переривник, тобто його рухомий контакт і провідник замкнулися на корпус або замкнулися обкладки конденсатора.

Якщо лампа, яка під'єднана до затискача переривника горить і коли контакти замкнені, то вони або дуже окислені, або обірваний провід від затискача переривника до рухомого контакту, або провід, який з'єднує рухомий диск переривника з корпусом. Щоб перевірити надійність контактів провідника, який з'єднує затискач переривника з рухомих контактом і провідника, який з'єднує рухомий диск переривника з корпусом, потрібно, увімкнувши запалювання та під'єднавши контрольну лампу, з'єднати провідником контакти між собою. Якщо лампа гасне, то провідники справні, а дуже окислені

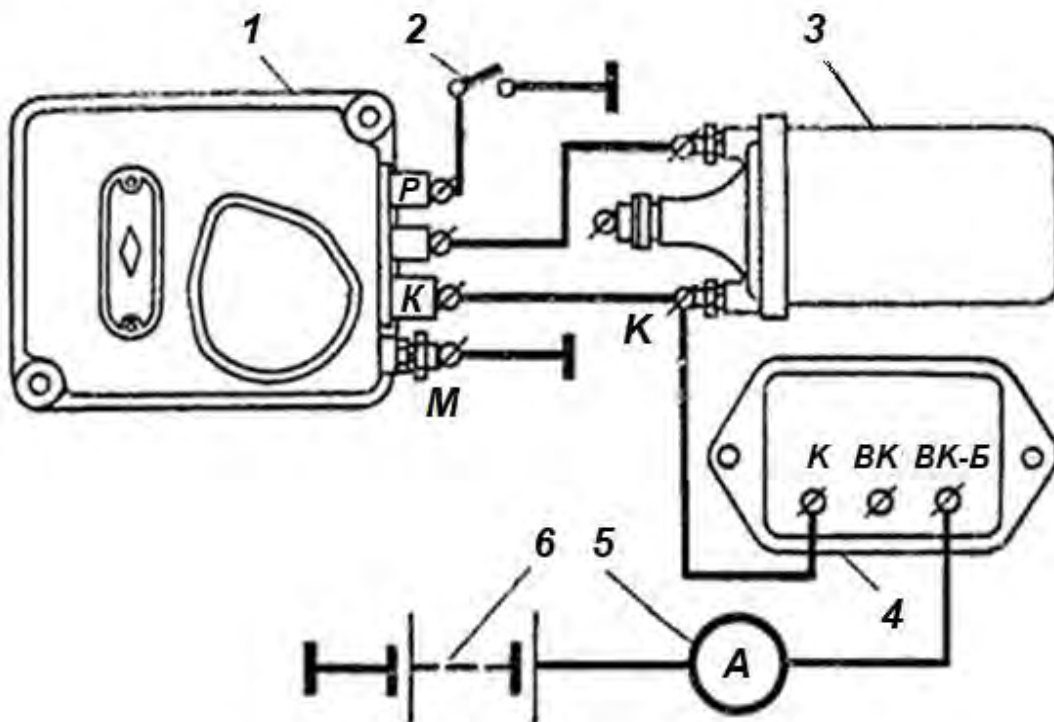
контакти переривника зачищають. Для цього потрібно зняти важілець і пластину нерухомого контакту та абразивним дрібнозернистим бруском чи пластиною зчистити горбик з одного контакту і трохи згладити поверхню другого контакту, який має заглибину (саме такої форми набувають робочі поверхні контактів). Обробляючи поверхню контактів, не треба повністю видаляти заглибину, бо залишиться тонкий шар їхньої вольфрамової частини, а це призведе до скорочення терміну служби. Зачищаючи контакти, потрібно стежити за тим, щоб їхні площини залишилися паралельними.

Для перевірки конденсатора у контактній системі запалювання на автомобілі, потрібно з центрального входу кришки розподільника вийняти високовольтний провідник від котушки запалювання і піднести його наконечник на відстань 5 ... 10 мм до корпусу двигуна. Знімають кришку та ротор розподільника. Потім вмикають запалювання і пусковою ручкою чи стартером обертають колінчастий вал двигуна, стежачи за іскроутворенням між контактами переривника, а також між наконечником високовольтного провідника і корпусом двигуна.

Якщо конденсатор справний, то між контактами переривника іноді виникатимуть невеликі іскри, а в зазорі між наконечником високовольтного проводу та корпусом двигуна вони утворюватимуться без перебоїв. У випадку зменшення ємності конденсатора між контактами переривника виникатимуть інтенсивні іскри, а в зазорі між наконечником високовольтного провідника та корпусом двигуна вони утворюватимуться з перебоями та малою довжиною. Якщо обкладки конденсатора замкнено, то струм низької напруги не перериватиметься, і отже, не буде іскріння між контактами переривника, а також між наконечником високовольтного провідника й корпусом.

Широко використовуються щонайменше два способи перевірки транзисторного комутатора типу ТК-102, знятого з автомобіля.

Перший спосіб: зібрати схему, показану на рис. 4.71, увімкнути вимикач 2; при цьому амперметр 5 повинен показувати величину споживаного струму приблизно 6 ... 7 А, а при вимиканні струм повинен знижуватися до 0. Це вказує на справність комутатора.



1 - комутатор, 2 - вимикач; 3 - котушка запалювання; 4 - додатковий опір, 5 - амперметр; 6 - акумуляторна батарея

Рис. 4.71. Схема перевірки комутатора типу ТК-102

Другий спосіб: під'єднати омметр з внутрішнім джерелом живлення не більше 6 В до затискача *М* і затискача без маркування, потім поміняти місцями провідники від омметра. Різниця в показаннях омметра, за умови справного комутатора повинна, орієнтовно, складати 2000 Ом.

Транзисторний комутатор можна перевірити і на стенді за окремими рекомендаціями. При будь-якій несправності коммутатор необхідно направити для ремонту в спеціалізовану майстерню.

У безконтактній транзисторній системі запалювання коло низької напруги перевіряють, під'єднуючи контрольну лампу до наконечника проводу, від'єданого від затискача **КЗ** комутатора. Якщо запалювання увімкнене, а лампа не горить, перевіряють коло, послідовно під'єднуючи контрольну лампу в інші точки. Потім перевіряють комутатор.

Щоб перевірити транзисторний комутатор типу 13.3734, потрібно приєднати провід до затискача **КЗ**. Лампою перевіряють, чи є напруга на затискачі «+» (лампа повинна не горіти). Потім періодично з'єднують провідником затискачі «+» і **Д** комутатора. Якщо комутатор справний, то лампа має засвітитися, коли ці затискачі з'єднати.

Для перевірки обмоток датчика один провід від лампи потужністю 1 ... 3 Вт підключають до його затискача, а другий - до затискача «+» акумуляторної батареї чи комутатора. Якщо обмотка справна, лампа горітиме.

Щоб перевірити прилади безконтактної системи, за винятком датчика і транзисторного комутатора, а також, коли несправні датчики та комутатор, потрібно до котушки запалювання увімкнути аварійний вібратор. Якщо двигун з аварійним вібратором працює, то несправний датчик або комутатор. Слід зауважити, що коли система запалювання працює з аварійним вібратором, то порушується кут випередження запалювання (потрібно поставити пізніше запалювання), а контакти вібратора дуже окислюються.

✓ Двигун запускається, але після вимикання стартера зупиняється.

Основні причини:

- обривання або перегорання додаткового резистора котушки запалювання;
- обривання чи поганий контакт у наконечниках проводу, який з'єднує затискач вимикача запалювання з додатковим резистором (затискач **ВК-Б** або «+»);
- несправний вимикач запалювання.

Під час пуску двигуна стартером коло струму первинної обмотки котушки запалювання замикають за допомогою реле ввімкнення стартера або тягового реле, тому обривання резистора й кола до котушки запалювання не впливають на роботу системи запалювання, і двигун запускається. Щоб забезпечити роботу двигуна в дорожніх умовах, обірваний резистор потрібно замінити, а коли нового немає - замкнути провідником обидва затискачі несправного резистора. Повернувшись у гараж, потрібно зняти провідник і поставити справний резистор.

✓ Двигун запускається важко.

Ознаки неполадок зумовлених роботою системи запалювання - в період пуску двигуна виникають нерегулярні спалахи робочої суміші в окремих його циліндрах. Проте після пуску та прогрівання двигун працює нормально.

Основні причини:

- розряджена акумуляторна батарея;
- нагароутворення на нижній і волога на верхній частинах ізолятора свічок запалювання;
- волога на роторі та кришці розподільника.

Якщо акумуляторна батарея розряджена, то під час пуску двигуна стартером напруга на ній дуже знижується. Це можна бачити, насамперед, із поганої роботи стартера. Крім цього, зменшується сила струму в

первинній обмотці, а отже, і напруга у вторинній обмотці котушки запалювання. Коли напруга у вторинній обмотці котушки запалювання мала, іскра між електродами свічок запалювання не виникає.

Аби полегшити пуск двигуна пусковою ручкою, коли акумуляторна батарея розряджена, тимчасово можна з'єднати відрізком проводу затискачі **БК** і **БК-Б** додаткового резистора у первинному колі запалювання, і це підвищить силу струму в останньому і напругу у вторинному колі. Запустивши двигун, провід, який замикає ці затискачі, обов'язково знімають. Інакше перегріються обмотки котушки запалювання, а в транзисторній системі - і транзистор. Перегрівання може призвести до теплового руйнування ізоляції обмоток і пробивання транзистора.

Нагароутворення на ізоляторах свічок запалювання збільшується, якщо несправні двигун та система живлення, а також коли неправильно підібрані свічки запалювання до двигуна.

Волога і бруд на ізоляторах свічок, високовольтних проводах, роторі та кришці розподільника сприяють збіганню струму високої напруги, що значно зменшує напругу, підведену до електродів свічок запалювання, та ускладнює пуск. Крім цього, по вологій поверхні ротора та кришці розподільника може статися іскровий пробій, що призводить до вигорання ізоляції та утворення тріщин. Аби уникнути цього, потрібно періодично (особливо після миття автомобіля) протирати насухо ротор і кришку розподільника.

✓ Не працює один або кілька циліндрів двигуна.

Ознаки неполадок зумовлених роботою системи запалювання - двигун працює нестійко, значно знижується його потужність, він дуже коливається на опорах, збільшується витрата пального.

Основні причини:

- не працює свічка запалювання;
- несправні приглушувальні резистори в наконечниках високовольтних провідників;
- обривання або пробивання ізоляції високовольтного провідника, під'єданого до свічки;
- пробивання кришки розподільника.

З'ясовано, що коли не працює один циліндр, втрата пального в 4-циліндровому двигуні зростає приблизно на 30%, а у 8-циліндровому - на 15%.

Аби виявити непрацюючий циліндр під час роботи двигуна, потрібно по черзі вийняти високовольтні проводи з бічних виводів кришки розподільника, або по черзі зняти наконечники зі свічок. Коли провід від'єднано від непрацюючого циліндра, двигун і далі працюватиме з перебоями, а коли від працюючого - ці перебої збільшуватимуться. Виявивши непрацюючий циліндр, послідовно перевіряють свічку, приглушувальний резистор її наконечника, високовольтний провід і кришку розподільника.

Непрацююча свічка запалювання не така нагріта, як працюючі. Оглядаючи ззовні свічку, з'ясовують її стан (чи є тріщини на ізоляторі, нагар, бруд та масло на ньому, а також зазор між електродами та їхній стан). Замінюючи свічки на двигуні, потрібно встановлювати тільки ті їхні марки, які рекомендовані заводом-виробником. Коли встановлено холодні (із великим жаровим числом) свічки, то на ізоляторі може утворюватися чорний нагар, якщо його температура буде меншою за температуру самоочищення (400 ... 900 °C). Нагар на ізоляторі не згоряє і замикає центральний електрод свічки на корпус. По шару нагару витікає струм високої напруги і свічка не працює. Несправні свічки очищають або замінюють.

Щоб перевірити наконечник свічки, його слід поставити на свічку працюючого циліндра. Коли й цей циліндр не працює, наконечник несправний.

Оглядаючи кришку розподільника, слід звернути увагу на те, чи є тріщини або сліди пробивання ізоляції біля бічних електродів, а також чи є волога, олива та бруд. Кришку розподільника з вигорілою поверхнею та тріщинами замінюють. Внутрішня та зовнішня поверхні кришки мають бути чисті й сухі. Наконечники високовольтних провідників, які повинні щільно входити у бічні виводи кришки розподільника, потрібно міцно прикріплювати і до наконечників свічок запалювання.

Провідники протирають, очищають від бруду та оливи, а з пробитою ізоляцією замінюють.

✓ Циліндри двигуна працюють із перебоями.

Ознаки неполадок зумовлених роботою системи запалювання - двигун працює нерівномірно при плавному відкритті дросельної заслінки, а також виникають значні коливання на опорах у режимі холостого ходу.

Основні причини:

- погіршився контакт у місцях кріплення провідників на затискачах приладів;
- послабилося кріплення переривника-розподільника до двигуна;
- спрацювалися рухомі деталі переривника;
- обірвалися проводи між рухомими та нерухомими частинами переривника;
- зменшилася пружність пружини рухомого контакту переривника;

- окислилися, або замаслилися контакти переривника;
- змінився зазор між контактами переривника;
- послабилося кріплення корпусу конденсатора до корпусу переривника-розподільника;
- зменшилася ємність конденсатора;
- несправна котушка запалювання;
- пошкоджено кришку розподільника;
- порушився зазор між електродами свічок запалювання;
- утворився надмірний нагар на ізоляторах свічок;
- виникли тріщини в ізоляторах свічок;
- підвищилася напруга генератора (для безконтактних транзисторних систем запалювання).

Контакт у місцях кріплення провідників порушується через нещільності та окислення наконечників. Коли двигун працює, то внаслідок вібрації порушується контакт, і струм у колі переривається. Щоб запобігти цьому, потрібно періодично підтягувати кріплення наконечників проводів на затискачах агрегатів і щільно встановлювати наконечники високовольтних проводів у виводах кришки розподільника, котушки запалювання та наконечників свічок, а також підтягувати кріплення переривника-розподільника до двигуна.

Значне спрацювання підшипників валика приводу кулачка переривника спричиняє биття кулачка, внаслідок чого порушуються момент розмикання контактів і зазор між ними. Несправність усувають заміною підшипників ковзання (втулок) і, в разі потреби, шліфують валик приводу.

Нерівномірне спрацювання виступів кулачка переривника через незадовільне мащення або забруднення робочої поверхні призводить до нерівномірного переривання струму у первинному колі для різних

циліндрів двигуна. Рівномірність спрацювання перевіряють, вимірюючи зазор на кожній грані кулачка. Спрацьований кулачок замінюють.

Обірваний провідник, який з'єднує рухомий диск переривника з корпусом, створює умови для протікання струму тільки через кульковий підшипник. У цьому випадку шар оливи в ньому порушує контакт у колі низької напруги, що спричинює перебої у запалюванні, особливо в період пуску двигуна. Обірваний провідник замінюють.

Перебої у запалюванні виникають також, коли корпус конденсатора нещільно прикріплено до корпусу переривника в контактній системі запалювання, а також, коли зменшилася ємність конденсатора внаслідок пробивання його діелектрика без замикання обкладок. У цьому випадку збільшується іскріння між контактами. Вони окисляються, швидкість зникнення струму низької напруги в момент розмикання контактів знижується, і напруга у вторинному колі спадає, що спричинює перебої у запалюванні робочої суміші.

Ізоляція вторинної обмотки котушки запалювання пробивається, якщо вона перегрівається, наприклад, внаслідок тривалої роботи із закороченим додатковим резистором, старіння ізоляції, неповного введення наконечників високовольтних проводів в отвори виводів кришки розподільника. Коли пробито ізоляцію вторинної обмотки, то під час кожного розмикання контактів переривника всередині котушки виникає іскровий розряд, внаслідок чого свічки працюють із перебоями.

Міжвиткове замикання первинної обмотки котушки запалювання через теплове руйнування ізоляції витків проводу зменшує опір первинного кола, що призводить до збільшення сили струму та перегрівання первинної обмотки. Міжвиткове замикання виявляють за

нагріванням котушки або опором первинної обмотки. Перевірка конденсатора і котушки запалювання наведені в підрозділі «Двигун не запускається».

Тріщини та пробивання ізоляції кришки розподільника між бічними електродами виникають через забруднення чи зволоження поверхні кришки.

Витік струму високої напруги між бічними електродами кришки спричинює несвоєчасне займання робочої суміші в кількох циліндрах двигуна, який через це працює нерівномірно.

Тріщини та нагари в кришці розподільника виявляють візуально, перевіряючи водночас рухомість вугільного резистора в її центральному вводі. У разі зависання резистор і гніздо протирають. Пошкоджену кришку замінюють.

Свічка запалювання може призвести до перебоїв у роботі циліндрів двигуна, коли на нижній частині її ізолятора відклався нагар і зашунтував електрод або коли вона перегрілася і спричинила жарове запалювання чи тріщини в ізоляторі.

Ізолятори перегріваються, якщо на двигун встановили свічки з малим тепловідведенням (низьким жаровим числом). Ці свічки перегріваються, після вимикання запалювання двигун ще кілька секунд працює, але з нерівномірним обертанням колінчастого вала.

Порушення зазору між електродами свічки змінює напругу та енергію іскрового розряду, а тому робоча суміш у циліндрі двигуна може й не зайнятися, і він працюватиме з перебоями. Зазор цей відновлюють, підгинаючи бічний електрод; контролюють за допомогою щупа.

У безконтактних системах запалювання в транзисторному комутаторі передбачено захист від перенапруг, тому коли напруга

генератора перевищує 18 В, транзисторний комутатор не працює, а це спричиняє різке зменшення частоти обертання колінчастого вала двигуна.

✓ Зниження потужності та економічності двигуна.

Ознаки неполадок зумовлених роботою системи запалювання - під час руху автомобіля двигун розвиває невелику потужність, частіше доводиться вмикати низькі передачі, двигун втрачає динамічні властивості (премистість), у разі збільшення навантаження чути детонаційні стуки, двигун перегрівається, збільшується витрата пального.

Основні причини:

- не правильно встановлений кут випередження запалювання;
- несправні налаштування регуляторів установочного кута випередження запалювання;
- порушено зазор між контактами переривника.

Не правильно встановлений кут випередження запалювання дуже впливає на потужність, економічність і стійкість роботи двигуна. Якщо іскра між електродами свічки утворюється з великим випередженням, то різко підвищується тиск газів у циліндрі до того, як поршень дійде до положення, яке відповідає ВМТ, що перешкоджає його рухові. Внаслідок цього зменшується потужність та економічність двигуна. Крім цього, погіршиться премистість двигуна і під навантаженням він працюватиме із стукотінням (характерним для детонаційного згоряння палива), а на малій частоті обертання працюватиме нестійко.

Коли робоча суміш запалюється у ВМТ чи пізніше, то вона згоряє в умовах збільшення об'єму камери згоряння; тиск газів у циліндрі дуже знижується порівняно з нормальним запалюванням, і показники потужності та економічності двигуна погіршуються. У цьому випадку

догоряє суміш у циліндрі протягом усього такту розширення, а це призводить до перегрівання двигуна та загального погіршення премистості автомобіля.

Нормальна робота відцентрового регулятора найчастіше порушується внаслідок обривання та послаблення натягу пружин тягарців, що призводить до збільшення кута випередження запалювання понад норму для малих та середніх частот обертання колінчастого вала двигуна.

Обривання пружин виявляють, повертаючи кулачок переривника в напрямі робочого обертання в межах прорізів повідкової пластини. Коли пружини обірвані, то кулачок обертається вільно, не чинячи опору. Обірвані пружини замінюють.

Нормальна робота вакуумного регулятора порушується внаслідок втрати герметичності його вакуумної камери, послаблення пружини діафрагми, затирання підшипника між рухомим та нерухомими дисками переривника і послабленням гвинтів кріплення регулятора до корпусу розподільника.

Герметичність регулятора порушується внаслідок пошкодження трубки, приєднаної до регулятора, нещільності затягування штуцера й пошкодження діафрагми, що призводить до підсмоктування повітря внаслідок чого регулятор не змінює кута випередження запалювання в потрібних межах, коли змінюється навантаження двигуна.

Послаблення пружини діафрагми регулятора внаслідок старіння чи неправильного регулювання сприяє збільшенню кута випередження запалювання за малих і середніх навантажень двигуна. Пошкоджену трубку та регулятор із пошкодженою діафрагмою ремонтують чи замінюють новими.

4.11. Технічне обслуговування систем запалювання

4.11.1. Загальні ідомості

Під час обслуговування автомобіля система запалювання потребує підвищеної уваги. Тому під час проведення технічних обслуговувань проводять огляд та перевірку технічного стану приладів і агрегатів системи запалювання, звертаючи особливу увагу на переривники-розподільники, датчики-розподільники та свічки запалювання.

Переривники-розподільники, датчики-розподільники.

Переривники-розподільники класичної та контактнотранзисторної систем запалювання, не знімаючи з автомобіля, очищають ззовні від пилу, бруду та оливомістких відкладень. Знявши кришку, очищають її внутрішню поверхню, протирають і перевіряють стан контактного вузла, перевіряють і, за необхідності, регулюють зазор між контактами, змащують підшипники, фільтр, вісь важільця та кулачкової муфти. Внутрішню поверхню кришки розподільника доцільно протирати чистою ганчіркою, змоченою в бензині.

Датчики-розподільники також очищають і змащують у точках, передбачених інструкцією з експлуатації.

Зовнішній огляд і перевірка свічок запалювання.

Під час ТО-2 потрібно викрутити свічки запалювання та перевірити їхній стан.

Справна свічка повинна бути сухою, без нагару на ізоляторі. У справної свічки нижня частина ізолятора матиме червоно-коричневий колір.

Ясно-жовтий чи білий колір ізолятора свідчить про перегрівання свічки через те, що її з'єднання з головкою блока пропускає газ.

Якщо ізолятор, корпус і електроди вкриває сухий шар нагару, то це свідчить про мале жарове число свічки, неправильно відрегульований карбюратор або пальне не відповідає бажаним показникам якості для даного двигуна.

Якщо усю частину свічки запалювання, яка вгвинчується в головку циліндра вкриває товстий шар оливи, то це може свідчити про велике жарове число свічки запалювання, не правильно встановлений кут випередження запалювання, а також те, що в циліндри надходить багата суміш або проривається олива.

Перегрівання свічки, білий ізолятор і корпус, густо вкритий нагаром, свідчить про раннє запалювання, мале жарове число, бідну суміш і незадовільне охолодження.

Від нагару свічки очищають за допомогою приладу 514-2М або Э-203. Заздалегідь круглим щупом слід перевірити зазор між електродами свічки і, коли в цьому виникає потреба, відрегулювати його, підігнувши боковий електрод.

Обов'язковою є також очистка і огляд інших агрегатів системи запалювання (котушка запалювання, провідники низької і високої напруги, резистори тощо) на предмет виявлення тріщин в ізоляції, обгоранні контактів, ненадійності контакту, пробивання ізоляції, надійності кріплень тощо.

Важливу роль у підвищенні ефективності експлуатації сучасних автомобілів відіграють системи діагностування, які дозволяють за короткий час оцінити загальний стан системи запалювання та її агрегатів і, за необхідності, допоможуть встановити причини відмов їх роботи.

4.11.2. Діагностування системи запалювання на автомобілі

Одним з досконалих методів перевірки системи запалювання є осцилографування, за допомогою якого можна зафіксувати процеси, що перебігають у первинному та вторинному колах цієї системи за час між послідовними іскровими розрядами в циліндрах. Електронний промінь, падаючи на екран трубки, спричиняє характерне світіння протягом 0,01 - 0,05 с. Під дією вимірюваної високої чи низької напруги промінь прямує вгору й одночасно зліва праворуч до початку наступного періоду. Потім він швидко повертається у початковий стан, і процес повторюється. Оскільки всі періоди ідентичні, то промінь багаторазово прямує одними й тими самими ділянками екрана електронно-променевої трубки, спричиняючи її постійне світіння, що дає змогу візуально спостерігати начебто «завмирання» процесу зміни напруги.

Для реалізації цього методу діагностування фірмами Німеччини, Японії, Угорщини, Росії та інших країн створено і впроваджено в практику ряд тестерів, мотор-тестерів, осцилоскопів які дають можливість спостерігати на екрані осцилограми первинної та вторинної напруг системи запалювання. Порівнюючи ці осцилограми з еталонними можна робити висновки про технічний стан окремих елементів системи запалювання. Такі установки є універсальні і широко використовуються в АТП та на СТО для діагностування класичних, контактно-транзисторних та безконтактних систем запалювання автомобілів різних заводів виробників.

Коли на автомобілях стали встановлюватись цифрові та мікропроцесорні системи запалювання, що мають контролери та мікроЕОМ які зберігають в пам'яті всі відхилення від нормальної

роботи того чи іншого елементу системи запалювання, з'явилась можливість знімати (зчитувати) з пам'яті інформацію про ці несправності. Тому нові діагностичні установки мають можливість проводити самодіагностування автомобіля шляхом зчитування з пам'яті інформацію про несправність агрегатів системи запалювання (датчиків, комутатора, котушок, свічок запалювання і інших елементів), а також електронного обладнання автомобіля в цілому.

Для такого діагностування прилад з'єднується з діагностичною колодкою автомобіля і при працюючому чи непрацюючому двигуні знімається інформація про стан того чи іншого елементу системи електронного обладнання.

Для поглибленого діагностування автомобілів деякі фірми випускають додаткове обладнання у вигляді перехідників (діагностична шафа з гніздами). Вона приєднується між роз'ємом що передає вхідну та вихідну інформацію в бортовий комп'ютер та самим комп'ютером. В такому разі двигун запускається, працює на всіх режимах і з'являється можливість знімати всі сигнали, що надходять та виходять з комп'ютера, аналізувати їх, порівнюючи з еталонними та робити висновки про технічний стан того чи іншого елементу електронного обладнання автомобіля.

Кожна фірма, що виробляє автомобілі, розробляє і впроваджує такі діагностичні інформаційні системи для своїх автомобілів. Зокрема діагностична система VAS 5051 для автомобілів виробництва концерну VAG.

В даному посібнику робота діагностичних систем не розглядається, оскільки це завдання інших дисциплін.

4.12. Основні напрями вдосконалення систем запалювання

Зважаючи на високий рівень значущості свічок запалювання в зародженні і розвитку процесу запалювання в циліндрі двигуна внутрішнього згоряння та враховуючи всі недоліки в їх роботі, сьогодні інженери провідних компаній світу з розроблення та виготовлення систем запалювання та їх елементів працюють над питаннями заміни цих приладів, включаючи і заміну самого принципу запалювання.

4.12.1. Системи лазерного запалювання

Відділ патентів компанії Bosch вельми активно займається системами лазерного запалювання і вже робить конкретні заходи щодо захисту своїх позицій на ще не народженому ринку. Восени 2011 року фахівці компанії Bosch Вернер Херден і Юрген Райманн запатентували систему форкамерно лазерного запалювання газового ДВЗ, а вже в лютому 2012-го ними була подана патентна заявка на інноваційну конструкцію верхньої частини циліндра і днища поршня.

Принципова схема системи лазерного запалювання показана на рис. 4.72 [83].

Патенти на системи лазерного запалювання задекларовані і в інших країнах, що говорить про перспективність даного напрямку розвитку систем запалювання. Зокрема, відомий патент РФ №2309288 «Способ лазерного зажигания горючей смеси двигателя внутреннего сгорания и система для его осуществления» [92]. Винахід відноситься до систем лазерного запалювання ДВЗ і може бути використаний в енергетичних установках з примусовим займанням збідненого горючої

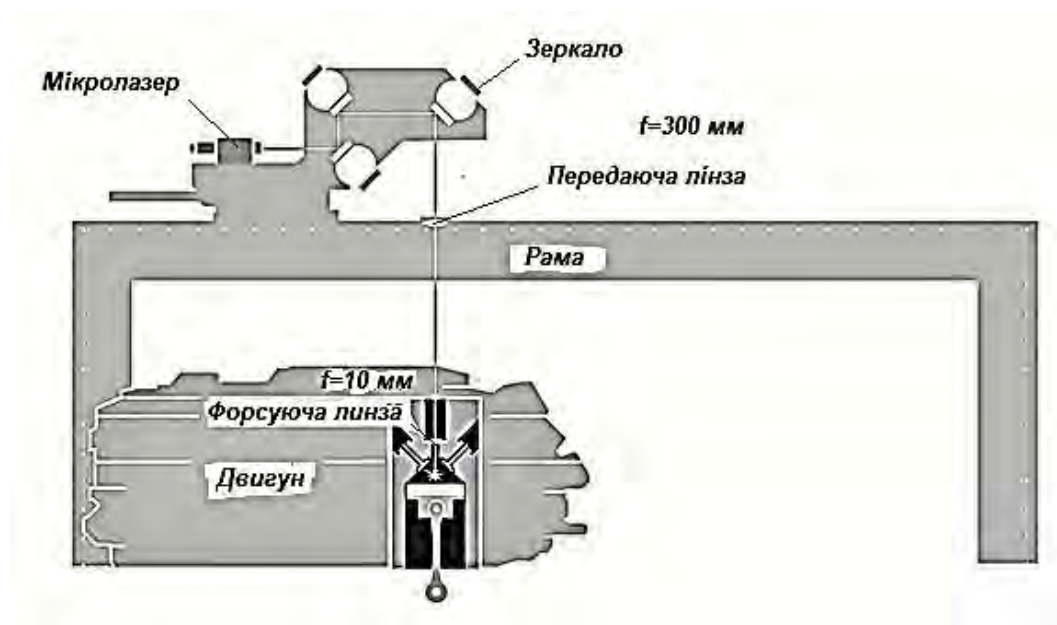


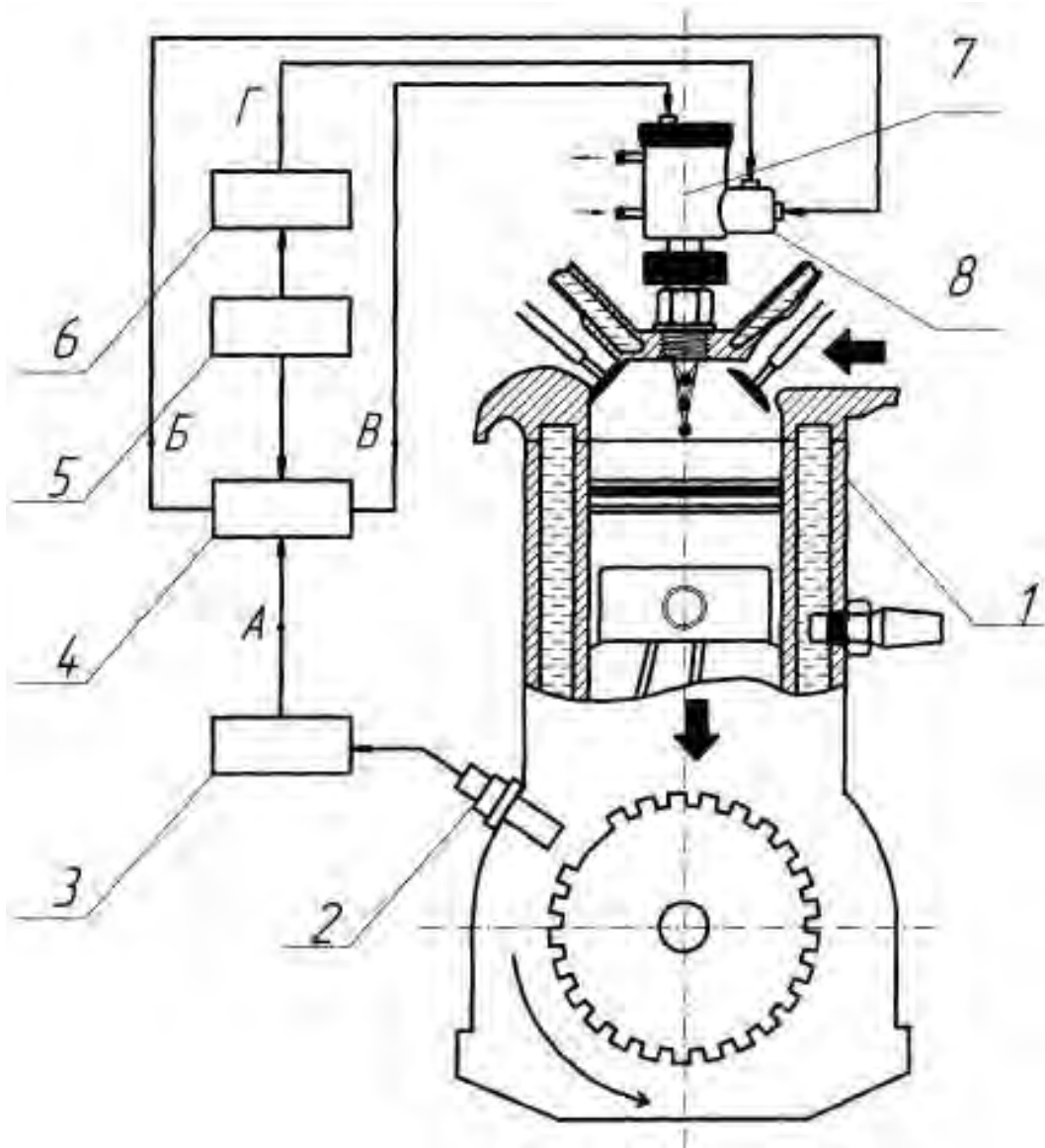
Рис. 4.72. Принципова схема системи лазерного запалювання [83]

суміші. Суть винаходу полягає в тому, що горючу суміш нагрівають і підпалюють енергією двох лазерних джерел, при цьому першим (напівпровідниковим) лазерним джерелом в горючій суміші, яка знаходиться в камері згоряння попередньо створюють локальну розігріту ділянку у вигляді циліндричного об'єму шляхом коливального переміщення фокальної плями вздовж осі лазерного променя, а другим (твердотільним) лазерним джерелом в момент запалювання горючої суміші подають енергетичний імпульс, причому фокусування променя виконують в центр поздовжньої осі розігрітого циліндричного об'єму горючої суміші, при цьому довжину хвилі лазерних джерел встановлюють в спектральному діапазоні 0,5 ... 4,7 мкм в залежності від виду горючої суміші. Система для реалізації способу містить блок синхронізації, підсилювач потужності накачування лазерів, пов'язаний з датчиком складу горючої суміші і з блоком синхронізації, лазерні джерела, пов'язані трактом передачі

енергії з камерою згоряння двигуна, пристроєм формування циліндричного розігрітого об'єму, оптично пов'язаного з допомогою рухомої оптичної лінзи з першим (напівпровідниковим) лазерним джерелом і через електричний роз'єм з'єднаний з задатчиком частоти і амплітуди коливань фокальної плями, який зв'язаний з датчиком складу горючої суміші. Крім того, обидва лазерних джерела і пристрій формування циліндричного розігрітого об'єму оформлені у вигляді автономного блоку з оптичним пристроєм формування променів лазерних джерел. Запалювальний розігрітий циліндричний об'єму грає роль потужного запального елемента. Технічним результатом є економія палива, зменшення токсичності відпрацьованих газів [92].

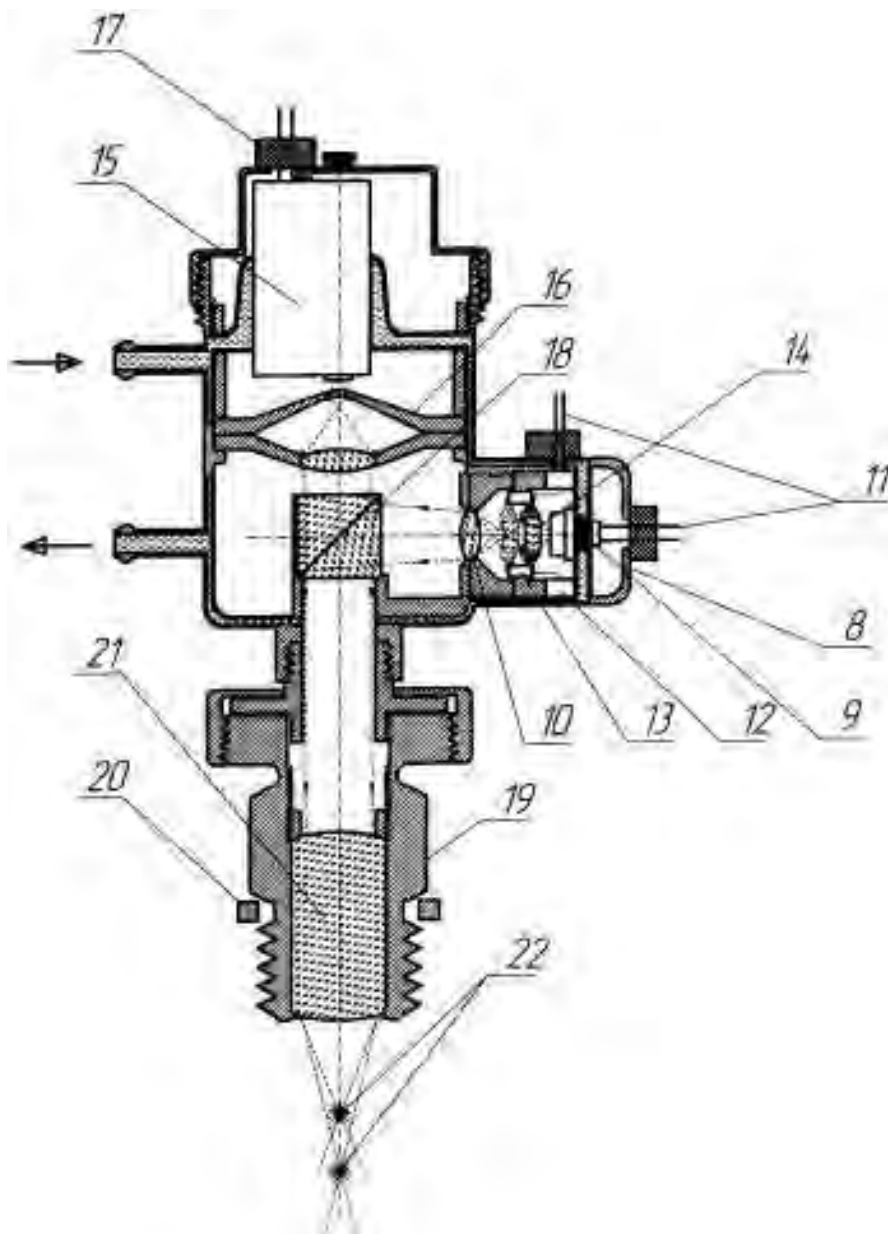
Лазерна система запалювання (рис. 4.73 і рис. 4.74), що реалізує запропонований спосіб, складається з двигуна 1 внутрішнього згоряння, на якому встановлений датчик 2 положення колінчастого вала двигуна 1, зв'язаного електричним колом з блоком синхронізації 3 і з підсилювачем 4 потужності накачування лазерів, датчика 5 складу горючої суміші одним виходом підключеного до підсилювача 4 потужності накачування лазерів, а другим виходом - до задавача 6 частоти і амплітуди коливань фокальної плями, електрично з'єднаний з пристроєм 8 формування циліндричного розігрітого об'єму, розміщеного в блоці 7 лазерного запалювання горючої суміші.

Блок 7 лазерного запалювання горючої суміші, що входить в загальну систему, складається з корпусу, в якому розміщене перше (напівпровідникове) лазерне джерело 9 і друге (твердотільне) лазерне джерело 15, які оптично зв'язані за допомогою об'єктивів 10 і 16 з камерою згоряння двигуна 1 і підключених через електричні роз'єми 11 і 17 з двома виходами підсилювача 4 потужності накачування лазерів, пристрої 8 формування циліндричного об'єму, що містить генератор



1 - двигун; 2 - датчик положення колінчастого вала; 3 - блок синхронізації; 4 - підсилювач потужності накачування лазерів; 5 - датчик складу горючої суміші; 6 - задавач частоти і амплітуди коливань фокальної плями; 7 - блок лазерного запалювання суміші; 8 - пристрій формування циліндричного розігрітого об'єму

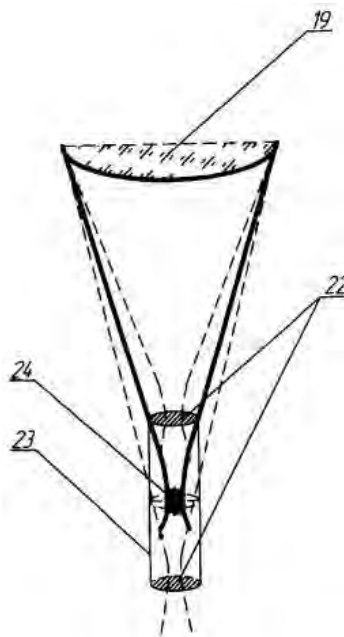
Рис. 4.73. Структурна схема лазерної системи запалювання для двигунів внутрішнього згорання (патент РФ №2309288) [92]



8 - пристрій формування циліндричного розігрітого об'єму; 9 і 15 - лазери; 10 і 16 - об'єктиви; 11 і 17 - електричні роз'єми; 12 - генератор коливальних; 13 - коливний привід; 14 - оптична лінза коливна; 18 - розподільний кубик; 19 - оправа; 20 - прокладка; 21 - фокусуюча лінза; 22 - фокальна пляма

Рис. 4.74. Блок лазерного запалювання горючої суміші [92]

коливань 12, який виробляє енергію для приводу 13, що приводить в коливальний рух оптичну лінзу 14, об'єктива 10, формує необхідну. Крім того, в корпусі блоку 7 по центру суміщення променів обох лазерів 9 і 15, встановлений розподільни кубик 18, а в оправі 19 блоку 7, яка через прокладку 20 входить в головку циліндра двигуна 1, розміщена фокусуються лінза 21, позицією 22 на рис. 4.74 і рис. 4.75 показана фокальна пляма, а циліндричний об'єм – позицією 23, позицією 24 позначена фокальна пляма від першого (напівпровідникового) лазера 9 в центрі циліндричного розігрітого об'єму (див. рис. 4.75).



22 - фокальна пляма; 23 - циліндричний об'єм; 24 - фокальна пляма від напівпровідникового лазера

Рис. 4.75. Схема взаємного розташування променів лазерів в камері згоряння двигуна [92]

Система запалювання працює наступним чином. В кінці такту стискання підсилювач 4 потужності накачування лазерів перетворює

сигнал від блоку синхронізації 3 і датчика 2 положення колінчастого вала двигуна 1 в імпульс, відповідний моменту утворення розігрітого циліндричного об'єму (рис. 4.76 і рис. 4.77) в камері згоряння двигуна 1. Відповідно до цього імпульсом включається перший (напівпровідниковий) лазер 9. Промінь напівпровідникового лазера 9 проходить через рухливу оптичну лінзу 14, що здійснює коливальні зворотно-поступальні переміщення за допомогою приводу 13 керованого генератором коливань 12. Далі промінь проходить через об'єктив 10 до роздільного кубика 18 і через фокусуючу лінзу 21 фокусується в камері згоряння двигуна 1. Фокальна пляма 22 в камері згоряння двигуна 1 також здійснює зворотно-поступальні переміщення, створюючи в просторі циліндричний розігрітий об'єм 23 (див. рис. 4.75) в горючій суміші. Для управління потужністю другого лазера (твердотільного) 15 відповідно до режиму роботи двигуна 1, підсилювач 4 потужності накачування лазерів електричним зв'язком з'єднаний з датчиком 5 складу горючої суміші. Частота і амплітуда переміщень генератора коливань 12 встановлюється в залежності від режиму роботи двигуна 1 задавачем 6 частоти і амплітуди коливань. Для цього задавач 6 з'єднаний електричними зв'язками з датчиком 5 складу горючої суміші і генератором коливань 12. У циліндричному об'ємі 23 ініційовані лазерним випромінюванням молекули розігріті до певної температури забезпеченої за рахунок коливань. Такі молекули можуть вступати в хімічні реакції навіть за умови додавання до них відносно невеликої кількості енергії, порівняно з молекулами не збудженими в результаті коливань. Істотним для запалювання збіднених горючих сумішей є загальна площа початкового вогнища займання. У запропонованій системі ця площа визначається загальною

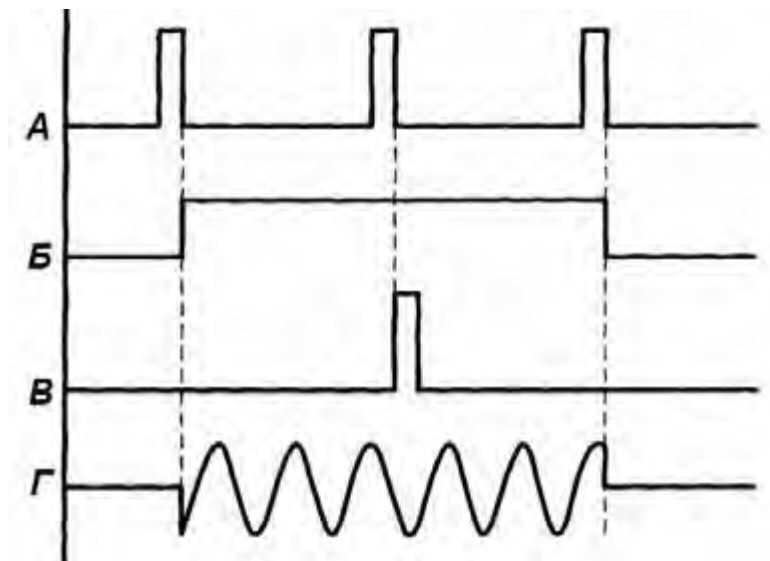


Рис. 4.76. Діаграма сигналів на виходах окремих елементів структурної схеми системи запалювання [92]

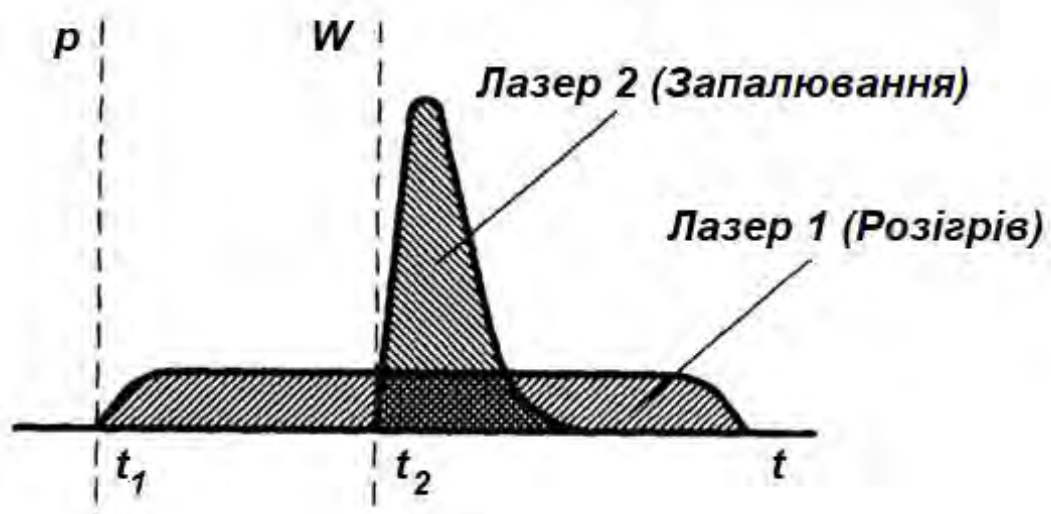


Рис. 4.77. Залежність потужності від часу і взаємний розподіл енергетичних імпульсів розігріву і запалювання

площею циліндричного розігрітого об'єму 23 і залежить від складу горючої суміші і регулюється шляхом зміни частоти і амплітуди

коливань фокальної плями 22 від другого (твердотільного) лазера 15. У момент запалювання за сигналами датчика 2 положення колінчастого вала і блоку синхронізації 3 підсилювач 4 потужності накачування лазерів подає імпульс на перший (напівпровідниковий) лазер 9 за допомогою електричного зв'язку через роз'єми 11. Промінь першого (напівпровідникового) лазера 9 проходить через об'єktiv 10, роздільний кубик 18 і фокусується лінзою 21 в центрі циліндричного розігрітого об'єму 23, в результаті чого відбувається займання цього об'єму і вже від нього запалюється вся горюча суміш в камері згоряння двигуна 1 [92].

Об'ємне первинне циліндричне вогнище займання є ефективним джерелом запалювання навколишньої горючої суміші в камері згоряння двигуна. В результаті зменшується ймовірність пропусків запалювання, знижується токсичність відпрацьованих газів і підвищується економія палива.

Таким чином механізм дії лазерного запалювання полягає в створенні в точці фокусу електричного поля високої напруги, яке викликає утворення крихітного вогнища плазми з температурою вище 9000 °С і тиском близько 100 МПа. Це, в свою чергу, призводить до лавиноподібної іонізації і займання хмари суміші. Додатковий ефект від застосування системи лазерного запалювання полягає у можливості постійного моніторингу процесів в камері згоряння за допомогою променя лазерного спектрографа [92].

Серйозні дослідження з використання сфокусованого лазерного променя для підпалювання паливо-повітряної суміші в ДВЗ почали проводитися на початку минулого десятиліття. У 2006 році групою Азера Яліна з Колорадо була запатентована система багатоканального лазерного запалювання з одночасною лазерною діагностикою процесу згоряння

суміші в камері згоряння. Для передачі пучка на лінзу запалювання Ялін застосовував термостійке ламіноване оптоволокно з шаром срібла товщиною 0,2 мкм. Лінза, встановлена на місці свічки запалювання, могла фокусувати пучок на будь-яку точку камери згоряння, а в якості джерела випромінювання був успішно випробуваний імпульсний YAG лазер потужністю 250 Вт. Приблизно такі ж твердотільні лазери широко використовуються в медицині і косметології [92].

Випробування проводилися на промисловому газовому двигуні Waukesha VGF і показали високу ефективність лазерного запалювання. Досить сказати, що ймовірність пробою і загоряння суміші становила 100 % на всіх режимах роботи, а коефіцієнт розкиду тиску суміші в циліндрі з лазерним запалом був на 80 % нижче паспортного. При цьому сумарна енергія імпульсів становила мізерні 2,3 мДж. Одночасно проводилися досліді з лазерним запалюванням ДВЗ на водні, біогазі і бензині, включаючи версії з прямим стратифікованим впорскуванням і екстремальними ступенями стискання, а в Австрії група професора Герхарда Крупи розробила досить потужний компактний лазерний діод, що працює від 12-вольтової бортової мережі [83, 92].

Проте реалізувати лазерне запалювання, повністю адаптоване до умов експлуатації автомобільних двигунів, вченим не вдалося. Було виявлено, що лазерні запали надзвичайно чутливі до вібрації, нагріву і коксування оптичного вікна. Частково ці проблеми вдалося вирішити Азері Яліну, що зумів впритул наблизитися до створення інноваційного запалювання, яке можна застосовувати в стаціонарних і суднових газових двигунах.

Одним з основних недоліків лазерного запалювання є громіздкість системи, що не дає можливості їх поширювати в конструкціях з обмеженими розмірами відсіку для енергетичної установки.

Однак, сьогодні це вже не проблема. На конференції CLEO 2011, присвяченій проблемам лазерної техніки та оптоелектроніки, Такунорі Тайра представив сенсаційну доповідь про розробку першого в світі надпотужного твердотільного мікролазера Nd:YAG/Cr:YAG з діодним накачуванням, довжина якого становить 11, а діаметр - 9 мм. Лазер виготовлений з прозорої склокераміки і здатний працювати при температурі понад 150 °C без погіршення оптичних властивостей. Робота групи, в яку крім вчених увійшли інженери компаній Toyota і Denso, тривала протягом семи років і була з самого початку націлена на створення прототипу лазерного запалювання для легкових автомобілів [125].

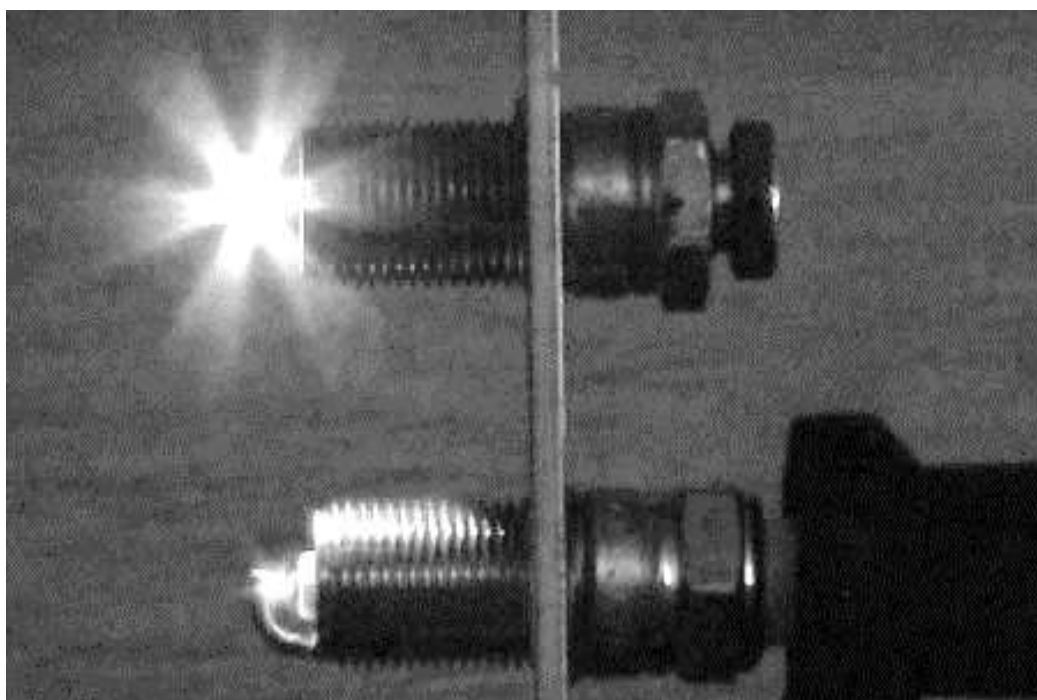
Випробування двопроменевого лазерного запалювання проводилися як в лабораторній камері згоряння, так і на одному з циліндрів серійної дволітрової рядної четвірки Toyota в умовах стехіометричної суміші (15,2:1) в режимі 1600 хв⁻¹. Тайра не зафіксував жодного пропуску запалювання в «лазерному» циліндрі протягом декількох сотень тисяч тактів. Більш того, в 100 % випадків лазерний запал був дуже точний: для запалювання суміші вистачало першого з чотирьох запрограмованих імпульсів тривалістю 600 пикосекунд кожен. У спеціально збідненої суміші (17,2:1) свічки запалювання продемонстрували 100 %-у відмову, тоді як лазерне запалювання запалювало суміш максимум з третього з п'яти запрограмованих імпульсів. Конструктивні рішення і ефективність лазерного запалювання показана на рис. 4.78 [51, 125].

Окрім того, фахівці з Румунії та Японії запропонували порошковий лазер, який буде незабаром використовуватися в ДВЗ замість свічок запалювання. Лазер має такі ж розміри, що і свічка. Цей лазер зроблений з керамічних порошків, внаслідок чого імпульси стали більш стабільними (що дуже важливо в системі запалювання двигуна

а)



б)



а - конструктивне виконання; б - ефективність використання

Рис. 4.78. Елементи системи лазерного запалювання [51, 125]

автомобіля), терпимими до температурних режимів. Всередині циліндра лазер буде видавати два, а то і три променя, що поширюються по глибині циліндра, і якщо зосередити імпульс в центрі камери, то станеться повне згоряння суміші. Таким чином, ДВЗ з лазерною системою запалювання буде виробляти менше викидів і вуглекислого газу, в основному за рахунок повноти згоряння палива. Паливо у двигунах зі свічним запалюванням згоряє неповно через те, що свічка запалює паливо лише біля електродів.

4.12.2. Радіочастотне електростатичне запалювання

Всередині циліндра радіочастотне електростатичне запалювання формує чотири вогнища запалювання. Зустрічаючись одне з одним, вони прискорюють процес згоряння суміші.

На рис. 4.79 показано процес запалювання суміші з використанням радіочастотного електростатичного запалювання (частота зйомки - один кадр в 16 мс) [83].

Існує багато винаходів, які стосуються управління електроживленням радіочастотної свічки запалювання двигуна внутрішнього згоряння для підвищення напруги до розміру, який забезпечує генерування сильно розгалуженої іскри. Для цього в окремих патентах напруга живлення на свічці підвищують ступенями до досягнення рівня, який відповідає напрузі запалювання (патент RU 2497019) [108]. Технічний результат - підвищення ефективності запалювання суміші, що надходить в навколишній простір, за рахунок збільшення ступеня розгалуженості радіочастотної іскри. Сутність явища розгалуженої іскри показано на рис. 4.80 [108].

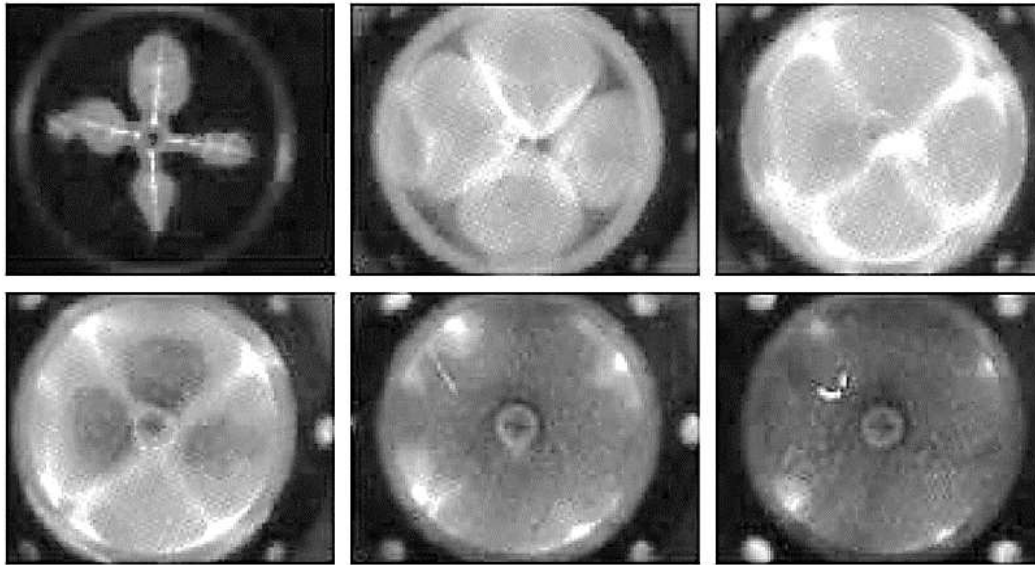
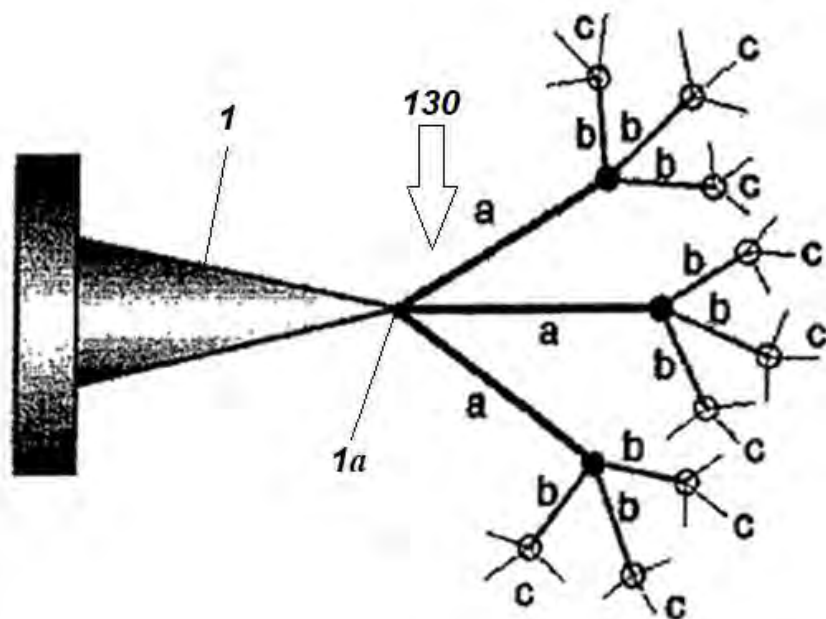


Рис. 4.79. Запалювання робочої суміші з використанням радіочастотного електростатичного запалювання



1 - радіочастотна свічка; 1a - наконечник свічки

Рис. 4.80. Формування розгалуженої іскри радіочастотною свічкою запалювання [108]

Винахід (патент RU 2497019) покликаний істотно збільшити ступінь розгалуження радіочастотної іскри (тобто загальне число ниток, які одночасно генеруються) і збільшити, таким чином, цю іскру і, отже, підвищити ефективність запалювання суміші, що надходить в простір камери згоряння в районі свічки запалювання.

Згідно з рішенням, пропонованим для досягнення цього результату, подача електричного живлення містить етап підвищення ступенями (тобто, щонайменше, з одним ступенем) напруги живлення до відповідної напруги запалювання.

На рис. 4.81 показана резонансна радіочастотна (РЧ) свічка 1, встановлена на головці блока 3 двигуна 5 внутрішнього згоряння.

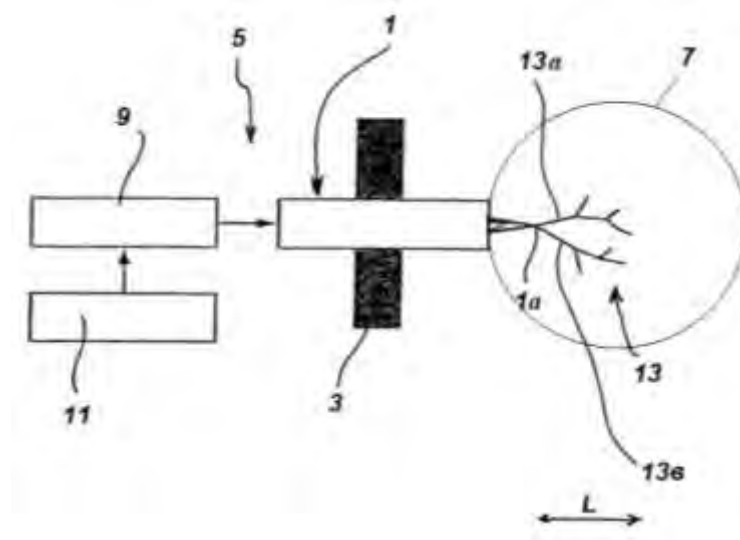


Рис. 4.81. Схематичне зображення радіочастотної свічки, встановленої в двигуні внутрішнього згоряння (схема взята з патенту RU №2497019) [108]

Наконечник 1а свічки входить в камеру 7 згоряння двигуна, куди подається призначена для запалювання суміш.

Ця плазмова РЧ свічка *1* збуджується від РЧ джерела *9* живлення низькою напругою, яким керує бортовий обчислювальний пристрій *11*, встановлений на транспортному засобі, що містить зазначений двигун. Таким чином, кожна розгалужена іскра *13* формується, починаючи від єдиного загостреного наконечника *1a* свічки.

4.12.3. Запалювання за допомогою коронного розряду

Інженери корпорації Federal-Mogul вважають, що майбутнє систем запалювання буде пов'язано з ініціацією процесу керованого вибуху хімічним способом. В основі технології Advanced Corona Ignition System (ACIS) лежить принцип хімічного пробою іонізованого газу за допомогою високочастотного електричного поля. Тобто, ACIS - це коронний розряд, відомий, як вогні святого Ельма [83].

Корона – негативне явище на високовольтних лініях електропередач змінного струму. Коли напруженість поля навколо проводів досягає критичного рівня, навколишнє повітря прошивають ниткоподібні потоки іонізованої плазми довжиною від декількох міліметрів до метра, що призводять до значних втрат потужності, яка передається. Інший яскравий приклад корони - котушка Ніколи Тесла. Найважливіша умова виникнення корони, крім частоти поля, яка досягає 1 МГц, - площа поперечного перерізу електрода-провідника: чим він тонше, тим вище ймовірність, що напруженість (відношення напруги до відстані між електродами) поля перевищить напруга пробою газу. Тонкі електроди дозволяють знизити напругу в системі.

Для подолання діелектричного опору суміші в камері згоряння при мізерній силі струму в декілька мікроампер напруга на електроді повинна

становити від 100 до 500 КВ в залежності від вмісту кисню, частки відпрацьованих газів, температури і тиску. Причому другий електрод при коронному розряді не потрібен. Його замінює газове середовище, в якому напруга поля перетворюється в осередки іонізованої плазми [83].

У порівнянні з звичайним іскровим розрядом у 0,5 ... 1,5 мм розмір пульсуючої високочастотної корони в камері може задаватися довільно. Наприклад, в ході тестування прототипу ACIS на двигуні з наддувом і прямим впорскуванням об'ємом 1,6 л діаметр розряду становив 30 ... 40 мм, а інженерам з флоридського стартапу Etatech, що розробив в 2007 році аналогічну систему ECCOS, вдалося домогтися стабільного утворення 18-ти сантиметрової корони. Таким чином, хімічний пробій відбувається одночасно у всьому об'ємі камери, що скорочує період згоряння суміші в порівнянні з іскровим запалюванням в 2500 разів - до 100 ... 200 мкс. При цьому тривалість спалаху корони не перевищує 200 ... 300 нс. Залежно від налаштувань системи кількість імпульсів може становити кілька сотень.

Розробник технології ACIS Кріс Мікселл стверджує, що корона забезпечує надійне згоряння збіднених сумішей при додаванні до повітря 40 % і більше відпрацьованих газів. Хімічний пробій сприяє зниженню утворення окисів азоту (мінус 80 %) і вуглекислоти (мінус 50 %), підвищує економічність (10 % на тестовому двигуні). Ще одна перевага корони перед іскрою, за словами Мікселла, - це вкрай повільна деградація електродів через порівняно низькі температури розряду. Однак, споживання потужності у ACIS на 30 ... 50 % вище, ніж у звичайного запалювання.

Модуль системи, в який входять свічка з декількома нікелевими голками, резонансний магнетрон і високовольтний кабель, адаптований під розміри стандартної свічки, а блок трансформаторів ідентичний, за розмірами, блоку котушок запалювання.



РОЗДІЛ 5. КОНТРОЛЬНО- ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ

5.1. Загальні відомості

Контрольно-вимірювальні прилади (КВП), що встановлюються на мобільній машині, значно відрізняються за конструкції від приладів, що застосовуються промисловістю, хоча в них, як правило, використовується той же принцип дії. Ці відмінності в конструкції пояснюються необхідністю задовольняти жорстким вимогам стандарту (ГОСТ 3940-84) щодо їх роботи на двигуні і мобільній машині, а саме:

- ✓ витримувати вібраційні навантаження при частоті 50 Гц до 10g (прилади, встановлені на автомобільному двигуні) і до 5g (інші);
- ✓ витримувати ударні навантаження до 15g (прилади, що встановлюються на двигуні), до 10g (інші);

✓ працювати при температурах навколишнього середовища від $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+80\text{ }^{\circ}\text{C}$;

✓ не збільшувати похибки при зміні напруги живлення в межах 10 ... 16 В (при номінальній напрузі 12 В) і при тиску 86 ... 106 кПа (650 ... 800 мм рт. ст.) [2].

На прилади може потрапляти вода, олива, паливо, бруд, пил тощо, тому матеріали і покриття приладів повинні мати відповідний захист для роботи в таких умовах, а внутрішні частини приладів повинні бути герметизовані.

Контрольно-вимірювальні прилади мобільних машин, за способом відображення інформації, яку вони представляють водієві, поділяють на дві групи, а саме:

- вказуючі;
- сигналізуючі.

Вказуючі прилади, як правило, мають шкалу і стрілку, за положенням якої щодо шкали визначається значення вимірюваного параметра. Щоб оцінити вимірюваний параметр, водій повинен відволіктися на деякий час від спостереження за рухом автомобіля, подивитися на шкалу приладу і усвідомити показання (існує підтверджена думка, що водій повинен кожні 7 секунд спостерігати за показами приладів, що і привело до широкого впровадження сигналізуючих приладів з міркувань безпеки руху). Інформація приладу про контрольований параметр дає можливість судити про стан контрольованого вузла або системи мобільної машини.

Сигналізуючі прилади (сигналізатори) реагують тільки на одне, як правило, аварійне значення вимірюваного параметра, інформують про це світловим або звуковим сигналом. Сигналізатор зручний для водія, оскільки не вимагає від нього постійно спостереження, аналізу (оцінки)

отриманої інформації, і, отже, менше відволікає від процесу керування автомобілем. Однак інформація від сигналізатора надходить до водія, коли нормальний режим роботи вже порушений або близький до порушення. Крім того, сигналізатори менш інформативні, ніж вказуючі прилади. Наприклад, прилад амперметр, крім свідчення сили зарядного і розрядного струму акумулятора, дозволяє також судити про рівень регулювання регулятора напруги і стан акумуляторної батареї автомобіля, в той час як сигнальна лампа заряду, спалахуючи, вказує, що заряду батареї не відбувається [2].

В даний час спостерігається тенденція до збільшення загальної кількості приладів, які виконують функцію сигналізації на мобільних машинах всіх типів, що пов'язано з ростом числа контрольованих параметрів і необхідністю менше відволікати увагу водіїв від спостереження за дорогою, технологічним процесом тощо..

За природою сигналу, яким живляться контрольно-вимірювальні прилади, вони поділяють на:

- електричні;
- механічні.

Електричні прилади живляться від бортової електричної мережі мобільної машини.

Механічні ж прилади дають покази, використовуючи енергію вимірюваного середовища (наприклад, манометри для вимірювання тиску в системі мащення використовують тиск, перетворений мембраною в механічні переміщення стрілки тощо) [2].

Електричний контрольно-вимірювальний прилад мобільної машини складається з датчика і приймача, з'єднаних між собою провідниками для передачі сигналу. У місці контролю потрібного параметра (температура, тиск, сила струму тощо) встановлюють датчик

приладу, а в місці спостереження – приймач. Датчик, як правило, окрім чутливого елемента, що вимірює контрольований параметр, має ще і перетворювач сигналу в електричну величину, яка і передається до чутливого елемента приймача [2].

Сигнал, що надходить в приймач, перетворюється в перетворювачі і відповідно до нього змінюється положення стрілки на шкалі приймача. Чим більший кут розмаху шкали приймача, тим краще читається шкала.

Як вказуючі, так і сигналізуючі прилади встановлені на панелі приладів. Розташування приладів на панелі повинне забезпечити хорошу видимість шкал приймачів і сигнальних ламп, щоб звести до мінімуму помилку при зчитуванні показань і сигналів. Шкали приладів повинні легко читатися, щоб водій міг оцінити показання, не затримуючи довго увагу на приладі.

Сигналізатори в вимкненому стані повинні бути малопомітними, а при включенні негайно привертати увагу водія.

Розташування всіх приладів в полі зору водія повинно підпорядковуватися вимогам інженерної психології і відповідати естетичному оформленню кузова або кабіни мобільної машини. Прилади не повинні позначатися на вітровому склі автомобіля, не повинно бути відображення від їх стекол. Прилади не повинні створювати перешкод.

Залежно від вимірюваного параметра контрольно-вимірювальні прилади, які використовуються на мобільній машині можна розділити на наступні основні групи:

- вимірювачі тиску;
- вимірювачі температури;
- вимірювачі рівня палива;

- вимірювачі сили струму і напруги;
- вимірювачі швидкості руху і пройденого шляху (спідометри);
- вимірювачі частоти обертання (тахометри);
- вимірювачі виконаної роботи (тахографи тощо) [2].

Роль контрольно-вимірювальних приладів у забезпеченні безпеки руху, надійності експлуатації і своєчасного діагностування несправностей постійно зростає.

Питома вага вартості комплекту приладів у вартості мобільної машини незначна, проте вартість агрегатів, стан яких контролюється цими приладами, і працездатність яких вдається підтримати на більш тривалий період або виключити їх вихід з ладу при виникненні аварійних ситуацій, в сотні разів перевищує вартість приладів. З вдосконаленням мобільної техніки зростає кількість точок контролю, що викликає збільшення кількості контрольно-вимірювальних приладів і контрольних ламп з відповідними датчиками [2].

5.2. Загальна будова та принцип дії основних контрольно-вимірювальних приладів

Вище перераховані основні типи контрольно-вимірювальних приладів, які можуть використовуватися на мобільній машині (вимірювачі температури; вимірювачі тиску; вимірювачі рівня палива; вимірювачі сили струму і напруги; вимірювачі швидкості руху і пройденого шляху (спідометри); вимірювачі частоти обертання (тахометри); вимірювачі виконаної роботи (тахографи) тощо). Кількість приладів на машині

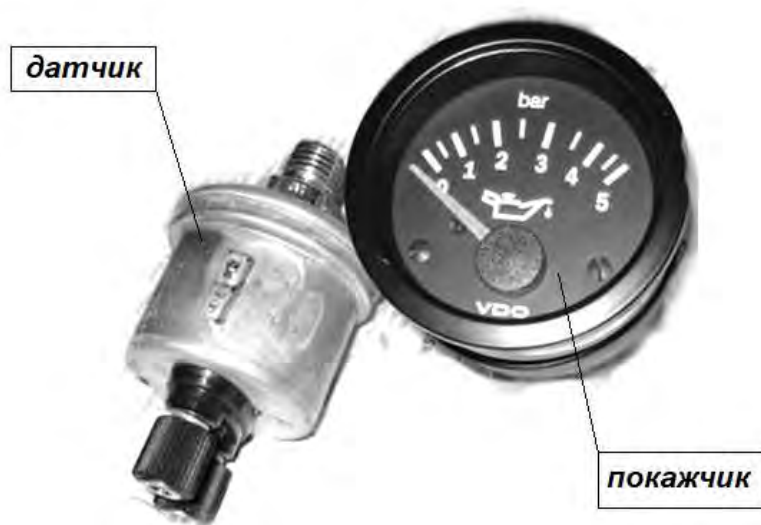
залежить від її комплектації і може істотно відрізнятися від приведеного переліку в тій, чи іншій бік. Однак, мобільна машина обов'язково комплектується мінімально-допустимим переліком приладів. Нижче приведено перелік нових операцій вимірювання, загальна будова і принцип дії основних контрольно-вимірювальних приладів, забезпечують вимірювальні операції і якими комплектуються мобільні машини.

5.2.1. Вимірювання тиску оливи

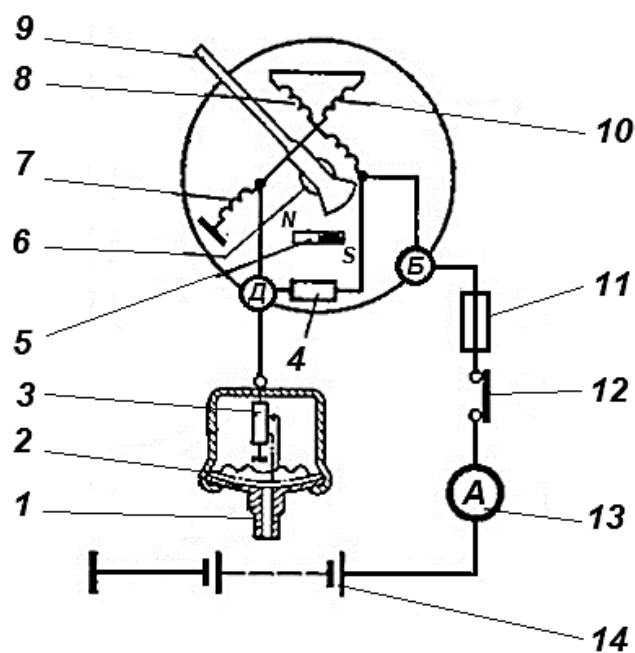
Вимірювання тиску оливи здійснюється манометром, який призначений для визначення тиску оливи в магістралі системи мащення двигуна. Він складається з датчика 1 (рис. 5.1 б) і показчика (див поз. 5 – 10 рис. 5.1 б). До складу датчика входить корпус з діафрагмою 2 і повзунковий реостат 3. Рухомий контакт реостата з'єднаний з діафрагмою 2. Коли тиск в магістралі системи мащення двигуна збільшується, діафрагма прогинається і переміщує рухомий контакт реостата змінюючи його опір [31].

Електромагнітний показчик складається з корпусу з екраном, який запобігає впливу сторонніх магнітних полів, трьох котушок 7, 8 та 10, рухомого постійного магніту зі стрілкою 9, укріпленою рухомо на осі, і нерухомого постійного магніту 5 для установки стрілки на нульову поділку шкали [31].

При протіканні струму по котушках 7, 8 та 10 створюється результуюче магнітне поле. Взаємодіючи з цим магнітним полем, стрілка з рухомим постійним магнітом встановлюється в певне положення, яке відповідає положенню рухомого контакту реостата 3 датчика і, відповідно, тиску оливи в магістралі системи мащення двигуна [31].



а)



б)

а – загальний вигляд датчика і показчика; б – електрична схема включення; 1 – датчик; 2 – діафрагма; 3 – резистор змінного опору; 4 – термокомпенсаційний резистор; 5 – постійний магніт для установки стрілки; 6 – постійний магніт стрілки; 7, 8 та 10 – обмотки; 9 – стрілка; 11 – запобіжник; 12 – вмикач запалювання; 13 – амперметр; 14 – акумуляторна батарея

Рис. 5.1. Вимірювач тиску оливи [119]

Така конструкція і принцип дії одного з найпростіших показчиків тиску оливи в системі мащення ДВЗ, які ще досить широко використовуються. На цьому принципі заснована і дія показчиків та індикаторів інших типів, оскільки в основі датчика лежить діафрагма. Для прикладу нижче приведені конструкції і опис дія показчиків інших типів.

5.2.1.1. Напівпровідниковий датчик тиску оливи

На рис. 5.2 показана конструкція напівпровідникового датчика з п'єзоелектричним перетворювачем.

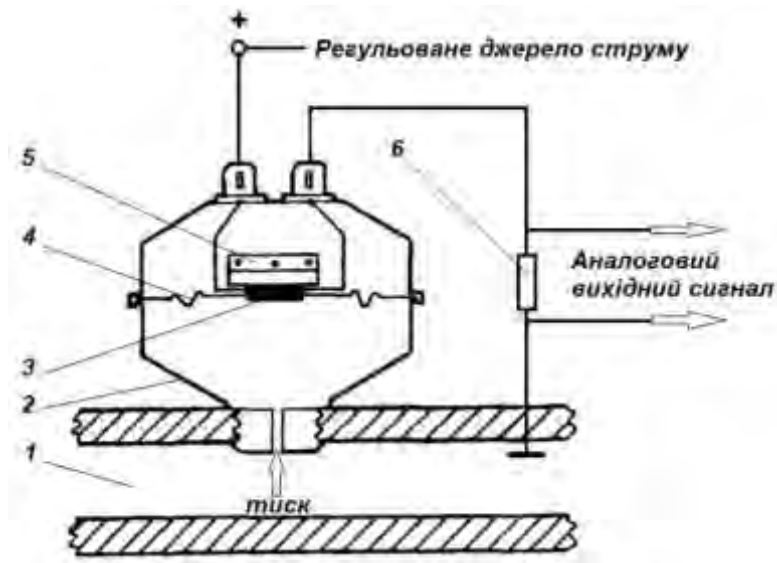
Робота даного датчика ґрунтується на особливості напівпровідникового п'єзокристалу, а саме:

 *зміна тиску на одній парі його протилежних площин тягне за собою зміну опору між двома іншими протилежними площинами.*

П'єзокристалл з послідовно підключеним до нього резистором з постійним опором приєднані до регульованого джерела постійної напруги.

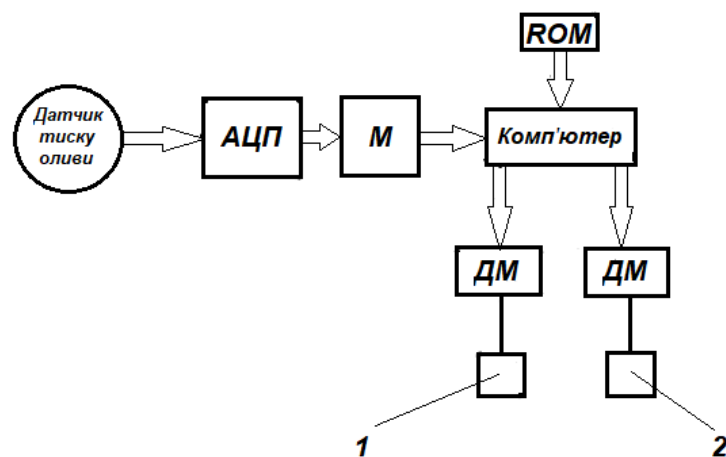
Під дією змінного тиску п'єзокристалл змінює свій опір, що призводить до зміни падіння напруги на постійному резисторі. Ця напруга пропорційна вимірюваному тиску [116].

Такий датчик зазвичай включається до складу цифрового індикатора тиску (рис. 5.3). Вихідна напруга датчика спочатку перетворюється з аналогової в цифрову форму, після чого подається в бортовий комп'ютер. В постійній пам'яті комп'ютера (ROM - readonlymemory) зберігається таблиця відповідності цифрових кодів



1 – магістраль системи мащення; 2 – корпус датчика; 3 – п'єзокристалічний резистор; 4 – діафрагма; 5 – опорна пластина; 6 – резистор постійного опору

Рис. 5.2. Напівпровідний датчик тиску оливи з п'єзоелектричним перетворювачем концерну Toyota [116]



АЦП – аналогово-цифровий перетворювач; М – мультиплексер; ДМ – демультимплексер; ROM – пам'ять комп'ютера; 1 – індикатор тиску; 2 – сигналізація низького тиску

Рис. 5.3. Схема включення напівпровідникового датчика тиску оливи [116]

значень тиску. Прочитавши цифровий код, комп'ютер перетворює його в значення тиску, виражене в цифровій формі, що передається на дисплей панелі приладів [116].

Зазвичай датчики підключені до бортового комп'ютера через комутатор, який по черзі з'єднує з комп'ютером кожен датчик на час вимірювання. Це ефективний спосіб використання комп'ютера, оскільки в іншому випадку для кожного датчика потрібен був би свій комп'ютер.

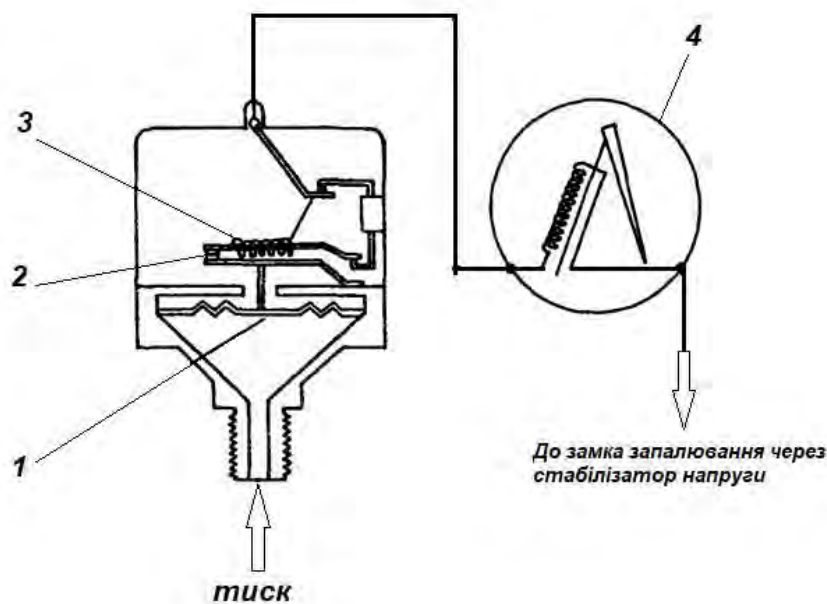
Комп'ютер виводить на дисплеї два види інформації: «сигнал низького тиску» і «тиск оливи» [116].

У пам'яті комп'ютера, окрім таблиці відповідності цифрових кодів значенням тиску, також зберігається мінімальне значення тиску, при якому загоряється сигнальна лампочка.

5.2.1.2. Вимірювання тиску оливи електронними засобами

Аналогова система вимірювання тиску оливи з використанням датчика діафрагмового типу з біметалевим перетворювачем і індикатором показана на рис. 5.4. Діафрагма прогинається під дією тиску і сильніше притискає контакти біметалевого вібратора [116].

В основі роботи вібратора лежить той же принцип, що і в стабілізаторі напруги. Нагрівач згинає біметалеву пластинку датчика, яка розриває контакти. Контакти переривають струм, що йде на індикатор, а також на саму котушку нагрівача, в результаті чого біметалева пластинка вихолодає і знову замикає контакти. Відносний час перебування контактів в замкнутому і розімкнутому стані залежить від прогину діафрагми, тобто від тиску оливи. Індикатор показує середнє значення струму і може бути проградуйований в одиницях тиску [116].



1 – діафрагма; 2 – контакти; 3 – котушка нагрівача; 4 – біметалевий індикатор

Рис. 5.4. Вимірювач тиску оливи з датчиком, який має біметалевий перетворювач і індикатор [116]

5.2.1.3. Сигналізатори аварійного тиску оливи

Поряд з розглянутими вище комбінованими датчиками тиску, які дозволяють як контролювати кількісні значення тиску, так і отримувати сигнал аварійної зміни тиску, у багатьох конструкціях мобільних машин використовуються сигналізатори аварійного тиску оливи. В якості датчика в таких сигналізаторах використовується контактний датчик мембранного типу, який безпосередньо контактує з підконтрольним середовищем, а у якості показчика – контрольна лампа, яка розташована на панелі приладів. Принцип дії такого сигналізатора представлений на рис. 5.5.

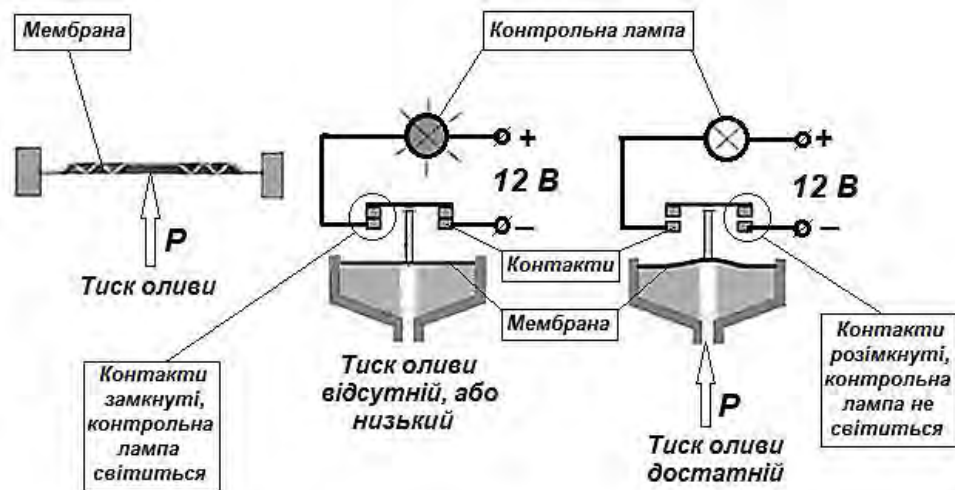


Рис. 5.5. Принцип дії сигналізатора тиску оливи

5.2.2. Вимірювання температури

З метою контролю ефективної роботи систем і агрегатів мобільної машини необхідно знати їх температурний режим. При експлуатації не прогрітого двигуна різко знижуються його динамічні і економічні показники, а його перегрів веде до зниження ресурсу, або виникнення несправностей аж до повної відмови в роботі через заклинювання деталей, виплавлення антифрикційного сплаву тощо.

Для контролю температурного режиму роботи вузлів і агрегатів використовуються дистанційні термометри та сигналізатори температури, які складаються з датчиків і показчиків температури – рис. 5.6. Датчики встановлюються безпосередньо у середовищі, температура якого контролюється, а показчики – в кабіні водія на панелі приладів.

За принципом дії прилади для вимірювання температури розділяються на:

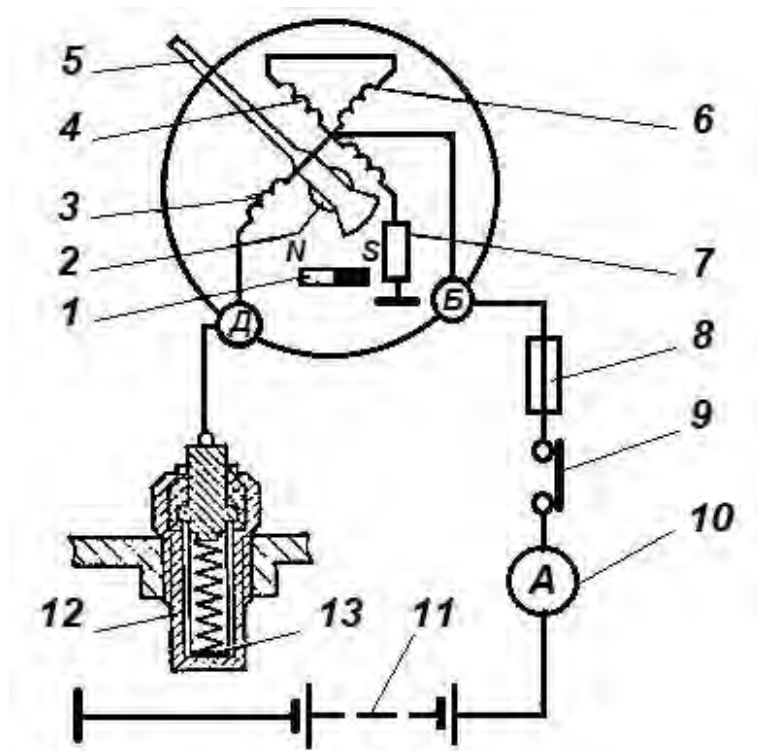


датчик



показчик

а)



б)

а – загальний вигляд; б – електрична схема включення; 1 – постійний магніт для встановлення стрілки на нуль; 2 – постійний магніт стрілки; 3, 4 та 6 – обмотки; 5 – стрілка; 7 – резистор; 8 – запобіжник; 9 – вмикач запалювання; 10 – амперметр; 11 – акумуляторна батарея; 12 – датчик; 13 – термистор

Рис. 5.6. Вимірювач температури на базі датчика типу ТМ100 та показчика типу 14.3807

- механічні;
- електромеханічні;
- електричні [111].

Механічні вимірювачі бувають рідинні (переважно ртутні) і манометричні. Механічні термометри мають низьку надійність і мало придатні для точного вимірювання високих температур.

В сучасних мобільних машинах для вимірювання температури використовуються термобіметалеві імпульсні і логометричні температурні прилади, які називають термоелектричними приладами.

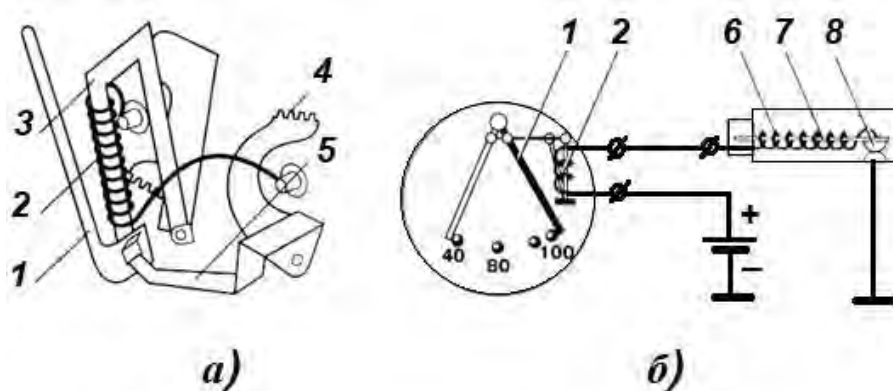
В імпульсних термобіметалевих приладах використовується ефект деформації, який виникає при нагріві пластини, яка спаяна з двох різнорідних металів, або сплавів (біметалева пластина) [111].

Робота термоелектричних термометрів логометричного типу заснована на термоелектричному ефекті, який виникає при нагріванні місця спайки двох провідників з неоднорідних металів, або сплавів (терморезистора). Якщо два інших кінці провідників замкнути, то під дією термоЕРС в місці спайки, яке нагрівається, в утвореному колі виникає електричний струм, величина якого залежить від ступеня нагріву місця спайки.

Спаяну, або зварену пару з двох різнорідних металів, або сплавів називають термопарою, або терморезистором. Зазвичай, для вимірювання відносно низьких температур (до 600 °С) в машинобудуванні використовують хромель-копелеві (ХК) термопари, а для вимірювання високих температур (до 1000 °С) – хромель-алюмелеві (ХА) термопари. В конструкціях термометрів використовують і інші типи термопар [111].

5.2.2.1. Термобіметалевий імпульсний вимірювач температури

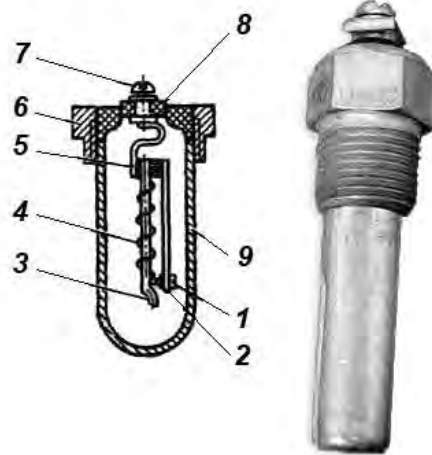
Термобіметалевий імпульсний вимірювач температури (термометр) складається з датчика та показчика стрілкового типу. Загальна будова показчика та схема роботи вимірювача показана на рис. 5.7 [111].



а – будова показчика; б – схема імпульсного вимірювача температури; 1- стрілка; 2 – спіраль показчика; 3 – П-подібна біметалева пластина; 4 – регулювальний сектор; 5 – пружна пластина; 6 – спіраль датчика; 7 – біметал датчика; 8 - контакти

Рис. 5.7. Термобіметалевий імпульсний термометр [111]

Датчик біметалевого імпульсного термометра (рис. 5.8) являє собою тонкостінний балон 9 закріплений в корпусі 6. Термобіметалева пластина 3 балона закріплена на ізоляторі 8 основи. На термобіметалеву пластину намотана нагрівальна обмотка 4, один кінець якої з'єднаний з контактом 2, а інший через контактор 5 підходить до вивідного затискача 7. Нерухомий контакт 1 з'єднаний з корпусом 6 датчика [111].



1, 2 – контакти; 3 – термобіметалева пластина; 4 – обмотка; 5 – контактор; 6 – корпус; 7 – затискач; 8 – ізолятор; 9 – балон

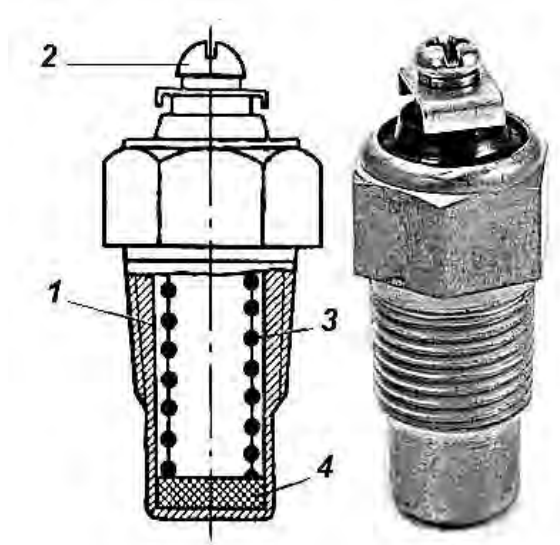
Рис. 5.8. Датчик термобіметалевого імпульсного вимірювача температури [111]

Показчик термобіметалевого термометра, за конструкцією, аналогічний показаному на рис. 5.7.

5.2.2.2. Логометричний вимірювач температури

Логометричні термометри, як і манометри, також складаються з датчика і показчика. Конструкція і принцип дії логометричного термометра аналогічні конструкції і принципу дії показчика тиску.

Терморезисторний датчик температури рис. 5.9. Він являє собою латунний балон 1, до плоского дна якого, з допомогою струмопровідної пружини 3 притиснутий терморезистор 4, виконаний у вигляді таблетки. Пружина 3 верхнім кінцем з'єднана з затискачем 2 датчика і ізольована від стінки балона спеціальною втулкою.



1 – балон; 2 – затискач; 3 – пружина; 4 – терморезистор

Рис. 5.9. Терморезисторний датчик температури [111]

Опір терморезистора істотно зменшується при підвищенні температури, що веде до збільшення сили струму, який проходить через вимірювальні індукційні котушки логометричного пожчика [111].

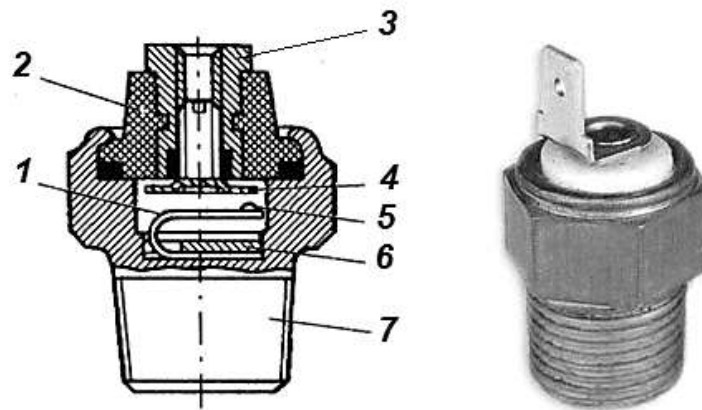
5.2.2.3. Сигналізатори аварійної температури

Використання на мобільній машині дистанційного стрілкового, або цифрового вимірювача температури не гарантує того, що миттєве порушення температурного режиму двигуна, чи іншого агрегату буде відразу помічене водієм. Тому, як доповнення до стрілкового (чи іншого типу термометра) встановлюють сигналізатор аварійної температури. При цьому, якщо система охолодження рідинна, то датчик сигналізатора встановлюють у верхній бачок радіатора, а якщо

двигун з повітряним охолодженням, то датчик сигналізатора встановлюють в систему мащення і за температурою оливи оцінюють температурний режим двигуна [111].

Сигналізатори використовують також для контролю температури оливи в автоматичній коробці передач. Практично всі датчики сигналізаторів аварійної температури, які використовуються на мобільній машині, біметалеві.

Конструкція датчика сигналізатора аварійної температури, які використовуються на автомобілях марки КамАЗ представлена на рис. 5.10.



1 – термобіметалева пластина; 2 – ізолятор; 3 – затискач; 4 – тарільчастий контакт; 5 – контакт; 6 – притискна шайба; 7 – корпус

Рис. 5.10. Датчик сигналізатора аварійної температури [111]

Датчик має масивний латунний корпус 7, на дні якого під притискною шайбою 6 знаходиться петлеподібна біметалева пластина 1 з контактом 5. У вивідному затискачі 3, ізольованому від корпусу 7, по різьбі можна переміщувати тарільчастий контакт 4, встановлюючи (регулюючи), тим самим, зазор між контактами, а значить і температуру замикання контактів.

При досягненні температури охолодної рідини $92 \dots 98 \text{ }^{\circ}\text{C}$ термобіметалева пластина розгинається і замикає контакти 5 і 4, що веде до вмикання контрольної лампи на панелі приладів [111].

Аналогічну конструкцію мають датчики аварійного вмикання вентилятора системи охолодження в сучасних автомобілях з електричним приводом вентилятора. Основна відмінність цих датчиків від розглянутих вище полягає в наявності двох контактних виводів замість одного за прикладом тих, що показані на рис. 5.11. В таких датчиках контакти ізолювані від корпусу, тобто працюють, як правило, з позитивним сигналом від джерела струму [111].

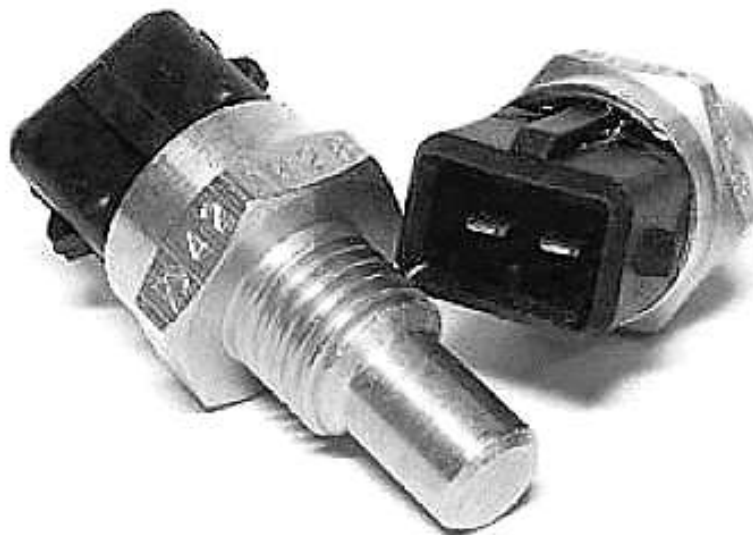


Рис 5.11. Датчики з двома виводами [111]

5.2.3. Вимірювання рівня палива

Інформація про наявність палива в баку дозволяє оператору мобільної машини орієнтуватися в запасі ходу машини та часі можливої роботи без дозаправки.

В сучасних мобільних машинах використовують дистанційні електричні вимірювачі палива в баку. Такі прилади можуть бути:

- електромагнітні;
- магнітоелектричні (логометричні);
- ємнісні.

Ємнісні вимірювачі більш вартісні і точність їх показів істотно залежить від форми бака (правильності його форми), що сьогодні не в пріоритеті виробників мобільних машин. Тому основу вимірювачів рівня палива складають електромагнітні та магнітоелектричні прилади.

Для безпосереднього вимірювання рівня палива в баці використовуються реостатні датчики з повзунковим реостатом та поплавком, які працюють в парі з електромагнітним, або магнітоелектричним показчиком, який встановлюється на панелі приладів машини. Будову найпростішого електромагнітного вимірювача рівня палива представлено на рис. 5.12.

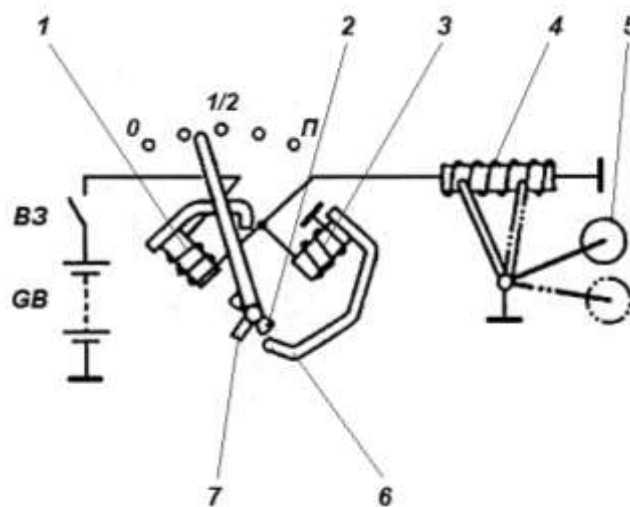
Електромагнітний показчик рівня палива включає два електромагніти, якір, реостат, магнітопровід і протипагу. Наявність двох електромагнітів дозволяє вимірювати рівень палива в баці незалежно від зміни напруги живлення.

При вмиканні запалювання вимикачем «ВЗ» через обмотки електромагнітів 1 і 3 протікає струм і створює результуючий магнітний потік, який діючи на сталевий якір 2, з'єднаний зі стрілкою приладу, встановлює стрілку у певній частині шкали приладу.

За відсутності палива в баку поплавок 5 датчика, знаходячись в нижньому положенні, виводить опір реостата датчика 4 і вкорочує обмотку електромагніта 3. При цьому магнітний потік з боку обмотки електромагніта 3 буде рівний нулю. Магнітний потік обмотки 1 при цьому не буде рівний нулю і забезпечить поворот якоря 2 і зв'язаної з ним стрілки



а)



б)

а – принципова схема; б – електрична схема; ВЗ – вмикач запалювання; GB – акумуляторна батарея; 1, 3 – обмотки електромагнітів; 2 – яркір; 4 – повзунковий реостат; 5 – поплавков; 6 – магнітопровід; 7 – протизвага

Рис. 5.12. Електромагнітний вимірювач рівня палива [111]

приладу в лівий бік шкали до позначки «0». Стрілка буде утримуватися в цьому положенні після вимикання приладу завдяки протизазі 7.

При наповненні бака паливом, поплавок піднімається і вводить в дію опір реостата 4, що збільшує силу струму і створюваний ним магнітний потік в обмотці електромагніта 3. Внаслідок цього яркір зі стрілкою

повернуться вправо. Наявність спеціального магнітопроводу 6 забезпечує замикання магнітного потоку через якір 2 [31, 111].

Конструкція логометричного показчика рівня палива аналогічна конструкції логометричного показчика тиску оливи і температури, але відрізняється обмотковими даними та параметрами резисторів. Логометричний показчик більш точний за електромагнітний через відсутність масивних магнітопроводів, магнітна проникність яких змінюється зі зміною температури. Також у логометричному показчику більший кут повороту стрілки (вища інформативність) і менший час на встановлення стрілки на показі (відсутність інертності). Якір і стрілка в таких приладах не мають дисбалансу.

В сучасних мобільних машинах датчики рівня палива можуть мати контактну групу, яка з допомогою контрольної лампи на панелі приладів, або звукового сигналу привертає увагу оператора про критичне зниження рівня палива і необхідність термінової дозаправки.

З метою оптимізації конструкції паливного бака, датчик рівня палива часто виготовляють в одному вузлі з елементами паливозабору (насос, трубопроводи, фільтри тощо) – рис. 5.13.

5.2.4. Вимірювання сили струму і напруги

В процесі експлуатації мобільної машини необхідно контролювати стан приладів енергозабезпечення, які забезпечують заряд акумуляторів та живлення споживачів. Такий контроль здійснюється з допомогою амперметрів і вольтметрів. Амперметри призначені для вимірювання сили струмузарядки від генераторної установки під час роботи двигуна та розрядки батареї при не працюючому двигуні. Вольтметри показують



Рис. 5.13. Датчик рівня палива в одному вузлі з паливним насосом MEAT & DORIA 76853 та фільтром для автомобілів концерну VAG типу Skoda, Volkswagen

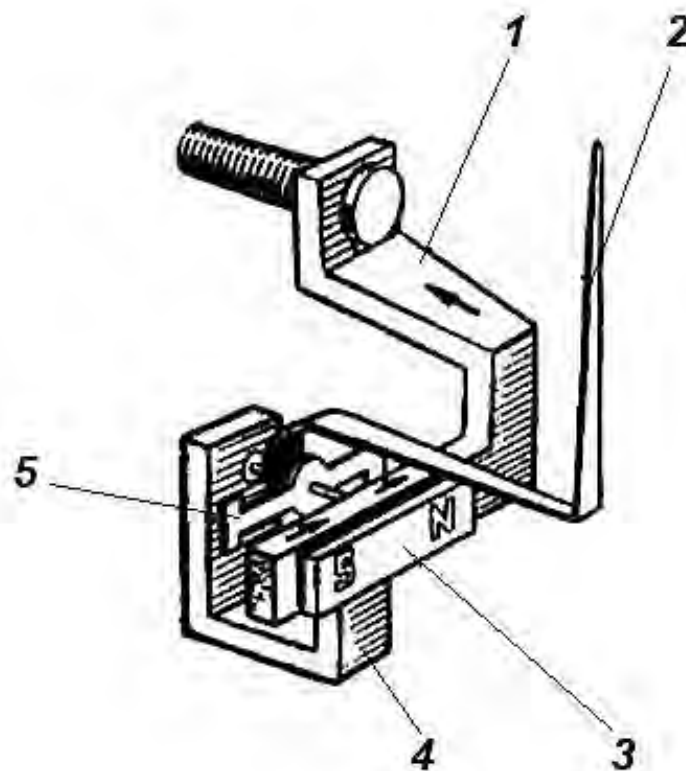
поточне значення напруги в бортовій мережі між негативними і позитивними виводами джерел струму. Амперметр дає більше інформації про стан генераторної установки, а вольтметр, в загальному випадку, дозволяє оцінити стан акумуляторної батареї за напругою в бортовій мережі (така оцінка не достовірна через можливі не контрольовані втрати в приладах електрообладнання).

5.2.4.1. Амперметри

Амперметри вмикають послідовно між генераторною установкою і акумуляторною батареєю, що дозволяє вимірювати силу

зарядного, або розрядного струму. Амперметри відносяться до електромеханічних приладів електромагнітної або магнітоелектричної схем.

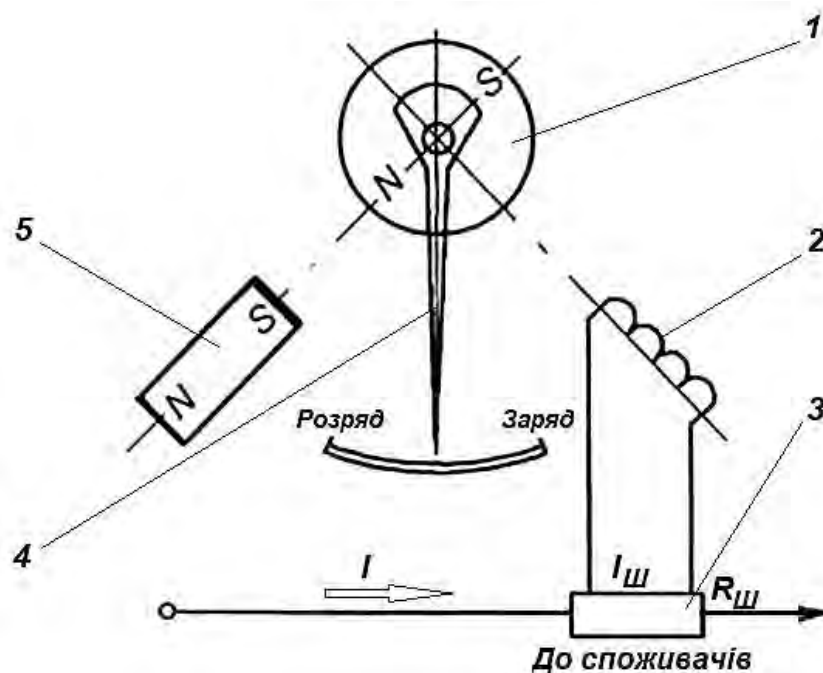
Електромагнітний амперметр (рис. 5.14) включає основу 4, постійний магніт 3, латунну шину 1, якір 5 та стрілку 2. При розімкненому електричному колі якір зі стрілкою під дією магнітного поля постійного магніта утримується в середньому положенні на відмітці «0». За умови проходження струму через латунну шину створюється магнітне поле, під дією якого намагнічений якір зі стрілкою повертається в той чи інший бік залежно від напрямку струму, показуючи, тим самим, заряд або розряд акумуляторної батареї [111].



1- латунна шина; 2 – стрілка; 3 – постійний магніт; 4 – основа; 5 - якір

Рис. 5.14. Електромагнітний амперметр [111]

На мобільних машинах з заднім розташуванням двигуна і з генераторними установками великої потужності для зменшення довжини провідника великого перерізу використовують магнітоелектричні амперметри з рухомим постійним магнітом (рис. 5.15). Рухомими елементами в таких амперметрах, зазвичай, є постійний магніт 1 і стрілка 4 , які встановлені на одній осі. Постійний магніт розташований всередині нерухомої котушки індуктивності 2 , яка підключена до резистора 3 . Через резистор 3 протікає струм, який вимірюється. Момент протидії створюється нерухомим постійним магнітом 5 . Кут повороту постійного магніту і стрілки (вони встановлені на одній осі) залежить від величини і напрямку струму, який протікає через резистор 3 [111].



$1, 5$ – постійні магніти; 2 – котушка індуктивності; 3 – резистор; 4 – стрілка

Рис. 5.15. Амперметр магнітоелектричної системи [111]

5.2.4.2. Вольтметри

Вольтметр – це магнітоелектричний прилад з протидіючим магнітом. Вольтметр являється магнітоелектричним логометром.

Будова вольтметра показано на рис. 5.16. На пастмасовий корпус 4 намотані під кутом 90° дві котушки індуктивності W_1 та W_2 , які з'єднані між собою послідовно. Вільний кінець котушки W_1 виконує роль позитивного вивода вольтметра. Вільний кінець котушки W_2 з'єднаний з негативним виводом через додатковий резистор R . Результуючий магнітний потік приладу створюється магнітним полем, яке виникає в котушках індуктивності під час протікання по них струму і магнітним полем постійного магніту 2, який встановлений на екрані 3 [111].

Постійний магніт в регулювальних цілях приладу має можливість перемиєння. До рухомих елементів (рухомого блоку), які з метою регулювання приладу можуть зміщуватися належить окрім закріпленого на осі постійного магніта 1 стрілка 5 (також закріплена на тій же осі) та обмежувач 6. Прорізь 7, в яку входить кінець обмежувача, визначає кут повороту рухомого блоку. Коли вольтметр вимкнутий, рухомий блок під дією магніту 2 встановлюється в крайнє ліве положення.

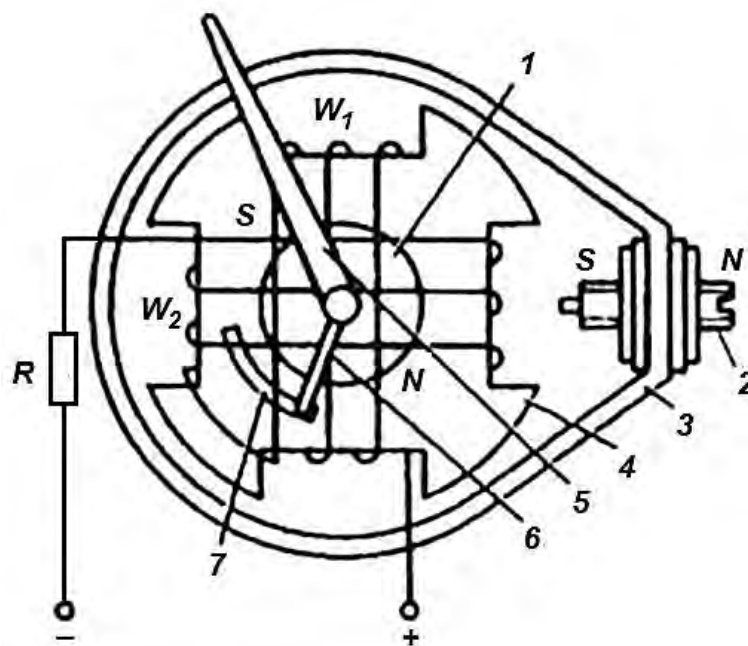
Залежно від напруги бортової мережі використовуються вольтметри з різними вимірювальними шкалами. Наприклад, для мережі номінальною напругою 12 В використовується вольтметр типу 12.3812 з інтервалом вимірювань 8 ... 16 В, а для мережі номінальною напругою 24 В – вольтметр типу 11.3812 з інтервалом вимірювань 16 ... 32 В [111]. Для зручності візуального контролю показів вольтметрів їх шкали можуть бути розділені на кольорові зони. Так для вольтметра 12.3812 використовують наступне фарбування зон:



а)



б)



в)

а – аналоговий вольтметр; б – цифровий вольтметр; в – принципова електрична схема вольтметра; W_1 , W_2 – котушки індуктивності; 1, 2 – постійні магніти; 3 – екран; 4 – каркас; 5 – стрілка; 6 – обмежувач; 7 – проріз

Рис. 5.16. Вольтметри для електрообладнання мобільних машин [111]

○ 8 ... 11 В – червоний колір (низька напруга в мережі через відсутність зарядного струму);

- 11 ... 12 В – білий або жовтий колір (низький струм заряду акумуляторної батареї);
- 12 ... 15 В – зелений колір (нормально заряджена акумуляторна батарея і нормальна робота генераторної установки);
- 15 ... 16 В – червоний колір (не нормальна робота генераторної установки, регулятора струму, регулятора напруги) [111].

Подібне забарвлення можуть мати і шкали приладів для мережі 24 В, але з своїми інтервалами напруги.

На сучасних мобільних машинах широко використовуються цифрові прилади (див. рис. 5.16 б) і не тільки для контролю напруги. Такі прилади відрізняються високою точністю показів та більш зручні для візуального контролю.

Варто також зазначити, що часто в мобільних машинах не використовуються амперметри чи вольтметри, а лише контрольні лампи, які загоряються при включенні запалювання і гаснуть після пуску двигуна, що символізує початок роботи генераторної установки і надходження струму в мережу машини. Якщо ж лампа не погасла після пуску двигуна, то це говорить про несправність, перш за все, генераторної установки. Бортові комп'ютери здатні попередити водія про несправність в мережі машини, а система запобіжників убезпечить від виходу з лату того чи іншого агрегату електрообладнання.

5.2.5. Вимірювання швидкості руху і пройденого шляху

Важливими показниками роботи мобільної машини є швидкість її руху та пройдений шлях. Ці показники дозволяють оцінити як продуктивність, так і безпекові характеристики експлуатації на певних

режимах. В більшості випадків для вимірювання названих показників використовується контрольно-вимірювальний прилад, який називається спідометром. Спідометр інформує оператора про швидкість руху та пройдений шлях і об'єднує два вимірювальних пристрої – показчик швидкості та лічильник пройденого шляху, який називають одометром. Зважаючи на те, що спідометр інформує водія (оператора) про безпечний режим руху, експлуатація машини з несправним спідометром забороняється правилами дорожнього руху [111].

Вважається, що спідометр (від англійського «speed» - швидкість) винайшов в 1801 році кріпак механік-самоучка Єгор Кузнецов і застосував його накінньому возі. Винахід на довгий час був забутий і лише на початку 20-го століття до нього повернулися знову. Конструкція ж спідометра запропонована Ніколою Тесла в 1916 році дійшла до наших днів практично без змін [111].

В якості привода спідометра використовується гнучкий вал (часто називають «тросом спідометра») або електропривід. Тип привода спідометра залежить від віддаленості показчика і місця його підключення до трансмісії машини [111].

Гнучкі вали для привода спідометра рекомендується встановлювати, якщо довжина вала не перевищує 3,55 метра. За більшої довжини рекомендується електричний привід [111].

Привід спідометра здійснюється від вторинного валу коробки передач. Або роздавальної коробки. Для цього у вузлі, від якого здійснюється привід, встановлюється редуктор, передавальне число якого вибирається залежно від передавального числа головної передачі і радіуса кочення ведучого колеса. Редуктор з'єднується з спідометром механічним шляхом (гнучким валом) або електричним (з допомогою

спеціального датчика). Сигнал з редуктора (або від приведеного через редуктор датчика) передається на спідометр, де перетворюється у відповідну інформацію [111].

5.2.5.1. Спідометри з механічним приводом

Всі спідометри з приводом від гнучкого вала мають однаковий принцип дії і відрізняються лише особливостями виконання вузлів вимірювання швидкості і обліку пройденого шляху та зовнішнім оформленням. Загальний вигляд спідометра з механічним приводом та розрізом основних деталей показаний на рис. 5.17 [111].

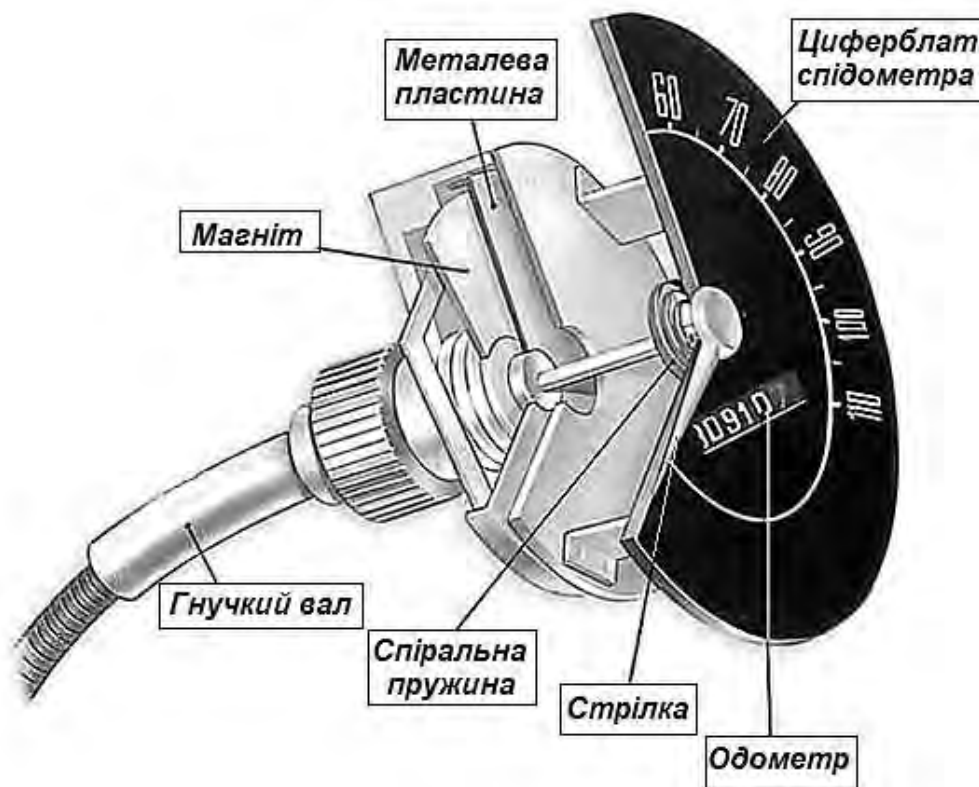
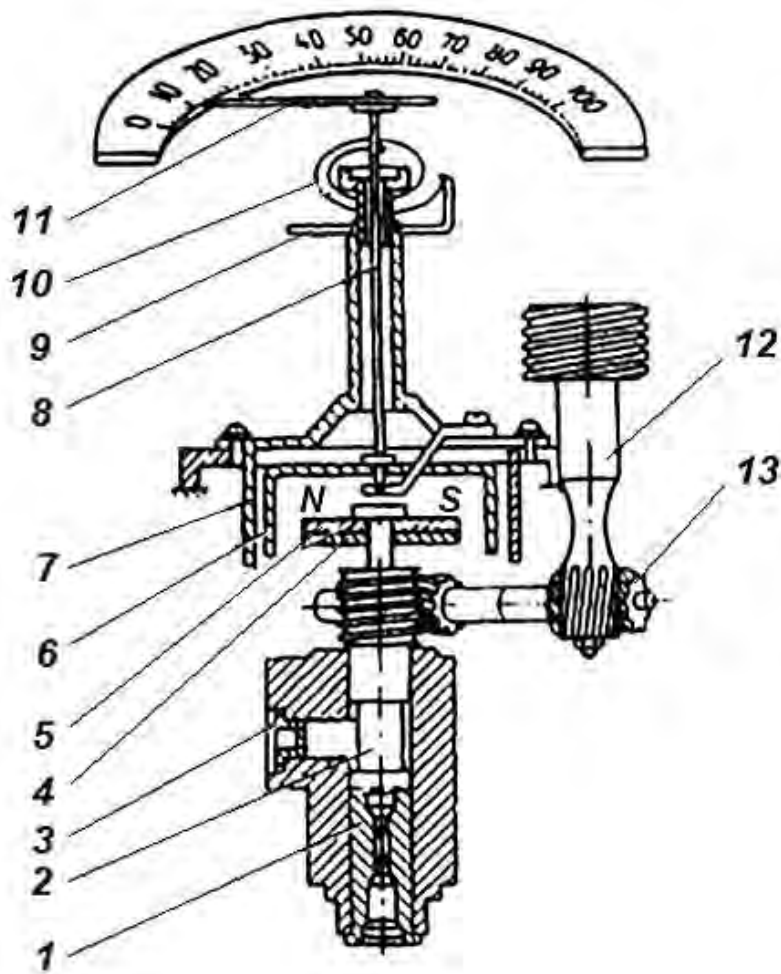


Рис. 5.17. Загальний вигляд спідометра з механічним приводом та розрізом основних деталей [111]

На рис. 5.18 показана будова спідометра з механічним приводом, який приводиться в дію від вхідного валика *1* з гніздом квадратного перерізу, в яке вставляється квадратний накінецьник гнучкого вала. На іншому кінці вхідного валика закріплені постійний магніт *5* і термокомпенсаційна шайба (магнітопровід) *4*. Магніт *5* намагнічений так, що його полюси спрямовані до країв диска [111].



1 – вхідний валик; *2* – фетровий фільтр; *3* – заглушка; *4* – шайба; *5* – магніт; *6* – катушка; *7* – екран; *8* – вісь; *9* – важелець; *10* – спіральна пружина; *11* – стрілка; *12, 13* – валики

Рис. 5.18. Будова спідометра з приводом від гнучкого вала [111]

На осі 8 (див. рис. 5.18), яка вільно обертається на двох підшипниках, з одного боку закріплена стрілка 11, а з іншого – котушка 6. Котушка виконується переважно у вигляді чаші, яка з певним зазором охоплює магніт 5. Котушка виготовляється з немагнітного матеріалу, наприклад авлюмінію. Зовні котушка 6 закрита екраном 7 з магнітом'якого матеріалу, який концентрує магнітне поле магніту 5 в зоні котушки. З боку стрілки до осі 8 одним кінцем прикріплена спіральна пружина 10. Інший кінець пружини прикріплений до важільця 9, поворотом якого можна регулювати натяг спіральної пружини [111].

Під час руху автомобіля від гнучкого вала приводиться в обертання вхідний валик 1 і разом з ним магніт 5. При цьому його магнітний потік пронизує котушку 6, наводячи в ній вихреві струми, які викликають утворення магнітного поля котушки [111].

Два магнітних поля (магніта 5 і котушки 6) взаємодіють між собою таким чином, що на котушку діє крутний момент, напрям якого протилежний, який створює пружина 10. В результаті такої взаємодії двох магнітних полів котушка разом з віссю і стрілкою повернеться а кут, при якому зростаючий момент від сил пружності пружини стане рівним моменту магнітних сил, які діють на котушку.

Оскільки крутний момент котушки 6 пропорційний швидкості обертання магніта 5, а значить і швидкості руху машини, кут повороту котушки і стрілки 11 із збільшенням швидкості зростають [111].

Термокомпенсаційна шайба 4, яка встановлена разом з магнітом 5, нейтралізує вплив коливання температури оточуючого середовища на опір котушки 6. Збільшення опору котушки приводить до зменшення вихрових струмів, які в ній наводяться і, відповідно, до зменшення магнітного потоку, який створюється цими струмами. За

таких умов, шайба 4 забезпечує збільшення магнітного потоку, який пронизує котушку 6 шляхом зміни магнітної проникливості.

Валик 1, в конструкціях більшості спідометрів, обладнаний масляною, яка встановлюється у хвостовій частині спідометра. Вона включає заглушку 3 з отвором і розташований під нею фетровий фільтр 2, який просочений оливою і змащує валик [111].

Привід лічильного вузла пройденого шляху здійснюється від вхідного валика 1 через валики 12 і 13 і три, встановлені послідовно, понижуючі черв'ячні передачі. Черв'ячні передачі забезпечують передавальне відношення 624 або 1000 [111].

За конструкцією лічильні вузли бувають:

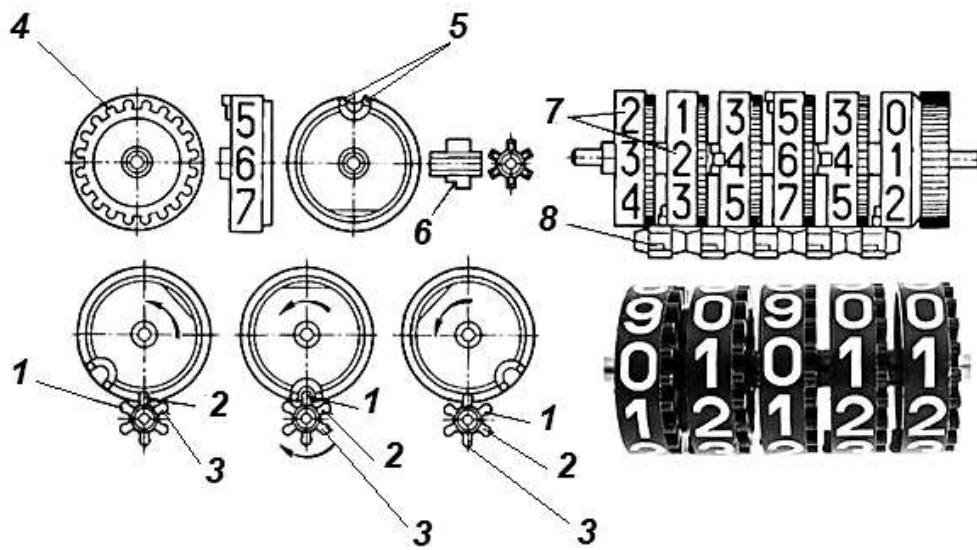
- ✓ з зовнішнім зачепленням лічильних барабанчиків;
- ✓ з внутрішнім зачепленням лічильних барабанчиків [111].

В більшості випадків лічильний вузол має шість барабанчиків, які вільно обертаються на одній осі.

За умови зовнішнього зачеплення (рис. 5.19) кожен барабанчик 7 з одного боку має 20 зубців 4, які знаходяться в постійному зачепленні з зубцями трибків 8 і які також вільно обертаються на своїй осі.

З протилежного від зубців боку барабанчики, окрім крайнього лівого, мають два зубці 5 з впадиною між ними. Кожен трибок має шість зубців. Три зубці трибка з боку двох зубців 5 барабанчика виготовлені коротшими за шириною через один.

Принцип дії спідометра даної конструкції полягає в наступному. Крайній правий барабанчик постійно приводиться в обертання черв'ячною передачею. І в тому випадку, коли два зубці 5 підходять до укороченого зубця трибка, вони захоплюють його і провертають на $1/3$ оберта. При цьому наступний барабанчик провертається на $1/10$ оберта [111].



1,2 – довгі зубці трибка; 2 – вкорочений за довжиною зубець трибка; 4 – зубці барабанчика; 5 – два зубці барабенчика; 6 – виїмка, яка вкорочує зубець трибка; 7 – барабанчик; 8 – трибок

Рис. 5.19. Лічильний вузол одометра з зовнішнім зачепленням [111]

Трибок, який повернувся після повороту встановлюється так, що при наступному проході зубців 5 вони знову захоплять вкорочений зубець. Зупинитися в іншому положення трибок не може, оскільки цього не дозволяють зробити довгі зубці, які ковзають по циліндричній частині барабанчика.

Таким чином забезпечується поворот кожного барабанчика на 1/10 оберта при повному оберті попереднього барабанчика. За такої конструкції через кожні 100000 обертів початкового (правого) барабанчика, повний оберт якого відповідає 1 км пробігу машини, всі барабанчики повертаються у початкове положення і відлік показів починається з нуля. Це означає, що пробіг машини склав 100000 км [111].

5.2.5.2. Спідометри з електричним приводом

Спідометри з електричним приводом мають, переважно, такі ж магнітоіндукційні і лічильні вузли, як і спідометри з механічним приводом.

Електропривід спідометра складається з датчика, який встановлюється на коробці передач, електродвигуна, який обертає привідний валик магнітоіндукційного вузла показчика і пристрою електронного керування електродвигуном. Електродвигун і пристрій керування змонтовані в одному корпусі з магнітоіндукційним вузлом [111].

Датчик електричного приводу являє собою трьохфазний генератор змінного струму, ротором якого слугує постійний чотирьохполюсний магніт. Як і гнучкий вал, ротор датчика приводиться в обертання від вторинного вала коробки передач, або роздавальної коробки.

Під час обертання ротора в кожній фазі статора, обмотки яких з'єднані «зіркою» (рис. 5.20), виробляється змінна синусоїдальна електрорушійна сила, частота якої пропорційна частоті обертання вала коробки передач і, відповідно, швидкості руху мобільної машини. Сигнал кожної фази статора керує транзисторами **VT1**, **VT2** та **VT3**, які працюють в режимі електронного ключа.

Ланцюги колектор-еміттер транзисторів увімкнуті в кола фазних обмоток трьохфазного синхронного двигуна. Ротором електродвигуна слугує чотирьохполюсний постійний магніт. Коли з фазної обмотки датчика на базу відповідного транзистора поступає позитивна напівхвиля електрорушійної сили, то він відкривається і по відповідній фазній обмотці електродвигуна буде протікати струм [111].

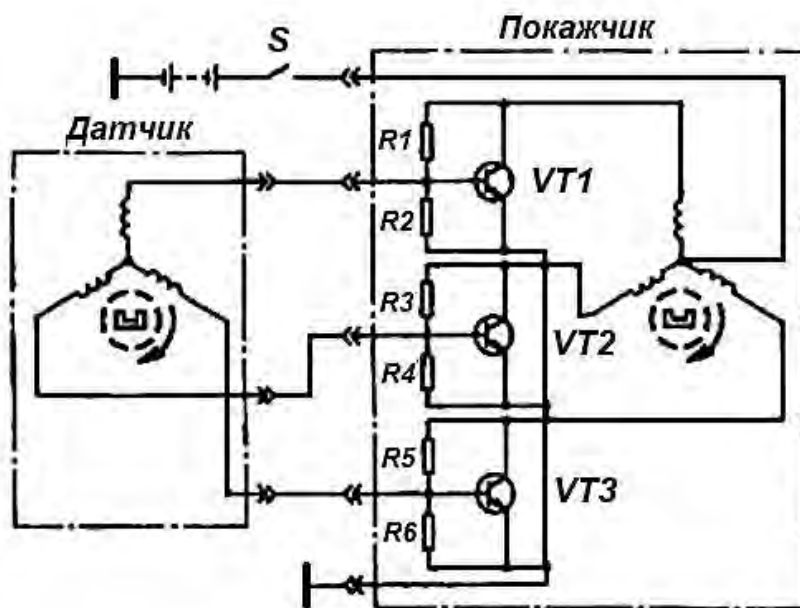


Рис.5.20 Схема спідометра з безконтактним електричним приводом [111]

Оскільки фазні обмотки датчика зсунуті на 120° , то відкриття транзистора також буде зсунуте в часі. Тому магнітне поле статора електродвигуна, яке створюється його обмотками, зсунуте також на 120° , буде обертатися з частотою обертання ротора датчика. Обертове магнітне поле статора, діючи на постійний магніт ротора, приводить його в обертання з тією ж частотою. Резистори **R1 – R6** в схемі електронного ключа покращують умови перемикання транзисторів [111].

5.2.6. Вимірювання частоти обертання (тахометри)

Вимірювачі частоти обертання (тахометри) використовуються на мобільних машинах за умови, якщо є необхідність контролю частоти

обертання відповідальних деталей двигуна, трансмісії, ходової частини тощо. За принципом дії тахометри бувають:

- відцентрові;
- механічні;
- електричні;
- електронні (імпульсні);
- магнітні (індукційні);
- стробоскопічні і інші [111].

На мобільних машинах найбільше поширеними є електричні тахометри, які забезпечують дистанційне вимірювання частоти обертання.

Для вимірювання частоти обертання колінчастого вала дизельного двигуна привід тахометра здійснюється від розподільчого вала двигуна з допомогою гнучкого вала або електроприводу. Тахометри магнітоіндукційного типу встановлюються для контролю частоти обертання колінчастого вала дизеля обладнані електроприводом. Їх конструкція аналогічна конструкції спідометра з електроприводом, але без лічильника пройденого шляху.

На бензинових двигунах для контролю частоти обертання колінчастого вала також використовують електронні тахометри, принцип дії яких ґрунтується на вимірюванні частоти імпульсів, які виникають в первинному колі котушки запалювання системи запалювання. Схема такого електронного тахометра приведена на рис. 5.21 [111].

Електрична схема (див. рис. 5.21) складається з трьох вузлів:

- вузла формування сигналів запуску;
- вузла формування вимірювальних імпульсів;
- стрілкового магнітоелектричного приладу [111].

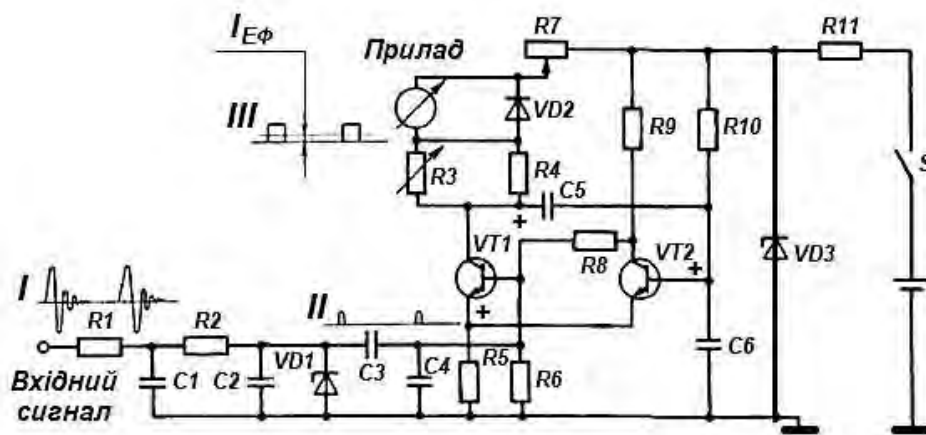


Рис. 5.21. Схема електронного тахометра [111]

На вхід тахометра подається вхідний сигнал I з первинного кола котушки запалювання системи запалювання. Вузол формування імпульсів запуску, який включає резистори $R1$, $R2$, конденсатори $C1$, $C2$, $C3$, $C4$ і стабілітрона $VD1$, виділяє з сигналу I , який має форму затухаючої синусоїди, сигнал II , який має форму одиночного імпульса. Сигнал II надходить на базу транзистора $VT1$ вузла формування вимірювальних імпульсів.

У вихідному стані транзистор $VT2$ відкритий, оскільки через резистори $R11$, $R10$ і $R5$ по ньому протікає струм бази, а конденсатор $C5$ заряджений.

Транзистор $VT1$ в цей час закритий, оскільки потенціал його емітера, викликаний значним падінням напруги на резисторі $R5$, більший за потенціал бази [111].

Коли позитивний імпульс II надходить на базу транзистора $VT1$ останній відкривається. Конденсатор $C5$ заряджається через відкритий транзистор $VT1$, створюючи на базі транзистора $VT2$ від'ємне зміщення, яке забезпечує закриття останнього.

Транзистор **VT1** утримується відкритим струмом бази, який протікає через резистори **R11**, **R9**, **R8** і **R5**. Відкритий транзистор **VT1** забезпечує протікання струму по вимірювальному приладу через резистори **R11**, **R7**, **R3** і **R5** [111].

Тривалість імпульсу **III** струму, який протікає по вимірювальному приладу, визначається часом розряду конденсатора **C5**. Після розряду конденсатора **C5** транзистор **VT2** відкривається через зникнення від'ємного зміщення на його базі, а транзистор **VT1** закривається.

Частота імпульсів (сигналів) **III** струма рівна частоті розмикань первинного кола котушки запалювання системи запалювання. Ефективне значення імпульсів струму $I_{\text{Еф}}$ пропорційне їх частоті і показує прилад.

Змінним резистором **R7** під час налаштування приладу регулюють амплітуду імпульсного струму. Терморезистор **R3** компенсує температурну похибку приладу. Діод **VD2** слугує для захисту транзистора **VT1**. Стабілітрон **VD3** забезпечує стабілізацію напруги живлення приладу [111].

5.2.7. Вимірювання виконаної роботи (тахографи)

Вимірювання виконаної роботи останнім часом практикується на різних типах мобільних машин. В сучасній тракторній техніці, яка обладнана мікропроцесорними приладами передбачена можливість виведення на дисплей і збереження в пам'яті режимів роботи машини, продуктивності праці палива тощо. Важливого значення набули вимірювачі виконаної роботи на автомобільному транспорті. Їх називають тахографами.

Тахограф - контрольний пристрій, який встановлюється на борту автотранспортних засобів і призначений для реєстрації швидкості, режиму праці, відпочинку водіїв і членів екіпажу. Основною відмінною рисою даного приладу від приладів моніторингу іншого типу, є можливість ідентифікації і аутентифікації людини яка керує транспортним засобом [42].

Тахограф є обов'язковим пристроєм для автомобілів, які здійснюють вантажопасажирські міжнародні перевезення. Тахографи виробляються двох типорозмірів [42]:

- круглі, що встановлюються в гніздо спідометра (рис. 5.22);
- радіоформату, що встановлюються в гніздо автомагнітоли (рис 5.23) [42].



Рис. 5.22. Круглий тахограф з записом інформації на діаграмний диск [42]



Рис. 5.23. Цифровий тахограф радіоформату з записом інформації на електронну карту пам'яті і передачі її з використанням модуля GPRS [42]

За типом тахографи бувають цифрові і аналогові (механічні та електронно-програмовані). Тахограф реєструє швидкість руху, пройдений шлях і режим праці або відпочинку водія. Аналіз даних тахографа дозволяє власникам компаній оцінити кваліфікацію логістів та водіїв своїх підприємств.

Принципи дії тахографа засновані на трудовому законодавстві Євросоюзу, європейських правилах швидкісних режимів. Аналогові та цифрові тахографи налаштовані на дев'ятигодинної робочий день одного водія (до 13 годин з ремонтом). Обов'язкову перерву тривалістю сорок п'ять хвилин після чотирьох з половиною годин роботи. Щотижня далекобійник може проводити за кермом 56 годин, за умов двотижневої роботи цей час зменшується до 90 годин [42].

Результатом десятирічної практики застосування тахографів в Європі стали:

- ✓ зниження кількості ДТП на 24%;
- ✓ зменшення аварій вантажівок зі смертельними наслідками на 58%;
- ✓ контроль міжнародного автотранспорту;
- ✓ правовий захист водіїв [42].

Прилад, підключають до замка запалювання і датчика швидкості (як варіант - до коробки передач). При цьому фіксуються максимальні і середні швидкості, час відпочинку, час ремонтів, зміни водія (для екіпажів з двох водіїв) [42, 101].

Контрольним документом тахографа аналогового є діаграмний диск – рис. 5.24, а цифрового – карта пам'яті (в окремих моделях ще і паперова роздруківка – рис. 5.25).



а)



б)

а – діаграмний диск; б - підготовка тахографа до установки діаграмного диска

Рис. 5.24. Контрольний документ аналогового тахографа [101]



Рис. 5.25. Контрольні документи цифрового тахографа [42]

5.3. Панелі приладів

З кожним роком виробники встановлюють на мобільні машини новітні системи з функціями, які мають свої індикатори і покажчики. Особливо це стосується автомобілів. Розібратися в цих індикаторах досить складно, особливо враховуючи те, що на автомобілях різних виробників одна і та ж функція або система може мати індикатор, який зовсім не схожий на індикатор в машині іншої марки.

Виходячи з цього варто привести сутність основних символів, які можуть використовуватися для позначення найбільш важливих функцій механізмів і систем на панелі приладів машини. В табл. 5.1 наведені основні індикатори зведені в групи за призначенням [65].

Таблиця 5.1 – Позначення значків і індикаторів на панелі приладів [65]

Значок, індикатор	Колір індикації	Сутність значка, індикатора
1	2	3
Попаереджуючі індикатори		
	червоний	– задіяне стоянкове гальмо; – низький рівень гальмівної рідини; – ймовірність несправності гальмівної системи
	червоний	
	червоний	– підвищена температура системи охолодження
	синій	– знижена температура
	миготливий	– несправність в електрообладнанні системи охолодження
	Червоний	– знизився до аврійного тиск в системі мащення
	червоний	– низький рівень оливи
	червоний	– датчик рівня оливи в двигуні (Engine Oil Sensor). – рівень оливи (Oil Level) <i>опустився нижче допустимого значення</i>
	жовтий	
	жовтий	
	жовтий	
	червоний	– падіння напруги в мережі автомобіля; – відсутність заряду акумуляторної батареї; – інші несправності в системі електропостачання
	червоний	
Індикатори, які інформують про несправності і відносяться до системи безпеки		
	жовтий	– збій в електронній системі стабілізації

Продовження таблиці 5.1

1	2	3
	червоний	попереджувальний сигнал: – різке падіння тиску оливи; – незакриті двері і тощо. <i>може супроводжуватися пояснювальним текстовим повідомленням на дисплеї панелі приладів</i>
	Червоний	– несправності подушки системи пасивної безпеки (Supplemental Restraint System - SRS)
	червоний	
	червоний	
	жовтий	– відключення подушки безпеки пасажирів, який сидить попереду (Side Airbag Off)
	жовтий	– індикатор, що відповідає за подушку безпеки пасажирів (Passenger Air Bag), даний індикатор відключиться автоматично, якщо на сидіння сяде доросла людина, а індикатор "AIRBAG OFF" повідомляє про несправності в системі
	жовтий	– не працює система бічних подушок безпеки (Roll Sensing Curtain Airbags - RSCA), які спрацьовують при перекиданні машини. Приводом для відключення системи може стати їзда по бездоріжжю, а великий крен кузова при цьому може спровокувати спрацьовування датчиків системи
	жовтий	– вийшла з ладу система передаварійної безпеки (Pre Collision or Crash System - PCS)
	червоний	– індикатор активації іммобілайзера або протиугінної системи
	зелений	

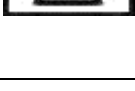
Продовження таблиці 5.1

1	2	3
	червоний	– несправності протиугінної системи; – збої в її роботі протиугінної системи
	червоний	
	червоний	– несправність або перегрів АКПП або інших частин трансмісії
	жовтий	– опис даної несправності потрібно дивитися в керівництві з експлуатації машини
	червоний	– несправність, або перегрів в одному з агрегатів трансмісії. Є небезпека, що автомобіль стане некерованим. Зустрічається найчастіше на спортивних автомобілях
	червоний	– температура в АКПП перевищила допустиму норму (Automatic Transmission - A/T). <i>Продовжувати рух вкрай не рекомендується до тих пір, поки АКПП не охолить</i>
	помаранч. (жовтий)	
	жовтий	
	жовтий	– несправність в електрообладнанні АКПП (Automatic Transmission - AT). <i>Продовжувати руху не рекомендується</i>
	червоний	– індикатор режиму блокування АКПП (A/T Park - P) при позиції «Р» «паркінг» часто встановлюється на автомобілях, які оснащені повним приводом і мають понижуючий ряд в роздавальній коробці. АКПП блокується тоді, коли перемикач режимів повного приводу розташований в позиції (N)
	білий (жовтий)	– Upshift - сигнал переходу на підвищену передачу. Індикатор shift up - лампочка сигналізує необхідність перемикачання на підвищену передачу для максимальної економії палива
	Червоний	– несправність в електро- або гідропідсилювачі керма

Продовження таблиці 5.1

1	2	3
	червоний	– активоване ручне гальмо
	червоний	– рівень гальмівної рідини опустився нижче допустимого
ABS	жовтий	– несправність в системі ABS (Antilock Braking System); – система ABS відключена навмисно
	жовтий	
	жовтий	
ANTILOCK	жовтий	
ANTI LOCK	жовтий	
	жовтий	– знос гальмівних колодок досяг граничного рівня
	жовтий	– система розподілу гальмівних зусиль несправна
	жовтий	– вихід з ладу системи електричного стоянкового гальма
	жовтий	– при включеному запалюванні інформує про необхідність натискання педалі гальма, для того, щоб розблокувати перемикач передач АКПП
	жовтий	– попереджає про падіння тиску повітря більш ніж на 25% від номінального значення, в одному або декількох класах
	жовтий	
ENG A-STOP	зелений	– індикатор системи Start-Stop говорить про те, що двигун заглушений
ENG A-STOP	жовтий	– несправності в системі Start-Stop
	жовтий	– зниження потужності двигуна з яких-небудь причин. Зупинка двигуна і перезапуск орієнтовно через 10 секунд іноді може вирішити проблему

Продовження таблиці 5.1

1	2	3
	жовтий	– неполадки в електроніці трансмісії або роботі двигуна. Може інформувати про несправності системи впорскування або іммобілайзера
	жовтий	– при запущеному двигуні попереджає про необхідність діагностики мотора і його систем. Може супроводжуватися відключенням деяких систем автомобіля до тих пір, поки не будуть усунуті несправності. Система EPC контролю потужності (Electronic Power Control) при виявленні несправності в моторі примусово знизить подачу палива
	жовтий	
	жовтий	
	жовтий	
	жовтий	
	жовтий	
	зелений на жовтому фоні	– забруднений або вийшов з ладу кисневий датчик (лямбда-зонд). <i>Продовжувати рух не бажано, так як цей датчик має прямий вплив на роботу системи впорскування</i>
	жовтий	– перегрів або несправність каталітичного нейтралізатора. <i>Зазвичай супроводжується падінням потужності двигуна</i>
	жовтий	– необхідно перевірити кришку паливного бака
	жовтий	
	жовтий	– інформує водія про включення іншого індикатора або про появу нового повідомлення на дисплеї панелі приладів. <i>Сигналізує про потребу виконати якісь сервісні функції</i>
	жовтий	– повідомляє, що водій повинен звернутися до інструкції з експлуатації авто, щоб розшифрувати повідомлення, що з'явилося на дисплеї панелі приладів

Продовження таблиці 5.1

1	2	3
	жовтий	– в системі охолодження двигуна рівень охолоджувальної рідини нижче допустимого
	червоний	
	жовтий	
	жовтий	
	жовтий	
	жовтий	– вийшла з ладу електронна дросельна заслінка (ETC)
	жовтий	– відключена або несправна система стеження (Blind Spot - BSM) за невидимими зонами
BSM	жовтий	
BSM OFF	жовтий	
	червоний (помаранч)	– попередження про необхідність проведення планового техобслуговування автомобіля, (OIL CHANGE) зміни оливи тощо. <i>У деяких автомобілях перший індикатор вказує на наявність більш серйозних проблем</i>
	червоний (помаранч)	
MAINT REQD	жовтий	
	жовтий	
	жовтий	– повітряний фільтр системи живлення двигуна забруднений, необхідна його заміна
NIGHT VIEW	жовтий	– в системі нічного бачення виникла несправність (Night View) / перегоріли інфрачервоні датчики
	жовтий	– вимкнута підвищуюча передача «овердрайв» (Overdrive - O/D) в АКПП

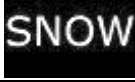
Продовження таблиці 5.1

1	2	3
<i>Системи допомоги в критичних ситуаціях і стабілізації</i>		
	зелений	– антипробуксовочна система (Traction and Active Traction Control, Dynamic Traction Control (DTC), Traction Control System (TCS)) включена і працює
	зелений	
	Жовтий	– антипробуксовочна система (Traction and Active Traction Control, Dynamic Traction Control (DTC), Traction Control System (TCS)) відключена або в її роботі стався збій. <i>Оскільки ця система вона пов'язана з гальмівною системою і системою подачі палива, то несправності в даних системах можуть викликати її відключення</i>
	жовтий	
	жовтий	
	жовтий	
	жовтий	
	жовтий	– неполадки в одній з двох систем допомоги при екстремному гальмуванні (Electronic Stability Program - ESP) і стабілізації (Brake Assist System - BAS). <i>Ці дві системи взаємнопов'язані</i>
	жовтий	– несправність в системі кінетичної стабілізації підвіски (Kinetic Dynamic Suspension System - KDSS)
	зелений	– індикатори системи спуску / підйому з гори, системи підтримування постійної швидкості і системи допомоги при рушанні з місця
	зелений	
	зелений	
	зелений	
	зелений	
	жовтий	– системі необхідна діагностика або задіяний повний привід

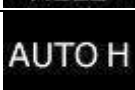
Продовження таблиці 5.1

1	2	3
	жовтий	– індикатор системи стабілізації Electronic Stability Program (ESP) або Dynamic Stability Control (DSC). На автомобілях деяких виробників, цей індикатор позначає диференціал з електронним блокуванням Electronic Differential Lock (EDL) і антипробуксовочну систему Anti-Slip Regulation (ASR)
	жовтий	– система стабілізації (Stability Control) відключена. Також вона автоматично деактивується коли світиться індикатор "Check Engine". Кожен виробник називає систему стабілізації по-різному: автоматичний контроль стабільності (ASC), AdvanceTrac, динамічний контроль стійкості та тяги (DSTC), динамічний контроль стійкості (DSC), інтерактивна динаміка транспортних засобів (IVD), електронний контроль стабільності (ESC), StabiliTrak, транспортний засіб Dynamic Control (VDC), Precision Control System (PCS), Vehicle Stability Assist (VSA), Vehicle Dynamics Control Systems (VDCS), Vehicle Stability Control (VSC) і т.д. При об'їзді кочухання коліс, за допомогою системи гальм, управління підвіскою і подачі палива, система стабілізації вирівнює автомобіль на дорозі
	жовтий	
	жовтий	
	жовтий	
	жовтий	
	жовтий	– збій в системі допомоги при екстремому гальмуванні Brake Assist System (BAS). Даний збій тягне за собою деактивацію системи Electronic Anti-Slip Regulation (ASR)
	жовтий	– індикатор, що інформує водія про те, що зафіксовано ковзання машини і система стабілізації розпочала роботу

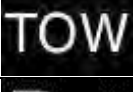
Продовження таблиці 5.1

1	2	3
	жовтий	– деактивовано систему інтелектуальної допомоги при екстреному гальмуванні (Intelligent Brake Assist - IBA). Дана система здатна самостійно задіяти гальмівну систему при виникненні перешкоди в небезпечній близькості від машини. Якщо система включена, а індикатор світиться, значить забруднилися або вийшли з ладу лазерні датчики системи
	жовтий	– система стабілізації не функціонує або несправна. Автомобіль управляється нормально, але допомога електроніки відсутня
	жовтий	
	жовтий	
	жовтий	
Індикатори додаткових і спеціальних систем		
	червоний	– відсутній/присутній електронний ключ в машині
	зелений	
	жовтий	
	жовтий	– електронний ключ відсутній в автомобілі
	жовтий	– електронний ключ знайдений, але батареї ключа необхідна заміна
	жовтий	– активований режим «Сніг» (Snow Mode). Даний режим підтримує підвищені передачі при рушанні з місця і рух
	жовтий	
	зелений	– індикатор легкого доступу в машину, обладнаний системою регулювання висоти положення кузова над дорогою

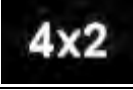
Продовження таблиці 5.1

1	2	3
	жовтий	– індикатор, який пропонує водієві відпочити від тривалого водіння. На деяких автомобілях супроводжується текстовим повідомленням на дисплеї або звуковим сигналом
	червоний	– інформує про небезпечне скорочення відстані до машини, яка рухається попереду автомобіля або про те, що на шляху з'явилися перешкоди. <i>На деяких автомобілях може бути частиною системи «Круїз-контроль»</i>
	зелений	– увімкнено активований адаптивний круїз-контроль (Adaptive Cruise Control - ACC) або круїз-контроль (Cruise Control). Система підтримує необхідну швидкість, для того, щоб зберегти безпечну дистанцію до машини, яка рухається попереду автомобіля. Якщо індикатор мигає, то це інформує про виникнення несправностей системи
	зелений	
	зелений	
	зелений	
	зелений	
	жовтий (помаранч)	– лампа-індикатор включення обігріву заднього скла. Лампа горить коли включено запалювання, вказує на те що обігрівається заднє скло. Включається відповідною кнопкою
	зелений	– система (гальмівна система) допомоги рушання під гору активована (Brake Hold). Розгальмовування відбудеться після того, як буде натиснута педаль газу
	зелений	
	зелений	
	зелений	– індикація вмикання спортивного режиму роботи амортизаторів (Sport Suspension Setting)
	зелений	– індикація вмикання комфортного режиму роботи амортизаторів (Comfort Suspension Setting)

Продовження таблиці 5.1

1	2	3
	жовтий	– на автомобілях обладнаних пневматичною підвіскою, даний індикатор вказує висоту положення кузова над дорогою. <i>Більш високе положення в даному випадку (HEIGHT HIGH)</i>
	жовтий	– повідомляє про ймовірні несправності в ходовій частині, попереджає про необхідність її перевірки. (Check Suspension - CK SUSP)
	жовтий	– несправна або відключена система попередження зіткнень (Collision Mitigation Brake System - CMBS). <i>Причиною може стати забруднення датчиків-радарів</i>
	жовтий	– активований режим руху з причепом (Tow Mode)
	зелений	
	зелений	– активована система допомоги при паркуванні (Park Assist)
	жовтий	– стався збій в роботі або забруднилися датчики системи допомоги при паркуванні (Park Assist)
	зелений	– включена система відстеження смуги руху (Lane Departure Warning Indicator - LDW, Lane Keeping Assist - LKA, або Lane Departure Prevention - LDP)
	жовтий мигає	– індикатор системи відстеження смуги руху. Жовтий миготливий колір індикатора попереджає про те, що автомобіль зміщується зі своєї смуги вліво або вправо. <i>Іноді супроводжується звуковим сигналом</i>
	жовтий не мигає	– несправність системи відстеження смуги. Жовтий немиготливий вказує на несправність. Зелений система включена

Продовження таблиці 5.1

1	2	3
	зелений	– включена система відстеження смуги руху
	жовтий мигає	– індикатор системи відстеження смуги руху. Жовтий миготливий колір індикатора попереджає про те, що автомобіль зміщується зі своєї смуги вліво або вправо. <i>Іноді супроводжується звуковим сигналом</i>
	жовтий не мигає	– несправність системи відстеження смуги. Жовтий немиготливий вказує на несправність. Зелений - система включена
	жовтий	– несправність в системі «Start/Stop», яка здатна в цілях економії палива глушити двигун, при зупинці на червоний сигнал світлофора, і запускати його знову при натисканні на педаль газу
	жовтий	
	зелений	– активація режиму економії палива
	зелений	– автомобіль переведений в режим економічного руху (ECO MODE)
	зелений	
	зелений	– інформує водія, коли краще перейти на підвищену передачу в цілях економії палива. <i>Зазвичай присутній на автомобілях з механічною коробкою передач</i>
	зелений	
	жовтий	– трансмісія перейшла в режим заднього приводу
	жовтий	– трансмісія в режимі заднього приводу, але в разі необхідності, електронікою автоматично включається повний привід
	жовтий	– режим повного приводу увімкнено
	жовтий	

Продовження таблиці 5.1

1	2	3
	жовтий	– активований режим повного приводу із знижуючим рядом в роздавальній коробці
	жовтий	
	жовтий	– центральний міжосьовий диференціал заблокований, автомобіль в режимі «жорсткого» повного приводу
	жовтий	
	жовтий	
	жовтий	– задній міжколісний диференціал заблокований
	жовтий	
	жовтий	– повний привід деактивовано
	жовтий	– у повному приводі виявлена несправність
	жовтий	– при запущеному двигуні може інформувати про неполадки системи повного приводу (4 Wheel Drive - 4WD, All Wheel Drive - AWD); – може повідомляти про розбіжності діаметра коліс задньої і передньої осі
	жовтий	
	жовтий	– несправність системи повного приводу (Super Handling - SH, All Wheel Drive - AWD). <i>Ймовірно перегрівся диференціал</i>
	червоний	– температура оливи в задньому диференціалі перевищила допустиму (Rear Differential Temperature). <i>Бажано зупинитися і почекати, коли диференціал охолодиться</i>
	жовтий	– при запущеному двигуні інформує про те, що виникла несправність в системі активного підрулення (4 Wheel Active Steer - 4WAS)

Продовження таблиці 5.1

1	2	3
	жовтий	– несправність, пов'язана з системою активного підрулення задніх коліс (Rear Active Steer - RAS) або система деактивовано. Несправності в системі двигуна, підвіски або гальм можуть викликати відключення RAS
	зелений	– функція рушання з місця з підвищеної передачі активована. <i>Часто використовується на автомобілях з автоматичною КПП, при їзді по слизькому дорожньому покриттю</i>
	жовтий	– індикатор загоряється на кілька секунд, після того, як було включено запалювання. <i>встановлений на автомобілях, які обладнані варіатором (Continuously Variable Transmission - CVT)</i>
	червоний	– несправність рульового управління, із змінним передавальним числом (Variable Gear Ratio Steering - VGRS)
	зелений	– індикатори системи перемикання режимів руху «SPORT», «POWER», «COMFORT», «SNOW» (Electronic Throttle Control System - ETCS, Electronically Controlled Transmission - ECT, Elektronische Motorleistungsregelung, Electronic Throttle Control). <i>Може змінювати налаштування підвіски, АКПП і двигуна</i>
	жовтий	
	жовтий	
	зелений	– режим «POWER» (PWR) активований, на автоматичній КПП, при цьому режимі перемикання «нагору» відбуваються пізніше, що дозволяє максимально збільшити оберти двигуна до більш високих, що дозволить отримати велику вихідну потужність. Може змінювати налаштування подачі палива і підвіски
	жовтий	– несправності електроприводу автомобіля. <i>Аналог «Check Engine»</i>

Продовження таблиці 5.1

1	2	3
	червоний	– несправність головної батареї або в контурі високої напруги
	червоний	
	червоний	– низький рівень заряду високовольтної батареї
	жовтий	– потрібна підзарядка батарей
	жовтий	– інформація про істотне зниження потужності
	жовтий	– батарея в процесі зарядки
	зелений	
	зелений	– машина-гібрид в режимі руху на електротязі. EV (electric vehicle) MODE
	зелений	
	зелений	– індикатор повідомляє про те, що автомобіль готовий до руху (Hybrid Ready)
	зелений	
	червоний	– несправна система зовнішнього звукового попередження пішоходів про наближення автомобіля
	жовтий	
	червоний	– виявлена критична (<u>червоний колір</u>) і не критична (<u>жовтий колір</u>) несправність в електромобілі. Якщо індикатор світиться червоним, рух продовжувати категорично не рекомендується! <i>Іноді має можливість знизити потужність, або зупинити двигун</i>
	жовтий	
Індикатори, якими обладнані автомобілі з дизельними двигунами		
		– активовані свічки розжарювання. Індикатор повинен гаснути після прогріву, відключення свічок

Продовження таблиці 5.1

1	2	3
	жовтий	– індикатори фільтра макрочасток (сажовий фільтр) Diesel Particulate Filter (DPF)
	жовтий	
	жовтий	– нестача рідини (Diesel Exhaust Fluid - DEF) в системі вихлопу, дана рідина необхідна для каталітичної реакції очищення відпрацьованих газів
	жовтий	– несправність в системі очищення відпрацьованих газів. <i>Причиною загорання індикатора може стати занадто високий рівень емісії</i>
	жовтий	– індикатор повідомляє, що в паливі присутня вода (Water in Fuel), так само може повідомляти про необхідність обслуговування системи очищення палива (Diesel Fuel Conditioning Module - DFCM)
	жовтий	
	жовтий	
	жовтий	– індикатор несправності в електронних систем авто або наявності води в дизпаливі (значок кардіограми)
	жовтий	– сигнал T-BELT; Індикатор необхідності заміни ременя ГРМ. <i>Горить при включенні запалювання, інформуючи про справності, а при запуску двигуна гасне. Інформує коли наближається рубіж 100 000 км, і сигналізує що пора міняти ремінь ГРМ. Якщо лампа горить при роботі мотора, а на спідометрі і близько немає 100 000 км, значить ваш спідометр скручений</i>
<i>Індикатори зовнішніх світлових приладів</i>		
	зелений	– індикатор активації зовнішнього освітлення
	синій	– далеке світло включене

Продовження таблиці 5.1

1	2	3
	зелений	– не працює одна або більше ламп зовнішнього освітлення. <i>Причиною може стати несправність в ланцюзі</i>
	жовтий	
	зелений	– система автоматичного перемикавання між дальнім і ближнім світлом активована
	зелений	
	жовтий	– несправність системи авторегулювання кута нахилу світла фар головного світла
	жовтий	
	жовтий	– система адаптивних фар (Adaptive Front-lighting System - AFS) відключена, якщо індикатор блимає, значить виявлена несправність
	жовтий	
	зелений	– активна система автовключення фар ближнього світла в денний час (Daytime Running Lamps - DRL)
	зелений	
	жовтий	– несправність однієї або більше ламп стоп-сигналу (заднього ліхтаря)
	зелений	– габаритні вогні увімкнені
	зелений	– протитуманні фари увімкнені
	жовтий	– задні протитуманні фари увімкнені.
	зелений	– активований сигнал повороту або аварійна сигналізація
<i>Додаткові індикатори</i>		
	червоний	– нагадує про те, що ремінь безпеки не пристебнутий
	червоний	– не закриті багажник / капот / двері

Продовження таблиці 5.1

1	2	3
	жовтий	– закінчується паливо
	жовтий	– закінчується рідина в омивачі вітрового скла

Виходячи з змісту табл. 5.1. можна підсумувати, що основними кольорами індикаторів, які розташовують на панелі приладів є:

- червоний;
- жовтий;
- зелений.

Червоні значки (індикатори) говорять про небезпеку, і якщо загоряється якесь позначення таким кольором, варто звернути увагу на сигнал бортового комп'ютера, щоб вжити заходів щодо швидкого усунення несправності. Іноді вони не настільки критичні, і продовжувати рух автомобіля, коли горить такий значок на панелі, можна, а іноді не варто.

Жовті індикатори попереджають про несправності, необхідність провеення якихось дії з управління автомобілем, або його обслуговування.

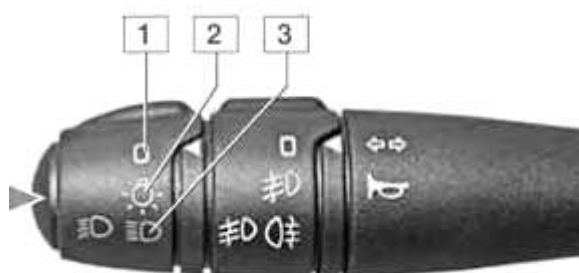
Зелений колір індикаторів інформуює про роботу тієї чи іншої системи, агрегату або вузла, активність сервісних функцій автомобіля.

Крім того, світіння індикаторів може бути реалізоване і іншими відтінками. Індикатори разом з контрольно-вимірювальними приладами розташовані на панелі приладів в різних комбінаціях. Не стандартні (пілотні) варіанти панелей приладів приведені в заставках до розділу, однак відомі виробники мобільних машин притримуються більш простіших комбінацій приладів та їх панелей – рис. 5.26.



1 – тахометр; 2 – сигналізатор недостатнього (аварійного) тиску оливи в системі мащення двигуна; 3 – сигналізатор вмикання фари протитуманного освітлення в лівому задньому ліхтарі; 4 – сигналізатор вмикання далекого світла фар; 5 – сигналізатор відсутності заряду акумуляторної батареї; 6 – сигналізатор показчиків лівого повороту; 7 – багатофункціональний дисплей бортового комп'ютера; 8 – сигналізатор показчиків правого повороту; 9 – сигналізатор заблокованої системи гальм (ABS); 10 – сигналізатор несправності приводу електронної дросельної заслінки EPC (Electronic Power Control); 11 – сигналізатор несправності системи управління двигуном і каталітичного нейтралізатора відпрацьованих газів; 12 – сигналізатор не застібнутого ременя безпеки водія; 13 – сигналізатор не натиснутої педалі гальм (для автомобілів з автоматичною коробкою передач); 14 – сигналізатор низького рівня палива в баку; 15 – сигналізатор несправності подушок безпеки переднятягувачів ременів безпеки; 16 – сигналізатор не закритих дверей; 17 – сигналізатор не достатнього рівня рідини в бачку гідроприводів гальм і зчеплення, або несправності гальмівної системи; 18 – спідометр; 19 – кнопка скидання показів лічильника добового пробігу; 20 – кнопка налаштування годинника; 21 – сигналізатор несправності рульового керування; 22 – сигналізатор вмикання стоянкового гальма; 23 – сигналізатор температури охолодної рідини

Рис. 5.26. Комбінація приладів автомобіля Volkswagen Polo [29]



РОЗДІЛ 6.

ПРИЛАДИ ОСВІТЛЕННЯ І СВІТЛОВОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ

6.1. Загальні відомості

Прилади освітлення та світлової сигналізації відіграють важливу роль у підвищенні продуктивності машини та безпеки руху в темну пору доби. У цей час відбувається близько 50 % дорожньо-транспортних пригод, хоча кількість машин на дорогах істотно менша ніж удень. Уночі також трапляється більше дорожньо-транспортних пригод зі смертельними наслідками, оскільки на світлі зіниця ока людини звужується за 2 ... 5 с, а в темряві вона розширюється за 15 ... 300 с. Отже засліплення на деякий час позбавляє водія можливості бачити, а це спричинює аварії.

Прилади освітлення і світлової сигналізації призначені для освітлення дороги, передачі інформації про габаритні розміри машини, запланований, або здійснюваний маневр, для освітлення номерного знака, кабіни, салона, контрольно-вимірювальних приладів, багажника, підкапотного простору тощо.

Робота приладів освітлення ґрунтується на принципах генерування випромінювання, розподілу і перерозподілу в просторі електромагнітних випромінювань оптичної області спектра. Органами зору сприймається видиме випромінювання з довжиною хвилі λ в діапазоні 380 ... 760 нм. При сукупній (одночасній) дії, випромінювання даного діапазону сприймається органом зору як біле світло, яке в свою чергу складається з однорідних випромінювань – табл. 6.1

Таблиця 6.1 – Спектри світлового випромінювання і їх характеристики

Кольоровий спектр	Довжина хвилі, нм
Червоний	770 ... 620
Рожевий	620 ... 590
Жовтий	590 ... 560
Зелений	560 ... 500
Голубий	500 ... 480
Синій	480 ... 450
Фіолетовий	450 ... 380

Органи зору володіють вибірковою здатністю до окремих діапазонів видимого спектру. Найбільшу спектральну чутливість око людини проявляє до випромінювання з довжиною хвилі 565 нм (жовто-зелений колір).

На автомобілях встановлюють різні за призначенням, конструкцією, електричними і світлотехнічним параметрам світлові прилади. До обов'язкового комплексу світлових приладів всіх машин (переважно автомобілів) входять не менше:

- ✓ двох фар далекого і близького світла;
- ✓ по два габаритних вогні спереду і позаду;
- ✓ по два покажчики повороту спереду і позаду;

- ✓ два світлоповертачі розміщені позаду;
- ✓ один ліхтар освітлення номерного знака розміщений позаду.

В якості додаткових світлосигнальних приладів встановлюються:

- контурні вогні;
- бічні повторювачі показчиків повороту;
- розпізнавальні знаки автопоїзда і причепів;
- бічні світлоповертачі;
- вогні пріоритетного проїзду;
- денні ходові вогні.

До необов'язкових світлових приладів відносяться:

- протитуманні фари;
- фари-прожектори;
- прожектори-шукачі;
- задні протитуманні фари;
- ліхтарі заднього ходу;
- ліхтарі збільшення габариту машини;
- бічні габаритні і стоянкові вогні.

Велика кількість світлових приладів на мобільній машині не повинна викликати труднощів при їх розпізнанні учасниками дорожнього руху. Для цього використовується система кодування інформації, яка поступає від світлових приладів. До кодуючих елементів відносять:

- ❖ кількість одночасно працюючих світлових приладів;
- ❖ розміщення одночасно працюючих світлових приладів на мобільній машині (транспортному засобі);
- ❖ режими роботи світлових приладів;

- ❖ відстань між світловими приладами, які одночасно працюють;
- ❖ форма світловипромінювальної поверхні;
- ❖ колір випромінюваного світла;
- ❖ інтенсивність випромінювання в межах одного кольору.

Виконання міжнародних перевезень та експорт автомобілів потребують дотримання правил міжнародної регламентації щодо приладів освітлення та світлової сигналізації всіма учасниками цих процесів.

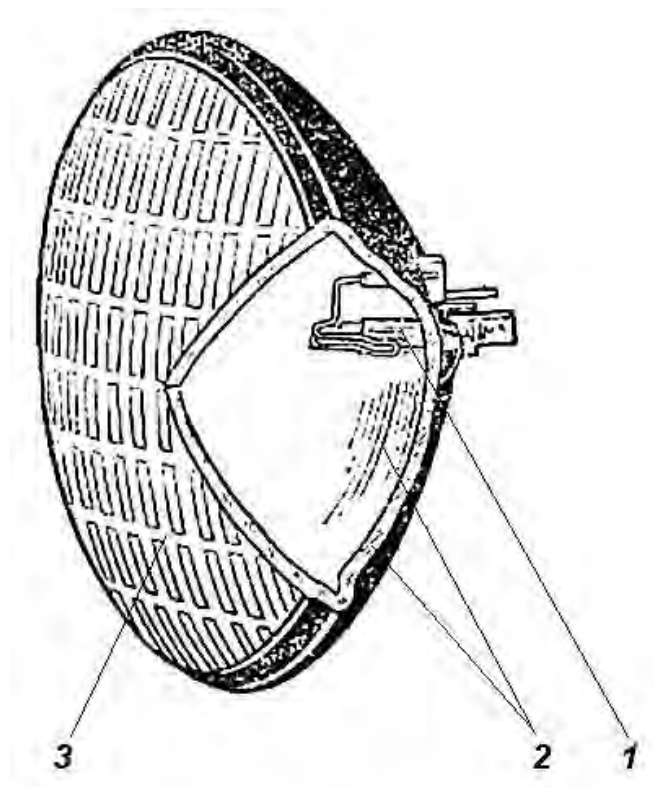
6.2. Світлові прилади

На сучасних мобільних машинах з метою підвищення ефективності та безпеки їх експлуатації встановлюється дуже велика кількість світлових приладів. Всі наявні на машині світлові прилади можна розділити на дві групи:

- освітлювальні прилади;
- світлосигнальні прилади.

Світловий потік освітлювального приладу сприймається після відбиття від дороги, або об'єкта на дорозі, а світловий потік світлосигнального приладу спостерігач сприймає безпосередньо. Фари і ліхтарі заднього ходу можна вважати і освітлювальними і світлосигнальними приладами. Водій автомобіля на якому вони встановлені, сприймає їх світловий пучок після відбиття від дороги і об'єктів, що спостерігаються, а інші учасники дорожньої обстановки – безпосередньо.

Світлові прилади перетворюють електричну енергію в світловий пучок певної структури (відповідним чином організовану сукупність напрямків випромінювання світла) і спектра (колір випромінювання). Оптична система світлового приладу, яка забезпечує необхідну структуру і спектр світлового пучка, включає лампу 1, відбивач 2 і розсіювач 3 – рис. 6.1 [71].



1 - лампа; 2 - відбивач; 3 - розсіювач

Рис. 6.1. Оптична система світлового приладу [71]

Лампа є джерелом світла.

Відбивач, зазвичай виконаний у вигляді параболоїда обертання, концентрує світловий потік, який випускає лампа в бажаному тілесному куті.

Розсіювач, виконаний з прозорого матеріалу, перерозподіляє світловий потік в вертикальній і горизонтальній площинах з допомогою лінз і призм на його внутрішній поверхні і, за необхідності, змінює колір випромінюваного світла.

6.3. Світлотехнічні параметри світлових приладів

З метою аналізу роботи та порівняння світлових приладів різних конструкцій використовують їх світлотехнічні параметри.

До основних світлотехнічних параметрів світлових приладів належать:

- *активна поверхня оптичної системи* (дзеркальна поверхня відбивача);
- *світловий отвір* (проекція активної поверхні оптичної системи на площину, яка перпендикулярна оптичній осі. Оптична вісь світлового приладу – це вісь його симетрії);
- *фокус оптичної системи* (промені, які падають на активну поверхню відбивача паралельно оптичній осі відбиваються від нього і збираються в одній точці, яка розміщена, як правило, на оптичній осі і називається фокусом);
- *фокусна відстань оптичної системи* (відрізок, виміряний від вершини відбивача до фокуса);
- *тілесний кут обхвату активної поверхні ω* (кут в межах якого поверхню оптичної системи видно з фокуса);
- *плоский кут обхвату активної поверхні φ* (переріз тілесного кута обхвату меридіональною площиною, яка проходить через вісь обертання параболоїда);

- *кут випромінювання оптичної системи* (тілесний кут, в якому сконцентрований відбитий активною поверхнею світловий потік, який вже покинув систему);
- *коефіцієнт відбиття оптичної системи* (відношення відбитого світлового потоку до світлового потоку, який падає на поверхню відбиття);
- *коефіцієнт пропускання розсіювача* (відношення світлового потоку, який пройшов крізь поверхню розсіювача до світлового потоку, який падає на неї);
- *коефіцієнт поглинання розсіювача* (відношення світлового потоку, який поглинається світловою системою до світлового потоку, який нею створюється).

Як вже вказувалось вище прилади освітлення поділяються на освітлювальні і світлосигнальні. Головними представниками приладів освітлення на мобільній машині є фари головного освітлення, а світлосигнальних – покажчики поворотів, габаритні вогні, задні ліхтарі тощо.

Нижче розглянуто особливості конструкцій різних типів світлових приладів різного призначення, які визначають їх світлотехнічні характеристики.

6.4. Головне освітлення мобільних машин

6.4.1. Фари головного освітлення

Фари головного освітлення випромінюють біле, або селективно жовте світло .

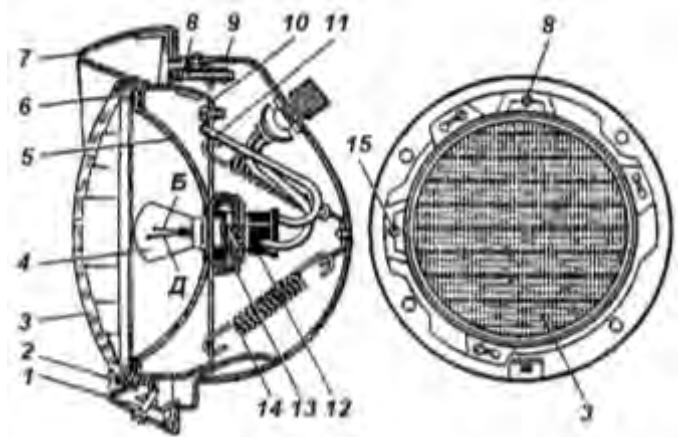
Класифікація фар головного освітлення:

✓ за конструктивним виконанням:

○ круглі (застарілі за конструкцією, але ще достатньо поширені на різних типах мобільних машин – рис. 6.2);



а)



б)

а – загальний вигляд; б – будова; 1 — гвинт; 2, 7 — ободи; 3 — розсіювач; 4 — лампа; 5 — відбивач; 6 — прокладка; 8, 15 — гвинти, відповідно, вертикального й горизонтального регулювання; 9 — корпус; 10 — кільце; 11 — провідник; 12 — колодка; 13 — патрон; 14 — пружина

Рис. 6.2. Кругла фара головного освітлення [10]

○ прямокутні (утворені шляхом зрізу відбивача оптичного елемента круглої форми діаметром до 250 мм зверху і знизу, вертикальний розмір цієї фари зменшено до 140 мм – рис. 6.3);

✓ за типом джерела світла:

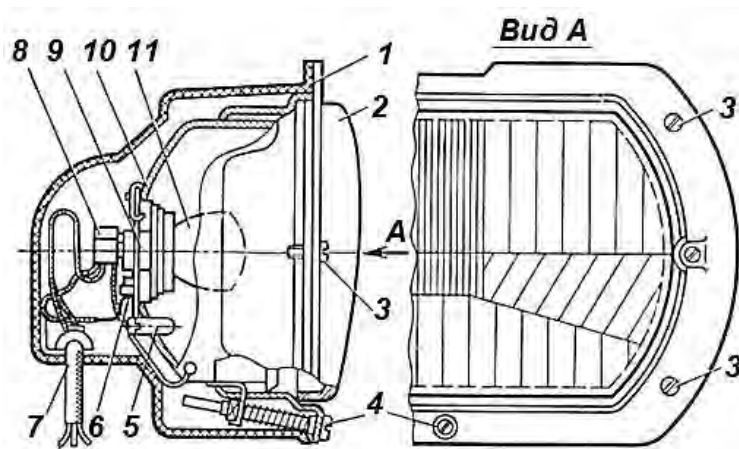
- з лампами розжарювання;
- з галогенними лампами;
- з ксеноновими лампами;
- світлодіодні;
- лазерні;



а)



б)



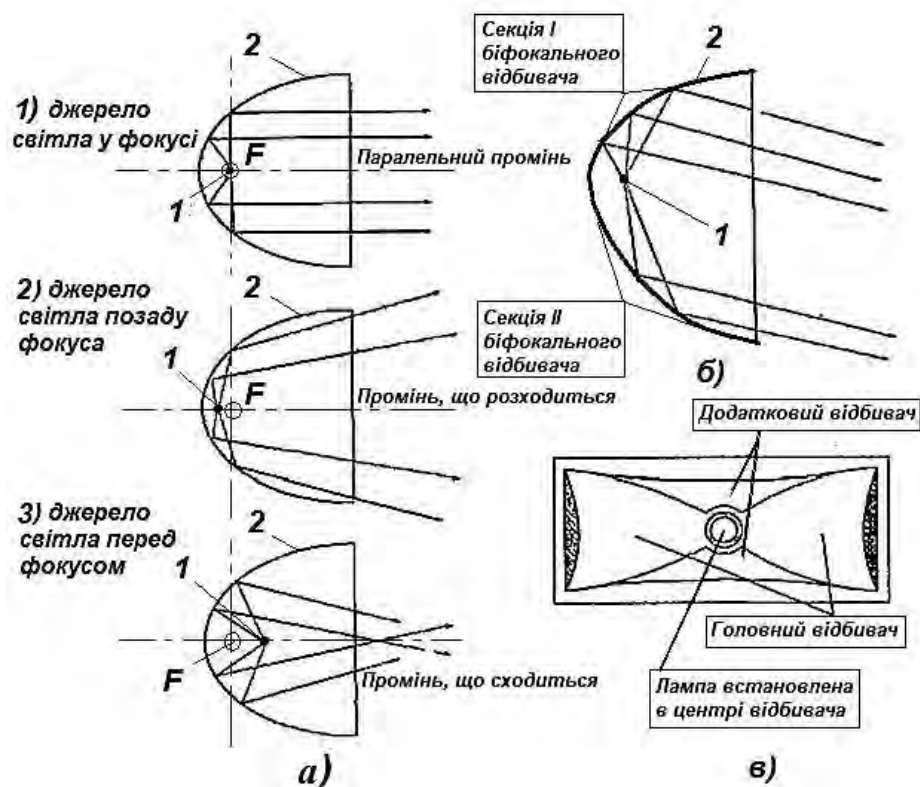
в)

а – вигляд зпереду; б – вигляд ззаду; в – загальна будова; 1 - кожух; 2 - розсіювач; 3 - гвинт кріплення; 4 - регулювальний гвинт; 5 - лампа габаритного вогню; 6 і 7 - провідники; 8- штекерна колодка; 9 - вузол кріплення; 10 - корпус; 11 - лампа фари

Рис. 6.3. Прямокутна фара головного освітлення [62]

✓ за типом відбивача:

○ параболоїдний (утворений в результаті обертання параболі навколо осі – рис. 6.4 а, параболоїдний відбивач прямокутної фари має співвідношення основних розмірів, показане на рис. 6.5);



а – параболоїдний відбивач і варіанти розташування джерела світла для нього; б – біфокальний відбивач; в – гомофокальний відбивач; F – фокус; 1 – джерело світла (лампа); 2 - відбивач

Рис. 6.4. Відбивачі головного освітлення [5]

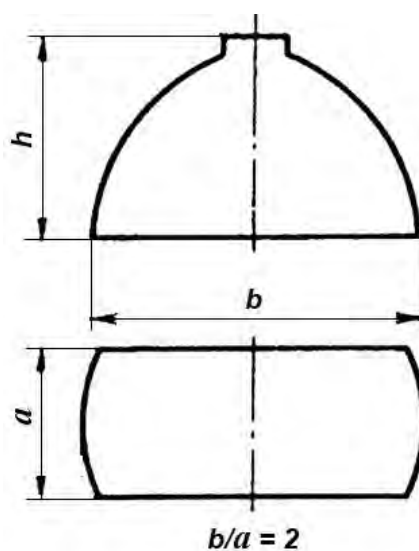


Рис. 6.5. Відбивач прямокутної фари

- біфокальний (біфокальний відбивач (див. рис. 6.4 б), як і передбачає його назва, має дві секції відбиття з різною фокусною відстанню. Це допомагає використовувати більше світла, що падає на нижню частину відбивача. Параболічна секція в нижній частині має конфігурацію, яка дозволяє відбивати світло вниз, чим покращує освітлення ближньої зони безпосередньо перед транспортним засобом. Так конструкція відбивача не розрахована для роботи з лампами, які мають дві нитки, тому він використовується тільки на транспортних засобах з системою чотирьох фар [5]);

- гомофокальний, або співфокусний (в об'ємному просторі відбивача об'єднано декілька зрізаних параболоїдних відбивачів з різними фокусними відстанями при суміщених фокусах – рис. – 6.4 в. Ця конструкція дозволяє отримати більш коротку фокусну відстань і, отже, модуль в цілому буде мати менші розміри по глибині. Ефективний світловий потік також збільшується. Для отримання далекого і ближнього світла в модулі застосовується лампа з двома нитками. Світло від головної секції відбивача забезпечує освітлення на великій дальності, а допоміжні відбивачі покращують освітлення ближньої і бічної областей. Конструктивне рішення і основні співвідношення гомофокального відбивача показані на рис. 6.6);

- змінно-фокусний, або без ступеневий, або еліпсоїдний (відсутні параболоїдні ділянки, а оптимальна форма відбивача створюється за рахунок адаптації відповідній конкретній схемі розподілу світла, як це відбувається на екрані дисплею. В еліпсоїдних фарах використовується проєктивний принцип, який полягає в світлорозподіленні за допомогою

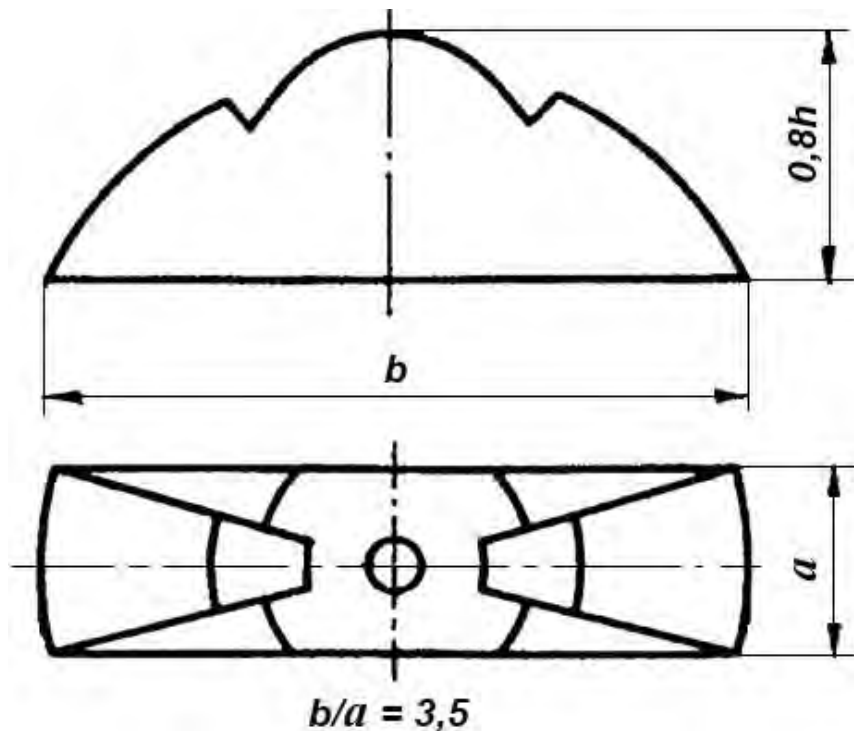
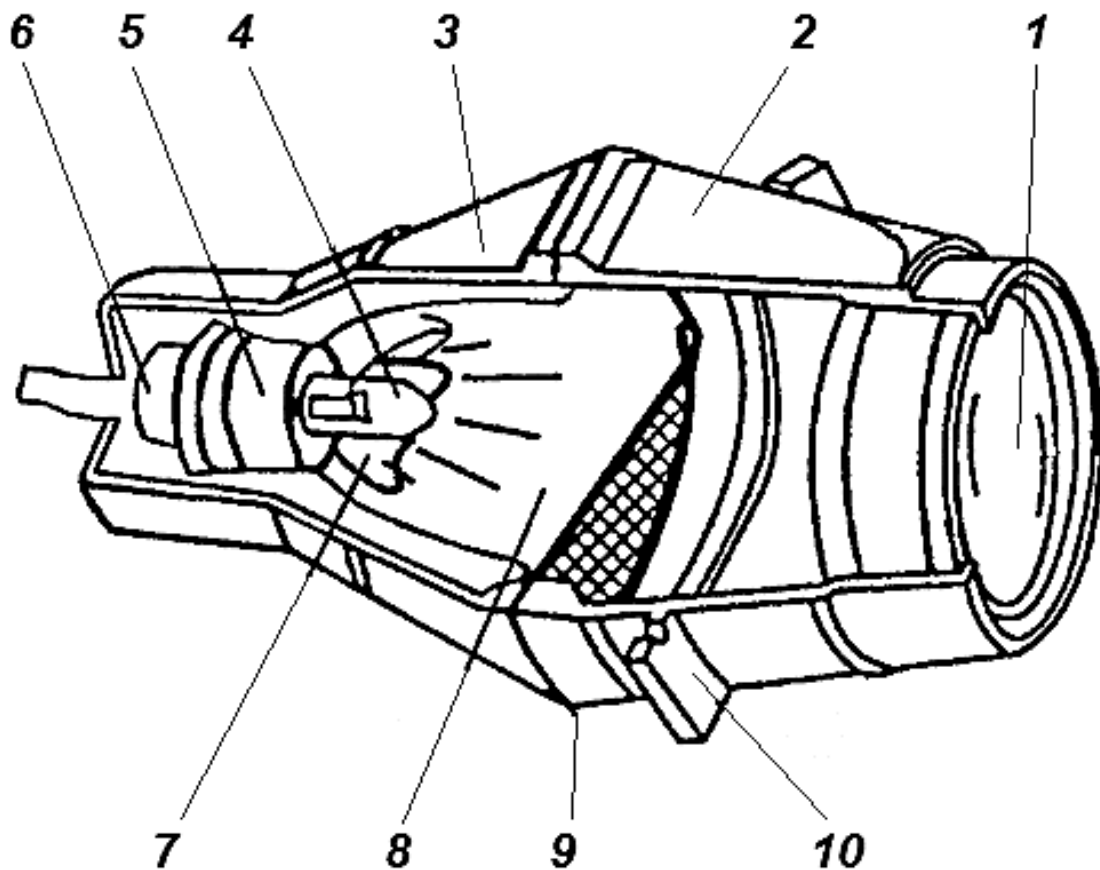


Рис. 6.6. Гомофокальний відбивач

проекційної оптики (конденсорної лінзи), а відбивач має форму еліпсоїда – рис. 6.7. більш детальний опис роботи еліпсоїдної фари викладено нижче.);

✓ за типом світлорозподілу (принцип роботи світлооптичної схеми далекого світла, який передбачає розташування нитки далекого світла у фокусі відбивача, однакові в усьому світі, а світлорозподіл зустрічного роз'їзду (тобто близьке світло) розрізняють наступним чином):

- американського (нитку близького світла виготовлено у вигляді спіралі циліндричної форми і зміщено догори та праворуч відносно фокуса, коли дивитися на відбивач із боку світлового отвору. Спіраль розташована впоперек оптичної осі. Світловий пучок для даної системи не має чіткої світлової межі,

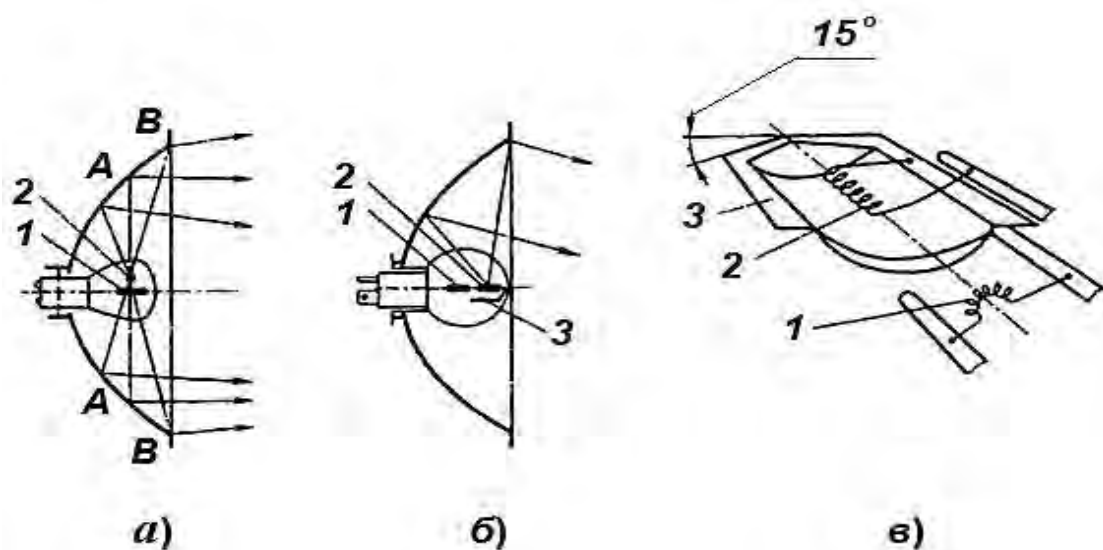


1 – розсіююча лінза; 2 – передня частина корпусу, 3 – задня частина корпусу; 4 – одониткова галогенна лампа; 5 – цоколь в лампотримачі; 6 – контактна фішка з проводом, 7 – коригуючий профіль відбивача; 8 – еліпсоїдний відбивач; 9 – лінія розняття корпусу фари; 10 – корпус фари.

Рис. 6.7. Еліпсоїдна фара «Hella» [35]

що вимагає застосування додаткового світлорозподілу розсіювачем складної структури – рис. 6.8 а).

○ європейського (нитку близького світла висунуто вперед відносно точки фокуса (приклад: $\approx 1,8$ мм) і піднято вгору



а – американська система; б – європейська система; в – розміщення екрана під ниткою ближнього світла; 1 – нитка далекого світла; 2 – нитка ближнього світла, 3 – екран

Рис. 6.8 - Автомобільні фари з різними системами розподілу ближнього світла

відносно оптичної осі (приклад: $\approx 0,2$ мм). Знизу її закрито металевим екраном 5, який запобігає потраплянню на нижню частину відбивача світлового потоку лампи. Напрямок пучка світла – вниз і трохи праворуч за рахунок повороту металевих екранів 5 з лівого боку на 15° - рис. 6.8 б).

Вище дуже коротко викладені основні відомості щодо класифікації фар головного освітлення, що може бути достатнім в багатьох випадках практичної діяльності майбутніх фахівців за спеціальністю «Агроінженерія» з огляду на спрямованість даного видання. Однак, в цьому контексті, необхідно дати більш розширену інформацію щодо фар з галогенними та ксеноновими джерелами світла, як такими, що сьогодні найчастіше використовуються на мобільних машинах різного призначення і, особливо, на автомобільній техніці.

6.4.2. Галогенні фари

За конструкцією галогенна фара подібна фарі з лампою розжарювання. Основою такої фари є галогенна лампа. Галогенні лампи вперше з'явилися в 1962 році. Вони, як і лампи розжарювання, мають внутрішню спіраль (або дві спіралі), що створює температуру до 3000 °С, але їх об'єм заповнений парами галогенів: бромом або йоду. Це запобігає появі на стінках колби лампи осаду з атомів вольфраму, підсилює яскравість автомобільних фар у 2 ... 2,5 рази і збільшує термін служби в 2 ... 4 рази. Середня потужність галогенних ламп становить 35 ... 60 Вт, а максимальна – 130 Вт. Сила світлового потоку для ближнього світла фар складає близько 1000 люмен, для далекого – 1650 ... 2100 люмен [21].

6.4.3. Ксенонові фари

Ксенонові фари іноді називають ще газорозрядними. У середині колби газорозрядної ксенонової фари знаходиться однойменний іонізований інертний газ, світіння якого має яскравий білий природний колір. А замість спіралі, характерної для ламп розжарювання (галогенних ламп) використовуються два електроди. При подачі напруги на ці електроди, між ними виникає дуга, яка розігріває ксенон. Тиск всередині колби становить, орієнтовно, 30 бар, а при працюючих фарах – до 120 бар [21].

Для ксенонової фари характерна така залежність – чим яскравіше світло, тим нижче споживання електроенергії. Тому такі фари є економічніші попередніх варіантів, при цьому вони також забезпечують задовільну видимість на дорозі, оскільки потужний світловий потік,

створюваний ними, досягає 3200 люмен. Іноді замість ксенону в лампах використовується інший інертний газ – криптон, або суміш газів [21].

Ксенонові лампи також застосовуються в потужних кінопроекторах і фотоспалах. Але, на відміну від них, ксенонові автомобільні фари мають іншу структуру. У них інертний газ виступає в ролі «запалу», а дуга, що створює світловий потік, виникає в атмосфері парів ртуті і солей натрію і скандію. Таким чином, ксенонові фари правильніше було б називати металогалогенними, але цей термін не прижився. Назва «ксенонові» підкреслює відмінність цих джерел світла від галогенних ламп і звичайних ламп розжарювання [21].

Ксенонові лампи працюють при постійній напрузі 42 В або 85 В. Але для запуску такої лампи, необхідний імпульс змінного струму частотою від 400 Гц і напругою до 25000 В. Для формування такого імпульсу служить електронний блок розпалу, індивідуальний для кожної лампи. Необхідність його установки є недоліком газорозрядних ламп [21].

У ксеноновій автомобільній оптиці застосовуються поліеліпсоїдні відбивачі. Задня частина їх корпусу, яка виконує функцію відбивача, виконана у формі еліпса. Подібна конфігурація допомагає концентрувати всі вихідні промені в одній точці, а потім пропускати їх через конденсорну лінзу, яка призначена для створення паралельного потоку променів [21].

Ксенонові фари, в яких присутній елемент, керуючий силою світлового потоку, називаються біксеноновими і дозволяють реалізовувати режими ближнього і дальнього світла, однак перемикання з дальнього світла на ближнє вимагає певного часу, оскільки інертні гази потребують певного часу на розігрів. Класифікація ксенонових фар будується за принципом напрямку променя [21]:

- лампи D1S, D2S, D3S і D4S призначені для фар прожекторного типу;

- лампи D1R, D2R, D3R і D4R – для фар рефлекторного типу (з відбивачами) [21].

6.4.4. Коректори фар головного освітлення

Ще в 1990 році в Німеччині законодавством було видано розпорядження, згідно з яким установка коректора фар була обов'язкова на всіх авто. І тільки починаючи з 1999 року всі автомобілі, що випускаються в Європі, обов'язково повинні бути укомплектовані коректором фар [36].

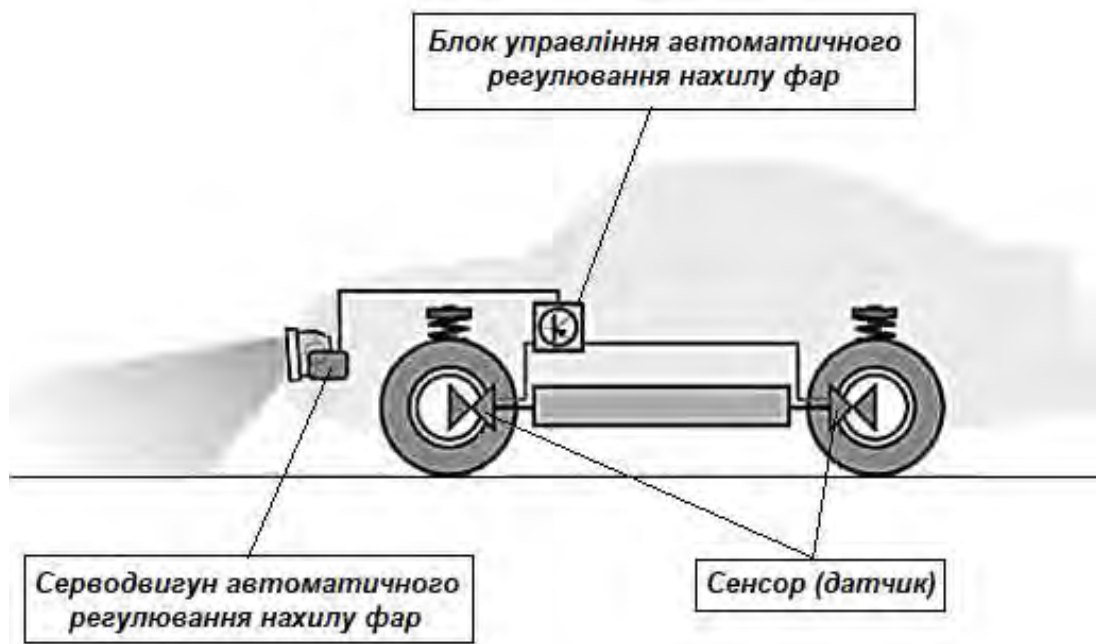
Коректор фар - це механізм, який підтримує оптичну вісь фар в необхідній площині відносно дороги – рис. 6.9.

Відповідно до принципу роботи розрізняють два види коректорів фар, а саме:

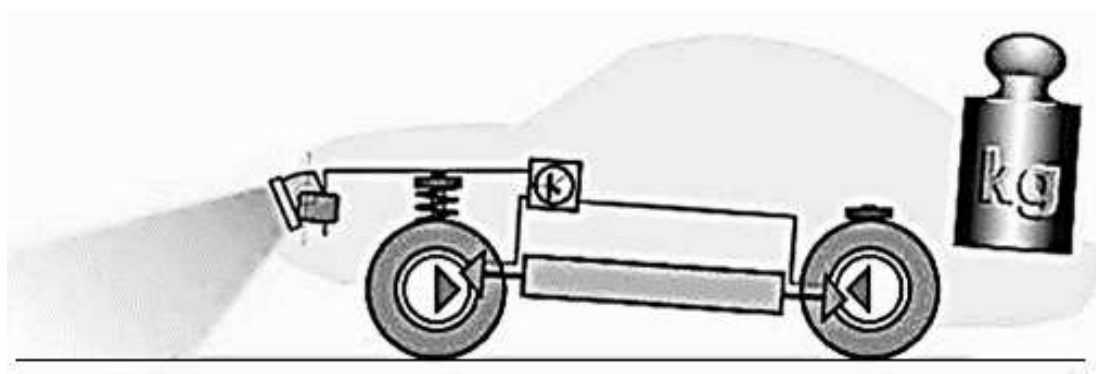
- примусової дії (ручні);
- автоматичної дії [36].

Ручний коректор фар. Коректором фар примусової дії управляє особисто водій, і звідси інша його назва - ручний коректор фар. Такий вид коректора встановлюють на більшість бюджетних авто, а тому багато автовласників знайомі з ним. Для того, щоб привести в дію коректор, потрібно лише повернути маховичок перемикача [36].

Як правило, поворотний перемикач має цифрову або графічну розмітку, яка і визначає положення фар. В залежності від завантаження машини та зміни його нахилу проводиться коригування фар головного освітлення. Наприклад, якщо на заднє сидіння легкового автомобіля сіло 3 людини, а багажник завантажили повністю, то цілком зрозуміло, що задня частина авто осяде, а передня – підніметься, що призведе до



а)



б)

а – положення фар при нормальному завантаженні автомобіля; б – положення фар при значному завантаженні автомобіля

Рис 6.9. Принцип дії коректора фар автомобіля

того, що фари будуть світити занадто високо. Це, в свою чергу, призводить до того, що фари вашого автомобіля будуть сліпити водіїв зустрічних транспортних засобів. Щоб цього уникнути, потрібно повернути маховичок перемикача так, щоб світловий пучок опустився

нижче. Поворот перемикача подає потрібний сигнал мотор-редуктору, який, в свою чергу, і повертає фару на необхідну позицію [36].

Автоматичний коректор фар. Даний вид коректора фар є більш досконалою системою управління розташуванням світлотіньової межі (див. рис. 6.9). Автоматичний коректор використовується як з ксеноновими, так і з галогенними фарами. Якщо брати галогенні фари, то коректор спрацьовує в залежності від положення кузова. У випадку з ксеноновими фарами коректор більш досконалий. Він утримує світло на одному рівні, в залежності від навантаження і умов руху (поворот, розгін, їзда по нерівній поверхні, гальмування). Так як ксенонові фари випромінюють високоінтенсивне світло, то використання автоматичного коректора фар для них є обов'язковим. Механізм даного коректора включає в себе [36].

- датчики дорожнього просвіту;
- електронний блок управління;
- виконавчі механізми [36].

В системі, як правило, встановлюють 2 ... 3 датчика дорожнього просвіту [6.17]:

- ✓ спереду авто – 1 ... 2 датчики;
- ✓ ззаду авто – 1 датчик [36].

При цьому використовують безконтактний датчик кута повороту. Інформація від датчиків надходить на електронний блок управління коректором фар, і вже після цього блок генерує керуючі дії на виконавчі механізми – поворотні модулі ксенонових фар [36].

Переваги ручних і автоматичних коректорів:

- ручний коректор фар простий у використанні і має низьку вартість;

- ручний коректор дозволяє підібрати оптимальну висоту нахилу фар в залежності від дорожньої обстановки;
- автоматичний коректор фар має вищу швидкість реакції на зміни положення кузова машини [36].

Недоліки ручних і автоматичних коректорів:

- ручні коректори вимагають постійного регулювання в процесі здійснення руху машини;
- при використанні ручного коректора водії часто забувають регулювати висоту нахилу фар;
- висока вартість автоматичного коректора (автоматичний коректор значно дорожчий за ручний) [36].

Варто зазначити, що автоматичне коригування фар може здійснюватися не тільки в вертикальній площині, а і в горизонтальній. Принцип роботи коректора в горизонтальній площині аналогічний роботі в вертикальній площині за відмінністю використаних датчиків.

6.5. Головне освітлення сучасних мобільних машин

Круглі та прямокутні фари з двохнитковою електролампочкою і з спільним відбивачем для далекого та близького світла сьогодні використовуються рідко через те, що промінь далекого світла в них має небажано широке горизонтальне розкривання, а промінь близького світла, за рахунок тіньового екранування – різку контрастну межу переходу від затемненої до світлої ділянки. Таке освітлення нераціональне.

Далеке світло швидкісного автомобіля повинно мати вузьконаправлений але далекобійний промінь, а близьке світло не повинно мати контрастної межі.

Разом з тим, легкові автомобілі стали більш обтічними, чим досягається зменшення аеродинамічного опору при русі на великих швидкостях. З'явилися порівняно низькі автомобілі, в яких передня частина кузова (від бампера до капота) стала дуже вузькою і розташування фронтальних фар на ній стало складною технічною проблемою [6.8].

Рішення цієї проблеми знайдено на даний момент у створенні фари з гомофокальним відбивачем, еліпсоїдної фари та матричної фари.

6.5.1. Фара з дворежимним гомофокальним відбивачем

Англійська фірма «Lucas» розробила спеціальну двохпроменеву фару з гомофокальним відбивачем. Це такий відбивач, в об'ємному просторі якого об'єднано разом декілька (два-три) зрізані параболоїдні відбивачі з різними фокусними відстанями, наприклад, 20 та 40 мм при суміщених фокусах, про що згадувалось вище. Гомофокальна фара може бути вузькою, зігнутою чи асиметричною по відношенню до центрального напрямлення світла [35].

Покращення світлотехнічних характеристик в гомофокальних відбивачах досягається за рахунок того, що випромінювання від джерела світла при ближньому світлі відбувається з різних ділянок відбивача по різному. Так, у відбивача з фокусною відстанню 20 мм воно більше, ніж у відбивача з $f = 40$ мм. Використання цього ефекту дозволяє підібрати та скомпонувати гомофокальний відбивач із окремих секторів різнофокусних відбивачів (рис. 6.10) таким чином, щоб забезпечити формування світлорозподілу обох режимів освітлення при оптимальних розмірах і оптимальній структурі перегинів розсіювана [35].

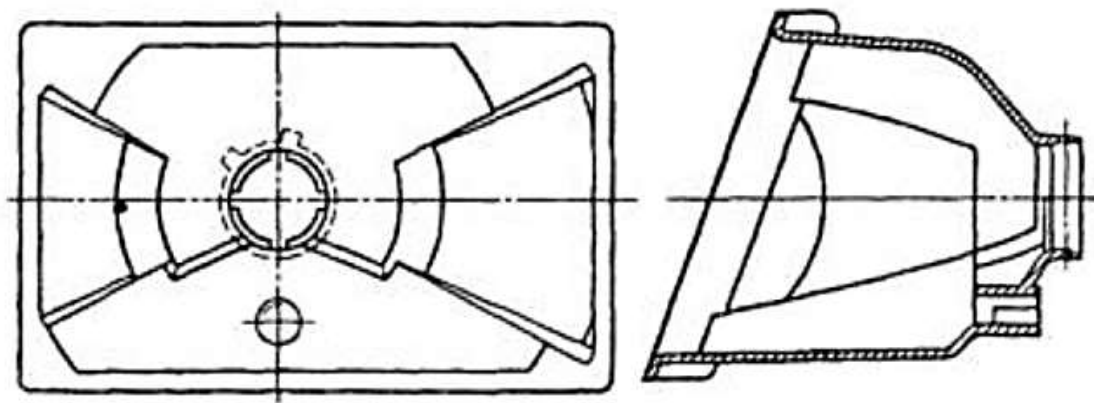


Рис. 6.10. Гомофокальний відбивач двохранжимої фари

На окрему увагу заслуговують еліпсоїдна та матрична фари, якими обладнані сучасні мобільні машини провідних світових брендів.

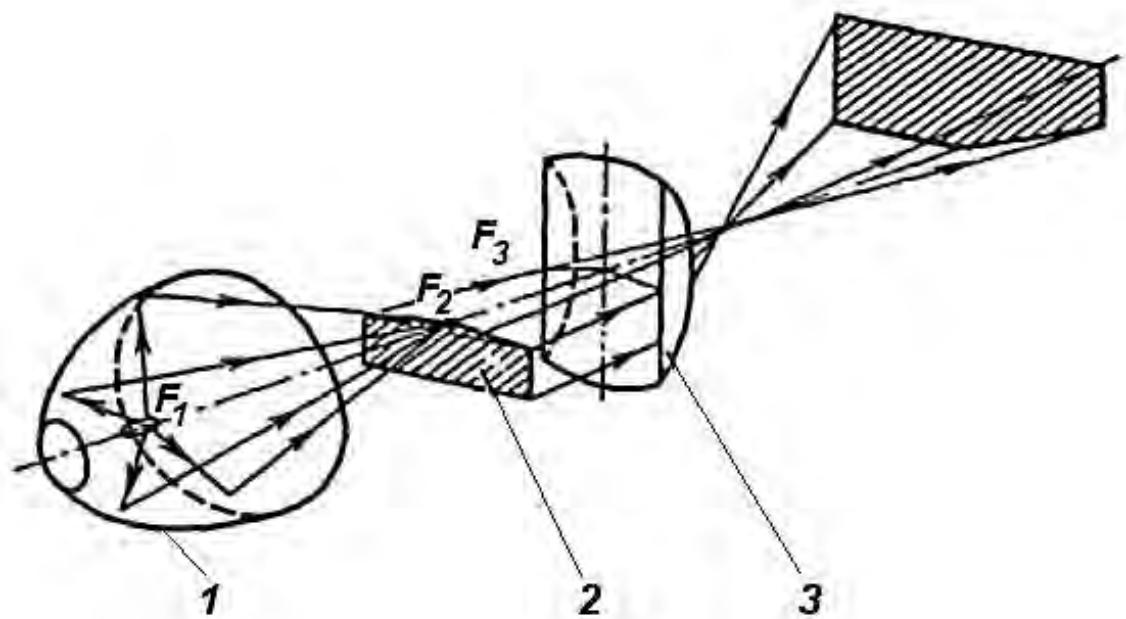
6.5.2. Еліпсоїдна фара

Останнім часом розроблені зміннофокусні або безступеневі відбивачі фар. В них відсутні параболоїдні ділянки, а оптимальна форма відбивача створюється за рахунок адаптації променя відповідно конкретній схемі розподілу світла, як це відбувається на екрані дисплею.

Німецька фірма «Hella» розробила еліпсоїдні фари для далекого та ближнього світла (див. рис. 6.7).

В еліпсоїдних фарах використовується проєктивний принцип, який полягає в світлорозподіленні за допомогою проєкційної оптики (конденсорної лінзи), а відбивач фари має форму еліпсоїда – рис. 6.11 [35].

Джерело світла встановлюється в передньому фокусі еліпсоїда F_1 ; тоді після відбивання випромінювання буде концентруватись в зоні другого фокуса F_2 відбивача на відносно малій площі де встановлюється екран з формою межі і симетричної конфігурації



1 – відбивач; 2 – екран; 3 – лінза

Рис. 6.11. Формування світлового пучка близького світла проєкційною системою з еліпсоїдним відбивачем

світлових меж освітлення (екран з ламаними межами, як на рис. 6.10, встановлюється для ближнього світла). Потім розподіл світлової енергії створеної в площині екрану проєктується у вигляді відповідного зображення на дорогу конденсорною лінзою фокальна точка F_3 якої співпадає з другим фокусом еліпсоїдного відбивача. Еліпсоїдні фари можуть мати малий діаметр, що дозволяє монтувати їх у вузьку смугу передньої частини сучасного автомобіля обтічної форми [35].

Крім еліпсоїдних фар розроблені та впроваджені на автомобілях поліеліпсоїдні фари котрі мають оптику для покращення технічних характеристик стандартних фар або отримання схем розподілу світла аналогічних фарам великої поверхні при використанні відбиваючої поверхні малої площі, наприклад 28 см^2 [35].

6.5.3. Матрична фара

6.5.3.1. Загальні відомості

Розвиток автомобільного світла йде по шляху впровадження інтелектуального світлодіодного освітлення. Матричні фари – технологія на основі світлодіодів (рис. 6.12), розроблена і популяризована компанією Audi. Повна назва системи «Audi Matrix LED». Конструкція фари дозволяє реалізувати основні функції головного освітлення мобільної машини, включаючи дальнє і ближнє світло.



Рис. 6.12. Матрична фара

На відміну від класичної стандартної оптики, матричні фари являють собою складну систему з світлодіодів, контролерів і інтелектуальних модулів.

У випадку зі звичайними фарами, водій тільки включає певний режим, а освітлення працює відповідно до встановлених параметрів. Матрична ж оптика ділиться на функціональні сегменти і в автоматичному режимі регулює яскравість і освітленість певних зон в залежності від дорожньої ситуації, що підтверджує складність автоматичних систем, які задіяні в роботі цієї системи.

Світлодіодні джерела світла стали поступово витіснити традиційні. Причиною послужила їх економічність і більш тривалий термін експлуатації. Матричні фари, окрім використання в якості джерела світла світлодіода, мають ряд додаткових переваг, а саме:

- габаритні розміри (галогенна і газорозрядна оптика вимагають великого простору для установки, а світлодіоди легко розмістити навіть на маленькій платі);
- термін експлуатації (система складається з мінімального набору елементів, які схильні до збоїв і виходу з ладу, що підвищує надійність, а значить і продовжує термін експлуатації);
- яскравість освітлення (показник регулюється кількістю встановлених, або задіяних в конкретний момент світлодіодів);
- управління освітленістю зон в умовах конкретної дорожньої обстановки (за допомогою датчиків і систем розпізнавання автомобіля відбувається автоматичний аналіз об'єктів і зміна світлових режимів – рис. 6.13).



Рис. 6.13. Схема управління освітленістю зон в умовах конкретної дорожньої обстановки

На даний час адаптивна матрична оптика має дев'ять різновидів функцій освітлення [21]:

- ✓ постійне (полісегментальне) дальнє світло;
- ✓ освітлення для автомагістралей;
- ✓ ближнє освітлення;
- ✓ адаптивне освітлення;
- ✓ освітлення на перехрестях;
- ✓ освітлення в будь-яку погоду;
- ✓ підсвічування пішоходів;
- ✓ адаптивне динамічне освітлення;
- ✓ динамічний показчик поворотів [21].

Полісегментальне дальнє світло дозволить водієві рухатися з постійним включеним дальнім світлом. В такому випадку можуть бути задіяні до 25 окремих світлодіодів (кількість може бути іншою) дальнього світла. Так само буде задіяна відеокамера, яка в темну пору доби стежить за світлом фар зустрічних і попутніх автомобілів. Як тільки виявлено автомобіль, блок управління вимикає частину світлодіодів, які спрямовані на автомобіль, що рухається на зустріч, або у попутньому напрямку. Вільний простір дороги, при цьому, буде освітлюватися в попередньому вигляді – рис. 6.14. Для зменшення засліплення водіїв яскравість блоку матричної оптики, який залишився працювати, буде зменшена. Згідно паспортних даних, блок управління матричних фар одночасно може розпізнати до восьми автомобілів [21].

Робота світла для руху по автомагістралі базується на отриманій інформації з навігаційної системи. Адаптивна система звужує конус дальнього світла матричних фар, таким чином, щоб максимально спрямувати вперед і зробити зручною роботу водіїв інших транспортних засобів [21].

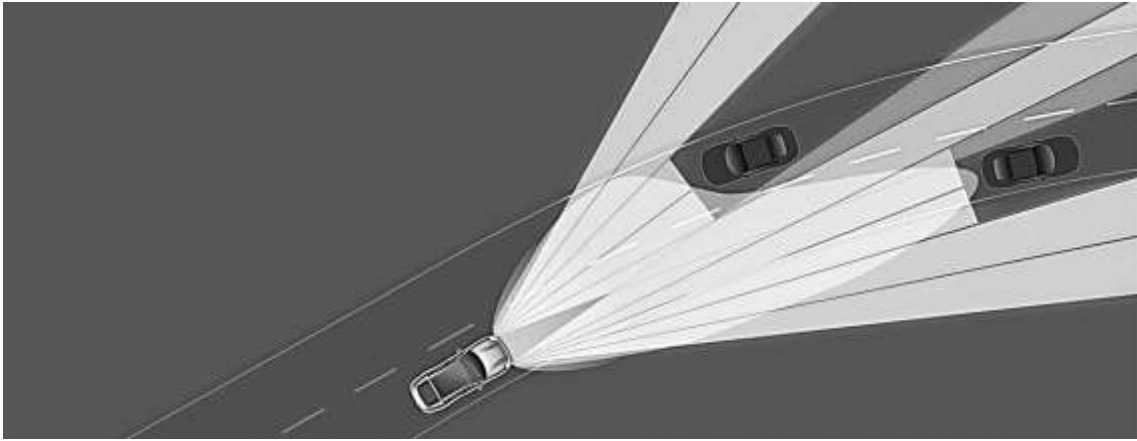


Рис. 6.14. Робота світлодіодної матричної фари з системою Porsche Dynamic Light System Plus (PDLS Plus) [85]

Ближнє освітлення має традиційну форму. Середня частина дороги висвітлюється менше, а бічна частина і узбіччя більше. При цьому матрична оптика спрямує пучок світла вниз в залежності від рельєфу дороги і можливого руху в населеному пункті [21].

Адаптивне освітлення орієнтоване на краще висвітлення машини спереду і збоку під час виконання маневру повороту. У такому випадку система матричних фар в кожній з фар задіє по три світлодіода, які включаються або вимикаються при повороті керма або спрацьовуванні поворотів (див. рис. 6.14) [21].

Освітлення перехресть (іноді називають статичне освітлення) призначене для освітлення перехресть при наближенні до них. В цьому випадку для матричних фар також задіюється навігаційна система, на основі інформації якої і визначається перехрестя [21]. Статичне освітлення бічної зони призначене для полегшення маневрування та безпечного проїзду перехресть. Спеціальна секція фари висвітлює широку зону спереду та збоку від автомобіля. Може включатися автоматично при малій швидкості і включенні покажчика поворотів, а

також при куті повороту рульового колеса більше 50 градусів і швидкості руху менше 60 км/год. При проїзді перехресть, як вже вказувалось, спрацьовує режим освітлення для перехресть, який включається за даними навігаційної системи і швидкості менше 60 км/год [46].

Всепогодне освітлення (освітлення в будь-яку погоду) при русі в поганих погодних умовах (туман, дощ, сніг тощо) буде змінюватися якість освітлення. Блок управління намагається налаштувати світлодіоди матричної оптики таким чином, щоб уникнути засліплення від своїх же фар. Інтенсивність світлодіодів матричної фари буде змінюватися в залежності від видимості [21]. В цьому випадку знижується потужність ближнього світла і включається статичне освітлення бічних зон. Включається режим вручну, кнопкою на панелі, а асистент дальнього світла при цьому відключається [46].

Підсвічування пішоходів в матричних фарах реалізовано на високому рівні. Спрацьовує, переважно, поза населеними пунктами і швидкості понад 60 км/год, при наявності асистента нічного бачення. Секції дальнього світла фар в напрямку пішохода блимають, привертаючи увагу водія, а силует пішохода підсвічується червоним на дисплеї приладової панелі [46]. У разі виявлення пішохода за допомогою камери і системи нічного бачення, на узбіччі або небезпечній близькості від нього оптика буде триразово сигналізувати дальнім світлом про це – рис. 6.15. Тим самим попереджати як водія, так і пішохода [21].

Динамічне адаптивне освітлення це передостанній варіант в матричних фарах. Освітлення працює на швидкості понад 60 км/год поза населеними пунктами. Використовується матриця з 25 світлодіодів дальнього світла, що створює 25 незалежних сегментів.



Рис. 6.15. Процес підсвічування пішоходів [56]

Система забезпечує зміну напрямку променя світла в залежності від рельєфу, не засліплює зустрічний і попутний транспорт, знижує яскравість в зонах розташування джерел з високим коефіцієнтом відображення - дорожніх знаків і всі інші функції адаптивності [46]. Суть роботи спрямована також на освітлення дороги під час повороту.

Повертаючи рульове колесо, яскравість світлового пучка перенаправляється з центральної частини в бік повороту. Тобто одна частина світлодіодів стає тьмянішою, інша – яскравішою (рис. 6.16) [21].

Динамічний показчик поворотів матричних фар розрахований на керований рух світлодіодів в напрямку повороту. Таким чином, 30 послідовних світлодіодів оптики включаються послідовно з періодичністю в 150 мс. З боку це не тільки красиво виглядає, але і дає більше інформації про той чи інший маневр автомобіля [21].



а)



б)

а – звичайна система освітлення; б – адаптивна система освітлення на базі матричної фари; 1 – дорожня ситуація; 2 – форма зони освітлення

Рис. 6.16. Приклад порівняння звичайного і адаптивного освітлення

6.5.3.2. Загальна будова

Оскільки в основі матричної фари лежать світлодіоди, вони є невід'ємною частиною конструкції. Використання даного виду джерел світла дозволяє поліпшити якість і яскравість освітлення. У список конструктивних елементів фари входять:

- світлодіодні матриці ближнього і дальнього світла;

- модулі денних габаритних вогнів (ДГВ), показчиків повороту і габаритів;
- пластиковий корпус з прозорим розсіювачем;
- вентилятор охолодження;
- декоративна решітка;
- блок управління [117].

Конструкцію основної оптичної системи фари показано на рис. 6.17, але крім неї в конструкцію входять також:

- модуль показчика повороту (з світлодіодами);
- модуль охолодження (причому зі змінним вентилятором);
- внутрішня проводка.

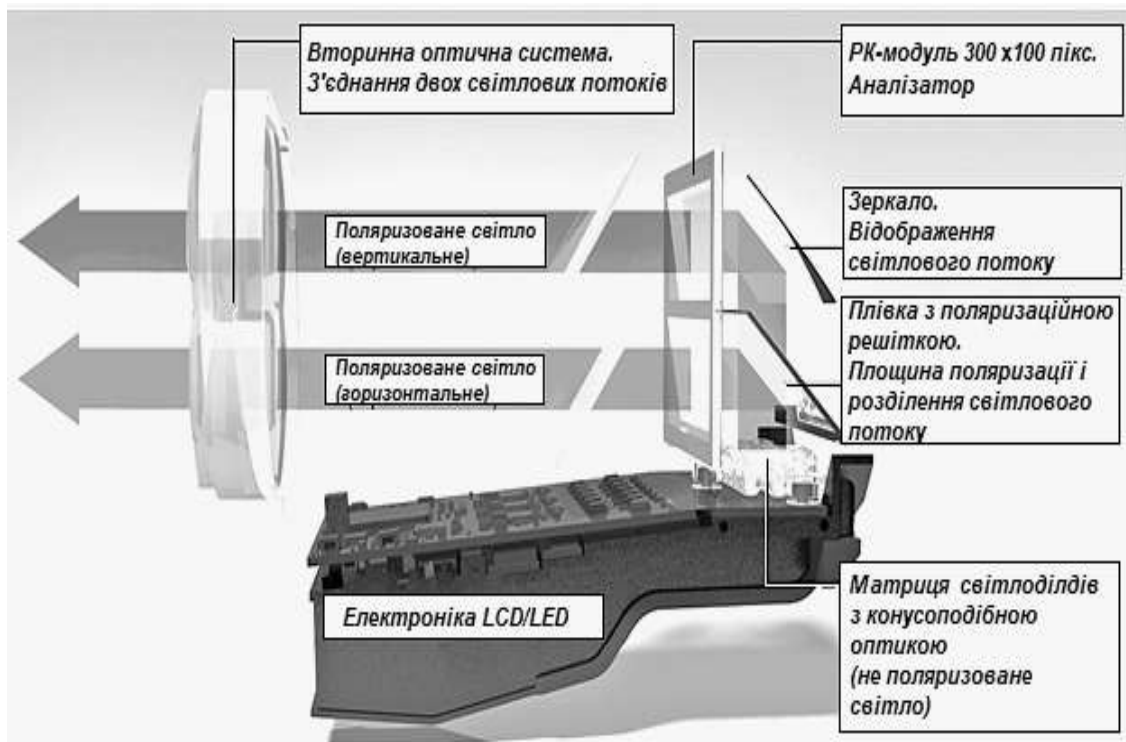


Рис. 6.17. Конструкція основної оптичної системи матричної фари [46]

Конструкція модуля охолодження для світлодіодної оптики вкрай важлива, оскільки від нього залежить довговічність самих світлодіодів і він включає в себе індивідуальні повітроводи для кожної діодної збірки і безліч датчиків. Замість лінз в цьому поколінні оптики використовуються дзеркальні відбивачі, які мають підвищену стійкість до перегріву. Зовні корпус закритий загальним герметичним ковпаком [46].

Оскільки система автоматична, блок управління обмінюється сигналами з іншими модулями автомобіля, а також датчиками руху і відеокамерою.

6.5.3.3. Логіка і принцип дії системи адаптивного освітлення

Не дивлясь на те, що виготовленням адаптивних систем освітлення займаються вже багато виробників, розглянемо приклад роботи матричної оптики в рамках розробки Audi Matrix LED.

Анаклізуючи викладене вище, можна побудувати простий логічний ланцюжок роботи адаптивного освітлення на базі матричних фар. Кожна фара автомобіля складається з 5 секцій, які оснащені п'ятьма світлодіодами. Тобто кожна фара має 25 світлодіодних елементів. При цьому для кожної групи світлодіодів передбачена власна лінза, що дозволяє змінювати фокус, яскравість і спрямованість освітлення.

Блок управління контролює і управляє роботою матричних фар. Спеціально для відстеження дорожньої ситуації в передній частині автомобіля розташований датчик, що дозволяє виявляти наближення зустрічного автомобіля. При надходженні сигналу від сенсора система змінює кількість робочих секцій, щоб не засліплювати водіїв, але і підтримувати, при цьому, достатній рівень освітленості [117].

6.5.3.4. Переваги і недоліки адаптивного освітлення на базі матричних фар

Технологія адаптивного освітлення для мобільної машини на базі матричних фар має ряд незаперечних переваг, а саме:

- ✓ підвищення комфорту і безпеки руху;
- ✓ не потрібно відволікатися на аналіз і реалізацію необхідного режиму роботи освітлення;
- ✓ відсутність ефекту засліплення для водіїв зустрічних транспортних засобів;
- ✓ адаптивна робота світла при русі по прямій і в поворотах;
- ✓ виявлення пішоходів;
- ✓ динамічні покажчики повторів [117].

В якості недоліків адаптивної оптики можна виділити тільки високу вартість і використання технології в автомобілях преміум-класу.

Матричні фари значно спрощують їзду на дорогах, особливо в поганих погодних умовах або вночі. Водієві не потрібно перемикаєти режими роботи світла, а повороти стають легкими і безпечними [117].

Новий виток у розвитку освітлення мобільних машин, покликаний частково нівелювати наявні недоліки матричних фар, започаткувала поява лазерних фар.

6.5.4. Лазерна фара

Вперше подібні світлові елементи почали розробляти в лабораторіях автоконцерну BMW, а з'явилися вони практично одночасно на автомобілях BMW i8 та Audi R8 LMX. Їх серійний випуск

поки ще не налагоджений, але окремі моделі названих виробників оснащені лазерними фарами – рис. 6.18.



Рис. 6.18. Лазерні фари концепт-кара Audi Sport Quattro Laserlight [52]

Їх конструкція досить проста. Створюється рамкова основа, на ній закріплюються три лазерних елемента. Також в конструкції є

дзеркальні відбивачі і спеціальна «фосфорна» лінза. Потрапляючи на відбивачі, промені лазера перенаправляються на лінзу, і жовтий фосфор під їх впливом випромінює світло. Відбивна пластина фокусує його перед автомобілем [21].

Лазер – це квантовий генератор, який виробляє випромінювання оптичного діапазону з недосяжною для інших джерел світла монохроматичністю і когерентністю [11].

Монохроматичність, тобто сталість кольору променя, - це наслідок фіксованої довжини хвилі. Тобто лазерний промінь може бути або червоним, або синім, або Але ніяк не білим, оскільки білий колір, який і потрібен для освітлення дороги, - ахроматичний. У білого світла немає власної довжини хвилі, і отримують його в результаті змішування як мінімум трьох монохроматичних випромінювань (наприклад, червоного, зеленого і синього – як в кинескопах телевізорів) [11].

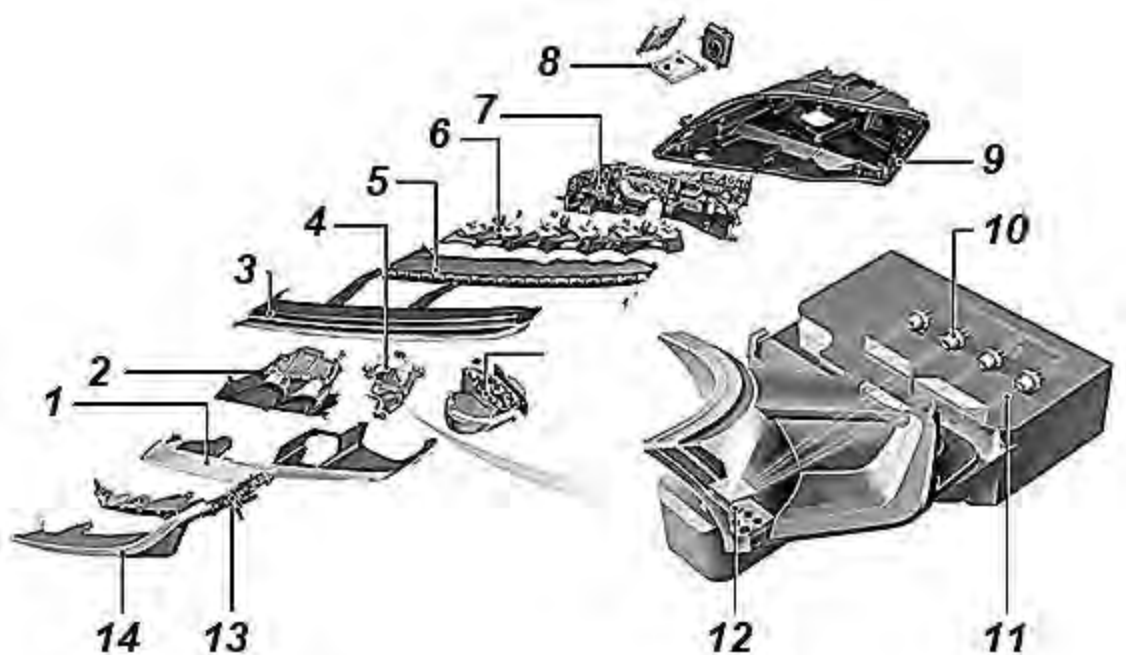
Когерентність - це синхронність коливань хвиль в різних точках простору і в різний час.

Для автомобільних фар, потрібне джерело розсіяного світла, щоб освітлювати великий простір перед машиною.

Інженерам німецької компанії Osram, яка розробляла нові фари для BMW і для Audi вдалося пристосувати лазер для освітлення дороги.

Лазери в фарах Audi R8 LMX є, але їх промені не виходять за межі корпусів.

Головна оптика у лазерній фарі перш за все світлодіодна 2, 5, 6 та 13 (рис. 6.19): напівпровідникові джерела світла відповідають і за ближнє світло, і за дальнє. Але в кожній фарі є чотири мініатюрних лазерних діода 10 потужністю 1,6 Вт кожен (в фарах BMW i8 таких діода три - і це єдина принципова відмінність від Audi). Лазери генерують тонкі, товщиною з волосину, промені 11 синього кольору



1 – декоративна вставка; 2 – блок світлодіодів дальнього світла; 3 – декоративна вставка; 4 – блок «лазерного» дальнього світла; 5 – блок світлодіодів денних ходових вогнів і сигналів повороту; 6 – блок світлодіодів «широкого» ближнього світла (заміна протитуманних фар); 7 – основа фари; 8 – електронний блок управління; 9 – корпус; 10 – лазерний діод; 11 – лазерний промінь (довжина хвилі 450 нм); 12 – люмінофор; 13 – блок світлодіодів денних ходових вогнів; 14 – декоративна вставка з розсіювачем для денних ходових вогнів

Рисм. 6.19. Загальна будова лазерної фари [11]

(довжина хвилі - 450 нм). За допомогою лінз ці промені збираються в один і потрапляють на люмінофор 12 - жовту фосфорну пластину площею всього 0,5×0,5 мм (див. рис. 6.19). Це і є дійсне джерело світла. Поглинаючи енергію лазерного випромінювання, він випускає пучок практично білого світла (колірна температура - 5500 °K), який через систему відбивачів падає на дорогу [11].

Від виходу «чистих» лазерних променів назовні оберігає багатоступенева система безпеки, яка відключає живлення при найменшому

пошкодженні або «підозрі» на нештатну ситуацію. Жалюзі в фарах - теж частина цієї системи.

Тобто лазер у фарі – лише джерело енергії, і коректніше називати такі фари лазерно-люмінофорними. А якщо врахувати, що «лазерна» секція автоматично підключається до світлодіодних тільки після досягнення швидкості 60 км/год, то назва «лазерна фара» не зовсім коректна [11].

За твердженням розробників, лазерні фари набагато ефективніше матричних з світлодіодними елементами за кількома параметрами :

- яскравості світіння (орієнтовно в 1000 разів);
- енергоспоживанням (істотно нижче);
- терміном служби (близько 10000 годин роботи) [6.12].

Світлотехнічна ефективність застосування лазерних фар представлена на рис. 6.20.

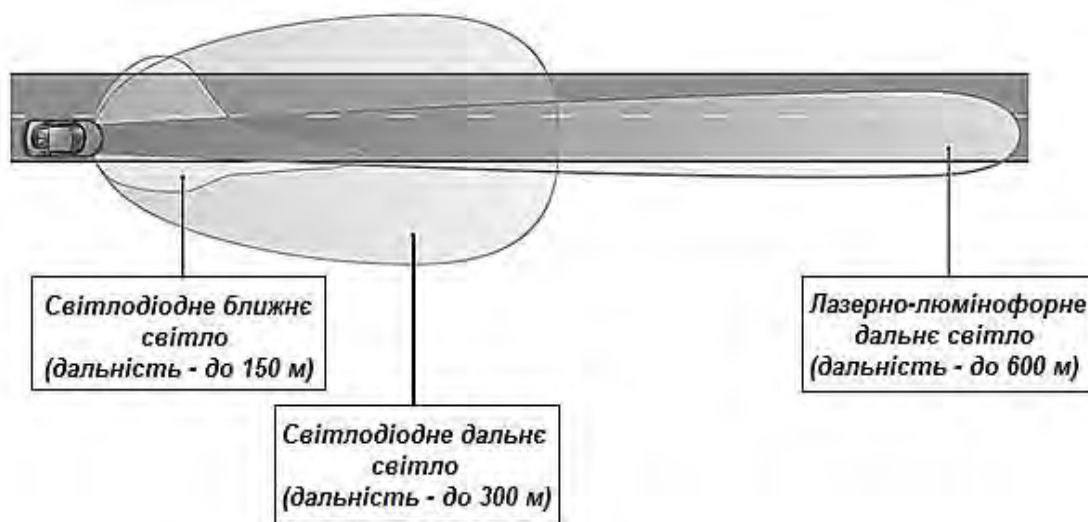


Рис. 6.20. Порівняння світлових пучків фар Audi R8 LMX [11]

Крім того, лазерна технологія дозволяє створювати елементи світла будь-якої конфігурації, що є очевидною її перевагою.

В конструкції лазерної фари, як стверджують розробники, використання лазерного променя абсолютно безпечне, оскільки світловий потік генерується жовтим фосфором, який є абсолютно нешкідливим елементом [21].

6.6. Прилади світлової сигналізації

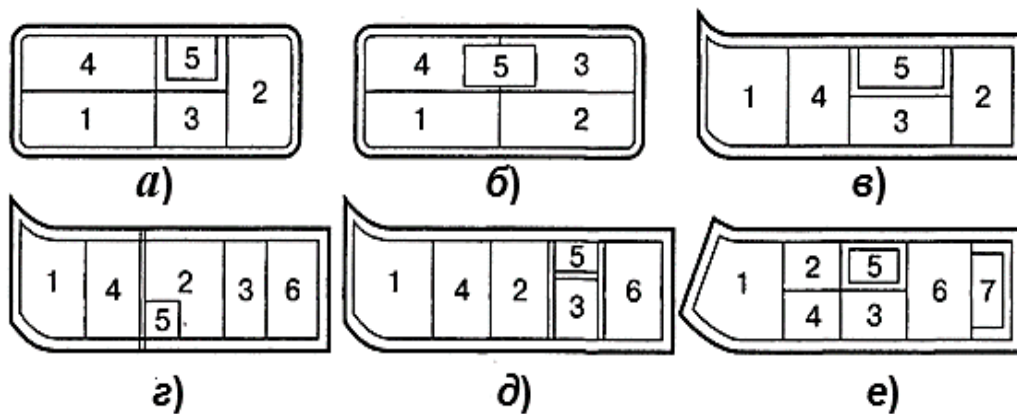
Ці прилади позначають габаритні розміри машини, передають інформацію про зміну напрямку руху чи його зупинку. Транспортний засіб повинен мати габаритні вогні, сигнали гальмування, покажчики повороту, стоянкові вогні, ліхтарі та світлоповертачі.

Світлосигнальні прилади мають бути добре розпізнавані, що досягається кольором розсіювача, а також переривчастим режимом їхньої роботи. Світлосигнальні прилади виконують в наступних кольорах:

- червоний:
 - задні габаритні вогні;
 - стоп-сигнал;
 - задній протитуманний ліхтар;
 - задні світлоповертачі;
- білий:
 - передні габаритні вогні;
 - передні світлоповертачі причепа;
 - ліхтар заднього ходу;
- жовтогарячий (помаранчевий):
 - покажчики повороту;

- розпізнавальні знаки автопоїзда;
- бічні габаритні вогні; бічні світлоповертачі.

На сучасних мобільних машинах світлосигнальні прилади групують у секції. В передній частині машини вони можуть бути виконані в одному корпусі з приладами головного освітлення – у блок-фарі, а у задній частині у вигляді згрупованих секцій. Розміщення світлосигнальних секцій у задніх згрупованих приладах окремих зразків мобільних машин попередніх років випуску показано на рис. 6.21.



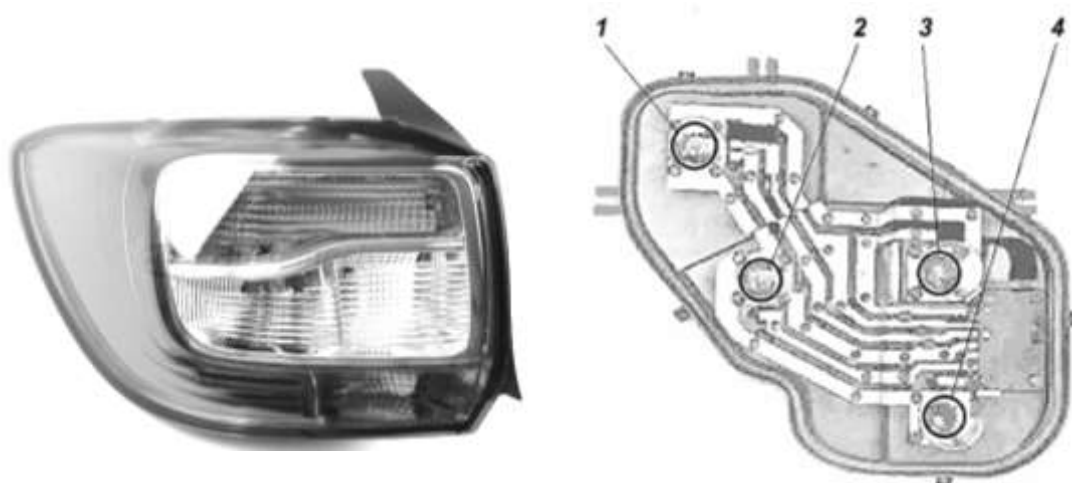
а – ВАЗ-2105; б – ВАЗ-2107; в – ВАЗ-2108; г – ГАЗ-3102; д – Москвич-2141; е – ЗАЗ-1102; 1 – показчик повороту (помаранчевий); 2 – сигнал гальмування (червоний); 3 – ліхтар заднього ходу (білий); 4 – габаритний ліхтар (червоний); 5 – світлоповертач (червоний); 5 – протитуманний ліхтар (червоний); 7 –ліхтар освітлення номерного знака (білий)

Рис. 6.21. Розміщення світлосигнальних секцій в задніх лівих згрупованих світлових приладах

Більш пізній зразок подібної секції показано на рис. 6.22.

Конструктивно ліхтарі бувають:

- з лінзою Френеля. У цьому типі відсутні відбивачі, світло потрапляє на лінзу, а вона вже й формує промінь – рис. 6.23;



а) б)
а – загальний вигляд лівого ліхтаря; б – розташування ламп; 1 - лампа габаритного світла і сигналу гальмування; 2 - лампа показчика повороту; 3 - лампа світла заднього ходу; 4 - лампа заднього протитуманного ліхтаря

Рис. 6.22. Розміщення світлосигнальних секцій в задньому ліхтарі автомобіля Рено Логан 2 [80]

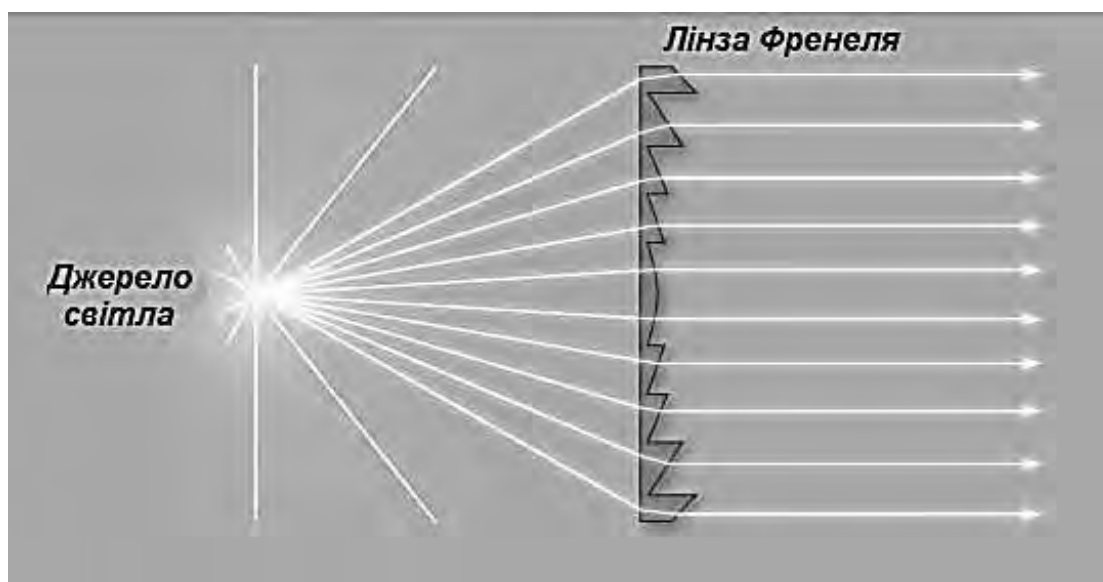


Рис. 6.23. Принцип дії лінзи Френеля [115]

- рефлекторний. Складається з відбивача і розсіювача;
- комбінований. У ньому об'єднані два попередні типи, у вигляді відбивача і лінзи Френеля [115].

Задні ліхтарі зазвичай монтуються відбивачами вільної форми, іноді застосовують параболічні відбивачі. Джерело світла знаходиться прямо в фокусі відбивача. Це ще називається прямим відбивачем.

Якщо використовуються світлодіодні лампи, то у кожної з них є своя певна область відбивача. Сьогодні широко стали застосовувати ілюмінацію з прихованим джерелом світла. Це досягається за рахунок використання світлодіодів, які мають непрямий відбивач. Світять вони з боку, але світло йде під прямим кутом.

Також з'явилася технологія зі здвоєним відбивачем. У ній присутні одночасно два відбивача, які використовують єдине джерело світла. Один з них ловить бічні пучки світла і формує фонову ілюмінацію. Другий – утворює інтенсивний пучок світла.

Застосування оптоволоконних технологій забезпечує створення неймовірного дизайну світлодіодних вогнів. З їх допомогою можна зробити світловий малюнок практично будь-якої форми. Дана система обладнується закритим пристроєм для спрямованої передачі світла - світоводом. Він створює лінійну ілюмінацію за допомогою великої кількості призм, які розташовані по його довжині. Саме вони і відображають під прямим кутом пучки світла – рис. 6.24. [115].

Сучасні технології дозволили застосовувати світлодіодні вогні адаптивного освітлення. Суть її тому, що вогні змінюють інтенсивність світла залежно від погодних умов. Для цього в системі застосовуються спеціальні датчики, наприклад, дощу і освітлення. Відповідні прилади направляють сигнал в блок управління, який і регулює освітлення вогнів. Всі елементи ліхтарів повністю пристосовуються до погодних



Рис. 6.24. Найновіший світлодіодний ліхтар розробки BMW [115]

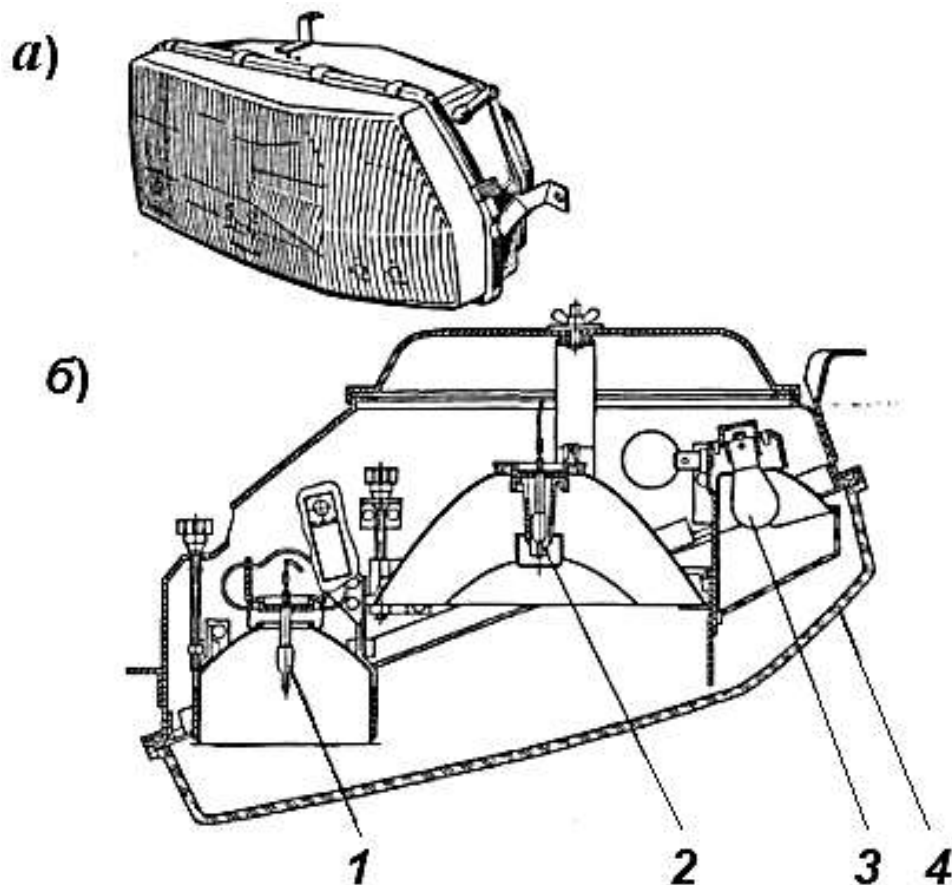
умов. Наприклад, стоп-сигнали вночі горять слабкіше, ніж вдень. Крім того, освітлення стоп-сигналів буде різним за інтенсивністю через силу натискання на педаль гальма. Відповідно тут з'являється три режими освітлення даних вогнів: звичайний, підвищений, екстрений [115].

6.7. Блок-фара

Окремим вважають світловий прилад з одним чи кількома паралельно увімкненими та одночасно світними джерелами світла й одним світловим отвором, складеними в окремому корпусі.

Блок-фара автомобіля (рис. 6.25) об'єднує в одному корпусі всі світлові прилади і має спільний розсіювач [35].

Особливістю багатофункціональних блоків-фар є те, що кожний із фронтальних світлоприладів має свій власний, окремо від інших,



а — зовнішній вигляд; б — будова; 1 — лампа габаритного вогню; 2 — лампа фари головного освітлення; 3 — лампа показника повороту; 4 — розсіювач

Рис. 6.25. Блок-фара [35]

оптичний відбивач. Так, відбивач в фари близького світла виконаний у вигляді різнопрофільних дзеркал, кожне із яких орієнтовано в потрібному напрямку (змінно-профільний безступеневий відбивач). Це дозволяє використовувати всю поверхню відбивача (а не половину, як у звичайних фарах) і відмовитись від тіньового екранування. При цьому осліплення зустрічного водія зменшується на 30 %, а освітлення дороги збільшується на 20 % [35].

В разі застосування блок-фар всі світлові прилади розташовуються за загальним склом. Виходить моноблок фронтального світла. Бажання мати на автомобілі моноблочну конструкцію фар зумовлено не лише сучасним дизайном, але і необхідністю промивати та очищувати захисне скло під час руху автомобіля [35].

6.8. Прилади внутрішнього освітлення

До внутрішніх салонів автомобілів чи тракторів, які необхідно освітлювати, належать кабіна водія, пасажирські салони легкових автомобілів та автобусів, підкапотний простір, багажник, речова скринька. Усіх їх, за винятком пасажирських салонів автобусів, які мають великі об'єми, освітлюють лампи з невеликою потужністю.

Згідно існуючих норм освітленість салонів автобусів повинна становити 60 ... 80 лк на висоті 1 м від підлоги салону. Тому для освітлення таких салонів до недавнього часу використовували, і ще використовують люмінесцентні лампи типу ЛБ-15 та ЛБ-30 із потужністю відповідно 15 і 30 Вт, оскільки лампи розжарювання мають меншу світлову ефективність (8 ... 10 лк/Вт) і використовуються лише на тривалих зупинках. Останнім часом для вирішення проблем освітлення салонів використовують світлодіодні ліхтарі, як більш економічні і ефективні за світловими характеристиками.

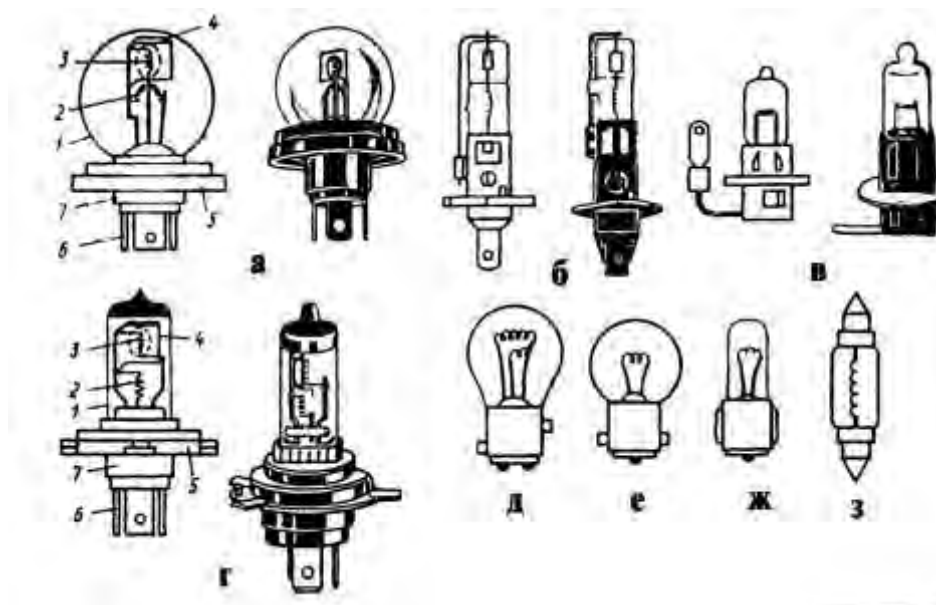
Для освітлення контрольно-вимірювальних приладів в попередні роки використовували і частково використовують зараз, оскільки така техніка ще знаходиться в експлуатації, лампи розжарювання потужністю 0,8 – 4 Вт, без цокольні лампи з гнучкими металевими

виводами. Для зменшення кількості ламп в панелях приладів останнім часом використовують світловоди, гнучкі стержні чи джгут тонких волокон з оптично прозорого матеріалу, а також світлодіодні прилади..

6.9. Джерела світла

Джерелами світла на автомобілі, або тракторі є лампи розжарювання, галогенні лампи тощо. Основні типи ламп, які використовуються сьогодні в автотракторній техніці приведені на рис.

6.26



а – для фар головного освітлення з європейською системою світлорозподілу; б – галогенна категорії Н1; в – галогенна категорії Н3; г – галогенна категорії Н4; д – двохниткова штифтова; е – одностиктова штифтова; ж – пальчикова; з – софітна; 1 – колба; 2 – нитка далекого світла; 3 – нитка ближнього світла; 4 – екран; 5 – фокусуючий фланець; 6 – виводи; 7 – цоколь

Рис. 6.26. Лампи для сучасних приладів освітлення мобільних машин [81]

Різні типи галогенних ламп відрізняються один від одного за способом установки в автомобільній фарі і підключення до бортової електромережі. Найчастіше в автомобільній оптиці застосовуються галогенні лампи з наступним маркуванням: Н1, Н3, Н4 (найпоширеніші), Н7, Н9, Н11, а також НВ3, НВ4 і R2.

Маркування ламп розжарювання здійснюється за наступною схемою:

$$\boxed{1} \boxed{2} \boxed{3} \boxed{4} - \boxed{5} + \boxed{6} - \boxed{7}$$

де 1 – тип лампи, позначається буквою («А» – автомобільна);

2 – конструктивна особливість лампи, позначається буквою («К» - кварцова; «МН» - мініатюрний цоколь; «С» - софітна);

3 - конструктивна особливість лампи позначається буквою («Г» - галогенна);

4 – номінальна напруга лампи, позначається числом (6, 12, 24 В);

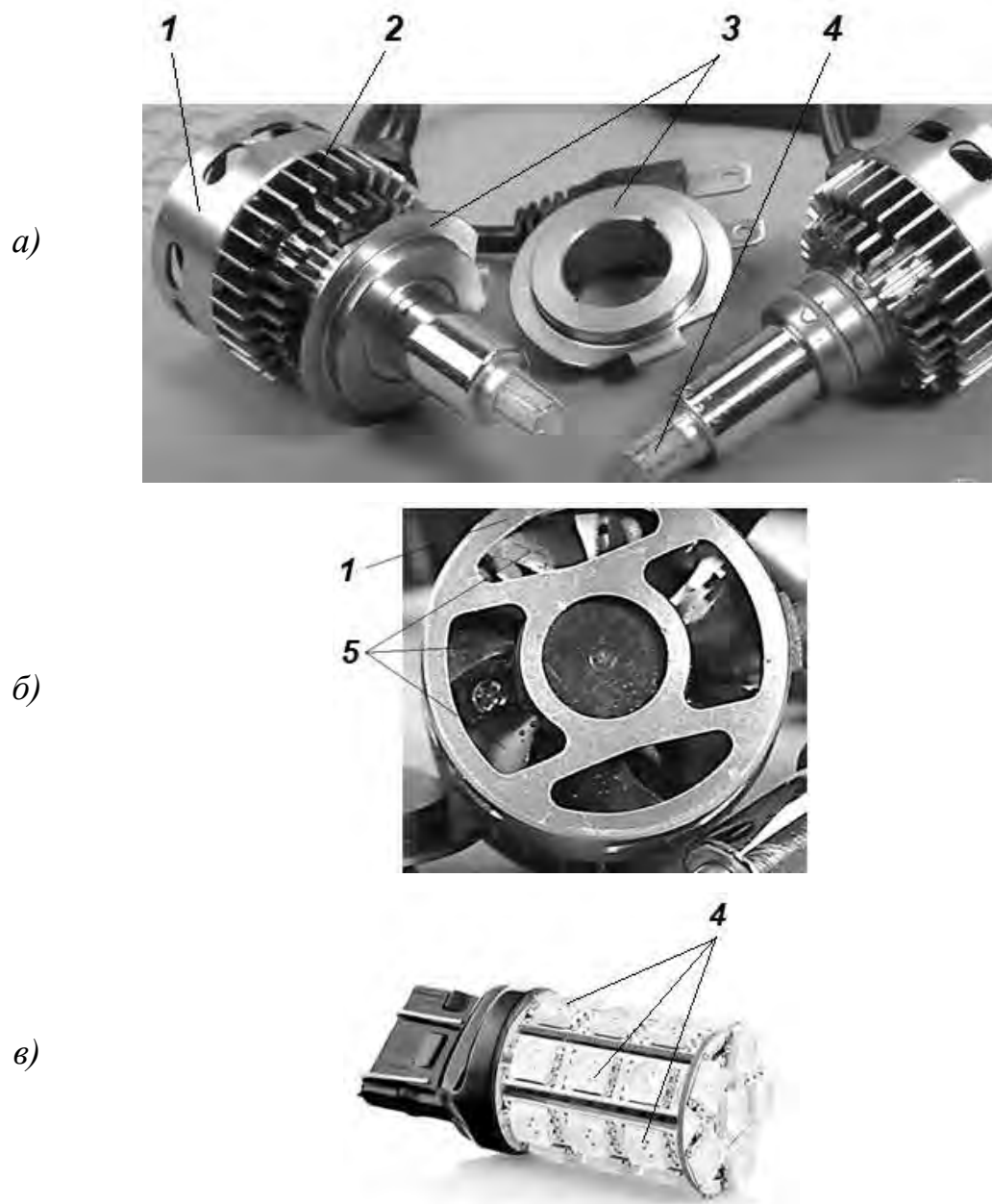
5 – споживана потужність нитки далекого світла, позначається цифрою (Вт);

6 – споживана потужність нитки близького світла, позначається цифрою (Вт);

7 – модифікація лампи, позначається цифрою.

Як вже згадувалось вище, в якості джерела світла останнім часом широко використовуються світлодіоди і створені на їх базі світлодіодні лампи (рис. 6.27). Вони мало споживають енергії, а їх термін експлуатації доходить до позначки в 100000 годин.

Ще важливою перевагою світлодіодів вважається час на їх включення. Так, стандартна лампа включається за 200 мілісекунд, а світлодіодна за 1 мілісекунду. Це, в свою чергу, підвищує шанс швидше



а – головного освітлення (загальний вигляд); б – головного освітлення (вигляд ззаду); в – для ліхтаря; 1 – корпус; 2 – радіатор охолодження; 3 – знімний цоколь; 4 – збірка світлодіодів; 5 – вентилятор охолодження

Рис. 6.27. Світлодіодні лампи

побачити маневри транспортного засобу і своєчасно реагувати на дорожню обстановку.

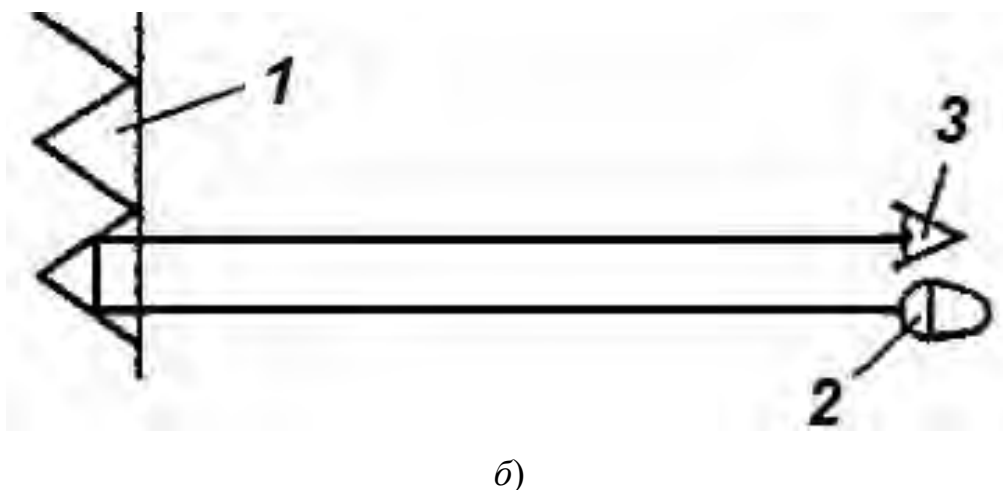
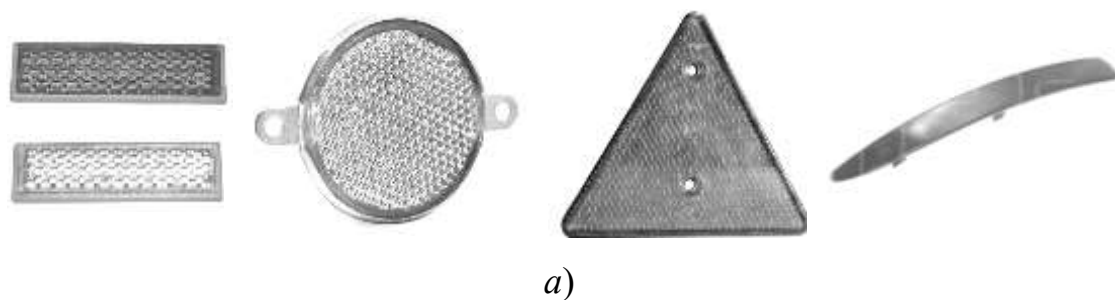
6.10 . Світлоповертачі

Світлоповертачі (катафоти) – це пасивні світлові прилади, оскільки не мають свого джерела світла і створюють сигнал, відбиваючи світло фар іншого транспортного засобу.

Світлоповертачі призначені для визначення в темну пору доби габаритів мобільної машини, яка стоїть із погашеними вогнями на дорозі. Напрями падаючих та відбитих променів збігаються. Обов'язкова установка на машині двох задніх світлоповертачів червоного кольору. Можлива установка передніх світлоповертачів білого та бокових жовтого кольору [67].

Світлоповертач є оптично прозорим тілом, на внутрішній поверхні якого розміщена велика кількість прямокутних тригранних призм із кутом між гранями 90° . Тригранна призма – це частина куба, відтята площиною, яка перпендикулярна до діагоналі призми. Діагоналі всіх призм світлоповертача паралельні між собою і щодо поздовжньої осі автомобіля. Світло надходить до світловідбивача з боку зовнішньої гладкої поверхні і після триразового відбиття від граней призми прямує у зворотному напрямі (рис. 6.28) [67].

Задню частину причепа автопоїздів позначають червоними трикутними світлоповертачами, вимоги до розміщення та світлорозподілу яких аналогічні вимогам до задніх світлоповертачів поодиноких автомобілів чи тракторів. Для позначення в темну пору доби причепів, їх обладнують спереду двома білими світлоповертачами будь-якої форми (крім трикутної). Аналогічне позначення використовується при перевищенні габариту причепа за шириною. Передні світлоповертачі розміщують на відстані не більше 150 мм відносно площини бічного габариту причепа [67].



А – загальний вигляд і форми світлоповертачів; б – принцип дії світлоповертача [7.5]; 1 – світлоповертач; 2 – фара; 3 – орган зору (око) водія

Рис. 6.28. Світлоповертач

6.11. Місця розташування приладів освітлення і світлової сигналізації на мобільній машині

Чинними нормативними документами, з метою забезпечення вимог з освітлення робочих зон, інформативності про пересування та безпеки пересування мобільної машини строго регламентовані місця установки приладів освітлення та світлової сигналізації і їх основні характеристики. Місця розміщення світлових приладів на машині та їх основні характеристики наведено в табл. 6.2.

Таблиця 6.2 – Основні характеристики та місця розташування світлових приладів на машині

Назва світлового приладу та вільного параметру	Характеристики розміщення, мм			Потрібна сила світла, кд		Вільний параметр
	висота над дорогою	мінімальна відстань між приладами	максимальна відстань до найближчої площини бічного габариту	вдень	вночі	
Фари головного освітлення.	500 – 1200	600	400	-	-	
- мінімальна дальність дії близького світла, м	-	-	-	-	-	30
- мінімальна дальність дії далекого світла, м	-	-	-	-	-	100
Сигнал гальмування	400 – 1300	600	400	130 – 520	30 -80	-
- сила світла однорежимних ліхтарів, кд	-	-	-		-	40 - 100
Габаритні вогні	400 – 1300	600	400			-
- сила світла передніх габаритних вогнів, кд	-	-	-			4 – 60
- сила світла задніх габаритних вогнів, кд	-	-	-			2 – 12
- розміщення верхніх габаритних вогнів автобусів від площини верхнього габариту не більше, мм	-	-	-			400
Показчики повороту	400 – 1300	600 симетрично осі машини	400			
- передні одно режимні, кд	-	-	-			175 – 700
- задні одно режимні, кд	-	-	-			50 - 200
- задні дворегимні, кд	-	-	-	175-700	40-120	
Стоянкові вогні	400 - 1300	600	400	-	1 - 2	-
Ліхтар освітлення номерного знака:						
- освітленість, лк						10 - 490
Ліхтар заднього ходу	400 – 1200	-	-	-	-	-

6.12. Маркування приладів освітлення і світлової сигналізації

Кожен прилад освітлення мобільної машини має своє маркування.

Маркування фар може дати багато інформації автовласникові, наприклад, про тип ламп, які можна встановлювати в них, їх категорію, країну, де видавалося офіційний дозвіл на випуск таких фар, тип світла, що випромінюється ними, освітленість (в люксах), напрямок руху і навіть дату випуску. Останній елемент дуже цікавий в контексті того, що за цією інформацією можна перевірити реальний вік машини, що була у використанні. Окремі виробники автомобільних фар (наприклад, KOITO або HELLA) мають свої власні позначення, які корисно знати при їх покупці або купівлі машини [55].

Проаналізуємо основні елементи маркування на прикладі, представленому на рис. 6.29.

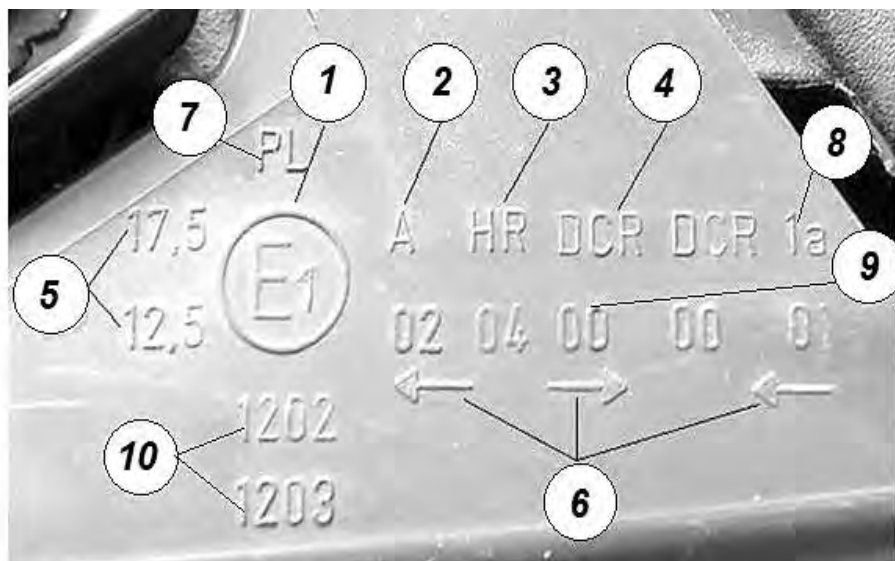


Рис. 6.29. Маркування автомобільної фари [54]

Сутність позицій 1 ... 10, представлених на рис. 6.29 наступна:

1 – знак міжнародного затвердження (позначення змішане, літера і число в колі):

– сутність літер:

❖ E – європа;

❖ DOT – США (Department Of Transport / Міністерство транспорту);

– сутність чисел в позначенні представлена в табл. 6.3:

У прикладі з рис. 6.29 затвердження надано в Німеччині;

2 - призначення фари (позначення літерою):

– сутність літер:

❖ C - ближнє світло;

❖ R - дальнє світло;

❖ H - тільки з галогенною фарею;

❖ HCR - ближнє і дальнє з галогенною лампою;

❖ DC – ближнєсвітло забезпечує ксенон;

❖ DCR - дальнє і ближнє світло забезпечує ксенон;

❖ S - лампа-фара (суцільносклянна);

❖ B - протитуманні фари;

❖ A - габаритний вогонь [6.20];

Буква А означає у прикладі позначення, що фара є переднім освітленням або бічним ліхтарем;

3 – регламент ламп (позначення переважно літерами, але може бути цифрами і змішане):

– сутність літер:

❖ C - ближнього, R - далекого, CR - дворежимного (ближнього і дальнього) світла з лампами розжарювання (Правила ЄЕК ООН № 112, ГОСТ Р 41.112-2005) [55];

Таблиця 6.3 – Сутність числових позначень в знаку міжнародного затвердження фари [54]

Число	Країна	Число	Країна	Число	Країна
1	Німеччина	13	Люксембург	25	Хорватія
2	Франція	14	Швейцарія	26	Словенія
3	Італія	15	не присвоєно	27	Словаччина
4	Нідерланди	16	Норвегія	28	Білорусь
5	Швеція	17	Фінляндія	29	Естонія
6	Бельгія	18	Данія	30	не присвоєно
7	Угорщина	19	Румунія	31	Боснія і Герцеговина
8	Чеська Республіка	20	Польща	32-36	не присвоєно
9	Іспанія	21	Португалія	37	Туреччина
10	Югославія	22	Російська Федерація	38-39	не присвоєно
11	Великобританія	23	Греція	40	Республіка Македонія
12	Австрія	24	не присвоєно	-	-

❖ НС - ближнього, НR - далекого, НCR - дворежимного світла з галогенними лампами розжарювання (Правила ЄЕК ООН № 112, ГОСТ Р 41.112-2005) [55];

❖ DC - ближнього, DR - далекого, DCR - дворежимного світла з газорозрядними джерелами світла (Правила ЄЕК ООН № 98, ГОСТ Р 41.98-99) [55];

❖ Поєднання символів НR означає, що якщо в фарі буде встановлена галогенна лампа, то тільки для дальнього світла.

4 – маркування фар для ксенонових джерел світла (позначення буквами):

– сутність літер:

❖ DC – ксенон ближнє світло;

❖ DR – ксенон дальнє світло;

- ❖ DCR – ксенон і ближнє і дальнє світло;
- ❖ DC/R – ксенон ближє або дальнє світло.

Символи DCR означають, що якщо в лампі будуть встановлені ксенонові лампи, то вони можуть бути призначені як для ближнього, так і для дальнього світла.

5 – провідне основне число (ПОЧ) – освітленість в люксах:

Можливі варіанти значень: 7.5; 10; 12.5; 17.5; 20; 25; 27.5; 30; 37.5; 40; 45; 50 люкс.

Наведені на рис. 6.29 позначки 12,5 і 17,5 відповідають малому значенню інтенсивності дальнього світла.

6 – напрямок руху: лівосторонній, правосторонній, або універсальний (позначається стрілкою):

Якщо на фарі стоїть стрілка, то така фара призначена для лівостороннього руху, якщо стрілки немає - то для правостороннього руху. Якщо стрілка двостороння, то фара універсальна і може використовуватись як для лівостороннього, так і для правостороннього руху;

7 – конструктивна особливість фари (позначення літерами):

Символи PL інформують автовласника про те, що на фарі встановлено пластмасовий розсіювач;

8 – конструктивна особливість фари (позначення зшане):

Символ *Ia* в даному випадку означає, що фара має відбивач для автомобільного транспорту;

9 – нахил для розсіювання нижнього світла:

Цифри над стрілками позначають відсотки нахилу, під яким повинен розсіюватися ближнє світло. Це робиться для полегшення регулювання світлового потоку фар;

10 – знак офіційного затвердження (номер омологатії):

Він говорить про стандарти, яким відповідає фара. Цифри означають номер омологації (поновлення). Кожен виробник має свої власні стандарти, а також дотримується міжнародних [54].

Так само як і фари головного світла, маркування мають і додаткові світлові елементи автомобіля. Наприклад:

«S1» - фара (ліхтар) який позначає сигнал гальмування транспортного засобу;

«R» - задні габаритні вогні легкоих автомобілів;

«R S1» - загальне позначення ламп сигналу гальмування і габаритних вогнів;

«S3» - додаткова фара сигналу гальмування;

«1, 1B» - показчик повороту передній;

«2A» - задній показчик повороту [78].

Європейська система маркування фар відрізняється від американської. Є й інші відмінності між європейськими і американськими світловими елементами. Наприклад, колір показчиків поворотів. В американських автомобілів вони переважно червоного кольору, в канадських - помаранчевого, але при цьому бічні повторювачі поворотів в канадських машинах можуть бути зовсім відсутніми. Крім того, американські і канадські автомобілі не комплектуються в обов'язковому порядку протитуманними фарами.

«IA» - спеціальні світлоповертачі бічного типу з помаранчевими лампами;

«L» - підсвічування заднього номерного знака автомобіля;

«SM1-SM2» - габаритні вогні легкових машин довжиною понад шість метрів;

«III A» - світлоповертачі трикутної форми для причепів [55, 78].

Загалом варіанти маркування фар мають і певні особливості і для його здійснення використовуються і інші позначення, основними серед яких є:

Літера А (іноді в поєднанні з буквою D, що означає, що омологация відноситься до пари фар). Позначення відповідає переднім габаритним ліхтарям або бічним ліхтарям.

Літера R (аналогічно, іноді в поєднанні з буквою D). Так позначається задній габаритний ліхтар.

Сполучення символів S1, S2, S3 (аналогічно, з буквою D). Таким чином позначаються ліхтарі гальм.

Літера F. Позначення відповідає задній протитуманной фарі, які монтують на автомобілі, а також причепі.

Позначення переднього покажчика повороту 1, 1B, 5 - бічного, 2a - заднього (випромінюють оранжеве світло).

Поєднання символів AR – так позначають ліхтарі заднього ходу, що встановлюються на автомобілі і причепі.

Літери RL – таким чином маркують лампи денного світла.

Поєднання символів типу 02A – так позначається підфарник (габарит) [54].

6.13. Основні несправності та технічне обслуговування приладів освітлення та світлової сигналізації

6.13.1. Основні несправності приладів освітлення та світлової сигналізації

Нижче приведені основні несправності приладів освітлення і світлової сигналізації, причини, що їх викликають, і способи усунення, а саме:

 не працює система освітлення і світлової сигналізації;

Можливі причини:

- обрив в загальному ланцюзі від приладу до центрального або комбінованого перемикача (в цьому випадку слід перевірити надійність з'єднань і справність провідників);
- порушення контакту в перемикачі (необхідно перевірити справність перемикача і, якщо потрібно, замінити його);

 не горять окремі лампи фар і ліхтарів;

Можливі причини:

- перегорання або обривом нитки розжарювання лампи (в цьому випадку треба замінити лампу);
- порушення контакту в з'єднувальних колодках (слід перевірити надійність з'єднань в колодках);
- порушення контактів в патроні лампи (для усунення несправності потрібно зачистити контакт, який окислюється, підігнути пружинний контакт патрона);
- несправністю вимикача або перемикача для усунення несправності потрібно замінити перемикач) [3].

 прискорене перегорання ниток ламп розжарювання;

Можливі причини:

- підвищений рівень напруги на борту машини (потрібно перевірити регулятор напруги і, за необхідності, відрегулювати, або замінити його);
- значні вібрації спіралі лампи внаслідок слабкого закріплення ламп в патроні, оптичного елементу в корпусі або світлового приладу в цілому на автомобілі (для усунення несправності потрібно виявити джерело вібрації і усунути його) [3].

 миготіння світла ламп;

Можливі причини:

- незадовільний контакт в патроні (для усунення несправності слід підігнути пружинний контакт в патроні);
- обрив провідника і періодичний контакт обірваних кінців провідника через вібрації (для усунення несправності необхідно замінити провідник);
- незадовільний контакт провідників в місцях з'єднань (для усунення несправності потрібно перевірити з'єднання штекерних колодок і провідників та, при необхідності, забезпечити надійне з'єднання) [3].

 не включається сигнал гальмування;

Можливі причини:

- несправний вимикач сигналів гальмування або реле включення (для усунення несправності необхідно перевірити вимикач і реле, при необхідності замінити).
- від'єднання провідників від вимикача сигналів гальмування або реле включення (для усунення несправності потрібно приєднати провідники) [3].

 фари погано освітлюють дорогу.

Можливі причини:

- порушення регулювання фар (для усунення несправності перевірити і, за необхідності, відрегулювати фари);
- пошкодження або потьмяніння відбивача (для усунення несправності замінити оптичний елемент фари);
- забруднення розсіювача (для усунення несправності очистити розсіювач);
- затемнення колби лампи розжарювання (для усунення несправності потрібно замінити лампу) [3].

 не працюють показчики повороту у режимі аварійної сигналізації всі лампи показчиків повороту працюють;

Можлива причина:

- перегорання запобіжника в ланцюзі електроживлення переривника показчика повороту (для усунення несправності необхідно перевірити провідники, усунути пошкодження і замінити запобіжник) [3].

 показчики повороту не працюють як в режимі маневрування, так і в режимі аварійної сигналізації.

Можливі причини:

- перегорання запобіжників в ланцюзі електроживлення переривника показчиків повороту (для усунення несправності потрібно перевірити провідники, усунути пошкодження і замінити запобіжники);
- незадовільний контакт в штекерних колодках переривника показчиків повороту або вимикача аварійної сигналізації (для усунення несправності необхідно перевірити штекерні з'єднання, якщо потрібно забезпечити надійний контакт);
- несправність вимикача аварійної сигналізації (для усунення несправності вимикач контрольної лампи необхідно перевірити, при необхідності замінити) [3].

 не працює контрольна лампа показчиків повороту тягача або причепа.

Можлива причина:

- перегорання лампи в одному з ліхтарів показчика повороту (для усунення несправності лампу необхідно замінити) [3].

6.13.2. Технічне обслуговування приладів освітлення та світлової сигналізації

Справний стан приладів освітлення і світлової сигналізації є необхідною умовою безпеки руху. Це вказує на важливість своєчасного і регулярного профілактичного обслуговування приладів освітлення та світлової сигналізації.

Найбільш важливі роботи з обслуговування проводяться при щозмінному технічному обслуговуванні та технічному обслуговуванні автомобіля №2.

При щозмінному (щоденному) технічному обслуговуванні перед виїздом перевіряють [28]:

- стан приладів освітлення та сигналізації за різних положень перемикачів (комбінованого перемикача світла фар головного освітлення, передніх і задніх ліхтарів, перемикачів протитуманних фар, вимикачів ліхтарів автопоїзда тощо);
- забруднення розсіювачів приладів зовнішнього освітлення і сигналізації (пошкоджені розсіювачі замінюються).

При кожному технічному обслуговуванні №2 машини необхідно виконати наступні операції:

- перевірити і, якщо потрібно, підтягнути деталі кріплення приладів освітлення і сигналізації;
- перевірити кріплення наконечників провідників на затисках;
- перевірити установку фар і при необхідності відрегулювати.

Світловий потік фар регулюють на рівному майданчику (рис.6.30) з твердим покриттям (асфаль, асфальтобетон тощо). Мобільна машина повинна бути в спорядженому стані, але без вантажу. Присутність водія в кабіні не має значення (для вантажних авто). Тиск в шинах повинен відповідати технічним нормам на дану машину. Розсіювачі і відбивачі фар повинні бути чистими [28].

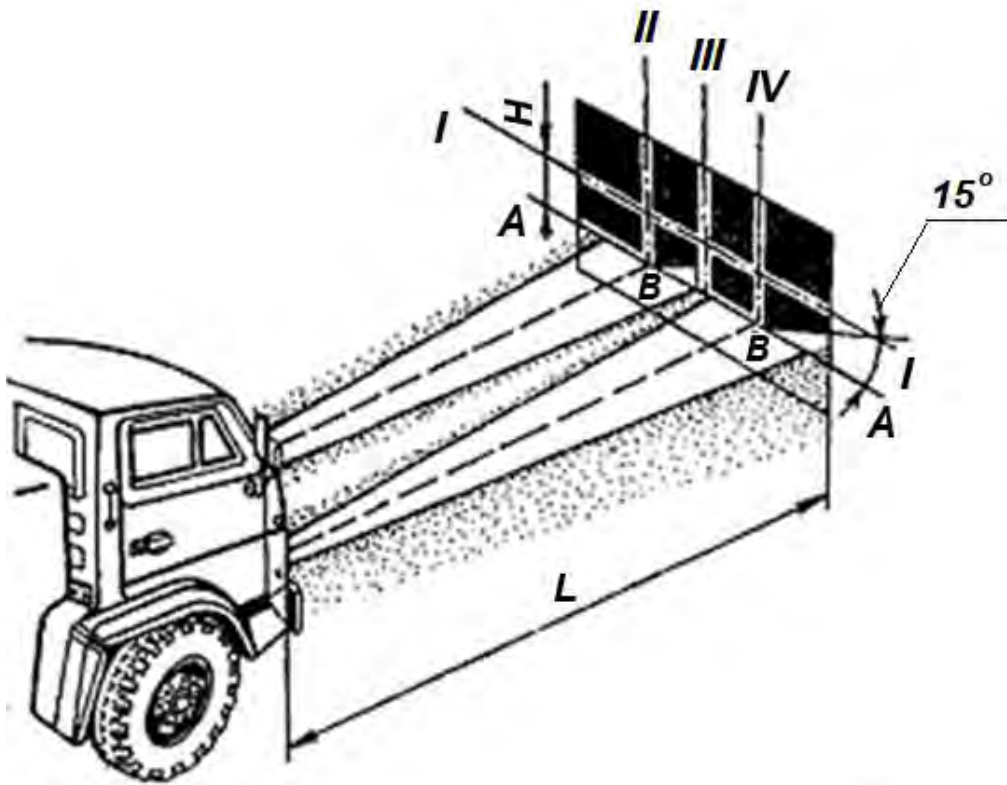


Рис. 6.30. Схема облаштування майданчика для регулювання фар [28]

Плоский екран з матовою поверхнею шириною не менше 3 м встановлюється перпендикулярно поверхні майданчика. Відхилення екрана від перпендикулярності повинно не перевищувати 1° . Лінії розмітки, нанесені на екран з допуском $\pm 0,5$ см. Повинні бути добре помітними. Положення ліній на екрані повинні відповідати наступним вимогам.

Машину необхідно встановити так, щоб її поздовжня вісь була перпендикулярна екрану, а лінія *III* співпадала з поздовжньою площиною симетрії машини. Допустиме відхилення поздовжньої осі симетрії машини відносно лінії *III* не повинне перевищувати ± 5 см. Лінії *II* і *IV* повинні співпадати з проекцією центрів фар машини на площину екрану. Лінія *I* повинна знаходитись на рівні висоти центра фар [28].

Відстань *L* від екрана до центрів зовнішньої поверхні розсіювачів фар повинно складати $10 \pm 0,05$ м. Допускається зменшення відстані *L*, але, при цьому, повинна бути відкорегована і відстань *H*, варіанти значень якої приведені в табл. 6.4.

Таблиця 6.4 – Варіанти взаємозв'язку відстаней *L* і *H* в процесі регулювання установки фар [28]

<i>L</i> , м	<i>H</i> , мм
$10 \pm 0,05$	250
$7,5 \pm 0,03$	190
$5 \pm 0,025$	125

Дані табл. 6.4 вказують на те, що при установці машини на відстані *L* від екрана, яка рівна $10 \pm 0,05$ м, $7,5 \pm 0,03$ м або $5 \pm 0,025$ м відстань *H* між лініями *I* і *A – A* повинна складати відповідно 250 мм, 190 мм або 125 мм. Дані приведені для автомобіля типу КамАЗ, а для інших автомобілів, відповідно, повинна виконуватись індивідуальна розмітка екрану, яка визначається розташуванням фар над поверхнею майданчика та їх компонованням на панелях кузова машини [28].

В процесі регулювання необхідно забезпечити співпадання центрів пучків світла від кожної з фар з відповідною точкою *B* (див рис. 6.29). Точки *B* на схемі рис. 6.29 – це точки перетину лінії

горизонтальної $A - A$ з вертикальними лініями II та IV , які є проекціями центрів фар.

Регулювання світла фар на станціях технічного обслуговування здійснюють з допомогою реглоскопів типу К-303, ПФ-72, або інших подібних приладів (рис. 6.31). Порядок виконання регулювань описується в інструкції до приладу і може відрізнятися залежно від марки приладу.



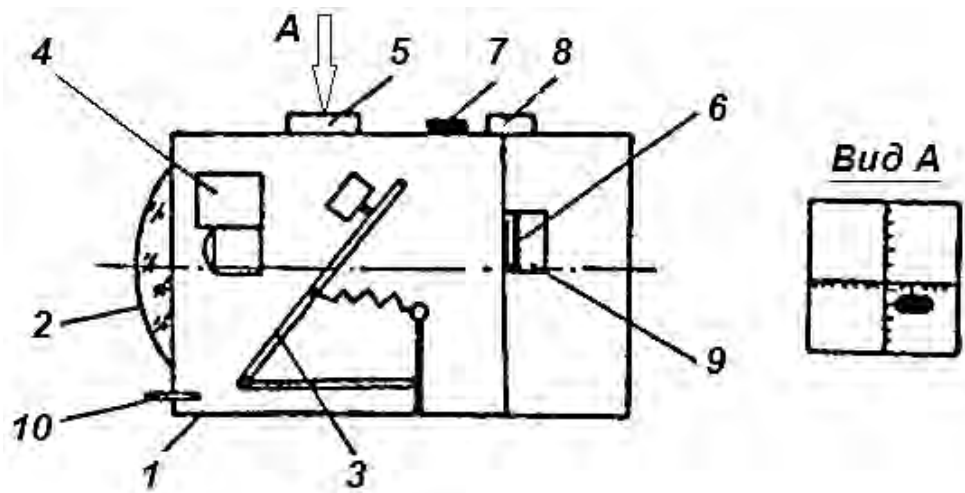
Рис. 6.31. Прилад для перевірки фар EFLE 60,61 (BOSH) [50]

Процес виконання перевірки сили світла фар та регулювання фар добре викладено в роботі [50]. Суть методики викладена нижче.

Перед перевіркою перевірити положення коректора фар відповідно до завантаження автомобіля.

➤ *Перевірка сили світла фар* [50]:

- встановити автомобіль на рівній площадці;
- встановити вимірювальний блок приладу фар (рис. 6.32) по горизонталі і вертикалі напроти фари;



1 – корпус вимірювального блоку; 2 – лінза; 3 – відкидне дзеркало; 4 – відкидний візирний пристрій; 5 – екран; 6 – світлофільтр; 7 – рівень; 8 – мікроамперметр; 9 – фотоелемент; 10 – висувний щуп

Рис. 6.32. Схема вимірювального блоку приладу ПФ-72 [50]

- установити за допомогою щупа 10 відстань 200 мм до розсіювача фари;
- установити вимірювальний блок у горизонтальній площині за допомогою рівня 7;
- сполучити візирний пристрій 4 із центром фари за допомогою рукояток;
- вмикати світло фар (спочатку в режимі «ближнє світло», потім - «дальнє світло»);
- відкинути відкидне дзеркало 3 для проходження світлового пучка до фотоелемента 9;
- зафіксувати за показниками мікроамперметра величину сили світла фари в кожному режимі [50].

Сила світла фар повинна бути в межах, зазначених у нормативних документах на даний тип освітлювального приладу. При

недостатній силі світла перевіряють стан рефлектора, а також напругу акумуляторної батареї [50].

➤ *Перевірка правильності установки фар [50]:*

- проробити перші шість операцій попередньої перевірки, яка виконувалась для встановлення сили світла фар;
- підняти відкидне дзеркало 3 у положення, при якому світлова пляма відбивається на екрані 5 (рис. 6.31, вид А);
- зафіксувати положення світлової плями щодо розмітки екрана та зрівняти з технічними умовами [50].

Фари повинні бути встановлені таким чином, щоб кут між пучком світла і поверхнею дороги дорівнював значенням, наведеним у нормативних документах на даний тип освітлювального приладу, а в горизонтальній площині кут установки дорівнює 0 [50].

Процес виконання перевірок та регулювань з залученням приладу типу ПФ-72 представлений на рис. 6.33.



Рис. 6.33. Процес виконання перевірок та регулювань фар головного освітлення з залученням приладу типу ПФ-72 [50]



РОЗДІЛ 7.

ІНШІ СПОЖИВАЧІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

На борту сучасної мобільної машини, залежно від її комплектації, може використовуватися дуже велика кількість споживачів електричної енергії, складність конструкції яких заслуговує окремого розгляду в рамках окремого навчального видання і, навіть, в рамках окремої навчальної дисципліни не обов'язково пов'язаної з спеціальністю «Агроінженерія».

Метою даного видання є ознайомлення потенційного споживача і спеціаліста в галузі мобільної техніки з найбільш поширеними і обов'язковими в конструкції мобільної машини приладами електрообладнання. За таких умов, в цьому розділі розглянемо ті прилади електрообладнання мобільної машини, які не ввійшли в інші, вже розглянуті вище п'ять груп приладів, але застосування яких в конструкції машини є обов'язковим. До таких приладів належить звуковий сигнал (забезпечення безпекових показників роботи машини) і електродвигун (забезпечення функціонування електроприводів). Крім того, в посібнику не розглядається арматура електрообладнання (вимикачі, провідники, запобіжники тощо),

оскільки конструкції їх схожі для різних галузей застосування і можуть вивчатися в межах навчальних програм інших дисциплін.

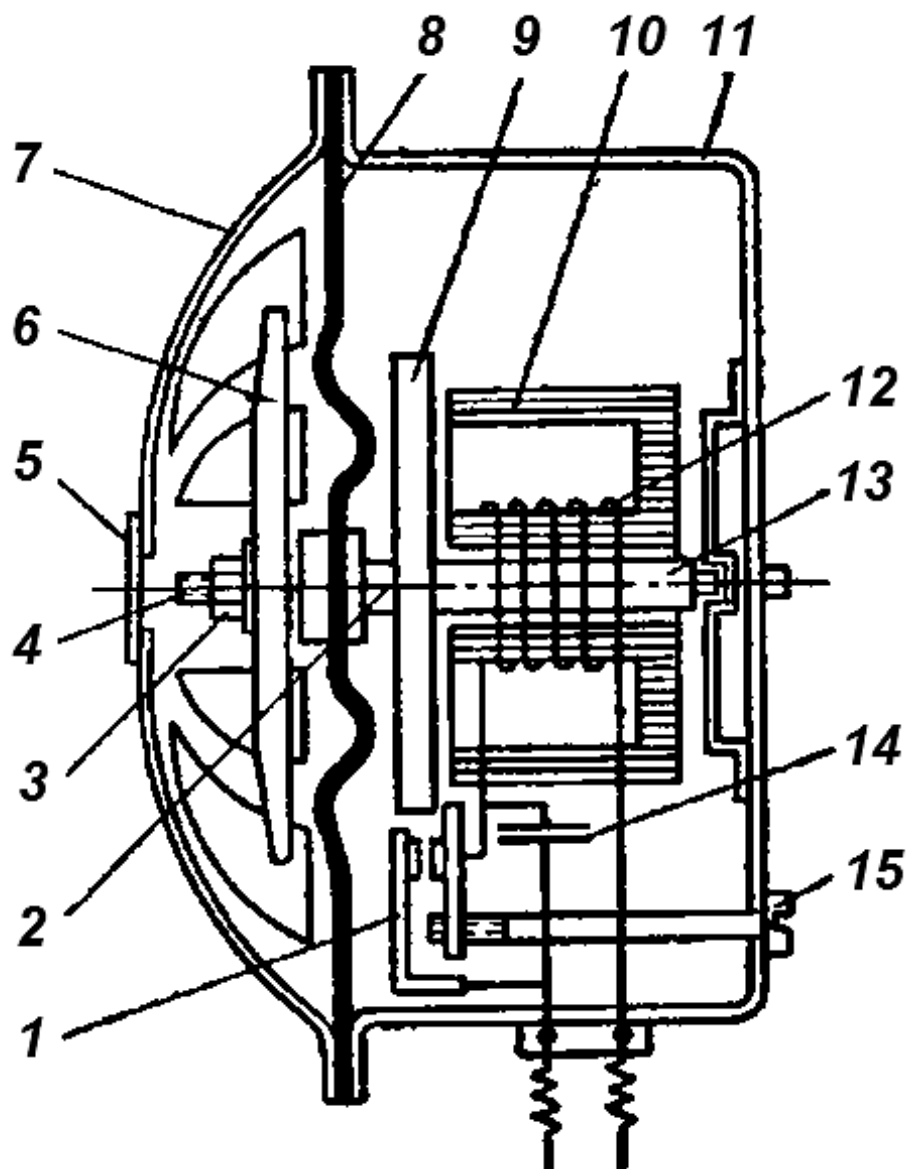
7.1. Звуковий сигнал

Конструкція найпростішого електричного звукового сигналу представлена на рис. 7.1.

Кнопка вмикання звукового сигналу знаходиться на рульовій колонці. Коли кнопка натиснута, струм проходить через контакти переривника 1 (рис. 7.1) і далі через обмотку 12 електромагніта 10. При цьому якір 9 притягається до полюсів електромагніта. Разом з якорем переміщається осердя 13 і пов'язаний з ним стержень 2, на якому закріплена мембрана 8 з тонкої листової сталі. Якір 9 прогинає мембрану й водночас розмикає ланцюг, натискаючи на пластину переривника. При цьому магнітне поле зникає, осердя 13 і пов'язаний з ним якір 9 повертаються в початкове положення під дією пружної мембрани; контакти переривника замикаються знову, і весь процес повторюється. Коливання мембрани створюють звук. Конденсатор 11 оберігає контакти переривника від обгорання. Для регулювання сили звуку передбачений регулювальний гвинт 15 [38].

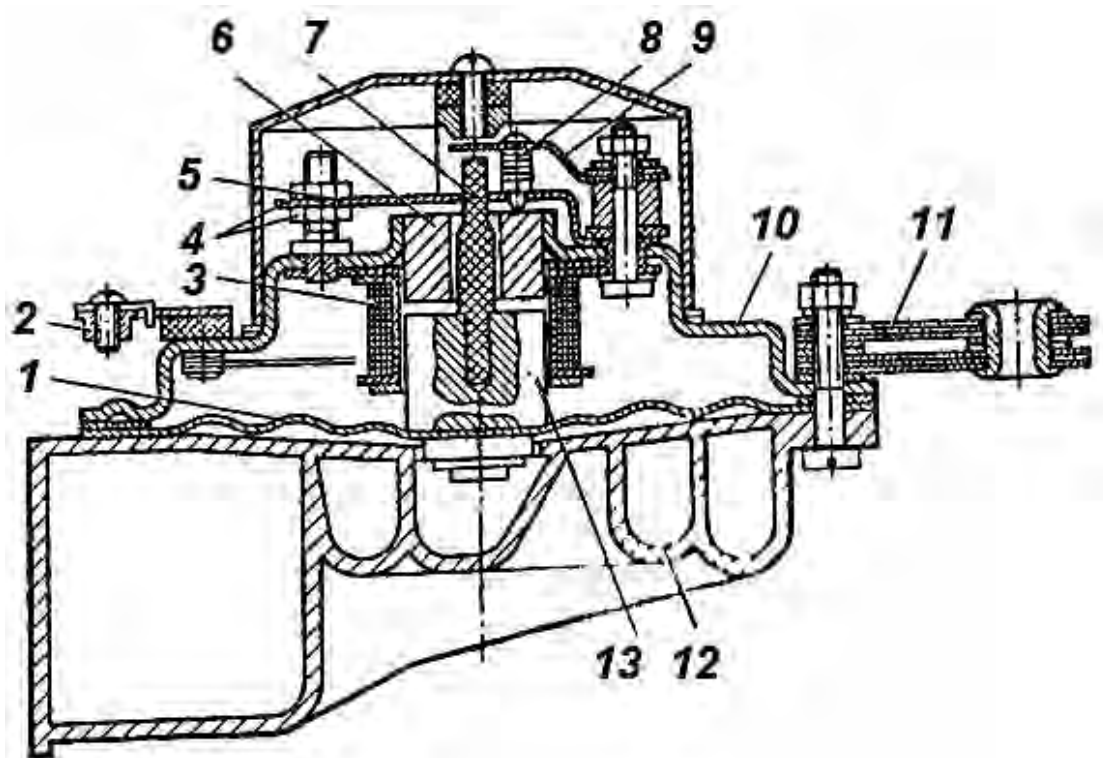
З метою досягання тональності звукового сигналу використовують мембранно-рупорні звукові сигнальні пристрої [38].

Прилади даного типу, за конструкцією, аналогічні розглянутим вище сигналам, але мають додаткову деталь – рупор прямого («ріжок»), спірального («равлик» - рис. 7.2) чи іншого типу. Задня частина рупора розташована з боку мембрани, тому вібрація мембрани змушує вібрувати і весь об'єм розташованого в рупорі повітря. Останнє



1 – переривник; 2 - стержень, зв'язаний з осердям; 3 – контргайка центрального гвинта; 4 – центральний регулювальний гвинт; 5 – знімна кругла пластина кришки; 6 – вібраційний диск; 7 – кришка з прорізами; 8 – мембрана; 9 – якір; 10 – електромагніт; 11 – корпус сигналу; 12 – обмотка електромагніту з мідного ізольованого дроту; 13 – осердя; 14 – конденсатор; 15 – бічний регулювальний гвинт

Рис. 7.1. Звуковий сигнал [38]



1 – мембрана; 2 – вивід обмотки; 3 – обмотка електромагніта; 4 – регулювальні гайки; 5 – пластина нерухомого контакту; 6 – осердя електромагніта; 7 – упорний штифт; 8 – контакти; 9 – пружина рухомого контакту; 10 – корпус; 11 – кронштейн; 12 – рупор; 13 – якір

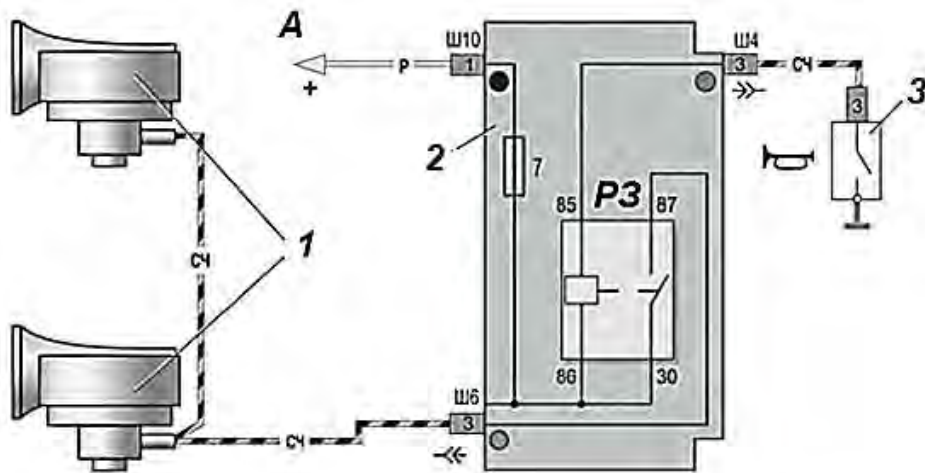
Рис. 7.2. Тональний рупорний звуковий сигнал [88]

забезпечує випромінювання звуку певного спектрального складу. Тональність звуку залежить від довжини і внутрішнього об'єму рупора [88].

Найбільш поширені компактні сигнали «равлики», які займають мало місця і мають високу потужність. Трохи менш поширені сигнали «ріжки», які при збільшених розмірах мають привабливий зовнішній вигляд і можуть використовуватися у якості прикраси для автомобіля.

Незалежно від типу рупора, дані звукові сигнальні пристрої мають усі переваги звичайних вібраційних сигналів, що і забезпечило їх популярність [88].

Варіант схеми включення звукового сигналу на автомобілі ВАЗ-2107 показаний на рис. 7.3.



1 - звукові сигнали; 2 - блок реле і запобіжників; 3 - кнопка включення сигналу на рульовому колесі; P3 - реле звукового сигналу; А – плюсовий вивід генератора

Рис. 7.3 Схема включення звукових сигналів на автомобілі ВАЗ-2107 [88]

Можливі несправності звукового сигналу бувають трьох видів:

- звуковий сигнал перестав працювати;
- звук сигналу погіршився;
- звуковий сигнал почав спрацьовувати мимовільно.

Розглянемо більш детально ці несправності.

Звуковий сигнала перестав працювати.

Причиною може бути:

- вихід з ладу сигналу – усувається заміною сигналу;
- обрив, окислення провідників – усувається заміною провідника, зачисткою контактів;
- вихід з ладу запобіжника – усувається заміною запобіжника;
- вихід з ладу реле звукового сигналу – усувається заміною реле.

Звук сигналу погіршився.

Причиною може бути:

- забруднення звукового елемента (сигналу) – усувається прочисткою, продуванням, заміною звукового елемента;
- незадовільний контакт в колі живлення звукового елемента – усувається зачисткою контактів;
- порушилось регулювання звукового сигналу – усувається регулюванням сигналу.

Звуковий сигнал почав спрацьовувати мимовільно.

Причиною може бути:

- замикання в колі живлення звукового сигналу – усувається ліквідацією замикання;
- спаювання контактів звукового сигналу – усувається заміною сигналу;
- спаювання контактів реле звукового сигналу – усувається заміною реле.

Регулювання і заміна звукового сигналу.

Основні правила:

- звукові елементи (якщо їх більше ніж один) регулюються по черзі. При цьому відключається живлення від елемента, який в даний момент не регулюється – рис. 7.4 [39];

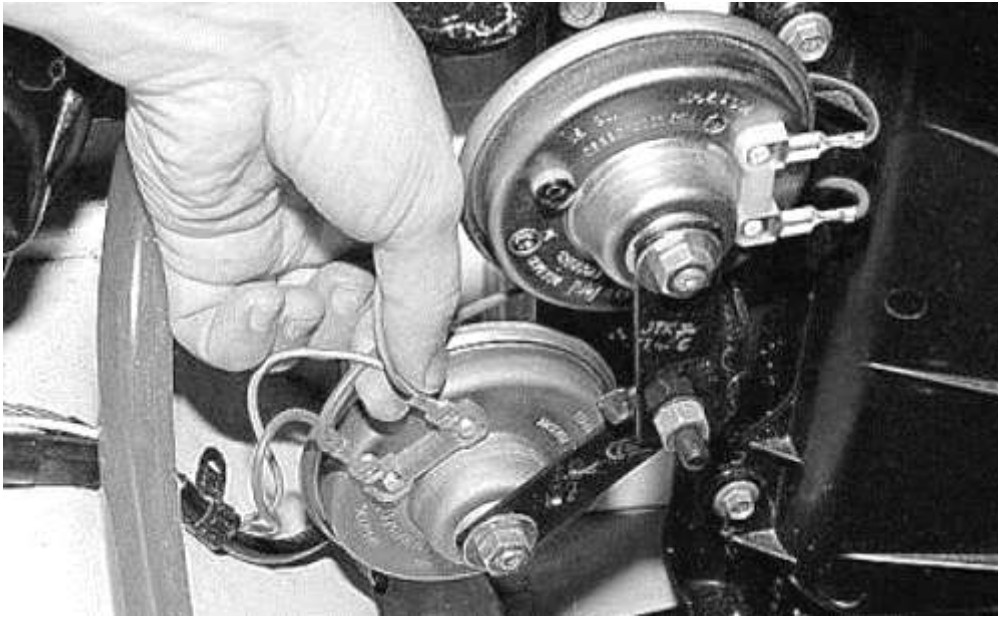


Рис. 7.4. Відключення звукового елемента [39]

- обертанням регулювального гвинта досягається максимально гучний і чистий звук сигналу – рис. 7.5 [39];

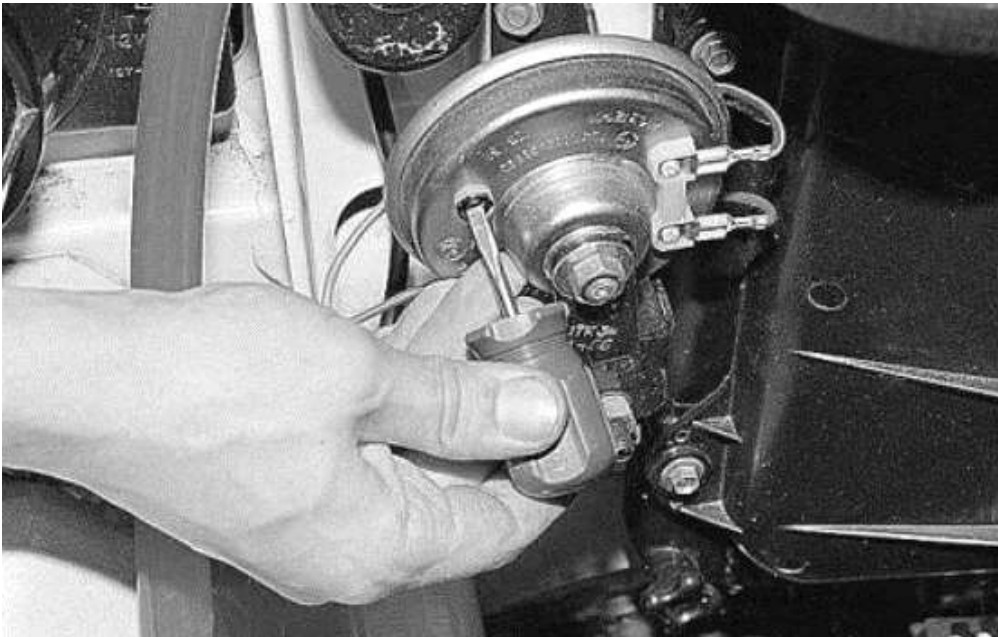


Рис. 7.5. Процес регулювання звукового елемента [39]

- таким же чином регулюється другий звуковий елемент, попередньо відключивши перший;
- при заміні несправного звукового елемента від нього відключаються провідники живлення і відкручується гайка, яка фіксує його на кронштейні;
- новий звуковий елемент (сигнал) встановлюється в зворотному порядку [39].

Перевірка реле звукового сигналу.

Для перевірки реле звукового сигналу користуються мультиметром, або складають схему, яка зображена на рис. 7.6.

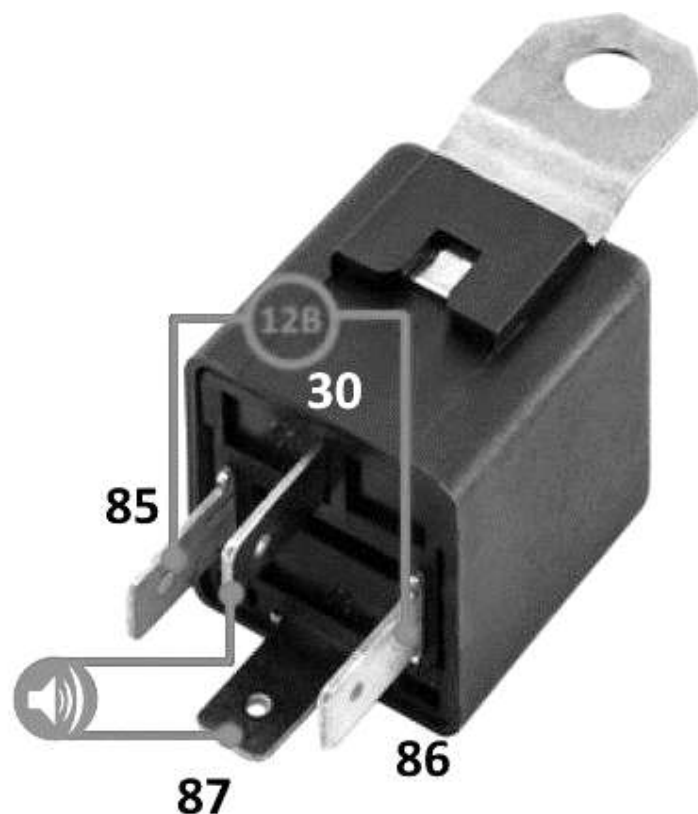


Рис. 7.6. Схема для перевірки реле звукового сигналу [39]

Якщо після збирання схеми сигнал буде працювати, то реле справне, і навпаки – якщо сигнал не працює – то реле не справне.

7.2. Електродвигун

В конструкціях багатьох агрегатів мобільної машини використовуються електродвигуни (склоочисник, склопідіймач, вентилятор, опалювач, коректори фар, кондиціонер тощо). Практично всі двигуни на борту мобільної машини, за винятком окремих тягових – це двигуни постійного струму (ДПС) – рис. 7.7.



Рис. 7.7. Електродвигуни постійного струму для електрообладнання мобільних машин

Конструкція електродвигуна постійного струму аналогічна конструкції генератора постійного струму. В електродвигуні явище електромагнітної індукції при взаємодії струму обмотки ротора (якоря) з основним магнітним полем зумовлює появу електромагнітного обертового моменту.

ДПС класифікують за видом магнітної системи статора [25]:

- з постійними магнітами – рис. 7.8;
- з електромагнітами – рис. 7.9.

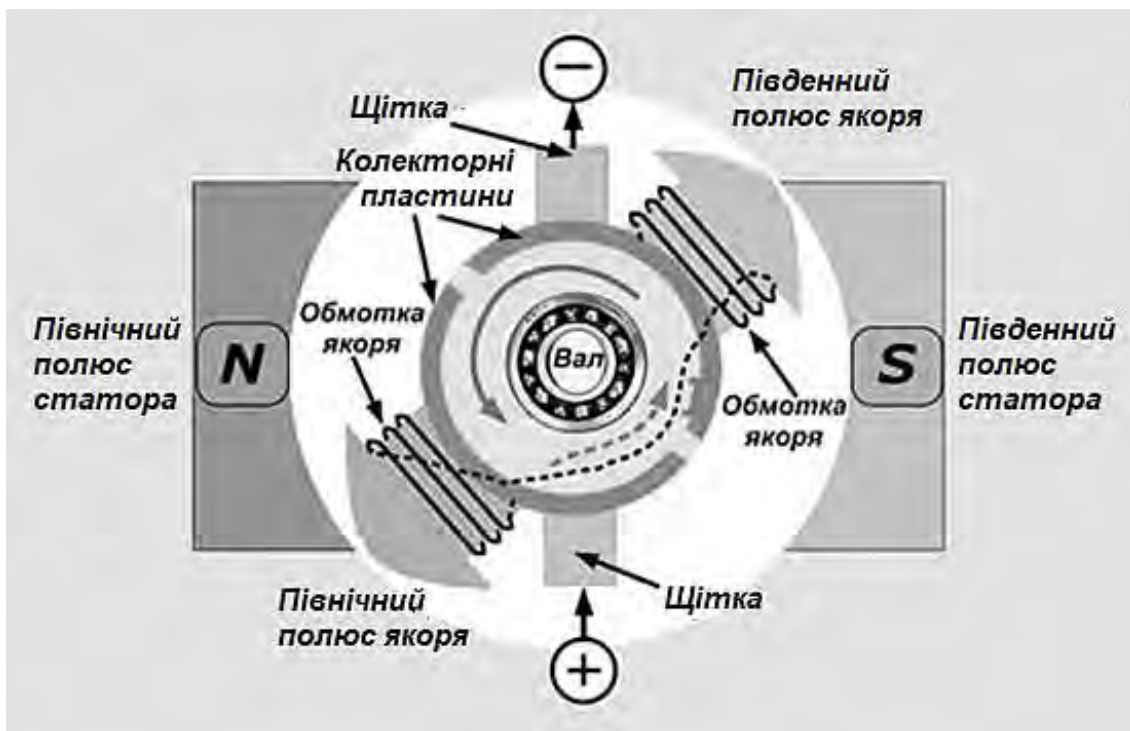
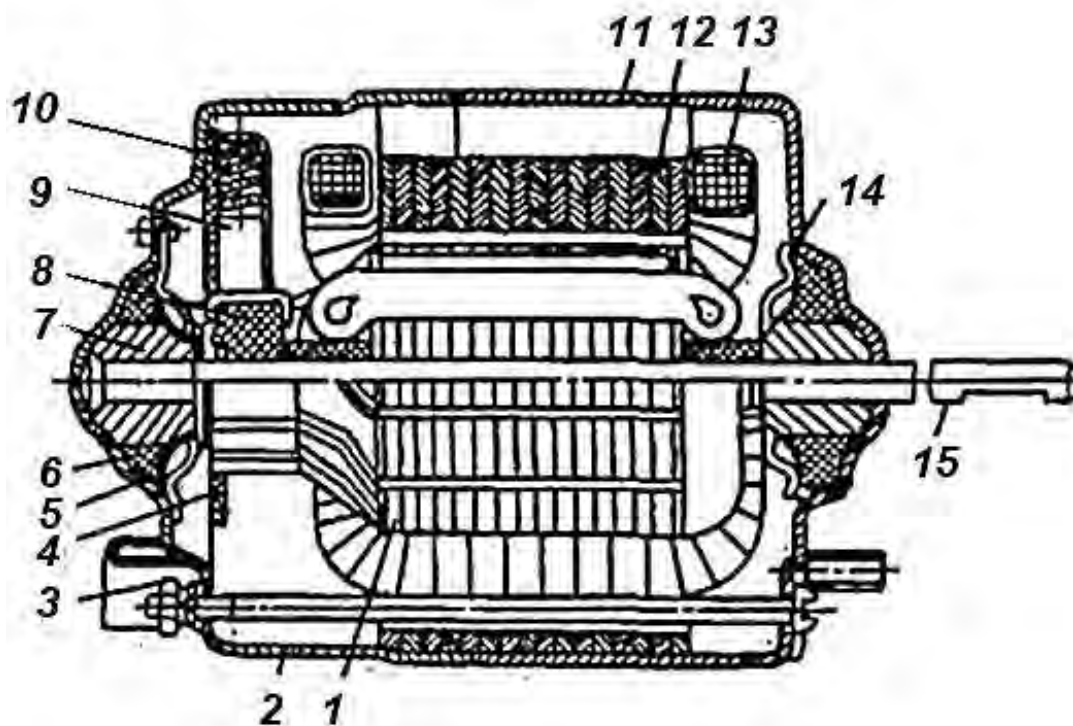


Рис. 7.8. Принципова схема електродвигун постійного струму з постійними магнітами

ДПС з електромагнітним збудженням розрізняють [25]:

- з незалежним включенням обмоток (незалежне збудження);



1 – якор; 2 – кришка; 3 – стяжний гвинт; 4 – траверса; 5, 14 – пластинчасті пружини; 6 – набивка; 7 – підшипники; 8 – колектор; 9 – щітка; 10 – щіткотримач; 11 – корпус; 12 – пакет статора; 13 – обмотка збудження; 15 – вихідний вал

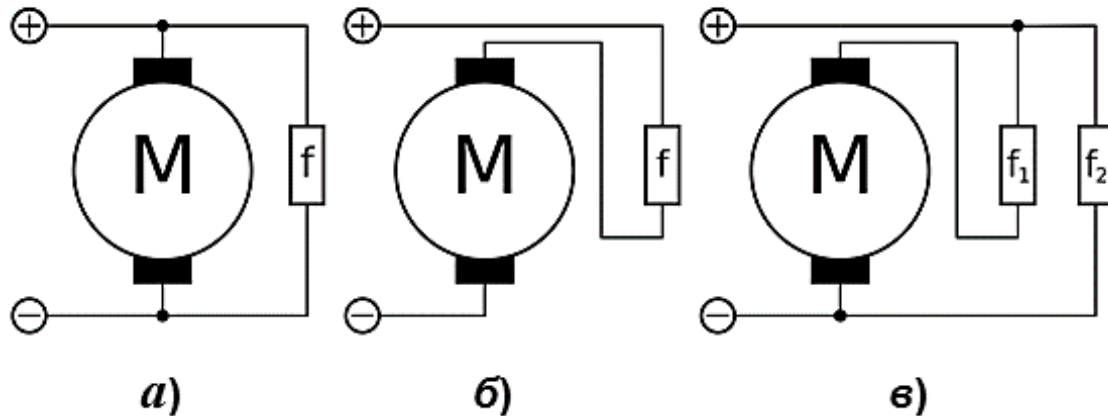
Рис. 7.9. Електродвигун постійного струму з електромагнітним збудженням типу М3201 [67, 81]

- з залежним включенням обмоток (залежне збудження) [25].

ДПС з електромагнітним збудженням і залежним включенням обмоток розрізняють [25]:

- з паралельним включенням обмоток (паралельне збудження) рис. 7.10 а;
- з послідовним включенням обмоток (послідовне збудження) – рис. 7.10 б;

- зі змішаним включенням обмоток (змішане збудження) – рис. 7.10 в [25].



а – паралельне; б – послідовне; в – змішане; f , f_1 , f_2 – обмотки збудження

Рис. 7.10. Схеми включення обмоток збудження ДПС [25]

ДПС з електромагнітним збудженням, залежним змішаним включенням обмоток розрізняють [25]:

- з переважанням послідовної обмотки;
- з переважанням паралельної обмотки [25].

Вид підключення обмоток статора істотно впливає на електромеханічну та механічну характеристики електродвигуна постійного струму.

Принцип дії електричної машини постійного струму розглядався в вище, в третьому розділі. Однак коротко згадаємо його ще раз по відношенню до схеми, зображеної на рис 7.8.

На осерді якоря, виготовленого з феромагнітних матеріалів, розташована обмотка, яка складається з двох послідовно з'єднаних частин. Одним кінцем ці частини обмотки підключені до

струмопровідних колекторних пластин, а іншим – з'єднані між собою. Дві щітки з графіту розташовані на діаметрально протилежних кінцях якоря і притискаються до контактних площадок колекторних пластин пружинами [73].

На нижню щітку (див. рис. 7.8) підводиться позитивний потенціал постійного джерела струму, а на верхню – негативний. Напрямок протікання струму по обмотці показано пунктирною стрілкою [73].

Струм викликає в нижній лівій частині якоря магнітне поле північного полюса, а в правій верхній – південного (згідно правила гвинта). Це призводить до відштовхування полюсів ротора від однойменних стаціонарних і притягуванню до різнойменних полюсів на статорі. В результаті сил відштовхування і притягування окремих частин якоря і статора на певному плечі виникає крутний момент на валу якоря і, як наслідок, напрямок якого вказує суцільна стрілка [73].

При подальшому обертанні якоря по інерції полюси якоря проходять полюси статора і переходять на живлення від інших колекторних пластин. Напрямок струму в них змінюється на протилежний і в результаті взаємодії магнітних полів полюс якоря, який притягувався до відповідного полюса статора починає від нього відштовхуватися. Ротор продовжує подальше обертання [73].

Проста конструкція подібного колекторного пристрою призводить до великих втрат електричної енергії. Подібні двигуни працюють в приладах простої конструкції або іграшках для дітей.

Електродвигуни постійного струму, які працюють на мобільній техніці, мають більш складну конструкцію за рахунок того, що [73]:

- ✓ обмотка поділена на більшу кількість частин;
- ✓ кожна секція обмотки змонтована на своєму полюсі;

✓ колекторний пристрій виконано з кількістю контактних майданчиків згідно числу секцій обмотки [73].

В результаті цього створюється плавне підключення кожного полюса через свої контактні пластини до щіток і джерела струму, що сприяє зниженню втрат електроенергії.

Будова такого якоря показана на рис. 7.11 [73].



Рис. 7.11. Якір ДПС, який використовується на мобільній машині [73]

Потужність електродвигуна постійного струму може варіювати в межах від часток вата до тисяч кіловат, а ККД — від 0,02 ... 0,03 до 0,93.

Конструкція електродвигуна постійного струму дозволяє плавно і в широких межах, шляхом використання опорів, включаючи і змінні, регулювати частоту обертання за раунок:

- зміни струму в колі ротора;
- зміни напруги живлення;

- зміни магнітного потоку.

У електричних двигунів постійного струму можна реверсувати напрям обертання ротора. Для цього достатньо змінити напрям руху струму в обмотці на протилежний зміною полярності на джерелі.

 *Переваги та недоліки електродвигунів постійного струму* [25].

Переваги [25]:

- простота будови та управління;
- практично лінійні механічна і регульовальна характеристики двигуна;
- простота регулювання частоти обертання ротора;
- задовільні пускові властивості (великий пусковий момент, найбільший пусковий момент у ДПС з послідовним збудженням);
- мінімальні габаритні розміри (за умови використання потужних постійних магнітів у статорі);
- можливість використання в режимі електродвигуна (приводний режим) та генератора (генераторний режим) за рахунок оборотності електричної машини даного типу [25].

Недоліки [25]:

- дорожнеча виготовлення;
- для живлення ДПС від мережі змінного струму необхідно використовувати випрямні пристрої;
- необхідність профілактичного обслуговування колекторно-щіткових вузлів;
 - обмежений термін служби через зношення колектора [25].

Варто зазначити, що останні два недоліки на сучасному етапі розвитку ДПС практично не відчутні [25].



РОЗДІЛ 8.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

Процес навчання вважається ефективним, коли він розширює кругозір того, хто навчається в запланованому напрямку. Фіксація такого явища проводиться шляхом складання останнім випробувань як теоретичних, так і практичних з використанням відповідних тестів, основою яких є наявність банку контрольних запитань.

8.1. Контрольні запитання для швидкого опитування

В процесі вивчення матеріалу необхідно періодично проводити контроль рівня засвоєння знань, перевіряти готовність до виконання лабораторних робіт, захищати лабораторні роботи тощо. Названі елементи навчального процесу потрібно проводити якомога частіше, однак вони забирають багато часу. Нижче пропонується перелік одновибіркових тестових запитань, відповіді на які максимально наближені до схеми «так», або «ні», а звідси і мінімізують згадані витрати часу. Відповіді на приведені нижче запитання в тому чи іншому вигляді надані в посібнику і, за умови уважного ознайомлення з викладеним матеріалом, проблем, з підготовкою правильних відповідей, виникати не повинно.

8.1.1. Загальні відомості про електричне обладнання мобільних машин

Запитання № 1.

Закінчіть визначення: «Сукупність явищ пов'язаних з існуванням, рухом і взаємодією електричних зарядів – це ...»

1	електрика;
2	електричний струм;
3	сила струму;
4	напруга.

Запитання № 2.

Закінчіть визначення: «Впорядкований рух заряджених частинок – це ...»

1	електрика;
2	електричний струм;
3	сила струму;
4	напруга.

Запитання № 3.

Закінчіть визначення: «Кількість електричного заряду, який проходить через поперечний переріз провідника за одну секунду – це ...»

1	електрика;
2	електричний струм;
3	сила струму;
4	напруга.

Запитання № 4.

Підберіть відповідне слово, або словосполучення і закінчіть визначення: «Частина електрорушійної сили, яка викликає рух електричного струму по зовнішньому колу – це ...»

1	електрика;
2	електричний струм;
3	сила струму;
4	напруга.

Запитання № 5.

Підберіть відповідне слово, або словосполучення і закінчіть визначення: «Сила, яка викликає рух електричного струму по всьому електричному колу – це ...»

1	електрорушійна сила;
2	електричний опір;
3	потужність електричного струму;
4	електрична ємність.

Запитання № 6.

Підберіть відповідне слово, або словосполучення і закінчіть визначення: «Протидія провідника рухові електричного струму – це ...»

1	електрорушійна сила;
2	електричний опір;
3	потужність електричного струму;
4	електрична ємність.

Запитання № 7.

Підберіть відповідне слово, або словосполучення і закінчіть визначення: «Робота електричного струму за 1 с., яка визначається добутком сили струму на напругу – це ...»

1	електрорушійна сила;
2	електричний опір;
3	потужність електричного струму;
4	електрична ємність.

Запитання № 8.

Підберіть відповідне слово, або словосполучення і закінчіть визначення: «Здатність тіла вміщувати певну кількість електричної енергії – це ...»

1	електрорушійна сила;
2	електричний опір;
3	потужність електричного струму;
4	електрична ємність.

Запитання № 9.

Підберіть відповідне слово і закінчіть визначення: «Частина електричного кола, яка приєднана до затискачів джерела струму – це ... коло»

1	зовнішнє;
2	внутрішнє;
3	магнітне;
4	електричне.

Запитання № 10.

Підберіть відповідне слово і закінчіть визначення: «Шлях, який проходить електричний струм всередині джерела струму – це ... КОЛО»

1	зовнішнє;
2	внутрішнє;
3	магнітне;
4	електричне.

Запитання № 11.

Підберіть відповідне слово і закінчіть визначення: «Виникає в просторі, який оточує провідник з електричним струмом – це ... поле»

1	зовнішнє;
2	внутрішнє;
3	магнітне;
4	електричне.

Запитання № 12.

Підберіть відповідне слово і закінчіть визначення: «Матеріали, які створюють незначний опір проходженню електричного струму – це ... »

1	провідники;
2	діелектрики;
3	напівпровідники;
4	надпровідники.

Запитання № 13.

Закінчіть визначення: «Матеріали, які практично не проводять електричний струм у нормальних умовах – це ... »

1	провідники;
2	діелектрики;
3	напівпровідники;
4	надпровідники.

Запитання № 14.

Закінчіть визначення: «Матеріали, які проводять електричний струм за певних умов – це ... »

1	провідники;
2	діелектрики;
3	напівпровідники;
4	надпровідники.

Запитання №15.

Якими словами необхідно закінчити визначення «Для отримання і використання електричної енергії на машині з метою забезпечення робочого процесу двигуна, підвищення безпеки і надійності машини, автоматизації керування та робочих процесів призначено ...»?

1	електричне обладнання
2	джерела струму
3	генератор
4	контрольно-вимірювальні прилади

Запитання № 16.

Вкажіть основні групи приладів, які може включати електричне обладнання мобільної машини для загального випадку

1	аккумуляторна батарея, генератор, випрямляч, реле-регулятор, вимикач маси, замок запалювання, стартер, тягове реле стартера, котушка запалювання, переривник-розподільник, свічка запалювання
2	джерела струму, стартер і його обладнання, прилади системи запалювання, прилади освітлення і світлової сигналізації, контрольно-вимірювальні прилади, інші споживачі
3	основні фари, габаритні ліхтарі, ліхтарі-показчики напрямку повороту, ліхтарі спрацювання гальм (стоп-сигнал); підкапотна лампа, ліхтар освітлення номерного знака, плафон в кабіні
4	статор, обмотка збудження, резистор, транзистор, емітер, колектор, база, вібраційне реле, нерухомий контакт, рухомий контакт, діод прямої полярності, діод зворотної полярності, випрямляч, запобіжник

Запитання № 17.

Вкажіть джерела електричного струму, які застосовуються на мобільній машині

1	свинцевий сурик, свинцевий глет, розчин H_2SO_4 , дистильована вода, електроліт
2	свинцевий порошок, розчин H_2SO_4 , електроліт
3	аккумуляторна батарея, генераторна установка
4	генератор, випрямляч струму, регулятор напруги, аккумулятор, моноблок

Запитання № 18.

Вкажіть, який матеріал втирають в решітки позитивних електродів акумулятора

1	двоокис свинцю PbO_2
2	губчатий свинець Pb
3	акумуляторна батарея, генераторна установка
4	генератор, випрямляч, регулятор напруги, водний розчин сірчаної кислоти

Запитання № 19.

Вкажіть, який матеріал втирають в решітки негативних електродів акумулятора

1	двоокис свинцю PbO_2
2	губчатий свинець Pb
3	акумуляторна батарея, генераторна установка
4	генератор, випрямляч, регулятор напруги, водний розчин сірчаної кислоти

Запитання № 20.

З яких елементів складається механічне джерело електричної енергії, яке використовується в якості головного на мобільній машині?

1	свинцевий сурик, свинцевий глет, розчин H_2SO_4
2	свинцевий порошок, розчин H_2SO_4
3	акумуляторна батарея, генераторна установка
4	генератор, випрямляч, регулятор напруги

Запитання № 21.

Як розрізняються системи електрообладнання мобільних машин за природою електричного струму, який використовують для живлення споживачів на борту мобільної машини?

1	постійного, змінного
2	6, 12, 24
3	одно, двох
4	12, 24, 42

Запитання № 22.

Як розрізняються системи електрообладнання мобільних машин за номінальною напругою (В)?

1	постійного, змінного
2	6, 12, 24
3	одно, двох
4	12, 24, 42

Запитання № 23.

Як розрізняються системи електрообладнання мобільних машин за кількістю провідників, які використовують для прокладання мереж живлення споживачів електричної енергії на борту машини?

1	постійного, змінного
2	6, 12, 24
3	одно, двох
4	12, 24, 42

Запитання № 24.

Закінчіть речення: «Агрегати, які споживають струм великої сили і працюють короткочасно (стартер, прикурювач), а також агрегати, які повинні працювати в аварійних умовах (звуковий сигнал, переносна лампа, підкапотна лампа) підключаються до ...»

1	генераторної установки
2	замка запалювання
3	центрального перемикача освітлення
4	аккумуляторної батареї

Запитання № 25.

Закінчіть речення: «Агрегати, які споживають струм невеликої сили і працюють довгий час підключаються до ...»

1	генераторної установки
2	замка запалювання
3	центрального перемикача освітлення
4	аккумуляторної батареї

Запитання № 26.

Підберіть необхідне словосполучення для закінчення речення: «Агрегати, які працюють тільки під час роботи двигуна підключаються до ...»

1	генераторної установки
2	замка запалювання
3	центрального перемикача освітлення
4	аккумуляторної батареї

Запитання № 26.

Підберіть необхідне словосполучення для закінчення речення: «Всі прилади освітлення мобільної машини підключаються до ...»

1	генераторної установки
2	замка запалювання
3	центрального перемикача освітлення
4	акумуляторної батареї

Запитання № 28.

Закінчіть визначення: «Допоміжне хімічне джерело електричної енергії мобільної машини, яке необхідно попередньо заряджати – це ...»

1	акумуляторна батарея
2	генераторна установка
3	випрямляч
4	регулятор напруги

Запитання № 29.

Закінчіть визначення: «Головне механічне джерело електричної енергії, яке приводиться в дію від колінчастого валу двигуна мобільної машини – це ...»

1	акумуляторна батарея
2	генераторна установка
3	випрямляч
4	регулятор напруги

Запитання № 30.

Закінчіть визначення: «Пристрій, який перетворює змінний струм у постійний називається ...»

1	аккумуляторна батарея
2	генераторна установка
3	випрямляч
4	регулятор напруги

Запитання № 31.

Закінчіть визначення: «Пристрій, який призначений для автоматичного підтримання напруги генератора в заданих межах при змінній частоті обертання колінчастого вала двигуна називається ...»

1	аккумулятор
2	генераторна установка
3	випрямляч
4	регулятор напруги

Запитання № 32.

Закінчіть визначення: «Для живлення споживачів електричної енергії у випадках, коли двигун не працює, під час запуску двигуна і роботі двигуна на малих обертах призначено ...»

1	аккумуляторну батарею
2	генераторну установку
3	вимикач маси
4	амперметр, контрольну лампу

Запитання № 33.

Закінчіть визначення: «Для живлення електричною енергією всіх споживачів, за виключенням стартера, і для підзарядки акумуляторної батареї у випадках, коли двигун працює призначено ...»

1	акумуляторну батарею
2	генераторну установку
3	вимикач маси
4	амперметр, контрольну лампу

Запитання № 34.

Закінчіть визначення: «Для відключення АКБ від мережі у випадках, коли двигун не працює призначено ...»

1	акумуляторну батарею
2	генераторну установку
3	вимикач маси
4	амперметр, контрольну лампу

Запитання № 35.

Закінчіть визначення: «Для контролю використання і роботи джерел струму призначено ...»

1	акумуляторну батарею
2	генераторну установку
3	вимикач маси
4	амперметр, контрольну лампу

8.1.2. Джерела електричного струму. Акумуляторні батареї

Запитання № 36.

Який вигляд має хімічна формула базової рідини для утворення електроліту лужного акумулятора?

1	NaOH
2	H ₂ SO ₄
3	PbO ₂
4	Pb

Запитання №37 .

Який вигляд має хімічна формула базової рідини для утворення електроліту свинцево-кислотного акумулятора?

1	NaOH
2	H ₂ SO ₄
3	PbO ₂
4	Pb

Запитання №38 .

Який вигляд має хімічна формула матеріалу, з якого виготовлений позитивний електрод повністю зарядженого акумулятора?

1	NaOH
2	H ₂ SO ₄
3	PbO ₂
4	Pb

Запитання №39.

Який вигляд має хімічна формула матеріалу, з якого виготовлений негативний електрод повністю зарядженого акумулятора?

1	NaOH
2	H ₂ SO ₄
3	PbO ₂
4	Pb

Запитання № 40.

Який вигляд має рівняння окисно-відновної реакції, що протікає в свинцево-кислотному акумуляторі під час його розряду і заряду

1	$\text{PbO}_2 + \text{Pb} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons 2\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
2	$\text{H}_2\text{O}_2 + \text{Pb} + 2\text{PbSO}_4 \rightleftharpoons 2\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
3	$\text{PbO}_2 + \text{H}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{PbO}$
4	$\text{PbO}_2 + \text{H}_2 + 2\text{PbSO}_4 \rightarrow 2\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$

Запитання № 41.

Підберіть необхідне слово, або словосполучення для закінчення речення: «Суміш сірчаної кислоти і дистильованої води, яка використовується в акумуляторі - це ...»

1	електроліт
2	депасиватор
3	двоокис свинцю
4	губчатий свинець

Запитання № 42.

Закінчіть визначення: «5% розчин борної кислоти в дистильованій воді, який використовується в акумуляторі під час його тривалого зберігання, в умовах, кили відсутня можливість його систематичної підзарядки - це ...»

1	електроліт
2	депасиватор
3	двоокис свинцю
4	губчатий свинець

Запитання № 43.

Підберіть необхідне слово, або словосполучення для закінчення речення: «Основою позитивного електрода повністю зарядженого акумулятора є ...»

1	електроліт
2	депасиватор
3	двоокис свинцю
4	губчатий свинець

Запитання № 44.

Підберіть необхідне слово, або словосполучення для закінчення речення: «Основою негативного електрода повністю зарядженого акумулятора є ...»

1	електроліт
2	депасиватор
3	двоокис свинцю
4	губчатий свинець

Запитання № 45.

Вкажіть розмір номінальної напруги одного акумулятора та трьох послідовно з'єднаних акумуляторів в акумуляторній батареї (В)

1	2, 6
2	3, 6
3	6, 12
4	12, 24

Запитання № 46.

Вкажіть можливу кількість акумуляторів в сучасних акумуляторних батареях, які найбільш широко використовуються в наземних мобільних машинах

1	2, 6
2	3, 6
3	6, 12
4	12, 24

Запитання № 47.

Вкажіть класифікацію акумуляторних батарей за номінальною напругою (В), які сьогодні найбільш широко використовуються в електрообладнанні мобільних машин

1	2, 6
2	3, 6
3	6, 12
4	12, 24

Запитання № 48.

Які значення номінальної напруги (В) характерні для бортової мережі мобільної машини, яка передбачає можливість паралельного і послідовного з'єднання двох акумуляторних батарей, до складу кожної з яких входить 6 акумуляторів?

1	2, 6
2	3, 6
3	6, 12
4	12, 24

Запитання № 49.

Що означає цифра «6» в маркуванні акумуляторної батареї 6СТ-55А?

1	Кількість послідовно з'єднаних акумуляторів в батареї
2	Тип акумуляторної батареї за призначенням
3	Ємність акумуляторної батареї в ампергодинах (А×год)
4	Тип виконання акумуляторної батареї (з загальною кришкою)

Запитання № 50.

Який зміст вкладено в букви «СТ» , які використовуються в маркуванні акумуляторної батареї 6СТ-55А?

1	Кількість послідовно з'єднаних акумуляторів в батареї
2	Тип акумуляторної батареї за призначенням
3	Ємність акумуляторної батареї в ампер годинах (А×год)
4	Тип виконання акумуляторної батареї (не розбірна з загальною кришкою)

Запитання № 51.

Який зміст вкладено в число «55», яке використовується в маркуванні акумуляторної батареї 6СТ-55А?

1	Кількість послідовно з'єднаних акумуляторів в батареї
2	Тип акумуляторної батареї за призначенням
3	Ємність акумуляторної батареї в ампергодинах (А×год)
4	Тип виконання акумуляторної батареї (не розбірна з загальною кришкою)

Запитання № 52.

Що означає буква «А» в маркуванні акумуляторної батареї 6СТ-55А?

1	Кількість послідовно з'єднаних акумуляторів в батареї
2	Тип акумуляторної батареї за призначенням
3	Ємність акумуляторної батареї в ампергодинах (А×год)
4	Тип виконання акумуляторної батареї (не розбірна з загальною кришкою)

Запитання № 53.

Що означають букви «ТСТ», що стоять на другому місці в маркуванні акумуляторної батареї типу 6 ТСТ – 180 Т МС Н?

1	тип АКБ за призначенням (витримує вищі вібрації за рахунок потовщених пластин електродів)
2	матеріал, з якого виготовлено моноблок акумуляторної батареї
3	матеріал, з якого виготовлено сепаратори акумуляторної батареї
4	тип виконання акумуляторної батареї (не сухозаряджена)

Запитання № 54.

Що означає буква «Т», що стоїть на четвертому місці в маркуванні акумуляторної батареї 6 ТСТ – 180 Т МС Н?

1	тип АКБ за призначенням (витримує вищі вібрації за рахунок потовщених пластин електродів)
2	матеріал, з якого виготовлено моноблок акумуляторної батареї
3	матеріал, з якого виготовлено сепаратори акумуляторної батареї
4	тип виконання акумуляторної батареї (не сухозаряджена)

Запитання № 55.

Що означають букви «МС», що стоять на п'ятому місці в маркуванні акумуляторної батареї 6 ТСТ – 180 Т МС Н?

1	тип АКБ за призначенням (витримує вищі вібрації за рахунок потовщених пластин електродів)
2	матеріал, з якого виготовлено моноблок акумуляторної батареї;
3	матеріал, з якого виготовлено сепаратори акумуляторної батареї
4	тип виконання акумуляторної батареї (не сухозаряджена)

Запитання № 56.

Що означає буква «Н», що стоїть на шостому місці в маркуванні акумуляторної батареї 6 ТСТ – 180 Т МС Н?

1	тип АКБ за призначенням (витримує вищі вібрації за рахунок потовщених пластин електродів)
2	матеріал, з якого виготовлено моноблок акумуляторної батареї
3	матеріал, з якого виготовлено сепаратори акумуляторної батареї
4	тип виконання акумуляторної батареї (не сухозаряджена)

Запитання № 57.

Підберіть необхідне слово, або словосполучення для формулювання визначення: «Різниця потенціалів між позитивним і негативним електродами, виміряна коли зовнішнє коло розімкнуте – це ... акумулятора»

1	електрорушійна сила спокою
2	напруга на клеммах
3	внутрішній опір
4	ємність

Запитання № 58.

Закінчіть визначення: «Частина електрорушійної сили прикладена до зовнішнього кола – це ... акумулятора»

1	електрорушійна сила спокою
2	напруга на клеммах
3	внутрішній опір
4	ємність

Запитання № 59.

Підберіть необхідне слово, або словосполучення для формулювання визначення: «Втрати електрорушійної сили на внутрішній ділянці кола – це ... акумулятора»

1	електрорушійна сила спокою
2	напруга на клеммах
3	внутрішній опір
4	ємність

Запитання № 60.

Підберіть необхідне слово, або словосполучення для формулювання визначення: «Кількість електричної енергії, яку віддає повністю заряджена батарея при безперервному розряді до допустимої межі зниження напруги – це ... акумуляторної батареї»

1	електрорушійна сила спокою
2	напруга на клеммах
3	внутрішній опір
4	ємність

Запитання № 61.

Електрорушійна сила спокою акумулятора визначається з залежності:

1	$0,847 + \rho_E;$
2	$U_p + I_p r;$
3	$(I_p \times t_p) / (I_z \times t_z);$
4	$[(\rho_{зар} - \rho_{вим}) / (\rho_{зар} - \rho_{розр})] \times 100.$

Запитання № 62.

Електрорушійна сила акумуляторної батареї визначається з залежності:

1	$0,847 + \rho_E;$
2	$U_p + I_p r;$
3	$(I_p \times t_p) / (I_z \times t_z);$
4	$[(\rho_{зар} - \rho_{вим}) / (\rho_{зар} - \rho_{розр})] \times 100.$

Запитання № 63.

Коефіцієнт електричної віддачі акумулятора визначається з залежності:

1	$0,847 + \rho_E;$
2	$U_p + I_p r;$
3	$(I_p \times t_p) / (I_z \times t_z);$
4	$[(\rho_{зар} - \rho_{вим}) / (\rho_{зар} - \rho_{розр})] \times 100.$

Запитання № 64.

Ступінь розрідженості акумулятора визначається з залежності:

1	$0,847 + \rho_E;$
2	$U_p + I_p r;$
3	$(I_p \times t_p) / (I_z \times t_z);$
4	$[(\rho_{зар} - \rho_{вим}) / (\rho_{зар} - \rho_{розр})] \times 100.$

Запитання № 65.

Якими приладами визначають густину електроліту в акумуляторах, які обслуговуються?

1	денсиметром, ареометром
2	навантажувальною вилкою, акумуляторним пробником
3	скляною трубкою з лінійкою, вбудованим в корпус індикатором
4	амперметром, вольтметром

Запитання № 66.

Якими приладами визначають електрорушійну силу акумулятора в якому передбачено виконання операцій обслуговування?

1	денсиметром, ареометром
2	навантажувальною вилкою, акумуляторним пробником
3	скляною трубкою з лінійкою, вбудованим в корпус індикатором
4	амперметром, вольтметром.

Запитання № 67.

Якими приладами визначають напругу на клеммах акумулятора?

1	денсиметром, ареометром
2	навантажувальною вилкою, акумуляторним пробником
3	скляною трубкою з лінійкою, вбудованим в корпус індикатором
4	амперметром, вольтметром

Запитання № 68.

Якими приладами контролюють рівень електроліту в акумуляторі?

1	денсиметром, ареометром
2	навантажувальною вилкою, акумуляторним пробником
3	скляною трубкою з лінійкою, вбудованим в корпус індикатором
4	амперметром, вольтметром

Запитання № 69.

Якими приладами контролюють стан акумуляторної батареї на машині?

1	денсиметром, ареометром
2	навантажувальною вилкою, акумуляторним пробником
3	скляною трубкою з лінійкою, вбудованим в корпус індикатором
4	амперметром, вольтметром

Запитання № 70.

До якого мінімально можливого рівня допускається зниження напруги під час неперервного розряду для акумуляторної батареї номінальною напругою 6 В?

1	5,25
2	10,5
3	0,75-0,85
4	0,1-0,2

Запитання № 71.

До якого рівня допускається зниження напруги під час неперервного розряду для акумуляторної батареї номінальною напругою 12 В?

1	5,25
2	10,5
3	0,75-0,85
4	0,1-0,2

Запитання № 72.

Які значення коефіцієнта електричної віддачі характерні для вітчизняних свинцево-кислотних акумуляторів?

1	5,25
2	10,5
3	0,75-0,85
4	0,1-0,2

Запитання № 73.

В яких межах отримано збільшення розрядної напруги (В) у акумуляторних батареях з загальною кришкою за рахунок скорочення довжини між елементних з'єднань (перемичок) між виводами акумуляторів?

1	5,25
2	10,5
3	0,75-0,85
4	0,1-0,2

Запитання № 74.

Вкажіть густину сірчаної кислоти (г/см³), яка використовується для приготування електроліту для свинцево-кислотних акумуляторів

1	1,83
2	1,40
3	1,27
4	1,11

Запитання № 75.

Вкажіть густину «крутого» електроліту для свинцево-кислотних акумуляторів (г/см³)

1	1,83;
2	1,40;
3	1,27;
4	1,11.

Запитання № 76.

Проаналізуйте приведені числа і вкажіть густину електроліту (г/см³) характерну для повністю зарядженого свинцево-кислотного акумулятора, який призначений для використання в нашій зоні

1	1,83;
2	1,40;
3	1,27;
4	1,11.

Запитання № 77.

Проаналізуйте приведені числа і вкажіть густину електроліту (г/см³), яка вказує на повний розряд свинцево-кислотного акумулятора

1	1,83;
2	1,40;
3	1,27;
4	1,11.

Запитання № 78.

Вимірювання електрорушійної сили АКБ, проведене у стані її усталеного спокою, дало значення $E = 12,0$ В. Чому дорівнює ступінь зарядженості батареї?

1	$\approx 100 \%$
2	$\approx 75 \%$
3	$\approx 50 \%$
4	$\approx 25 \%$

Запитання № 79.

**Підберіть необхідний вираз для закінчення речення:
«Основною вимогою до автотракторного акумулятора є ...»**

1	мінімальні вага, вартість і витрати на обслуговування
2	мінімальна вага, максимальні сила струму і строк служби
3	можливість отримання стабільної напруги при достатньому строковій служби
4	можливість забезпечення великої сили струму при достатньо стабільній напрузі

Запитання № 80.

Вимірювання електрорушійної сили свинцево-кислотної акумуляторної батареї, проведене у стані її усталеного спокою, дало значення $E = 12,7$ В. Чому дорівнює ступінь зарядженості акумуляторної батареї?

1	$\approx 100 \%$
2	$\approx 75 \%$
3	$\approx 50 \%$
4	$\approx 25 \%$

Запитання № 81.

Дайте відповідь на запитання: Які процеси перебігають між сірчаною кислотою електроліту і активною масою плюсових і мінусових пластин акумулятора у процесі його розрядки?

Варіанти відповіді: Сірчана кислота, наявна у електроліті, реагує з активною масою пластин. Внаслідок цього ...

1	... густина електроліту збільшується, а активна маса пластин акумулятора перетворюється у сульфат свинцю
2	... густина електроліту зменшується, а пластини акумулятора вкриваються тонким шаром дрібнозернистого сульфату свинцю
3	... густина електроліту зменшується, а активна маса обох пластин акумулятора перетворюється у дрібнозернистий сульфат свинцю
4	... густина електроліту зменшується, речовина плюсових пластин акумулятора перетворюється у дрібнозернистий сульфат свинцю, а речовина мінусових пластин акумулятора – у двоокис свинцю

Запитання № 82.

Підберіть необхідний вираз для формулювання вірної відповіді: «У процесі зарядки акумулятора ...»

1	... кислотний залишок SO_4 „витискається” з активної маси пластин у електроліт, збільшуючи його густину. Речовина пластин при цьому переходить з сульфату свинцю у свій первісний стан.
2	... кислотний залишок SO_4 „витискається” з активної маси пластин у електроліт, збільшуючи його густину. Речовина пластин при цьому перетворюється у сульфат свинцю.
3	... сірчана кислота електроліту реагує з пластинами, внаслідок чого вони вкриваються тонким шаром дрібнозернистого сульфату свинцю
4	... плюсові і мінусові пластини обмінюються через електроліт іонами і електронами

Запитання № 83.

З яких причин, у процесі експлуатації, може зменшуватись ємність АКБ?

1	За рахунок руйнування пластин АКБ чи сульфатації їх активної маси
2	За рахунок забрудненості зовнішніх поверхонь акумулятора електролітом
3	За рахунок хімічного забруднення (не достатньої хімічної чистоти) електроліту
4	За рахунок не відповідності фактичної густини електроліту теоретично необхідній (оптимальній) густині

Запитання № 84.

Підберіть необхідний вираз для формулювання вірної відповіді: «Вимогам, які висуваються до автотракторних акумуляторів, у найбільшій мірі задовольняють ...»

1	лужні акумулятори
2	свинцево-кислотні акумулятори
3	літійово-іонні акумулятори
4	нікель-металгідридні акумулятори

Запитання № 85.

Вимірювання електрорушійної сили АКБ, проведене у стані її усталеного спокою, дало значення $E = 12,2$ В. Чому дорівнює ступінь зарядженості батареї?

1	$\approx 100 \%$
2	$\approx 75 \%$
3	$\approx 50 \%$
4	$\approx 25 \%$

Запитання № 86.

Що називають сульфатацією пластин (електродів) акумулятора?

1	Перетворення активної маси пластин акумулятора у дрібнозернистий сульфат свинцю
2	Перетворення дрібнозернистого сульфату свинцю пластин акумулятора у крупнозернистий
3	Перетворення губчастого свинцю мінусових пластин акумулятора у сульфат свинцю
4	Перетворення двоокису свинцю плюсових пластин акумулятора у сульфат свинцю

Запитання № 87.

Ємність АКБ номінальною напругою 12 В визначається як добуток сили розрядного струму на час (у годинах), потрібний для розрядження ним повністю зарядженої АКБ до напруги ...:

1	10,5 В
2	11,0 В
3	11,5 В
4	10,0 В

Запитання № 88.

Вимірювання електрорушійної сили АКБ, проведене у стані її усталеного спокою, дало значення $E = 11,7$ В. Чому дорівнює ступінь зарядженості батареї?

1	$\approx 75 \%$
2	$\approx 50 \%$
3	$\approx 25 \%$
4	≈ 0

Запитання № 89.

Шкідливість сульфатації полягає, переважно, у тому, що крупнозерниста структура сульфату свинцю ...

1	... має відносно малий об'єм активної маси на одиницю площі, що зменшує інтенсивність хімічних реакцій
2	... погіршує доступ електроліту до її внутрішніх часточок
3	... має відносно малу площу зовнішньої поверхні, якою активна маса реагує з електролітом
4	... руйнує решітку пластин

Запитання № 90.

Підберіть необхідний вираз для формулювання визначення: «Номінальна ємність АКБ – це ємність, визначена при розряді АКБ струмом, при якому зниження напруги до рівня 10,5 В досягається...»

1	за 5 годин при температурі 15 °C
2	за 10 годин при температурі 20 °C
3	за 20 годин при температурі 25 °C
4	за 30 годин при температурі 30 °C

Запитання № 91.

Вимірювання напруги акумулятора, проведене навантажувальною вилкою, дало значення $V=1,3 \dots 1,4$ В. Чому дорівнює ступінь зарядженості АКБ?

1	0
2	25 %
3	50 %
4	75 %

Запитання № 92.

Які умови найкраще сприяють виникненню сульфатації?

1	Розрядження акумулятора великими струмами або часте розрядження
2	Часте розрядження і зарядження акумулятора
3	Зарядження акумулятора занадто великою силою струму
4	Використання чи тривале зберігання акумулятора у неповністю зарядженому стані

Запитання № 93.

Підберіть необхідний вираз для формулювання вірної відповіді: «Основною перевагою методу зарядження АКБ при постійній силі струму є ...»

1	мінімальна потрібна потужність зарядного пристрою
2	мінімальний час зарядки
3	неможливість надлишкового зарядження АКБ
4	неможливість сульфатації АКБ

Запитання № 94.

Підберіть необхідні значення для формулювання вірної відповіді: «Один свинцево-кислотний акумулятор має електрорушійну силу E , рівну приблизно ...»

1	$E = 2 \text{ В}$
2	$E = 6 \text{ В}$
3	$E = 12 \text{ В}$
4	$E = 24 \text{ В}$

Запитання № 95.

Вимірювання напруги акумулятора, проведене навантажувальною вилкою, дало значення $V=1,5 \dots 1,6$ В. Чому дорівнює ступінь зарядженості акумулятора?

1	0
2	25 %
3	50 %
4	75 %

Запитання № 96.

За якими ознаками можна встановити наявність сульфатації акумулятора?

1	Швидкий перебіг процесів заряджання і розряджання акумулятора
2	Швидкий саморозряд акумулятора
3	Довге заряджання, але швидке розряджання АКБ
4	Зменшення ЕРС і напруги АКБ

Запитання № 97.

Підберіть необхідний вираз для формулювання вірної відповіді: «Основною перевагою методу заряджання АКБ при постійній напрузі є ...»

1	мінімальна потужність зарядного пристрою
2	мінімальний час зарядки
3	неможливість надмірного заряджання АКБ
4	неможливість сульфатації АКБ

Запитання № 98.

Підберіть необхідні значення для формулювання вірної відповіді: «Батарея з шести свинцево-кислотних акумуляторів має електрорушійну силу E , рівну приблизно ...»

1	$E = 6 \text{ В}$
2	$E = 12 \text{ В}$
3	$E = 24 \text{ В}$
4	$E = 36 \text{ В}$

Запитання № 99.

Вимірювання напруги свинцево-кислотного акумулятора, проведене з допомогою навантажувальної вилки, дозволило отримати значення $V = 1,7 \dots 1,8 \text{ В}$. Чому дорівнює ступінь зарядженості АКБ?

1	25 %
2	50 %
3	75 %
4	100 %

Запитання № 100.

У якому стані слід зберігати АКБ, зняту з мобільної машини з метою унеможливлення повного виходу її з ладу?

1	У повністю розрядженому
2	У частково зарядженому
3	У повністю зарядженому
4	Зі злитим електролітом

Запитання № 101.

Підберіть необхідний вираз для формулювання вірної відповіді: «Основною особливістю передпускового заряджання акумуляторної батареї є ...»

1	мінімальна потужність зарядного пристрою
2	короткочасність зарядки великою силою струму
3	унеможливлення надлишкового заряджання акумуляторної батареї
4	унеможливлення сульфатації пластин акумулятора

Запитання № 102.

Підберіть необхідні значення для формулювання вірної відповіді: «Повністю заряджена АКБ має електрорушійну силу E , рівну приблизно ...»

1	$E = 10,50 \text{ В}$
2	$E = 11,20 \text{ В}$
3	$E = 12,70 \text{ В}$
4	$E = 12,20 \text{ В}$

Запитання № 103.

Підберіть необхідний вираз для формулювання вірної відповіді: «Ознакою повної зарядки акумуляторної батареї від зарядного пристрою є ...»

1	кипіння електроліту
2	досягнення (у процесі заряджання) напруги 12,75 В
3	досягнення (у процесі заряджання) напруги 14,0 В
4	припинення процесу підвищення густини електроліту у процесі заряджання

Запитання № 104.

Підберіть необхідний вираз для формулювання вірної трактовки речення: «Номінальна сила струму для заряджання свинцево-кислотної акумуляторної батареї становить ...»

1	5 % від її номінальної ємності
2	10 % від її номінальної ємності
3	20 % від її номінальної ємності
4	40 % від її номінальної ємності

Запитання № 105.

Густина електроліту у частково розрядженому свинцево-кислотному акумуляторі дорівнює $1,23 \text{ г/см}^3$. Чому дорівнює орієнтовний ступінь зарядженості акумулятора?

1	0
2	25 %
3	50 %
4	75 %

Запитання № 106.

Який саморозряд розбірних АКБ вважається допустимим під час їх зберігання?

1	20 % за тиждень
2	20 % за місяць
3	20 % за півроку
4	20 % за рік

Запитання № 107.

Підберіть необхідний вираз для формулювання вірної відповіді: «Контрольно-тренувальний цикл акумуляторної батареї полягає у ...»

1	трикратній повній розрядці і наступній повній зарядці АКБ
2	двократній повній розрядці і наступній повній зарядці АКБ
3	заміні електроліту, однократній повній розрядці і наступній повній зарядці АКБ
4	дозарядці АКБ до 100 % рівня, розрядці струмом 10-годинного розряду і повній зарядці

Запитання № 108.

Підберіть необхідні значення для формулювання вірної відповіді: «АКБ, розряджена на 50 %, має електрорушійну силу, рівну приблизно ...»

1	$E = 12,00 \text{ В}$
2	$E = 12,25 \text{ В}$
3	$E = 12,50 \text{ В}$
4	$E = 12,75 \text{ В}$

Запитання № 109.

Густина електроліту у частково розрядженому акумуляторі дорівнює 1,15. Чому дорівнює ступінь зарядженості акумулятора? Підберіть необхідні значення для формулювання вірної відповіді

1	0
2	25 %
3	50 %
4	75 %

Запитання № 110.

Підберіть необхідні значення для формулювання вірної відповіді: «Який саморозряд нерозбірних АКБ вважається допустимим?»

1	20 % за тиждень
2	20 % за місяць
3	20 % за півроку
4	20 % за рік

Запитання № 111.

Проведення контрольно-тренувальних циклів є обов'язковим для ...

1	... нових АКБ
2	... АКБ, які знаходяться на зберіганні
3	... АКБ, які відпрацювали третину або більше свого ресурсу
4	... АКБ, які відпрацювали більше половини свого ресурсу

8.1.3. Джерела електричного струму. Генераторні установки

Запитання № 112.

Як класифікуються генератори за типом струму, який вони виробляють?

1	постійного, змінного
2	з використанням регуляторів, саморегульовані
3	правого, лівого
4	вентильовані, не вентильовані

Запитання № 113.

Як класифікуються генератори за способом підтримання верхньої межі вихідної напруги?

1	постійного, змінного
2	з використанням регуляторів різних типів, саморегульовані електричні машини
3	правого, лівого
4	вентильовані, не вентильовані

Запитання № 114.

Як класифікуються генератори за напрямком обертання ротора?

1	постійного, змінного
2	з використанням регуляторів різних типів, саморегульовані електричні машини
3	правого, лівого
4	вентильовані, не вентильовані

Запитання № 115.

Як класифікуються генератори за способом охолодження обмоток?

1	постійного, змінного
2	з використанням регуляторів різних типів, саморегульовані електричні машини
3	правого, лівого
4	вентильовані, не вентильовані

Запитання № 116.

Підберіть необхідний вираз для формулювання вірної відповіді: «Які особливості конструкції генераторів з обмотками збудження, що обертаються (типу Г-250)?»

1	наявність контактних кілець і щіткового вузла
2	обмотка збудження встановлена на корпусних деталях
3	полюсні наконечники виготовлені з постійного магніту
4	струм знімається з статорних обмоток та обмоток ротора через щітки

Запитання № 117.

Підберіть необхідний вираз для формулювання вірної відповіді: «Які особливості конструкції безконтактних індукторних генераторів (типу 46.3701)?»

1	наявність контактних кілець і щіткового вузла
2	обмотка збудження встановлена на корпусних деталях
3	полюсні наконечники виготовлені з постійного магніту
4	струм знімається з статорних обмоток

Запитання № 118.

Підберіть необхідний вираз для формулювання вірної відповіді: «Які особливості конструкції генераторів з самостійним збудженням?»

1	наявність контактних кілець і щіткового вузла
2	обмотка збудження встановлена на корпусних деталях
3	полюсні наконечники виготовлені з постійного магніту
4	струм знімається з статорних обмоток

Запитання № 119.

Підберіть необхідний вираз для формулювання вірної відповіді: «Яка спільна особливість конструкції найбільш поширених сучасних генераторів?»

1	наявність контактних кілець і щіткового вузла
2	обмотка збудження встановлена на корпусних деталях
3	полюсні наконечники виготовлені з постійного магніту
4	струм знімається з статорних обмоток

Запитання № 120.

Підберіть необхідні значення для формулювання вірної відповіді на запитання: «Яка кількість типів діодів використовується у випрямлячі генераторної установки?»

1	2;
2	1, 3, 5;
3	6;
4	10.

Запитання № 121.

Підберіть необхідні значення для формулювання вірної відповіді на запитання: «Яка кількість діодів використовується у випрямлячі генераторної установки у розрахунку на одну фазу ?»

1	2;
2	1, 3, 5;
3	6;
4	10.

Запитання № 122.

Підберіть необхідні значення для формулювання вірної відповіді на запитання: «Яка кількість фаз характерна для сучасних генераторних установок?»

1	2;
2	1, 3, 5;
3	6;
4	10.

Запитання № 123.

Підберіть необхідні значення для формулювання вірної відповіді на запитання: «Яка кількість діодів використовується у випрямлячі генераторної установки з трьохфазним генератором?»

1	2;
2	1, 3, 5;
3	6;
4	10.

Запитання № 124.

Підберіть необхідні значення для формулювання вірної відповіді на запитання: «Яка кількість типів діодів використовується у випрямлячі генераторної установки з п'ятифазним генератором?»

1	2;
2	1, 3, 5;
3	6;
4	10.

Запитання № 125.

Для якого напівпровідникового пристрою характерні наступні ознаки: катодом є корпус, анод пропущений через ізолятор, напрям струму – від анодного вивода до корпусу?

1	діод прямої полярності;
2	діод оберненої полярності;
3	стабілітрон;
4	транзистор.

Запитання № 126.

Для якого напівпровідникового пристрою характерні наступні ознаки: анодом є корпус, катод пропущений через ізолятор, напрям струму – від корпусу до ізолизованого вивода?

1	діод прямої полярності;
2	діод оберненої полярності;
3	стабілітрон;
4	транзистор.

Запитання № 127.

Для якого напівпровідникового пристрою характерні наступні ознаки: відкривається після досягнення напруги заданого рівня?

1	діод прямої полярності;
2	діод оберненої полярності;
3	стабілітрон;
4	транзистор.

Запитання № 128.

Для якого напівпровідникового пристрою характерні наступні ознаки: перехід емітер-колектор відкритий за умови менших значень струму, який проходить через базу порівняно з струмом, який проходить через емітер і закритий, коли струм бази і емітера рівні?

1	діод прямої полярності;
2	діод оберненої полярності;
3	стабілітрон;
4	транзистор.

Запитання № 129.

Підберіть необхідне слово для формулювання вірної відповіді на запитання: «Яким кольором помічається діод прямої полярності?»

1	білим;
2	синім;
3	чорним;
4	червоним.

Запитання № 130.

Підберіть необхідне слово для формулювання вірної відповіді на запитання: «Яким кольором помічається діод оберненої полярності?»

1	білим;
2	синім;
3	чорним;
4	червоним.

Запитання № 131.

Який пристрій класичного реле-регулятора (типу РР-24) забезпечував увімкнення генератора в систему, коли його напруга більша напруги АКБ і вимкнення із системи, коли його (генератора) напруга менша напруги АКБ?

1	реле зворотного струму;
2	обмежувач струму;
3	регулятор напруги;
4	додатковий опір.

Запитання № 132.

Який пристрій класичного контактного реле-регулятора (типу РР-24) запобігав перегріву генератора і обгоранню ізоляції його обмоток при розрядженій АКБ, короткому замиканні тощо?

1	реле зворотного струму;
2	обмежувач струму;
3	регулятор напруги;
4	додатковий опір.

Запитання № 133.

Який пристрій класичного контактного реле-регулятора (типу РР-24) обмежував максимальну напругу, яку виробляв генератор?

1	реле зворотного струму;
2	обмежувач струму;
3	регулятор напруги;
4	додатковий опір.

Запитання № 134.

Який пристрій класичного контактного реле-регулятора (типу РР-24) усувають з конструкції регулятора за рахунок діодів випрямляча?

1	реле зворотного струму;
2	обмежувач струму;
3	регулятор напруги;
4	додатковий опір.

Запитання № 135.

Який пристрій класичного контактного реле-регулятора (типу РР-24) усувають з конструкції регулятора спеціально підібрані обмотки статора генератора змінного струму?

1	реле зворотного струму;
2	обмежувач струму;
3	регулятор напруги;
4	додатковий опір.

Запитання № 136.

Який рівень номінальної напруги V повинен забезпечувати генератор, призначений для роботи у 12-вольтовій системі?

1	$V \approx 12 \text{ В}$
2	$V \approx 13 \text{ В}$
3	$V \approx 14 \text{ В}$
4	$V \approx 15 \text{ В}$

Запитання № 137.

Підберіть необхідний вираз для закінчення речення: Потреба безперервного регулювання вихідної напруги автотракторних генераторів існує тому, що ...

1	... швидкість обертання колінвалу двигуна і ротора генератора безперервно змінюються
2	... швидкість обертання колінвалу двигуна і навантаження на генератор безперервно змінюються
3	... навантаження на генератор і акумулятор безперервно змінюються
4	... умови роботи електрообладнання безперервно змінюються

Запитання № 138.

Підберіть необхідний вираз для закінчення речення: Коливання швидкості обертання колінчастого вала супроводжуються коливаннями швидкості обертання ротора генератора, які, у свою чергу, призводять до коливань ...

1	реактивного опору обмоток статора і як наслідок – до коливань електрорушійної сили, що індукуються у них
2	реактивного опору обмоток ротора і як наслідок – до коливань електрорушійної сили, що індукуються у обмотках статора
3	швидкості зміни магнітного потоку, і як наслідок – до коливань електрорушійної сили, що індукуються у обмотках статора
4	електрорушійної сили обмоток ротора, і як наслідок – до коливань електрорушійної сили, що індукуються у обмотках статора

Запитання № 139.

Коливання навантаження на генератор призводять до коливань ...

1	реактивного опору обмоток статора
2	реактивного опору обмоток ротора
3	магнітного потоку ротора
4	падіння напруги на обмотках статора

Запитання № 140.

Який конструктивний елемент генератора застосовується як засіб для регулювання вихідної напруги генератора?

1	ротор
2	обмотка збудження
3	обмотки статора
4	щіточний вузол

Запитання № 141.

Що називають генераторною установкою?

1	Сукупність генератора змінного струму, випрямляча і регулятора напруги
2	Сукупність генератора змінного струму, випрямляча і регулятора напруги, обладнаних пристроями для їх кріплення на двигуні чи кузові машини
3	Сукупність генератора змінного струму, випрямляча, регулятора напруги і акумулятора
4	Сукупність генератора змінного струму і регулятора напруги, розміщених у єдиному корпусі

Запитання № 142.

Аналізуючи приведені варіанти відповідей вкажіть, на який конструктивний елемент генератора впливає регулятор напруги?

1	обмотку збудження
2	ротор
3	обмотки статора
4	щітковий вузол

Запитання № 143.

Яку функцію виконує статор генератора, виходячи з принципу утворення струму в механічному джерелі?

1	Створює магнітне поле статора
2	Регулює магнітне поле ротора
3	Забезпечує взаємодію магнітних полів обмоток ротора і статора
4	Є магнітопроводом для обмоток статора

Запитання № 144.

Який основний недолік мають вібраційні контактні регулятора напруги?

1	Мала точність підтримання потрібної напруги на виході з генераторної установки
2	Швидке підгоряння і зношування контактів
3	Негативна дія вібраційних (пилкоподібних) коливань напруги на надійність роботи генератора
4	Негативна дія вібраційних коливань напруги на строк служби акумулятора

Запитання № 145.

Яку функцію виконує ротор генератора з обмоткою збудження яка обертається?

1	Створює обертове магнітне поле
2	Регулює магнітне поле статора
3	Забезпечує взаємодію магнітних полів обмоток ротора і статора в генераторі
4	Є магнітопроводом для обмоток ротора

Запитання № 146.

Яку основну перевагу мають контактно-транзисторні регулятори напруги перед вібраційними контактними регуляторами?

1	збільшення сили струму у обмотці збудження
2	зменшення сили струму у обмотці збудження
3	краща стабілізація напруги
4	істотне подовження строку служби контактів

Запитання № 147.

Яку функцію виконує обмотка збудження генератора змінного струму?

1	Створює і регулює магнітний потік ротора
2	Забезпечує індукування електрорушійної сили у обмотках статора і регулювання її розміру
3	Забезпечує потрібний рівень вихідної напруги генератора
4	Перетворює магнітний потік у електричний струм

Запитання № 148.

Яку основну перевагу мають інтегральні регулятори напруги перед вібраційними контактними?

1	відсутність деталей, що зношуються чи потребують регулювання
2	збільшення сили струму у обмотці збудження
3	зменшення сили струму у обмотці збудження
4	істотне продовження строку служби контактів

Запитання № 149.

Яку функцію виконують обмотки статора генератора змінного струму?

1	Підтримують магнітний потік ротора
2	Регулюють магнітне поле статора
3	Забезпечують потрібний рівень вихідної напруги генератора
4	Перетворюють магнітний потік ротора у електричний струм, який виробляє генератор

Запитання № 150.

Яку основну перевагу мають генератори типу Г-306 перед генераторами типу Г-250?

1	відсутність колектора і щіткового вузла
2	нерухоме кріплення обмотки збудження
3	закрите виконання корпусу
4	охолодження генератора обдувом його зовнішньої поверхні

8.1.4. Стартер і його обладнання

Запитання №151.

Підберіть необхідне слово, або словосполучення і закінчіть визначення: «Для переводу двигуна з стану спокою в режим стійкої самостійної роботи служить ...»

1	система пуску
2	електричний стартер
3	аккумуляторна батарея
4	замок запалювання

Запитання № 152.

Підберіть необхідне слово, або словосполучення і закінчіть визначення: «Для прокручування колінчастого валу двигуна під час запуску служить ...»

1	система пуску
2	електричний стартер
3	аккумуляторна батарея
4	замок запалювання

Запитання № 153.

Підберіть необхідне слово, або словосполучення і закінчіть визначення: «Крутний момент на валу стартера створює ...»

1	електродвигун
2	механізм приводу
3	муфта вільного ходу
4	електромагнітне тягове реле

Запитання № 154.

Підберіть необхідне слово, або словосполучення і закінчіть визначення: «Крутний момент з вала якоря стартера на колінчастий вал двигуна передає ...»

1	електродвигун
2	механізм приводу
3	муфта вільного ходу
4	електромагнітне тягове реле

Запитання № 155.

Підберіть необхідне слово, або словосполучення і закінчіть визначення: «Розносу якоря стартера після запуску двигуна запобігає ...»

1	електродвигун
2	механізм приводу
3	муфта вільного ходу
4	електромагнітне тягове реле

Запитання № 156.

Підберіть необхідне слово, або словосполучення і закінчіть визначення: «Ввід шестерні приводу в зачеплення і подачу живлення до обмоток стартера забезпечує ...»

1	електродвигун
2	механізм приводу
3	муфта вільного ходу
4	електромагнітне тягове реле

Запитання № 157.

Використовуючи запропоновані словосполучення і вирази вкажіть основну мету застосування додаткового редуктора стартера сучасного двигуна.

1	Зменшення металомісткості
2	Підвищення потужності
3	Зменшення нагріву
4	Покращення пускових якостей двигуна

Запитання № 158.

Використовуючи запропоновані словосполучення і вирази вкажіть основну мету застосування постійних магнітів для збудження стартера сучасного двигуна.

1	Зменшення металомісткості
2	Підвищення потужності
3	Зменшення нагріву
4	Покращення пускових якостей двигуна

Запитання № 159.

Використовуючи запропоновані нижче числові рамки вкажіть передаточне відношення редуктора стартера сучасного двигуна.

1	1
2	1 - 2
3	3 - 5
4	30 - 50

Запитання № 160.

Використовуючи запропоновані нижче числові рамки вкажіть межу потужності (кВт) стартерів сучасних двигунів, до якої не доцільно встановлювати редуктор.

1	1
2	1 - 2
3	3 - 5
4	30 - 50

Запитання № 161.

Використовуючи запропоновані нижче числові рамки вкажіть потужність (кВт) сучасних стартерів, які можуть обладнуватись постійними магнітами для збудження.

1	1
2	1 - 2
3	3 - 5
4	30 - 50

Запитання № 162.

Використовуючи запропоновані нижче числові рамки вкажіть відсоток зменшення маси стартерів обладнаних постійними магнітами.

1	1
2	1-2
3	3-5
4	30 - 50

Запитання № 163.

Використовуючи запропоновані нижче числові рамки вкажіть, яка мінімальна пускова частота обертання колінчастого вала (хв^{-1}) характерна для бензинового двигуна?

1	40 - 85
2	50 - 200
3	8 - 9
4	75

Запитання № 164.

Використовуючи запропоновані нижче числові рамки вкажіть, яка мінімальна пускова частота обертання колінчастого валу (хв^{-1}) характерна для дизельного двигуна?

1	40 - 85
2	50 - 200
3	8 - 9
4	75

Запитання № 165.

Використовуючи запропоновані нижче числові рамки вкажіть, при якій напрузі генератора (В) контакти реле блокування розмикаються?

1	40 - 85
2	50 - 200
3	8 - 9
4	75

Запитання № 166.

Використовуючи запропоновані нижче числові рамки вкажіть, при якому відсотку зарядженості акумуляторної батареї повинен відбуватися надійний пуск двигуна?

1	40 - 85
2	50 - 200
3	8 - 9
4	75

Запитання № 167.

Використовуючи запропоновані словосполучення і вирази закінчіть речення: «Найкращою базою електричного стартера, яка забезпечує створення високого крутного моменту є ...»

1	... асинхронний електродвигун
2	... синхронний електродвигун
3	... електродвигун послідовного збудження
4	... електродвигун змінного струму

Запитання № 168.

Підберіть з запропонованих нижче слів необхідні для того, щоб правильно закінчити речення: «Струмопідвідні щітки 12-вольтових електростартерів виготовляють з ...»

1	... графіту
2	... міднографіту
3	... міді
4	... латуні

Запитання № 169.

Використовуючи запропоновані словосполучення і вирази правильно закінчіть речення: «Пружина, наявна у муфті вільного ходу стартера, потрібна для ...»

1	... пом'якшення ударів зубців муфти об зубці вінця маховика
2	... компенсації невеликих порушень у регулюваннях приводу вмикання стартера
3	... забезпечення надійного вмикання електродвигуна стартера
4	... пом'якшення ударів між деталями тягового реле

Запитання № 170.

Закінчіть речення: «Система блокування вмикання стартера автомобіля призначена для ...»

1	... унеможливлення вмикання стартера при працюючому двигуні
2	... подачі струму до котушки запалювання у обхід додаткового опору, що покращує запуск двигуна
3	... відключення втягуючої обмотки тягового реле (після включення стартера), що зменшує навантаження на АКБ
4	... підключення утримуючої обмотки тягового реле (після включення стартера), що збільшує надійність запуску двигуна

Запитання № 171.

Закінчіть речення: «Додаткове реле вмикання стартера потрібне для зменшення навантаження на ...»

1	... тягове реле стартера
2	... АКБ
3	... електропроводку
4	... вмикач стартера

Запитання № 172.

Під час запуску електростартером колінвал двигуна обертається, але двигун не запускається. В той же час у момент відключення електростартера двигун починає працювати. Причиною цього є несправність ...

1	... додаткових контактів тягового реле
2	... додаткового опору котушки запалювання
3	... АКБ
4	... утримуючої обмотки тягового реле

Запитання № 173.

Користуючись приведеним нижче переліком назвіть обмотки тягового реле стартера сучасного двигуна внутрішнього згоряння

1	Втягуюча, утримуюча
2	Блокування, включення
3	Збудження, хвильова
4	Одно-, двохвиткові

Запитання № 174.

Користуючись приведеним нижче переліком назвіть основні реле, які використовуються в системі пуску сучасного двигуна внутрішнього згоряння

1	Втягуюча, утримуюча
2	Блокування, включення
3	Збудження, хвильова
4	Одно-, двохвиткові

Запитання № 175.

Користуючись приведеним нижче переліком назвіть обмотки електродвигуна стартера сучасного двигуна внутрішнього згоряння

1	Втягуюча, утримуюча
2	Блокування, включення
3	Збудження, хвильова
4	Одно-, двохвиткові

Запитання № 176.

Користуючись приведеним нижче переліком вкажіть, які типи секцій хвильової обмотки використовуються у роторі стартера сучасного двигуна

1	Втягуюча, утримуюча
2	Блокування, включення
3	Збудження, хвильова
4	Одно-, двохвиткові

Запитання № 177.

Користуючись приведеним нижче переліком вкажіть місце установки свічок розжарювання на сучасному дизельному двигуні внутрішнього згоряння

1	Циліндр двигуна
2	Впускний трубопровід
3	Система охолодження
4	Випускний трубопровід

Запитання № 178.

Користуючись приведеним нижче переліком вкажіть місце установки свічок підігріву повітря на двигуні внутрішнього згоряння

1	Циліндр двигуна
2	Впускний трубопровід
3	Система охолодження
4	Випускний трубопровід

Запитання № 179.

Користуючись приведеним нижче переліком вкажіть місце установки ТЕНів підігріву на двигуні внутрішнього згоряння

1	Циліндр двигуна
2	Впускний трубопровід
3	Система охолодження
4	Випускний трубопровід

Запитання № 180.

Користуючись приведеним нижче переліком вкажіть найкраще місце подачі пускової рідини в двигуні внутрішнього згоряння.

1	Циліндр двигуна
2	Впускний трубопровід
3	Система охолодження
4	Випускний трубопровід

8.1.5. Прилади системи запалювання

Запитання № 181.

Користуючись приведеним нижче переліком вкажіть визначення, яке характеризує призначення системи запалювання

1	Сукупність приладів і пристроїв, які забезпечують появу електричної іскри на електродах свічок у відповідності з навантажувальним режимом двигуна
2	З'єднані в одну схему акумуляторна батарея, генераторна установка, котушка запалювання, переривник-розподільник та свічки запалювання
3	Сукупність приладів і пристроїв, які забезпечують появу електричної іскри на електродах свічок у відповідності з порядком роботи циліндрів двигуна
4	Сукупність приладів і пристроїв, які забезпечують появу струму високої напруги в циліндрах у відповідності з навантажувальним режимом двигуна

Запитання № 182.

Користуючись приведеним нижче переліком вкажіть, яка з наведених систем до свого складу включає котушку запалювання, переривник-розподільник, свічки запалювання і провідники високої напруги?

1	Контактна
2	Контактно-транзисторна
3	Безконтактна
4	Комбінована

Запитання № 183.

Користуючись приведеним нижче переліком вкажіть, яка з наведених систем до свого складу включає котушку запалювання, переривник-розподільник, транзисторний комутатор, свічки запалювання і провідники високої напруги?

1	Контактна
2	Контактно-транзисторна
3	Безконтактна
4	Комбінована

Запитання № 184.

Користуючись приведеним нижче переліком вкажіть, яка з наведених систем до свого складу включає котушку запалювання, однофазний генератор, розподільник, свічки запалювання і провідники високої напруги?

1	Контактна
2	Контактно-транзисторна
3	Безконтактна
4	Комбінована

Запитання № 185.

Користуючись приведеним нижче переліком вкажіть, яка з наведених систем запалювання може включати вібратор?

1	Контактна
2	Контактно-транзисторна
3	Безконтактна
4	Комбінована

Запитання № 186.

Користуючись приведеним нижче переліком вкажіть, яка з наведених систем запалювання може бути транзисторною, тиристорною, або мікропроцесорною?

1	Контактна
2	Контактно-транзисторна
3	Безконтактна
4	Комбінована

Запитання № 187.

Використовуючи запропоновані нижче числові рамки вкажіть, струм якої сили (А) протікає через контакти переривника в контактній системі батарейного запалювання?

1	3,5 - 4
2	200 - 300
3	0,17 - 0,25
4	15 - 25

Запитання № 188.

Використовуючи запропоновані нижче числові рамки вкажіть, яких значень досягає ЕРС самоіндукції (В) в первинній обмотці котушки запалювання після розмикання контактів переривника?

1	3,5 - 4
2	200 - 300
3	0,17 - 0,25
4	15 - 25

Запитання № 189.

Використовуючи запропоновані нижче числові рамки вкажіть ємність конденсатора (мкФ), який включається паралельно контактам в контактній системі батарейного запалювання?

1	3,5 - 4
2	200 - 300
3	0,17 - 0,25
4	15 - 25

Запитання № 190.

Використовуючи запропоновані нижче числові рамки вкажіть, який рівень напруги (кВ) отримують на виході котушки запалювання?

1	3,5 - 4
2	200 - 300
3	0,17 - 0,25
4	15 - 25

Запитання № 191.

Вкажіть марку транзисторного комутатора, який використовується в контактнo-транзисторній системі запалювання.

1	TK102
2	B114
3	TK200
4	B118

Запитання № 192.

Користуючись приведеним нижче переліком вкажіть марку транзисторного комутатора, який використовується в безконтактній системі запалювання.

1	TK102
2	B114
3	TK200
4	B118

Запитання № 193.

Користуючись приведеним нижче переліком вкажіть марку котушки запалювання, яка використовується в контактнотранзисторній системі запалювання.

1	TK102
2	B114
3	TK200
4	B118

Запитання № 194.

Користуючись приведеним нижче переліком вкажіть марку котушки запалювання, яка використовується в безконтактній системі запалювання.

1	TK102
2	B114
3	TK200
4	B118

Запитання № 195.

Використовуючи запропоновані нижче числові рамки вкажіть, струм якої сили (А) протікає через контакти переривника у контактній транзисторній системі запалювання?

1	0,35 - 0,45
2	0,5 - 0,9
3	0,3 - 0,9
4	1,0 - 1,85

Запитання № 196.

Використовуючи запропоновані нижче числові рамки вкажіть, який зазор (мм) між контактами переривника встановлюється в контактній системі запалювання?

1	0,35 - 0,45
2	0,5 - 0,9
3	0,3 - 0,9
4	1,0 - 1,85

Запитання № 197.

Використовуючи запропоновані нижче числові рамки вкажіть, який зазор (мм) встановлюється між електродами свічок запалювання?

1	0,35 - 0,45
2	0,5 - 0,9
3	0,3 - 0,9
4	1,0 - 1,85

Запитання № 198.

Використовуючи запропоновані нижче числові рамки вкажіть, який опір (Ом) додаткового резистора, що встановлюється в контактній системі запалювання (між клемми котушки запалювання «ВК-Б» і «ВК»)

1	0,35 - 0,45
2	0,5 - 0,9
3	0,3 - 0,9
4	1,2 - 4,2

Запитання № 199.

Використовуючи запропоновані нижче числові рамки вкажіть розмір напруги (В), яка підводиться до первинної обмотки котушки запалювання.

1	0,5
2	7 - 8
3	1,0
4	4,8

Запитання № 200.

Використовуючи запропоновані нижче числові рамки вкажіть опір (Ом) однієї спіралі блока додаткових опорів контактно-транзисторної системи запалювання

1	0,5
2	7 - 8
3	1,0
4	4,8

Запитання № 201.

Використовуючи запропоновані нижче числові рамки вкажіть загальний опір (Ом) блока додаткових опорів контактно-транзисторної системи запалювання

1	0,5
2	7 - 8
3	1,0
4	4,8

Запитання № 202.

Використовуючи запропоновані нижче числові рамки вкажіть до якої орієнтовної межі може змінюватись опір (Ом) додаткового резистора контактної системи запалювання?

1	0,5
2	7 - 8
3	1,0
4	4,8

Запитання № 203.

Користуючись приведеним нижче переліком вкажіть, який параметр або прилад є визначальним для величини кута замкнутого стану контактів?

1	Зазор
2	Додатковий резистор
3	Конденсатор
4	Співвідношення і переріз витків обмоток котушки запалювання

Запитання № 204.

Користуючись приведеним нижче переліком вкажіть, який параметр або прилад змінює свої характеристики під впливом температури?

1	Зазор
2	Додатковий резистор
3	Конденсатор
4	Співвідношення і переріз витків обмоток котушки запалювання

Запитання № 205.

Користуючись приведеним нижче переліком вкажіть, який параметр або прилад зменшує іскріння між контактами переривника контактної системи запалювання?

1	Зазор
2	Додатковий резистор
3	Конденсатор
4	Співвідношення і переріз витків обмоток котушки запалювання

Запитання № 206.

Користуючись приведеним нижче переліком вкажіть, який параметр або прилад визначає кінцевий розмір напруги, що підводиться до розподільника?

1	Зазор
2	Додатковий резистор
3	Конденсатор
4	Співвідношення і переріз витків обмоток котушки запалювання

Запитання № 207.

Використовуючи запропоновані словосполучення і вирази правильно закінчіть визначення: «Для забезпечення максимального розповсюдження фронту полум'я по об'єму камери згоряння в момент, коли поршень буде знаходитись у ВМТ такту стиску служить»

1	кут випередження запалювання
2	іскровий розряд
3	пробивна напруга
4	кут замкнутого стану контактів переривника

Запитання № 208.

Використовуючи запропоновані словосполучення і вирази правильно закінчіть речення: «Для забезпечення запалювання робочої суміші в циліндрі двигуна служить»

1	кут випередження запалювання
2	іскровий розряд
3	пробивна напруга
4	кут замкнутого стану контактів переривника

Запитання № 209.

Закінчіть речення: «Утворення іскрового розряду між електродами свічок забезпечує»

1	кут випередження запалювання
2	іскровий розряд
3	пробивна напруга
4	кут замкнутого стану контактів переривника

Запитання № 210.

Використовуючи запропоновані словосполучення і вирази правильно закінчіть речення: «Одним з основних параметрів, які впливають на рівень вторинної напруги в системі запалювання є»

1	кут випередження запалювання
2	іскровий розряд
3	пробивна напруга
4	кут замкнутого стану контактів переривника

Запитання № 211.

Наявність яких приладів може однозначно вказати на контактну систему батарейного запалювання?

1	Конденсатор в колі живлення первинної обмотки котушки запалювання
2	Переривник і транзисторний комутатор
3	Датчик Холла і транзисторний комутатор
4	Блок додаткових опорів

Запитання № 212.

Наявність яких приладів може однозначно вказати на контактно-транзисторну систему запалювання?

1	Конденсатор в колі живлення первинної обмотки котушки запалювання
2	Переривник і транзисторний комутатор
3	Датчик Холла і транзисторний комутатор
4	Блок додаткових опорів

Запитання № 213.

Наявність яких приладів може однозначно вказати на безконтактну систему батарейного запалювання?

1	Конденсатор в колі живлення первинної обмотки котушки запалювання
2	Переривник і транзисторний комутатор
3	Датчик Холла і транзисторний комутатор
4	Блок додаткових опорів

Запитання № 214.

В чому полягає конструктивна сутність автотрансформаторного з'єднання обмоток котушки запалювання класичної контактної системи батарейного запалювання ?

1	Обмотка збудження включена незалежно від інших обмоток
2	Кінець первинної обмотки з'єднано з початком вторинної
3	Обмотки з'єднано за схемою «зірка»
4	Первинна і вторинна обмотки включені незалежно

Запитання № 215.

В чому полягає конструктивна сутність трансформаторного з'єднання обмоток котушки запалювання контактно-транзисторної системи запалювання?

1	Обмотка збудження включена незалежно від інших обмоток
2	Кінець первинної обмотки з'єднано з початком вторинної
3	Обмотки з'єднано за схемою «зірка»
4	Первинна і вторинна обмотки включені незалежно

Запитання № 216.

В чому полягає технічна сутність автотрансформаторного з'єднання обмоток котушки запалювання?

1	В процесі утворення високої напруги приймає участь як вторинна, так і первинна обмотки
2	На утворення високої напруги працює вторинна обмотка, а первинна забезпечує збудження
3	Унеможливорюється дія сплесків напруги під час розряду на електронні елементи системи
4	Унеможливорюється вплив на оточуючу радіо- і телеапаратуру

Запитання № 217.

В чому полягає технічна сутність трансформаторного з'єднання обмоток котушки запалювання?

1	В процесі утворення високої напруги приймає участь як вторинна, так і первинна обмотки
2	На утворення високої напруги працює вторинна обмотка, а первинна забезпечує збудження
3	Унеможливорюється дія сплесків напруги під час розряду на електронні елементи системи
4	Унеможливорюється вплив на оточуючу радіо- і телеапаратуру

Запитання № 218.

В яких системах запалювання застосовують котушки запалювання з автотрансформаторним зв'язком обмоток?

1	Контактний, безконтактний
2	Контактно-транзисторний, безконтактний
3	Контактний
4	Безконтактний

Запитання № 219.

В яких системах запалювання з перерахованих нижче застосовують котушки запалювання з трансформаторним зв'язком обмоток?

1	Контактний, безконтактний
2	Контактно-транзисторний, безконтактний
3	Контактний
4	Безконтактний

Запитання № 220.

Яка з запропонованих нижче назв найбільше підходить для котушки запалювання, в якій використовують витий і розміщений поверх первинної обмотки магнітопровід?

1	З розімкнутим магнітопроводом
2	З замкнутим магнітопроводом
3	З послідовним з'єднанням обмоток
4	З паралельним з'єднанням обмоток

Запитання № 221.

Яка з запропонованих нижче назв найбільше підходить для котушки запалювання, в якій поверх магнітопроводу розміщено обмотки?

1	З розімкнутим магнітопроводом
2	З замкнутим магнітопроводом
3	З послідовним з'єднанням обмоток
4	З паралельним з'єднанням обмоток

Запитання № 222.

Як називаються пристрої, які керують моментом іскроутворення та розподілом високої напруги між циліндрами двигуна?

1	Переривник-розподільник, свічка запалювання
2	Датчик-розподільник, котушка запалювання
3	Котушка запалювання, свічка запалювання
4	Переривник-розподільник, датчик-розподільник

Запитання № 223.

Користуючись приведеним нижче переліком приладів вкажіть, в якому з них моментом іскроутворення керують контакти?

1	Переривник-розподільник
2	Давач-розподільник
3	Конденсатор
4	Генератор

Запитання № 224.

Користуючись приведеним нижче переліком приладів вкажіть, в якому з них моментом іскроутворення керує мікроперемикач?

1	Переривник-розподільник
2	Давач-розподільник
3	Конденсатор
4	Генератор

Запитання № 225.

Використовуючи запропоновані словосполучення і вирази правильно закінчіть речення: «У переривнику-розподільнику коригування кута випередження запалювання залежно від частоти обертання колінвала двигуна здійснюється ...»

1	октан-коректором
2	вакуумним регулятором
3	відцентровим регулятором
4	додатковим резистором у бігунку розподільника

Запитання № 226.

Використовуючи запропоновані словосполучення і вирази правильно закінчіть речення: «У переривнику-розподільнику коригування кута випередження запалювання залежно від навантаження двигуна здійснюється ...»

1	октан-коректором
2	вакуумним регулятором
3	відцентровим регулятором
4	додатковим резистором у бігунку розподільник

Запитання № 227.

Закінчіть речення: «Коригування кута випередження запалювання залежно від якості палива здійснюється ...»

1	октан-коректором
2	вакуумним регулятором
3	відцентровим регулятором
4	додатковим резистором у бігунку розподільника

Запитання № 228.

Використовуючи запропоновані словосполучення і вирази правильно закінчіть речення: «Подолання радіоперешкод від роботи системи запалювання здійснюється ...»

1	октан-коректором
2	вакуумним регулятором
3	відцентровим регулятором
4	додатковим резистором у бігунку розподільника

Запитання № 229.

Користуючись приведеним нижче переліком можливих і не можливих назв вкажіть, які свічки запалювання характеризуються помірною тепловіддачею?

1	Холодні
2	Нейтральні
3	Помірні
4	Гарячі

Запитання № 230.

Користуючись приведеним нижче переліком можливих і не можливих назв вкажіть, які свічки запалювання характеризуються підвищеною тепловіддачею?

1	Холодні
2	Нейтральні
3	Помірні
4	Гарячі

Запитання № 231.

Користуючись приведеним нижче переліком можливих і не можливих назв вкажіть, які свічки запалювання мають укорочений тепловий конус ізолятора і невеликий діаметр розточки нижньої частини корпусу?

1	Холодні
2	Нейтральні
3	Помірні
4	Гарячі

Запитання № 232.

Користуючись приведеним нижче переліком можливих і не можливих назв вкажіть, які свічки запалювання мають довгий тепловий конус ізолятора і великий діаметр розточки нижньої частини корпусу?

1	Холодні
2	Нейтральні
3	Помірні
4	Гарячі

Запитання № 233.

Які, з перерахованих нижче, свічки запалювання володіють низькими значеннями жарових чисел?

1	Холодні
2	Нейтральні
3	Помірні
4	Гарячі

Запитання № 234.

Які, з перерахованих нижче, свічки запалювання володіють високими значеннями жарових чисел?

1	Холодні
2	Нейтральні
3	Помірні
4	Гарячі

Запитання № 235.

Користуючись приведеним нижче переліком можливих і не можливих назв вкажіть, який тип свічок запалювання потрібно встановлювати на двигуни з високими ступенем стиску та частотою обертання колінчастого валу?

1	Холодні
2	Нейтральні
3	Помірні
4	Гарячі

Запитання № 236.

Користуючись приведеним нижче переліком можливих і не можливих назв вкажіть, який тип свічок запалювання потрібно встановлювати на двигуни з низьким ступенем стиску та помірним тепловим режимом?

1	Холодні
2	Нейтральні
3	Помірні
4	Гарячі

Запитання № 237.

Використовуючи запропоновані словосполучення і вирази правильно закінчіть визначення: «Умовна величина пропорційна середньому індикаторному тиску, при якому під час випробування свічі на спеціальній моторній установці в циліндрі двигуна починає проявлятися запалювання робочої суміші від дотикання до нагрітих поверхонь називається ...»

1	жаровим числом
2	числом розжарювання
3	самозапалюванням
4	жаровим запалюванням

Запитання № 238.

У маркуванні свічки запалювання передбачено сім основних позицій 123456 - 7.

Яка інформація, з перерахованих і приведених нижче варіантів ставиться на місце першої позиції у маркуванні?

1	Жарове число (позначається цифрами)
2	Діаметр різьбової частини (позначається буквами: «А» - M14×1,25; «М» – M18×1,5)
3	Виступання теплового конуса ізолятора за обріз корпусу, якщо воно має місце (позначається буквою «В»)
4	Герметизація з'єднання «центральный електрод - ізолятор» термоцементом (позначається буквою «Т», інші герметики не позначаються)

Запитання № 239.

Використовуючи запропоновані словосполучення і вирази правильно закінчіть визначення: «Явище самозаймання робочої суміші від контакту з нагрітими поверхнями, яке проявляється вциліндрах двигуна після вимкнення запалювання називається ...»

1	жаровим числом
2	числом розжарювання
3	самозапалюванням
4	жаровим запалюванням

Запитання № 240.

Користуючись приведеним нижче переліком вкажіть маркування умовних гарячих свічок запалювання для бензинових двигунів

1	A11Д, АК11
2	АК11Д, А23
3	А23, М11ВТ
4	М23, АК23ВТ

Запитання № 241.

Користуючись приведеним нижче переліком вкажіть маркування умовних холодних свічок запалювання для бензинових двигунів

1	A11Д, АК11
2	АК11Д, А23
3	А23, М11ВТ
4	М23, АК23ВТ

Запитання № 242.

У маркуванні свічки запалювання передбачено сім основних позицій 1 2 3 4 5 6 - 7.

Яка інформація ставиться на місце третьої позиції?

1	Жарове число (позначається цифрами)
2	Діаметр різьбової частини (позначається буквами: «А» - М14×1,25; «М» – М18×1,5)
3	Виступання теплового конуса ізолятора за обріз корпусу, якщо воно має місце (позначається буквою «В»)
4	Герметизація з'єднання «центральный електрод - ізолятор» термоцементом (позначається буквою «Т», інші герметики не позначаються)

Запитання № 243.

У маркуванні свічки запалювання передбачено сім основних позицій 1 2 3 4 5 6 - 7.

Яка інформація ставиться на місце п'ятої позиції?

1	Жарове число (позначається цифрами)
2	Діаметр різьбової частини (позначається буквами: «А» - М14×1,25; «М» – М18×1,5)
3	Виступання теплового конуса ізолятора за обріз корпусу, якщо воно має місце (позначається буквою «В»)
4	Герметизація з'єднання «центральный електрод - ізолятор» термоцементом (позначається буквою «Т», інші герметики не позначаються)

Запитання № 244.

У маркуванні свічки запалювання передбачено сім основних позицій 1 2 3 4 5 6 - 7.

Яка інформація ставиться на місце шостої позиції?

1	Жарове число (позначається цифрами)
2	Діаметр різьбової частини (позначається буквами: «А» - M14×1,25; «М» – M18×1,5)
3	Виступання теплового конуса ізолятора за обріз корпусу, якщо воно має місце (позначається буквою «В»)
4	Герметизація з'єднання «центральный електрод - ізолятор» термоцементом (позначається буквою «Т», інші герметики не позначаються)

Запитання № 245.

У маркуванні свічки запалювання передбачено сім основних позицій 1 2 3 4 5 6 - 7.

Яка інформація ставиться на місце другої позиції?

1	Довжина різьбової частини (буква: «Д» - 19 мм; «Н» - 11 мм; «без позначення» - 12 мм)
2	Особливості конструкції свічі (позначається буквами: «К» – вказує на наявність конічної опорної поверхні корпусу; «М» - свіча малогабаритна)
3	Стандарт на виготовлення; місяць і рік випуску; завод виготовлювач; виконання: «Э» - експортне, «Т» - тропічне, «У» - для помірного клімату, «ХЛ» - для холодного клімату
4	Порядковий номер розробки (позначається цифрами)

Запитання № 246.

Яка інформація може бути нанесена додатково на свічці запалювання?

1	Довжина різьбової частини (буква: «Д» - 19 мм; «Н» - 11 мм; «без позначення» - 12 мм)
2	Особливості конструкції свічі (позначається буквами: «К» – вказує на наявність конічної опорної поверхні корпусу; «М» - свіча малогабаритна)
3	Стандарт на виготовлення; місяць і рік випуску; завод виготовлювач; виконання: «Э» - експортне, «Т» - тропічне, «У» - для помірного клімату, «ХЛ» - для холодного клімату
4	Порядковий номер розробки (позначається цифрами)

Запитання № 247.

У маркуванні свічки запалювання передбачено сім основних позицій 1 2 3 4 5 6 - 7.

Яка інформація ставиться на місце четвертої позиції?

1	Довжина різьбової частини (буква: «Д» - 19 мм; «Н» - 11 мм; «без позначення» - 12 мм)
2	Особливості конструкції свічки (позначається буквами: «К» – вказує на наявність конічної опорної поверхні корпусу; «М» - свіча малогабаритна)
3	Стандарт на виготовлення; місяць і рік випуску; завод виготовлювач; виконання: «Э» - експортне, «Т» - тропічне, «У» - для помірного клімату, «ХЛ» - для холодного клімату
4	Порядковий номер розробки (позначається цифрами)

Запитання № 248.

У маркуванні свічки запалювання передбачено сім основних позицій 1 2 3 4 5 6 - 7.

Яка інформація ставиться на місце сьомої позиції?

1	Довжина різьбової частини (буква: «Д» - 19 мм; «Н» - 11 мм; «без позначення» - 12 мм)
2	Особливості конструкції свічки (позначається буквами: «К» – вказує на наявність конічної опорної поверхні корпусу; «М» - свіча малогабаритна)
3	Стандарт на виготовлення; місяць і рік випуску; завод виготовлювач; виконання: «Э» - експортне, «Т» - тропічне, «У» - для помірного клімату, «ХЛ» - для холодного клімату
4	Порядковий номер розробки (позначається цифрами)

Запитання № 249.

Що являє собою безконтактна система запалювання з нерегульованим часом накопичення енергії?

1	Струм живлення первинної обмотки не залежить, або мало залежить від частоти обертання колін валу
2	Аналог контактно-транзисторної системи, в якій контакти переривника замінені безконтактним здавачем
3	Реалізовано електронне керування кутом випередження запалювання, як правило одночасно з керуванням паливоподачею
4	Реалізується принцип збільшення енергії іскри за рахунок автоматичного підключення додаткового джерела енергії

Запитання № 250.

Вкажіть маркування умовних холодної і гарячої свічок запалювання (звернути увагу на черговість запису)

1	A11Д, АК11
2	АК11Д, А23
3	А23, М11ВТ
4	М23, АК23ВТ

Запитання № 251.

Використовуючи запропоновані нижче числові рамки вкажіть діаметр (мм) високовольтних провідників типу ПВВП-8 для системи запалювання ВАЗ

1	7,2 - 8
2	25 - 40
3	2
4	5 - 13

Запитання № 252.

Використовуючи запропоновані нижче числові рамки вкажіть опір (кОм/м) високовольтних провідників типу ПВВП-8 для системи запалювання ВАЗ

1	7,2 - 8
2	25 - 40
3	2
4	5 - 13

Запитання № 253.

Використовуючи запропоновані нижче числові рамки вкажіть робочу напругу (кВ) високовольтних провідників типу ПВВП-8 для системи запалювання ВАЗ

1	7,2 - 8
2	25 - 40
3	2
4	5 - 13

Запитання № 254.

Використовуючи запропоновані нижче числові рамки вкажіть опір (кОм) завадопоглинаючого резистора для високовольтних провідників

1	7,2 - 8
2	25 - 40
3	2
4	5 - 13

Запитання № 255.

Користуючись приведеним нижче переліком марок свічок запалювання вкажіть маркування умовних гарячої і холодної свічок запалювання (звернути увагу на черговість запису)

1	A11Д, АК11
2	АК11Д, А23
3	A23, M11BT
4	M23, АК23BT

Запитання № 256.

Використовуючи приведені нижче варіанти пояснень вкажіть, що являє собою безконтактна система запалювання з регульованим часом накопичення енергії?

1	Струм живлення первинної обмотки не залежить, або мало залежить від частоти обертання колін валу.
2	Аналог контактно-транзисторної системи, в якій контакти переривника замінені безконтактним здавачем.
3	Реалізовано електронне керування кутом випередження запалювання, як правило одночасно з керуванням паливоподачею.
4	Реалізується принцип збільшення енергії іскри за рахунок автоматичного підключення додаткового джерела енергії.

Запитання № 257.

Використовуючи приведені нижче варіанти пояснень вкажіть, що являє собою мікропроцесорна система запалювання?

1	Струм живлення первинної обмотки не залежить, або мало залежить від частоти обертання колінвала.
2	Аналог контактно-транзисторної системи, в якій контакти переривника замінені безконтактним задавачем.
3	Реалізовано електронне керування кутом випередження запалювання, як правило одночасно з керуванням паливоподачею.
4	Реалізується принцип збільшення енергії іскри за рахунок автоматичного підключення додаткового джерела енергії.

Запитання № 258.

Використовуючи приведені нижче словосполучення правильно закінчіть речення: «Оптимальним вважають такий кут випередження запалювання, при якому ...»

1	... двигун працює найекономічніше
2	... двигун розвиває максимальну потужність
3	... двигун розвиває максимальні оберти
4	... двигун розвиває найбільший крутний момент

Запитання № 259.

Для чого потрібен додатковий опір (варіатор) котушки запалювання?

1	Для зменшення навантаження на систему електрообладнання
2	Для забезпечення сили струму, потрібної для нормального іскроутворення
3	Для захисту первинної обмотки від перегріву при живленні від 12 ... 14 вольтових джерел струму
4	Для уникнення безпосереднього зв'язку обмоток котушки запалювання з системою електрообладнання

Запитання № 260.

Закінчіть речення: «Із збільшенням навантаження двигуна кут випередження запалювання потрібно ...»

1	... зменшувати
2	... залишати тим же
3	... збільшувати
4	... при малих обертах зменшувати, а при великих – збільшувати

Запитання № 261.

Яка напруга потрібна для пробиття іскрового проміжку свічки запалювання, і яку напругу повинна подавати система запалювання на свічку?

1	не менше 10 і не менше 15 кВ відповідно
2	не менше 5 і не менше 10 кВ відповідно
3	не менше 3 і не менше 5 кВ відповідно
4	не менше 1 і не менше 3 кВ відповідно

Запитання № 262.

Використовуючи приведені нижче словосполучення закінчіть визначення: «Детонацією називають явище ...»

1	... samozapalювання робочої суміші, яке проявляється у роботі двигуна після вимкнення запалювання
2	... жорсткої роботи двигуна під навантаженням
3	... передчасного запалювання робочої суміші
4	... вибухоподібного згорання робочої суміші

Запитання № 263.

Використовуючи приведені нижче словосполучення закінчіть речення: «Основною перевагою контактно-транзисторної системи запалювання перед контактною системою є збільшення строку служби контактів і ...»

1	... зменшення енергоспоживання
2	... надійності роботи системи
3	... котушки запалювання
4	... покращення іскроутворення

Запитання № 264.

Робота двигуна з детонацією призводить до ...

1	... ударних навантажень на деталі поршневої групи і їх руйнування
2	... ударних навантажень на деталі КШМ і їх руйнування
3	... ударних навантажень на деталі ГРМ і їх руйнування
4	... ударних навантажень на деталі трансмісії і їх руйнування

Запитання № 265.

Які чинники спричиняють жарове запалювання?

1	Велике випередження моменту запалювання
2	Детонація робочої суміші
3	Перегрів двигуна, електродів свічки запалювання чи інших елементів у камері згоряння
4	Дуже бідна робоча суміш

Запитання № 266.

Появі детонаційного згоряння сприяє мала антидетонаційна стійкість бензину, а також ...

1	... раннє запалювання, високий ступінь стиску, великі оберти двигуна
2	... пізнє запалювання, високий ступінь стиску, малі оберти двигуна
3	... пізнє запалювання, високий ступінь стиску, великі оберти двигуна
4	... раннє запалювання, високий ступінь стиску, малі оберти двигуна

Запитання № 267.

Яке явище використовують для перевірки правильності встановлення моменту запалювання, яку проводять на ходу автомобіля?

1	Явище детонації
2	Явище самозапалювання
3	Явище провалів у роботі
4	Явище підвищеного димлення

Запитання № 268.

Для чого потрібен конденсатор у контактній системі запалювання?

1	Для поглинання струму самоіндукції первинної обмотки котушки запалювання
2	Для накопичення енергії для наступного іскроутворення
3	Для збільшення випередження запалювання при збільшенні швидкості обертання колінвала двигуна
4	Для покращення іскроутворення при великій швидкості обертання колінвала

Запитання № 269.

Основною перевагою безконтактної системи запалювання перед контактними системами є відсутність контактів і ...

1	... зменшення енергоспоживання
2	... збільшення енергії іскри
3	... збільшення строку служби комутатора
4	... збільшення надійності роботи системи

Запитання № 270.

Яку функцію виконує вакуумний регулятор?

1	Збільшує випередження запалювання при збільшенні навантаження двигуна
2	Збільшує випередження запалювання при зменшенні навантаження двигуна
3	Збільшує випередження запалювання при різкому прискоренні автомобіля
4	Зменшує випередження запалювання при зменшенні навантаження двигуна

8.1.6. Прилади освітлення і світлової сигналізації

Запитання № 271.

Вкажіть мінімальну відстань (м), на яку далеке світло повинно освітлювати дорогу:

1	30
2	100
3	500
4	1200

Запитання № 272.

Вкажіть мінімальну відстань (м), на яку близьке світло повинно освітлювати дорогу:

1	30
2	100
3	500
4	1200

Запитання № 273.

Користуючись числами, приведеними нижче вкажіть мінімальну висоту (мм) розміщення фар близького світла над дорогою:

1	30
2	100
3	500
4	1200

Запитання № 274.

Користуючись числами, приведеними нижче вкажіть максимальну висоту (мм) розміщення фар близького світла над дорогою:

1	30
2	100
3	500
4	1200

Запитання № 275.

Відстань від площини бічного габариту транспортного засобу до зовнішнього краю світлового отвору повинна становити не більше ... мм.

1	400
2	600
3	2 - 12
4	200 - 700

Запитання № 276.

Користуючись числами, приведеними нижче закінчіть речення: «Відстань між внутрішніми краями світлового отвору на машині повинна бути не менше ... мм».

1	400
2	600
3	2 - 12
4	200 - 700

Запитання № 277.

Користуючись числами, приведеними нижче закінчіть речення: «У темну пору доби світлосигнальні прилади добре розрізняються при силі світла ... кд».

1	400
2	600
3	2 - 12
4	200 - 700

Запитання № 278.

Користуючись числами, приведеними нижче закінчіть речення: «Щоб забезпечити видимість світлових сигналів у сонячний день, силу світла потрібно збільшити до ... кд».

1	400
2	600
3	2 - 12
4	200 - 700

Запитання № 279.

Користуючись числами, приведеними нижче закінчіть речення: «Для показу наявності та орієнтовної ширини транспортного засобу (машини) використовують ...».

1	габаритні вогні
2	стоянкові вогні
3	показчики поворотів
4	ліхтарі заднього ходу

Запитання № 280.

Користуючись словосполученнями, приведеними нижче закінчіть речення: «Для позначення машини, яка перебуває на стоянці використовують ...».

1	габаритні вогні;
2	стоянкові вогні;
3	показчики поворотів;
4	ліхтарі заднього ходу.

Запитання № 281.

Користуючись словосполученнями, приведеними нижче закінчіть речення: «Для сигналізації про зміну напрямку руху машини використовують ...».

1	габаритні вогні;
2	стоянкові вогні;
3	показчики поворотів;
4	ліхтарі заднього ходу.

Запитання № 282.

Користуючись словосполученнями, приведеними нижче закінчіть речення: «У якості освітлювального і світлосигнального приладів використовують ...».

1	габаритні вогні;
2	стоянкові вогні;
3	показчики поворотів;
4	ліхтарі заднього ходу.

Запитання № 283.

Користуючись словосполученнями, приведеними нижче закінчіть речення: «Причепи і напівпричепи обладнують передніми габаритними вогнями у випадку, коли їх ширина перевищує ...».

1	1,6;
2	2,0;
3	2,1;
4	3,0.

Запитання № 284.

Користуючись словосполученнями, приведеними нижче закінчіть речення: «Висота установки габаритних вогнів повинна знаходитись на рівні ... мм».

1	600;
2	400-1300;
3	400;
4	400-1200.

Запитання № 285.

Користуючись числами, приведеними нижче закінчіть речення: «Відстань між габаритними вогнями в одній площині повинна бути не меншою ... мм».

1	600
2	400 - 1300
3	400
4	400 - 1200

Запитання № 286.

Користуючись числами, приведеними нижче закінчіть речення: «Відстань від площини бічного габариту до найближчого габаритного вогня не повинна перевищувати ... мм».

1	600
2	400 - 1300
3	400
4	400 - 1200

Запитання № 287.

Користуючись числами, приведеними нижче закінчіть речення: «Висота установки габаритних вогнів повинна знаходитись на рівні ... мм».

1	600
2	400 - 1300
3	400
4	400 - 1200

Запитання № 288.

Користуючись числами, приведеними нижче закінчіть речення: «Відстань від площини верхнього габариту автобуса до його верхніх габаритних вогнів не повинна перевищувати ... мм».

1	600
2	400 - 1300
3	400
4	400 - 1200

Запитання № 289.

Користуючись числами, приведеними нижче закінчіть речення: «Ліхтарі заднього ходу розміщують у задній частині машини на висоті ... мм».

1	600
2	400 - 1300
3	400
4	400 - 1200

Запитання № 290.

Для якої фари характерні наступні конструкційні елементи: параболічний відбивач; екран; електрична лампа; розсіювач; корпус?

1	Традиційної
2	Двохпроменевої з гомофокальним відбивачем
3	Еліпсоїдної
4	З гідрокоректором

Запитання № 291.

Для якої фари характерні наступні конструкційні елементи: параболічний відбивач; екран; електрична лампа; розсіювач; корпус; головний циліндр; виконавчий циліндр; з'єднувальні трубопроводи?

1	Традиційної
2	Двохпроменевої з гомофокальним відбивачем
3	Еліпсоїдної
4	З гідрокоректором

Запитання № 292.

Для якої фари характерні наступні конструкційні елементи: відбивач в об'ємному просторі якого об'єднано декілька зрізані параболоїдні відбивачі з різними фокусними відстанями; галогенна лампа; розсіювач; корпус?

1	Традиційної
2	Двохпроменевої з гомофокальним відбивачем
3	Еліпсоїдної
4	З гідрокоректором

Запитання № 293.

Для якої фари характерні наступні конструкційні елементи: еліпсоїдний відбивач; екран; електрична лампа; розсіююча лінза; корпусні деталі?

1	Традиційної
2	Двохпроменевої з гомофокальним відбивачем
3	Еліпсоїдної
4	З гідрокоректором

Запитання № 294.

Користуючись словами, приведеними нижче закінчіть речення: «Для фари якого типу характерні наступні ознаки:

Нитку близького світла виготовлено у вигляді спіралі циліндричної форми і зміщено догори та праворуч відносно фокуса, коли дивитись на відбивач із боку світлового отвору. Спіраль близького світла розташовано впоперек оптичної осі?»

1	Англійського
2	Американського
3	Європейського
4	Німецького

Запитання № 295.

Користуючись поясненням і словами, приведеними нижче дайте відповідь на запитання: «Для фари якого типу характерні наступні ознаки:

Нитку близького світла висунуто вперед відносно точки фокуса і піднято вгору відносно оптичної осі. Знизу її закрито металевим екраном, який запобігає потраплянню на нижню частину відбивача світлового потоку лампи, що спрямовує пучок ближнього світла вниз і трохи праворуч?»

1	Англійського
2	Американського
3	Європейського
4	Німецького

Запитання № 296.

Як називаються прилади освітлення, які не мають свого джерела світла і створюють сигнал відбиваючи світло фар іншого транспортного засобу?

1	Ліхтарі заднього ходу
2	Габаритні вогні
3	Стоянкові вогні
4	Світлоповертачі

Запитання № 297.

Користуючись словами, приведеними нижче дайте відповідь на запитання: «Якого кольору світлоповертачі встановлюються в задній частині причепа?»

1	Білі
2	Жовті
3	Червоні
4	Рожеві

Запитання № 298.

Користуючись словами, приведеними нижче дайте відповідь на запитання: «Якого кольору світлоповертачі встановлюються в передній частині причепа?»

1	Білі
2	Жовті
3	Червоні
4	Рожеві

Запитання № 299.

Користуючись словами, приведеними нижче дайте відповідь на запитання: «Якого кольору світлоповертачі встановлюються на боковинах причепа?»

1	Білі
2	Жовті
3	Червоні
4	Рожеві

Запитання № 300.

Користуючись числами, приведеними нижче закінчіть речення: «На якій максимальній віддалі (мм) від площини бічного габариту причепа встановлюються передні світлоповертачі?»

1	360
2	300
3	180
4	150

Запитання № 301.

Користуючись числами, приведеними нижче закінчіть речення: «На який кут (градуси) розвертають промені світла світлоповертачі?»

1	360
2	300
3	180
4	150

Запитання № 302.

Закінчіть вираз: «Причиною потемніння скляної колби лампи є результат осідання парів ...»

1	Метану
2	Вольфраму
3	Ксенону
4	Йоду

Запитання № 303.

Закінчіть вираз: «Білий із слабим зеленувато-голубим відтінком спектр світіння лампи забезпечується за рахунок використання у якості наповнювача для газорозрядної лампи інертного газу ...».

1	Метану
2	Вольфраму
3	Ксенону
4	Йоду

Запитання № 304.

Закінчіть фразу: « Для запобігання осідання вольфраму на стінки колби лампи, в результаті надмірного нагріву нитки розжарювання у галогенних лампах до складу інертного газу-наповнювача додають невелику кількість парів ...».

1	Метану
2	Вольфраму
3	Ксенону
4	Йоду

Запитання № 305.

Користуючись числами, приведеними нижче закінчіть речення: «Промисловість випускає лампи з номінальною напругою ... В».

1	6, 12, 24
2	6,3-6,75, 12,8-13,5, 28
3	12, 127, 220
4	6, 12, 28

Запитання № 306.

Користуючись числами, приведеними нижче закінчіть речення: «Промисловість випускає лампи з розрахунковою напругою ... В».

1	6, 12, 24
2	6,3-6,75, 12,8-13,5, 28
3	12, 127, 220
4	6, 12, 28

Запитання № 307.

Користуючись поясненнями, приведеними нижче вкажіть тип і зміст позначення лампи, яке задовано цифрою «1» у позначенні $\boxed{1}\boxed{2}\boxed{3}\boxed{4}-\boxed{5}+\boxed{6}-\boxed{7}$

1	Цифра – «номінальна напруга лампи»
2	Буква «А» – «тип лампи (автомобільна)»
3	Буква «К» - «конструктивна особливість лампи (кварцова)»
4	Буква «Г» - «конструктивна особливість лампи (галогенна)»

Запитання № 308.

Користуючись поясненнями, приведеними нижче вкажіть тип і зміст позначення лампи, яке задовано цифрою «2» у позначенні 1 2 3 4 - 5 + 6 - 7

1	Цифра – «номінальна напруга лампи»
2	Буква «А» – «тип лампи (автомобільна)»
3	Буква «К» - «конструктивна особливість лампи (кварцова)»
4	Буква «Г» - «конструктивна особливість лампи (галогенна)»

Запитання № 309.

Користуючись поясненнями, приведеними нижче вкажіть тип і зміст позначення лампи, яке задовано цифрою «3» у позначенні 1 2 3 4 - 5 + 6 - 7

1	Цифра – «номінальна напруга лампи»;
2	Буква «А» – «тип лампи (автомобільна)»;
3	Буква «К» - «конструктивна особливість лампи (кварцова)»;
4	Буква «Г» - «конструктивна особливість лампи (галогенна)».

Запитання № 310.

Користуючись поясненнями, приведеними нижче вкажіть тип і зміст позначення лампи, яке задовано цифрою «4» у позначенні 1 2 3 4 - 5 + 6 - 7

1	Цифра – «номінальна напруга лампи»;
2	Буква «А» – «тип лампи (автомобільна)»;
3	Буква «К» - «конструктивна особливість лампи (кварцова)»;
4	Буква «Г» - «конструктивна особливість лампи (галогенна)».

Запитання № 311.

Користуючись поясненнями, приведеними нижче вкажіть тип і зміст позначення лампи, яке задовано цифрою «5» у позначенні $\boxed{1}\boxed{2}\boxed{3}\boxed{4}-\boxed{5}+\boxed{6}-\boxed{7}$

1	Цифра - «споживана потужність нитки ближнього світла, Вт»;
2	Цифра – «споживана потужність нитки далекого світла, Вт»;
3	Цифра – «номінальна напруга лампи»;
4	Цифра – «модифікація лампи».

Запитання № 312.

Користуючись поясненнями, приведеними нижче вкажіть тип і зміст позначення лампи, яке задовано цифрою «6» у позначенні $\boxed{1}\boxed{2}\boxed{3}\boxed{4}-\boxed{5}+\boxed{6}-\boxed{7}$

1	Цифра - «споживана потужність нитки ближнього світла, Вт»;
2	Цифра – «споживана потужність нитки далекого світла, Вт»;
3	Цифра – «номінальна напруга лампи»;
4	Цифра – «модифікація лампи».

Запитання № 313.

Користуючись поясненнями, приведеними нижче вкажіть тип і зміст позначення лампи, яке задовано цифрою «7» у позначенні $\boxed{1}\boxed{2}\boxed{3}\boxed{4}-\boxed{5}+\boxed{6}-\boxed{7}$

1	Цифра - «споживана потужність нитки ближнього світла, Вт»;
2	Цифра – «споживана потужність нитки далекого світла, Вт»;
3	Цифра – «номінальна напруга лампи»;
4	Цифра – «модифікація лампи».

8.1.7. Контрольно-вимірювальні прилади. Допоміжне обладнання. Електронні системи автоматичного керування двигуном та трансмісією

Запитання № 314.

Вкажіть межі зміни температури рідини при яких доцільне використання датчика температури типу ТМ 100-А, В, °С.

1	40 - 120
2	40 - 110
3	20 - 120
4	-40 - +40

Запитання № 315.

Вкажіть межі зміни температури рідини при яких доцільне використання датчика температури типу ТМ 101, °С.

1	40 - 120
2	40 - 110
3	20 - 120
4	-40 - +40

Запитання № 316.

Вкажіть межі зміни температури рідини при яких доцільне використання датчика температури типу ТМ 106, °С.

1	40 - 120
2	40 - 110
3	20 - 120
4	-40 - +40

Запитання № 317.

Користуючись числовими проміжками, приведеними нижче вкажіть межі зміни температури рідини при яких доцільне використання датчика температури типу 11.3842, °C.

1	40 - 120
2	40 - 110
3	20 - 120
4	-40 - +40

Запитання № 318.

Користуючись приведеними нижче марками приладів, вкажіть з яким приймачем показчика температури працює датчик ТМ 100?

1	УК 202
2	14.3807
3	15.3807
4	УБ 170

Запитання № 319.

Користуючись приведеними нижче марками приладів, вкажіть з яким приймачем показчика температури працює датчик ТМ 101?

1	УК 202
2	14.3807
3	15.3807
4	УБ 170

Запитання № 320.

Користуючись приведеними нижче марками приладів, вкажіть з яким приймачем показчика температури працює датчик 11.3842?

1	УК 202
2	14.3807
3	15.3807
4	УБ 170

Запитання № 321.

Користуючись числовими проміжками, приведеними нижче вкажіть температуру замикання контактів датчика типу ТМ 102, °С

1	112 – 118
2	102 – 110
3	89 – 95
4	98 – 104

Запитання № 322.

Користуючись числовими проміжками, приведеними нижче вкажіть температуру замикання контактів датчика типу ТМ 112, °С

1	112 – 118
2	102 – 110
3	89 – 95
4	98 – 104

Запитання № 323.

Користуючись числовими проміжками, приведеними нижче вкажіть температуру замикання контактів датчика типу ТМ 108, °С

1	112 – 118
2	102 – 110
3	89 – 95
4	98 – 104

Запитання № 324.

Користуючись числовими проміжками, приведеними нижче вкажіть температуру замикання контактів датчика типу ТМ 111, °С

1	112 – 118
2	102 – 110
3	89 – 95
4	98 – 104

Запитання № 325.

Користуючись числами, приведеними нижче вкажіть максимальний тиск, на який розраховані датчики тиску ММ 9, ММ 111-В, ММ 111-Д (бар)

1	5
2	7
3	8
4	10

Запитання № 326.

Користуючись числами, приведеними нижче вкажіть максимальний тиск, на який розрахований датчик тиску ММ 120-Д (бар)

1	5
2	7
3	8
4	10

Запитання № 327.

Користуючись числами, приведеними нижче вкажіть максимальний тиск, на який розрахований датчик тиску ММ 393-А (бар)

1	5
2	7
3	8
4	10

Запитання № 328.

Користуючись числами, приведеними нижче вкажіть максимальний тиск, на який розрахований датчик тиску ММ 370 (бар)

1	5
2	7
3	8
4	10

Запитання № 329.

Користуючись приведеними нижче марками приладів, вкажіть тип приймача, з яким працює датчик рівня палива БМ 158-Б

1	УБ 170
2	УБ 193
3	УБ 200
4	13.3806

Запитання № 330.

Користуючись приведеними нижче марками приладів, вкажіть тип приймача, з яким працює датчик рівня палива БМ 150

1	УБ 170
2	УБ 193
3	УБ 200
4	13.3806

Запитання № 331.

Користуючись приведеними нижче марками приладів, вкажіть тип приймача, з яким працює датчик рівня палива БМ 117-А

1	УБ 170
2	УБ 193
3	УБ 200
4	13.3806

Запитання № 332.

Користуючись приведеними нижче марками приладів, вкажіть тип приймача, з яким працює датчик рівня палива БМ 139-А

1	УБ 170
2	УБ 193
3	УБ 200
4	13.3806

Запитання № 333.

Користуючись приведеними нижче словами та словосполученнями дайте відповідь на запитання: «Як розрізняють звукові сигнали за принципом дії?»

1	Електричні вібраційні, електропневматичні
2	Тональні, шумові
3	Постійного, змінного
4	Дзвінки, глухі

Запитання № 334.

Користуючись приведеними нижче словами та словосполученнями дайте відповідь на запитання: «Як розрізняють звукові сигнали за характером звучання?»

1	Електричні вібраційні, електропневматичні
2	Тональні, шумові
3	Постійного, змінного
4	Дзвінки, глухі

Запитання № 335.

Користуючись приведеними нижче словами та словосполученнями дайте відповідь на запитання: «Як розрізняють звукові сигнали за родом струму, який споживають?»

1	Електричні вібраційні, електропневматичні
2	Тональні, шумові
3	Постійного, змінного
4	Дзвінки, глухі

Запитання № 336.

Користуючись числовими проміжками, приведеними нижче вкажіть межі звукового тиску (дБ), в яких має працювати звуковий сигнал

1	85 – 125
2	1800 – 3550
3	5 – 10
4	30000 – 55000

Запитання № 337.

Користуючись числовими проміжками, приведеними нижче вкажіть межі частот звукового спектру (Гц), який найкраще перекриває шум дорожнього руху

1	85 – 125
2	1800 – 3550
3	5 – 10
4	30000 – 55000

Запитання № 338.

Користуючись числами, приведеними нижче вкажіть параметричний ряд потужностей електродвигунів (Вт), які використовуються в приводах допоміжного обладнання

1	6, 10, 16, 25, 40, 60, 90, 120, 150, 180, 250, 370
2	2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, 8000, 9000, 10000
3	1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 50, 100, 200, 300, 400, 500
4	500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500, 5000

Запитання № 339.

Користуючись числами, приведеними нижче вкажіть параметричний ряд електродвигунів, які використовуються в приводах допоміжного обладнання за частотою обертання вала

1	6, 10, 16, 25, 40, 60, 90, 120, 150, 180, 250, 370;
2	2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, 8000, 9000, 10000;
3	1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 50, 100, 200, 300, 400, 500;
4	500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500, 5000,

Запитання № 340.

Користуючись числовими проміжками, приведеними нижче вкажіть в яких межах ABS повинна підтримувати значення коефіцієнта ковзання, (%)?

1	5 – 10
2	10 – 20
3	10 – 30
4	20 – 30

Запитання № 341.

Вкажіть найбільш повний перелік пристроїв та параметрів, якими керує система керування силовою установкою виробництва передових фірм світу.

1	Кількість пального, що подається, частота обертання колінвала, хід плунжера, тиск впорскування, температура оточуючого середовища;
2	Подача пального, кут випередження, кількість пального, положення рейки паливного насоса, тиск пального, температура пального, об'ємна подача насоса;
3	Швидкість руху, кількість пального, подача пального, частота обертання колінвала, момент подачі пального, швидкість руху поршнів, крутний момент двигуна;
4	Кількість пального, момент початку подачі пального, повітряна заслінка, частота обертання колінвала на холостому ходу, свічка накаливання.

8.2. Запитання для підсумкового контролю знань

Завершення вивчення матеріалу, викладеного в посібнику здійснюється в результаті підсумкового контролю знань. Нижче пропонується перелік тестових запитань, які дозволяють всебічно оцінити отримані знання після вивчення викладеного в посібнику курсу.

Відповіді на приведені нижче запитання також в тому чи іншому вигляді, але повністю надані в посібнику і, за умови уважного ознайомлення з викладеним матеріалом, проблем з підготовкою до підсумкового контролю знань виникати не повинно.

Запитання №1 .

Якими словами необхідно закінчити визначення «Для отримання і використання електричної енергії на машині з метою забезпечення робочого процесу двигуна, підвищення безпеки і надійності машини, автоматизації керування та робочих процесів призначено ...»?

1	електричне обладнання;
2	джерела струму;
3	систему запалювання;
4	контрольно-вимірювальні прилади.

Запитання № 2.

Встановіть відповідність зображень запропонованим назвам процесів, що протікають у свинцево-кислотному акумуляторі

	1 – сульфатація; 2 – зарядка; 3 – розрядка; 4 – окислення.

Запитання № 3.

Який вигляд має рівняння окисно-відновної реакції, що протікає в акумуляторі під час його розряду і заряду.

1	$\text{PbO}_2 + \text{Pb} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons 2\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
2	$\text{H}_2\text{O}_2 + \text{Pb} + 2\text{PbSO}_4 \rightleftharpoons 2\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
3	$\text{PbO}_2 + \text{H}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{PbO}$
4	$\text{PbO}_2 + \text{H}_2 + 2\text{PbSO}_4 \rightleftharpoons 2\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$

Запитання № 4.

Користуючись приведеними нижче рисунком та запропонованими назвами встановіть відповідність назв елементів АКБ позиціям на схемі

А – позитивно заряджений електрод; Б – негативно заряджений електрод; В – баретка; Г – сепаратор; Д – моноблок; Е – кришка;	

Запитання № 5.

Користуючись приведеною нижче схемою дайте відповіді на запитання

А – Яку кількість фаз має генератор? Б – Який тип з'єднання обмоток використано в генераторі представленому на даній схемі? В – Яка кількість пар діодів встановлюється на одну фазу? Г – Якою літерою позначено вивід обмотки збудження?	

Запитання № 6.

Орієнтуючись на граничні межі характеристик акумуляторної батареї вирішіть задачу: «Вимірювання електрорушійної сили АКБ, проведене у стані її усталеного спокою, дало значення $E = 12,7$ В. Чому дорівнює ступінь зарядженості батареї, виражений у %?»

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь з допомогою одного числа)

Запитання № 7.

Користуючись числовими межами, приведеними нижче вкажіть кількісні значення окремих характеристик системи запалювання:

1. Розрахункова напруга мережі на борту машини для задовільної роботи котушки запалювання, В	А. 10000 ... 12000 Б. 7 ... 8 В. 0,17 ... 0,25
2. Оптимальна ємність конденсатора у первинному колі котушки запалювання переривника контактної системи запалювання, мкФ	Г. 12 ... 14
3. Робоча напруга на електродах свічок, В	

Запитання № 7.

Яких значень повинен набувати зазор, виміряний у міліметрах, між контактами переривника контактної системи запалювання?

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь з допомогою діапазону чисел)

Запитання № 8.

Який рід струму споживають електричні стартери системи пуску?

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь з допомогою одного слова)

Запитання № 9.

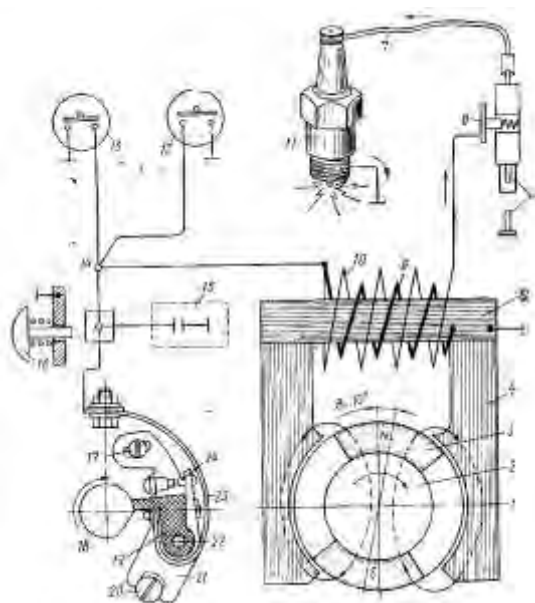
З яких елементів складається механічне джерело енергії на автомобілі?

1	свинцевий сурик, свинцевий глет, розчин H_2SO_4 ;
2	свинцевий порошок, розчин H_2SO_4 ;
3	аккумуляторна батарея, генераторна установка;
4	генератор, випрямляч, регулятор напруги.

Запитання № 10.

Встановіть відповідність запропонованих назв елементів системи запалювання від магнето позиціям рисунка (одній назві може відповідати кілька позицій рисунка):

А – іскрова свічка запалювання;
Б – конденсатор;
В – іскровий запобіжник;
Г – рухомий контакт;
Д – не рухомий контакт;



Запитання № 11.

Користуючись приведеними нижче словами, словосполученнями та цифровим матеріалом вкажіть класифікацію систем електрообладнання за наступними класифікаційними ознаками:

А – за природою струму;	1 – одно провідна, двох провідна;
Б – за прийнятою напругою;	2 – 1...4
В – за кількістю провідників;	3 – 6, 12, 24;
	4 – постійного, змінного.

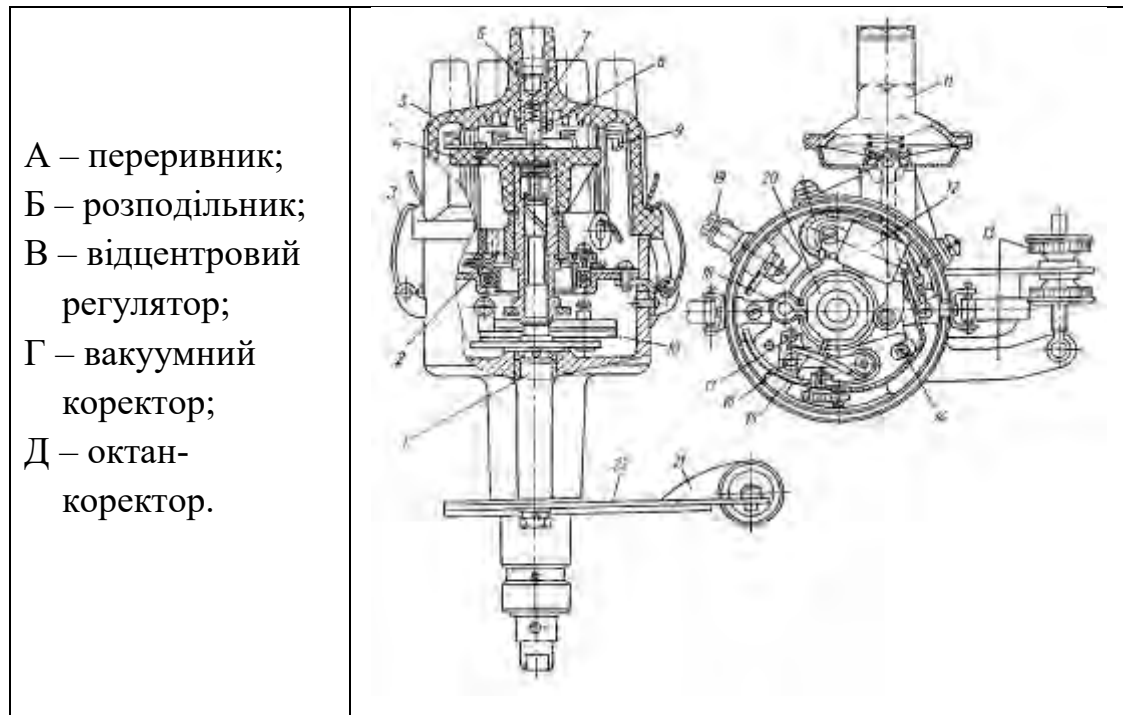
Запитання № 12.

Встановіть відповідність запропонованих назв елементів системи запалювання від магнето позиціям рисунка (одній назві може відповідати кілька позицій рисунка):

А – провідник високої напруги; Б – первинна обмотка котушки запалювання; В – вторинна обмотка котушки запалювання; Г – кулачок переривника; Д – механізм регулювання зазору між контактами переривника;	

Запитання № 13.

Встановіть відповідність запропонованих назв елементів переривника-розподільника контактної системи батарейного запалювання позиціям рисунка (одній назві може відповідати кілька позицій рисунка):



Запитання № 14.

Вкажіть відповідність підключення споживачів:

А – до акумуляторної батареї; Б – до генератора; В – через замок запалювання; Г – через центральний перемикач освітлення;	1 - агрегати, які споживають струм великої сили і працюють короткочасно, а також агрегати, робота яких необхідна в аварійних умовах; 2 - агрегати, які працюють тільки під час роботи двигуна; 3 - агрегати, які споживають струм не великої сили і працюють тривалий час; 4 - всі прилади освітлення; 5 - прилади системи запалювання.

Запитання № 15.

Користуючись буквеними позначеннями та математичними символами « I », « U », « R », « $=$ » та « $/$ » запишіть залежність, яка трактує закон Ома, а саме: «Сила струму прямо пропорційна прикладеній напрузі і обернено пропорційна опору провідника»

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь формулою)

Запитання № 16.

Вкажіть за якими залежностями визначаються:

А – напруга на клеммах акумулятора;	1 - $[(\rho_{\text{зар}} - \rho_{\text{вим}})/(\rho_{\text{зар}} - \rho_{\text{розр}})] \times 100$;
Б – електрорушійна сила спокою акумулятора;	2 - $k = \frac{I_p \times t_p}{I_3 \times t_3}$;
В – коефіцієнт електричної віддачі акумулятора;	3 - $U_p = E_0 - I_p \times r$;
Г – ступінь розрідженості акумулятора;	4 - $E_0 = 0,847 + \rho_{\text{вим}}$;
	5 - $C = I_p \times t_p$;

Запитання № 17.

Вкажіть номінальне значення напруги бортової мережі (В) для наступних марок машин:

А – ГАЗ-3307;	1 – 6;
Б – ХТЗ-17221;	2 – 10;
В – КамАЗ-5320;	3 – 12;
Г – МТЗ-922;	4 – 20;
Д – ВАЗ-2109	5 – 24;
	6 – 30.

Запитання № 18.

Закінчіть визначення: «Пристрій, який перетворює змінний струм у постійний називається ...».

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь одним словом)

Запитання № 19.

Закінчіть визначення: «Пристрій, який призначений для автоматичного підтримання напруги генератора в заданих межах при змінній частоті обертання колінчастого валу двигуна називається ...».

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь словосполученням із двох слів)

Запитання № 20.

Закінчіть визначення: «Для живлення споживачів електричної енергії у випадках, коли двигун не працює, під час запуску двигуна і роботі двигуна на малих обертах призначено ...».

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь словосполученням із двох слів)

Запитання № 21.

Вкажіть номінальну напругу одного акумулятора і трьох послідовно з'єднаних акумуляторів в батареї (В)

1	2, 6;
2	3, 6;
3	6, 12;
4	12, 24.

Запитання № 22.

Розшифруйте маркування акумуляторної батареї:

А – тип акумуляторної батареї; Б – номінальна ємність акумуляторної батареї, А×год; В – кількість акумуляторів в батареї, шт; Г – виконання (конструктивна особливість акумуляторної батареї);	6СТ-55А

Запитання № 23.

Розшифруйте маркування акумуляторної батареї:

А – тип акумуляторної батареї; Б – номінальна ємність акумуляторної батареї, А×год; В – кількість акумуляторів в батареї, шт; Г – виконання (конструктивна особливість акумуляторної батареї); Д - матеріал моноблока; Е – матеріал сепаратора.	6 ТСТ – 180 Т МС Н

Запитання № 24.

Якими приладами вимірюється:

А – густина електроліту;	1 – денсиметр, аріометр;
Б – рівень електроліту;	2 – акумуляторний пробник, навантажувальна вилка;
В – електрорушійна сила спокою акумулятора;	3 – скляна трубка;
Г – напруга на клеммах акумулятора.	4 – амперметр.

Запитання № 25.

Вкажіть характеристики хімічних сполук, які використовуються в акумуляторі:

А – густина електроліту для нашої зони, г/см ³ ;	1 – 1,40; 2 – 1,83;
Б – густина «крутого» електроліту, г/см ³ ;	3 – 1,00;
В – густина дистильованої води, г/см ³ ;	4 – 1,27;
Г – густина сірчаної кислоти, г/см ³ .	5 – 1,20.

Запитання № 26.

Вкажіть характерні значення електрорушійної сили спокою (ЕРС) і густини електроліту для наступних станів акумулятора:

Стан акумулятора	ЕРС спокою, В	Густина електроліту, г/см ³
А – повністю заряджений;	1. 2,20	7. 1,27
Б – розряджений на 25%;	2. 2,03	8. 1,19
В – розряджений на 50%;	3. 2,07	9. 1,15
Г – розряджений на 75%;	4. 2,11	10. 1,23
Д – розряджений повністю.	5. 1,99	11. 1,11
	6. 1,95	12. 1,30

Запитання № 27.

Яким кольором мітять:

А – діод прямої полярності;	1 – білий;
Б – діод оберненої полярності;	2 – синій;
	3 – чорний;
	4 – червоний.

Запитання № 28.

Для якого з названих напівпровідникових пристроїв характерні приведені ознаки:

А – транзистор; Б – діод прямої полярності; В – стабілітрон; Г – діод оберненої полярності; Д – резистор	1 – катодом є корпус, анод пропущений через ізолятор, напрям струму – від анодного вивода до корпусу; 2 – анодом є корпус, катод пропущений через ізолятор, напрям струму – від корпусу до ізолюваного вивода; 3 - відкривається після досягнення напруги заданого рівня; 4 - перехід емітер-колектор відкритий за умови менших значень струму, який проходить через базу порівняно з струмом, який проходить через емітер і закритий, коли струм бази і емітера рівні.

Запитання № 29.

Встановіть відповідність між назвами агрегатів класичного реле регулятора і виконуваними ними функціями:

А – регулятор напруги; Б – обмежувач струму; В – реле зворотного струму.	1 – увімкнення генератора в систему, коли його напруга більша напруги АКБ і вимкнення із системи, коли його (генератора) напруга менша напруги АКБ; 2 – запобігання перегріву генератора і обгоранню ізоляції його обмоток при розрядженій АКБ, короткому замиканні тощо; 3 – обмеження максимальної напруги, яку виробляє генератор; 4 – підтримання мінімальної напруги, яку виробляє генератор.

Запитання № 30.

Встановіть відповідність конструктивної належності агрегатів та їх вузлів і деталей до запропонованих агрегатів електрообладнання мобільної машини:

А – генераторна установка; Б – акумуляторна батарея.	1 – реле-регулятор;
	2 – моноблок;
	3 – діод;
	4 – випрямляч;
	5 – позитивний електрод;
	6 – сепаратор;
	7 – негативний електрод;
	8 – статор;
	9 – генератор;
	10 – ротор;
	11 – обмотка збудження;
	12 – щітковий вузол;
	13 – підшипник;
	14 – шків;
	15 – баретка.

Запитання № 31.

Закінчіть визначення: «Сукупність явищ пов'язаних з існуванням, рухом і взаємодією електричних зарядів – це ...»

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь словом)

Запитання № 32.

Закінчіть визначення: «Впорядкований рух заряджених частинок – це ...»

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь словосполученням з двох слів)

Запитання № 33.

Закінчіть визначення: «Кількість електричного заряду, який проходить через поперечний переріз провідника за одну секунду – це ...»

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь словосполученням з двох слів)

Запитання № 34.

Закінчіть визначення: «Частина електрорушійної сили, яка викликає рух електричного струму по зовнішньому колу – це ...»

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь словом)

Запитання № 35.

Закінчіть визначення: «Сила, яка викликає рух електричного струму по всьому електричному колу – це ...»

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь словосполученням з двох слів)

Запитання № 36.

Закінчіть визначення: «Протидія провідника рухові електричного струму – це ...»

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь словосполученням з двох слів)

Запитання № 37.

Закінчіть визначення: «Робота електричного струму за 1 с, яка визначається добутком сили струму на напругу – це ...»

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь словосполученням з трьох слів)

Запитання № 38.

Закінчіть визначення: «Здатність тіла вміщувати певну кількість електричної енергії – це ...»

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь словосполученням з двох слів)

Запитання № 39.

Закінчіть визначення: «Частина електричного кола, яка приєднана до затискачів джерела струму – це ...»

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь словосполученням з трьох слів)

Запитання № 40.

Закінчіть визначення: «Поле, що виникає в просторі, який оточує провідник з струмом або постійний магніт – це ... поле»

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь словом)

Запитання № 41.

Закінчіть визначення: «Матеріали, які створюють незначний опір проходженню струму – це ... »

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь словом)

Запитання № 42.

Закінчіть визначення: «Матеріали, які практично не проводять електричний струм у нормальних умовах – це ... »

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь словом)

Запитання № 43.

Закінчіть визначення: «Матеріали, які проводять електричний струм за певних умов – це ... »

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь словом)

Запитання № 44

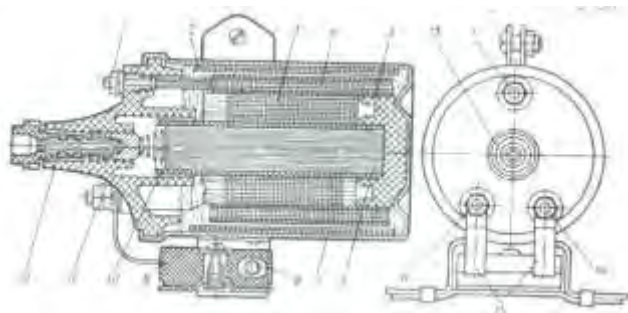
Вкажіть номінальне значення електрорушійної сили свинцево-кислотного акумулятора (у вольтах):

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь з допомогою цифри без позначення розмірності одиниць)

Запитання № 45.

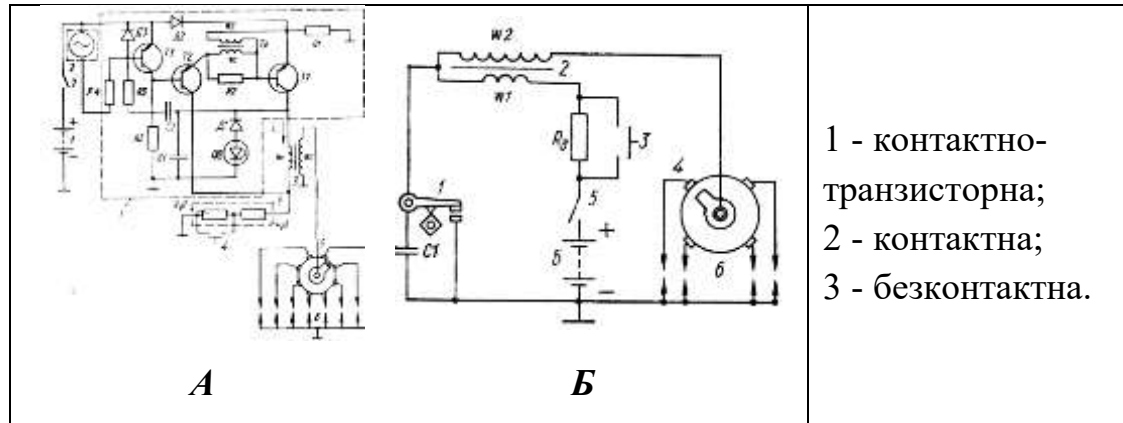
Встановіть відповідність наведених нижче назв елементів котушки запалювання позиціям рисунка:

А – первинна обмотка;
Б – картонний ізолятор;
В – кришка передня;
Г – вторинна обмотка;
Д – виводи низької напруги;
Е – вивід високої напруги;
Ж – додатковий резистор (варіатор);
К - магнітопровід;
Л – осердя.



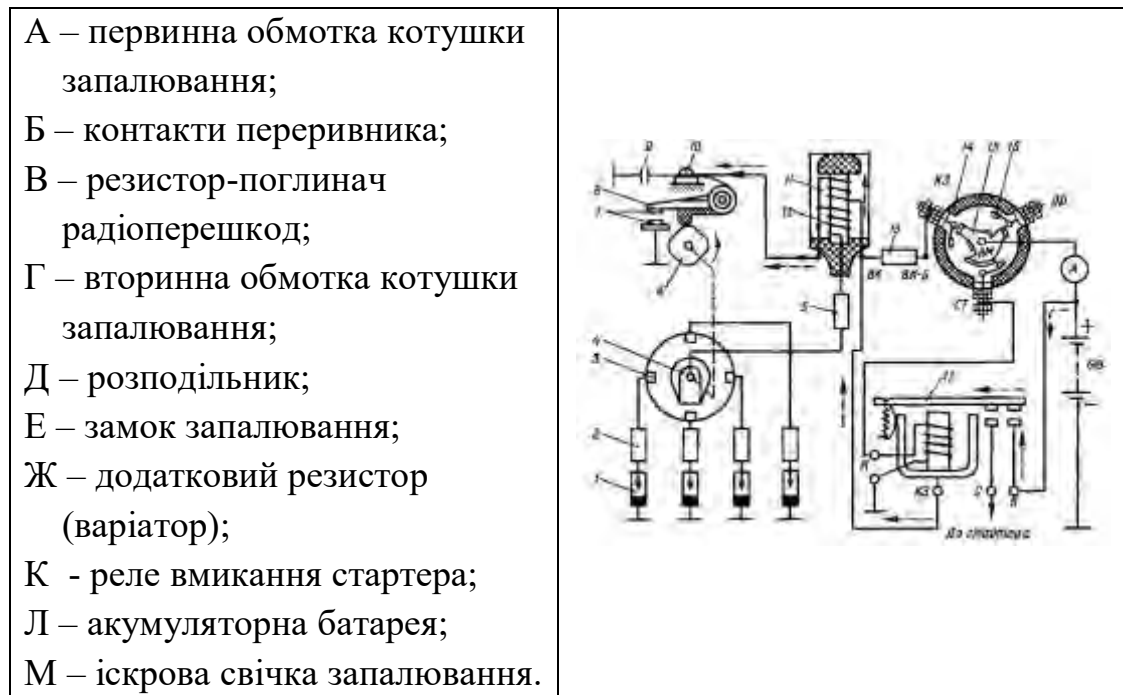
Запитання № 46

Користуючись приведеними нижче назвами вкажіть, як називаються систем запалювання, принципові схеми яких представлені на рисунках



Запитання № 47.

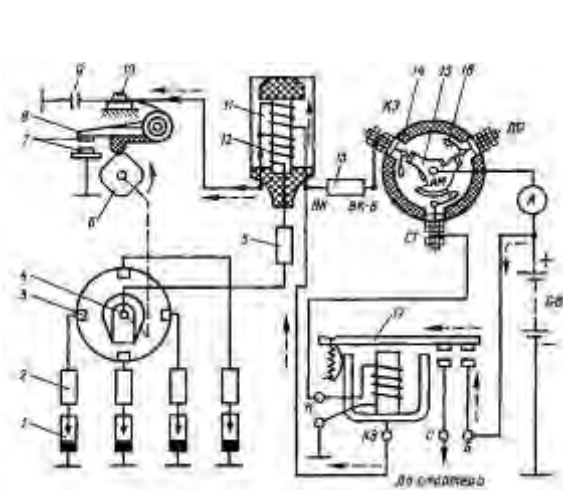
Встановіть відповідність наведених нижче назв елементів контактної системи запалювання позиціям рисунка:



Запитання № 48.

Використовуючи всі наявні на рисунку позначення, вкажіть зазначений шлях проходження струму у наступних випадках:

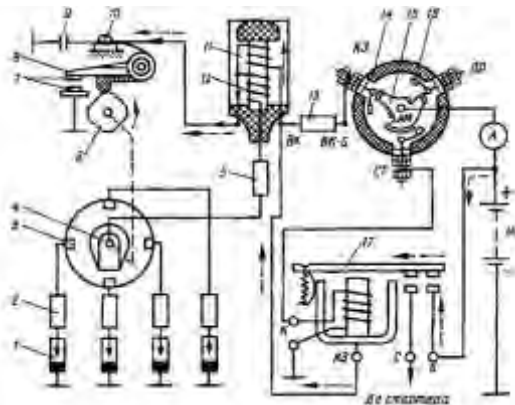
Г – коло струму живлення
стартера;
Д – коло струму 200-300 В
утвореного в первинній
обмотці котушки
запалювання в результаті
самоіндукції;
Ж – коло керування реле
вмикання стартера.



Запитання № 49.

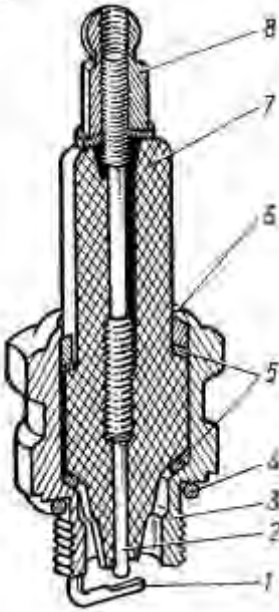
Використовуючи всі наявні на рисунку позначення, вкажіть зазначений шлях проходження струму у наступних випадках:

А – коло струму низької
напруги живлення первинної
обмотки котушки
запалювання під час пуску
двигуна;
Б – коло струму низької напруги
живлення первинної обмотки
котушки запалювання під час
стійкої самостійної роботи
двигуна;
В – коло струму високої
напруги.



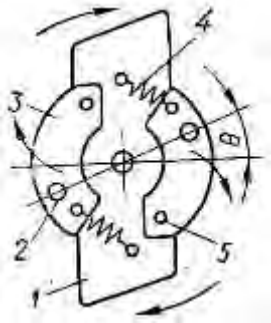
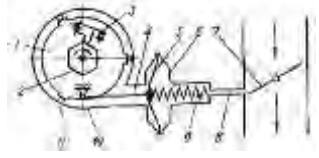
Запитання № 50.

Встановіть відповідність наведених нижче назв елементів іскрової свічки запалювання позиціям рисунка:

А – накінецьник; Б – ізолятор; В – ущільнювач внутрішній; Г – корпус; Д – ущільнювальна прокладка зовнішня; Е – центральний електрод; Ж – бічний електрод.	

Запитання № 51.

Вкажіть малюнок, на якому зображено:

1 - відцентровий регулятор системи батарейного запалювання;	Різновиди регуляторів системи запалювання	
2 - повітряний регулятор системи батарейного запалювання;		
3 – вакуумний регулятор системи батарейного запалювання		
	<i>а</i>	<i>б</i>

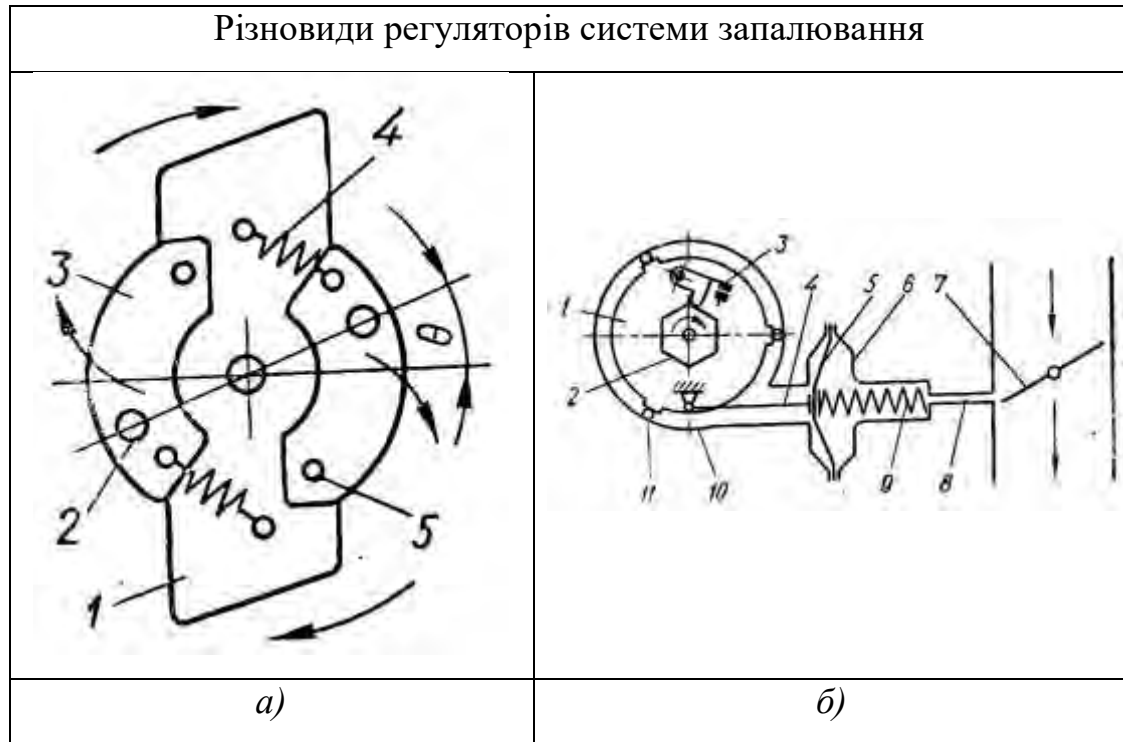
Використовуючи всі наявні на рисунку позначення, вкажіть зазначений шлях проходження струму при роботі системи запалювання у наступних випадках:

[illegible]

Використовуючи рисунок і позначення на ньому поясніть під дією яких вузлів і деталей реалізуються наступні функціональні можливості наведеної схеми електростартерного пуску двигуна:

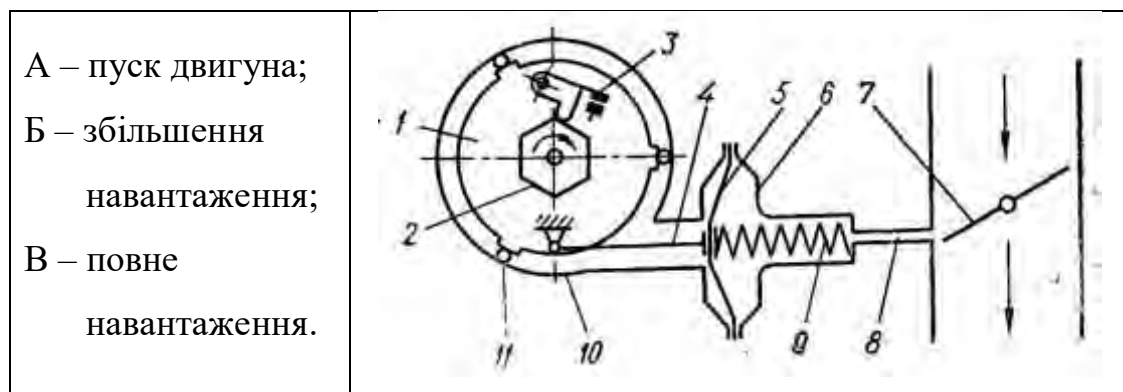
Запитання № 54.

Вкажіть позиції малюнків, якими позначено деталі регуляторів, що змінюють своє положення в процесі їх роботи:



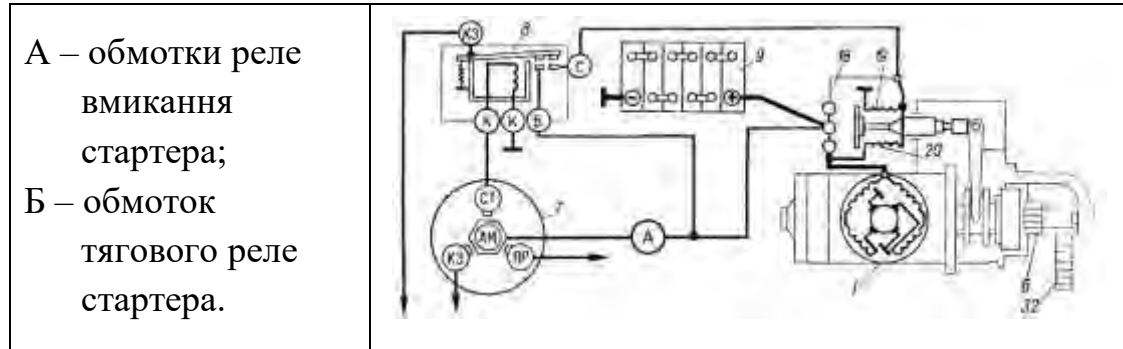
Запитання № 55.

Використовуючи рисунок поясніть послідовність як, під дією розрідження і діафрагми 5 або пружини 9, реалізується керуюча дія відцентрового регулятора для наступних режимів роботи двигуна:



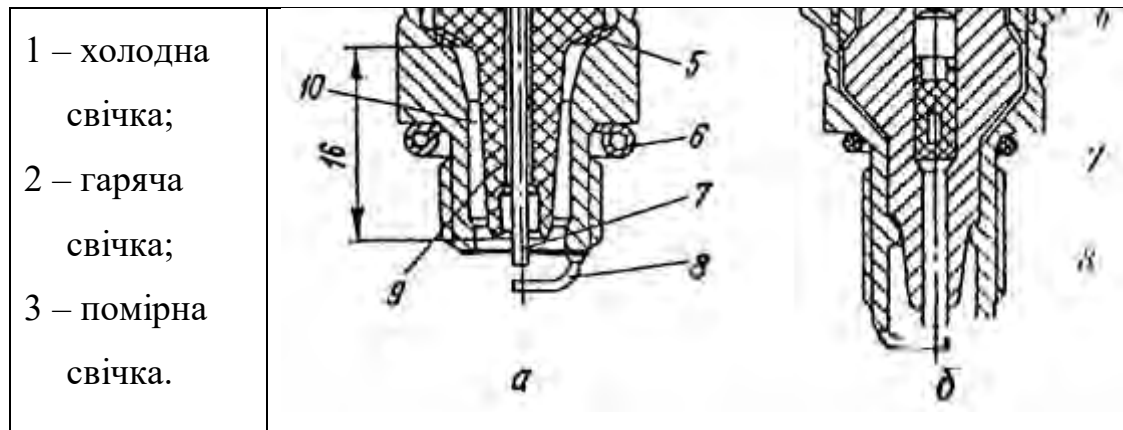
Запитання № 56.

Використовуючи рисунок і всі наявні позначення на ньому вкажіть коло живлення наступних елементів приведеної схеми:



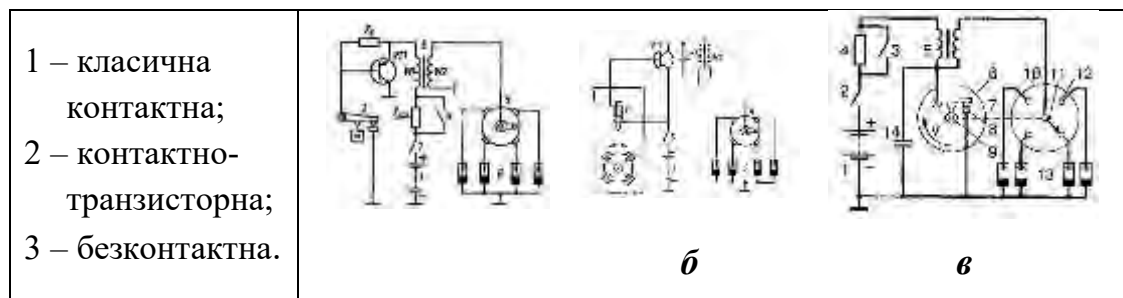
Запитання № 57.

Використовуючи рисунок вкажіть, де зображені:



Запитання № 58.

Встановіть відповідність запропонованих назв систем запалювання схемам, зображеним на рисунку:



Запитання № 59.

Встановіть відповідність запропонованих назв датчиків безконтактних систем запалювання схемам, зображеним на рисунку:

1 – магнітоелектричний комутаторного типу; 2 – датчик Холла; 3 – магнітоелектричний генераторний з кігтеподібним статором.	

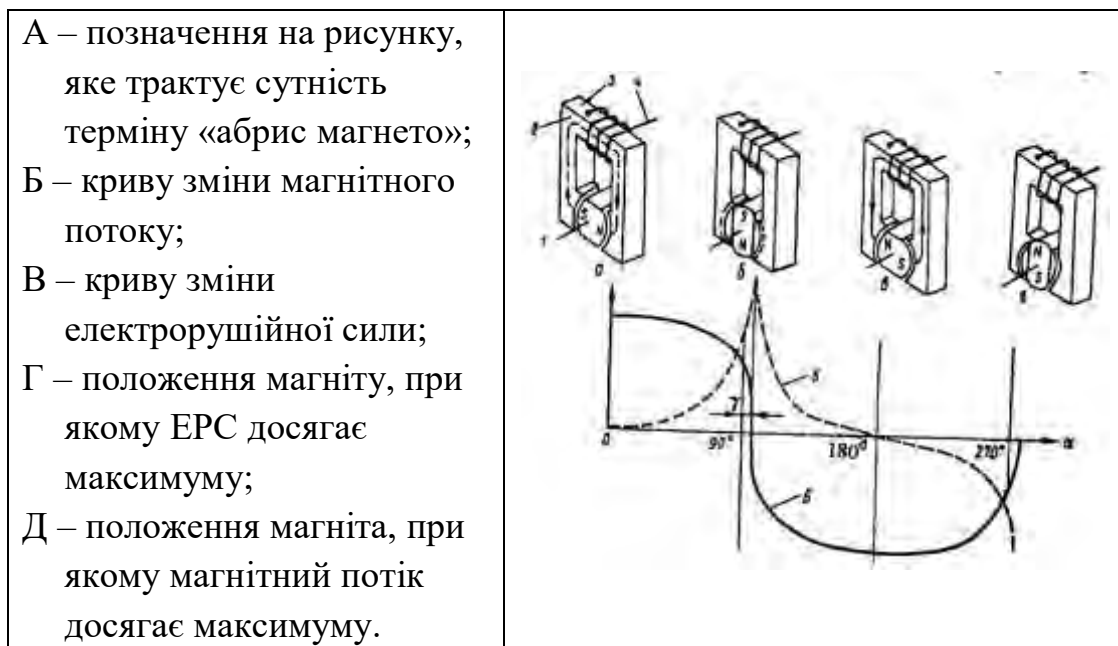
Запитання № 60.

Використовуючи рисунок перерахуйте всі позиції, якими позначено елементи:

А – неекранованої свічки запалювання; Б – екранованої свічки запалювання;	

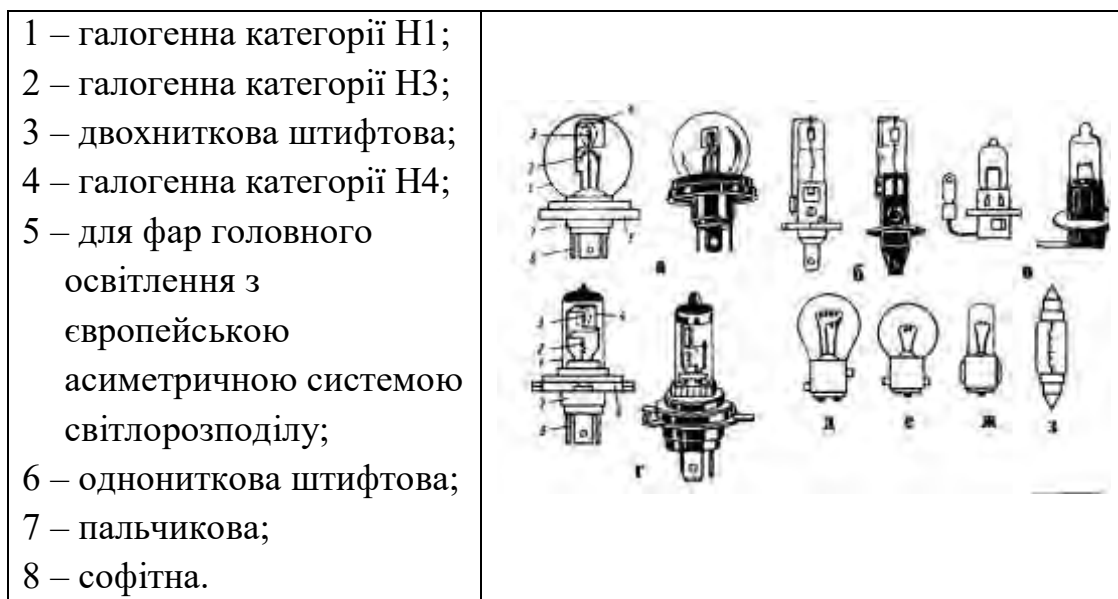
Запитання № 61.

Використовуючи рисунок вкажіть наступне:



Запитання № 62.

Встановіть відповідність запропонованих назв ламп, які використовуються в приладах освітлення і світлової сигналізації зображенням приведенного рисунка:



Запитання № 63.

Встановіть відповідність запропонованих назв систем розподілу ближнього світла схемам наведеним на рисунку:

1 – європейська; 2 – американська; 3 – українська; 4 – російська; 5 – англійська.	

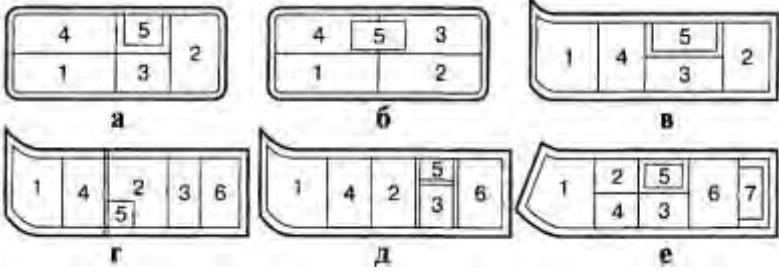
Запитання № 64.

Встановіть відповідність зображених на рисунку схем розташування світлосигнальних секцій в задніх лівих згрупованих світлових приладах запропонованим маркам автомобілів:

1 – ЗАЗ-1102; 2 – М-2141; 3 – ГАЗ-3102; 4 – ВАЗ-2108; 5 – ВАЗ-2109; 6 – ВАЗ-2107; 7 – ВАЗ-2105; 8 – КамАЗ-5320.	

Запитання № 65.

Яким кольорам відповідають позначені на рисунку цифрами секції світлосигнальних приладів задніх лівих згрупованих світлових приладів автомобілів ВАЗ-2108, ВАЗ-2109, ВАЗ-2105, ВАЗ-2107, ГАЗ-3102, ЗАЗ-1102, М-2141:

А – білий; Б – червоний; В – рожевий; Г – зелений; Д – фіолетовий.	

Запитання № 66.

Проведіть комплектацію термометрів для вимірювання температури охолодних рідин автомобілів:

Марка автомобіля	Марка датчика	Марка приладу
А - ГАЗ-66-11; Б - ВАЗ-2109; В - КамАЗ-4310	1. ТМ 100 А,В; 2. 11.3842; 3. ТМ 106; 4. ТМ 100А	А. УК145А; Б. 20.3807; В. УК 173; Г. 36.387

Запитання № 67.

Проведіть комплектацію вимірників тиску автомобілів:

Марка автомобіля	Марка датчика	Марка приладу
А - ГАЗ-66-01; Б - ВАЗ-21212; В - УАЗ-315	1. ММ393 А; 2. 23.2829; 3. ММ358; 4. 19.3829	А. 15.3812; Б. УК 194; В. 28.3810; Г. 36.387

Запитання №68.

Для якого типу світлорозподілу характерні наступні ознаки?:

А – Нитку близького світла виготовлено у вигляді спіралі циліндричної форми і зміщено догори та праворуч відносно фокуса, коли дивитись на відбивач із боку світлового отвору. Спіраль близького світла розташовано впоперек оптичної осі; Б – Нитку близького світла висунуто вперед відносно точки фокуса і піднято вгору відносно оптичної осі. Знизу її закрито металевим екраном, який запобігає потраплянню на нижню частину відбивача світлового потоку лампи, що спрямовує пучок ближнього світла вниз і трохи праворуч.	1 - англійського; 2 - американського; 3 - європейського; 4 - німецького

Запитання № 69.

Як називаються прилади освітлення, які не мають свого джерела світла і створюють сигнал відбиваючи світло фар іншого транспортного засобу?

<i>(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь одним словом у називному відмінку)</i>

Запитання № 70.

Якого кольору світлоповертачі встановлюються в задній частині причепа?

<i>(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь одним словом)</i>

Запитання № 71.

Якого кольору світлоповертачі встановлюються в передній частині причепа?

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь одним словом)

Запитання № 72.

Якого кольору світлоповертачі встановлюються на боковинах причепа?

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь одним словом)

Запитання № 73.

На який кут (у градусах) розвертають промені світла світлоповертачі?

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь числом)

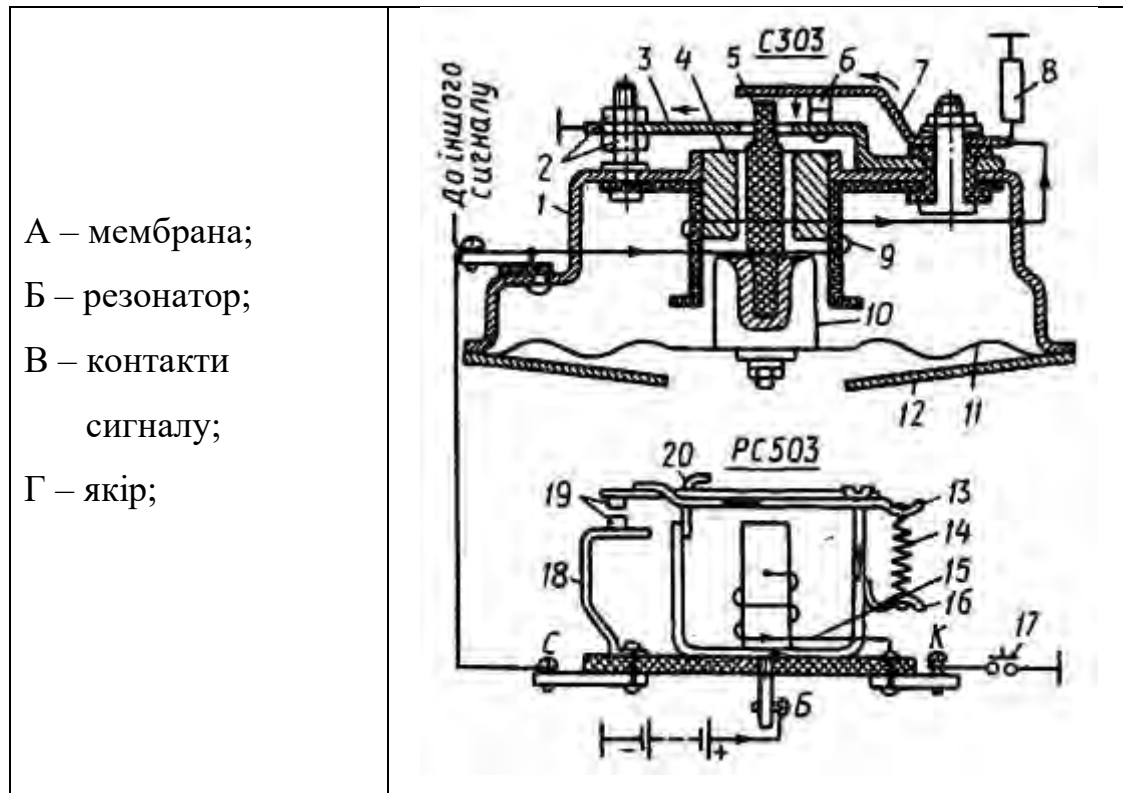
Запитання №74.

Вкажіть зміст і тип позначень лампи, яке задовано у її маркуванні

	Зміст позначення лампи	Тип позначення
1234 - 5 + 6 - 7 (приклад АКГ 12-60+55-2)	А - модифікація лампи; Б - конструктивна особливість лампи; В - номінальна напруга лампи; Г - споживана потужність нитки близького світла; Д - тип лампи; Е - споживана потужність нитки далекого світла; Ж - діаметр цоколя лампи.	І - число; ІІ - буква.

Запитання №75.

Встановіть відповідність запропонованих назв елементів звукового сигналу і схеми його включення номерам позицій, наведеним на рисунку:



Запитання №76.

Встановіть відповідність марок та призначення моторредукторів, які встановлюються на тракторах і автомобілях:

А – МЭ212;	1 – склоочисник;
Б – МЭ221-В;	2 – склопідйомник;
В – 85.3730;	3 – фароочисник;
Г – 16.3730;	4 – склоочисник заднього скла;
Д – 22.3730;	5 – підіймач даху.
Е – 30.3730;	
Ж – 47.3730.	

Запитання №77.

Встановіть відповідність типів звукових сигналів маркам автомобілів, або тракторів та напруги їх живлення:

А – МТЗ, ГАЗ-31029; Б – КамАЗ, КрАЗ; В – МАЗ.	Тип сигналу	Споживана напруга, В
	1 – С314;	А. 24;
	2 – С306Г	Б. 12;
	3 – С303	В. 6

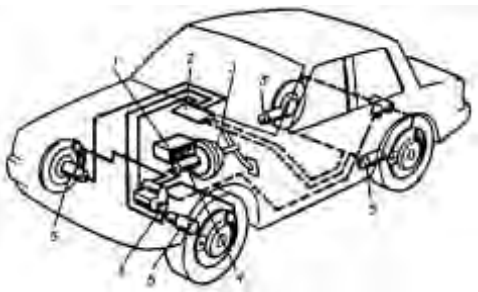
Запитання №78.

Вкажіть параметричні ряди електродвигунів, які використовуються в приводах допоміжного обладнання:

А – за потужністю (Вт); Б – за частотою обертання (хв. ⁻¹).	1 – 6, 10, 16, 25, 40, 60, 90, 120, 150, 180, 250, 370;
	2 – 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, 8000, 9000, 10000;
	3 – 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 50, 100, 200, 300, 400, 500;
	4 – 500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500, 5000;

Запитання № 79.

Встановіть відповідність запропонованих назв елементів ABS номерам позицій, наведеним на рисунку:

А – центральний виконавчий механізм; Б – колісний датчик частоти обертання; В – головний гальмівний циліндр; Г – гідропідсилювач; Д – електронний блок керування ABS.	

Запитання № 80.

Користуючись запропонованими числовими інтервалами вкажіть, в яких межах антиблокувальна система гальм (ABS) повинна підтримувати значення коефіцієнта ковзання, (%)?

1	5 – 10;
2	10 – 20;
3	10 – 30;
4	20 – 30.

Запитання № 81.

Який колір мають покажчики поворотів?

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь одним словом)

Запитання № 82.

Який колір мають ліхтарі сигналу гальмування?

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь одним словом)

Запитання № 83.

Який колір мають ліхтарі заднього ходу?

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь одним словом)

Запитання № 84.

В якій частині машини встановлюються ліхтарі сигналу гальмування?

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь словосполученням)

Запитання № 85.

Який колір мають задні протитуманні ліхтарі?

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь одним словом)

Запитання № 86.

Який колір зазвичай мають розсіювачі протитуманних фар?

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь одним словом)

Запитання № 87.

На яку напругу (В) розрахована лампа A12-45+40?

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь числом)

Запитання № 88.

Яку загальну споживану потужність (Вт) має лампа A12-45+40?

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь числом)

Запитання № 89.

Яку споживану потужність (Вт) має нитка близького світла лампи A12-45+40?

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь числом)

Запитання № 90.

Яку споживану потужність (Вт) має нитка далекого світла лампи A12-45+40?

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь числом)

Запитання № 91.

Яку кількість акумуляторів (шт) має АКБ типу 6СТ-120А?

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь числом)

Запитання № 92.

Яку номінальну ємність (А×год) має АКБ типу 6СТ-120А?

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь числом)

Запитання № 93.

Закінчіть визначення: «Основою позитивного електрода повністю зарядженого акумулятора є ...»

1	електроліт;
2	депасиватор;
3	двоокис свинцю;
4	губчатий свинець.

Запитання № 94.

Вкажіть групи приладів, які включає електричне обладнання:

1	акумуляторна батарея, генератор, випрямляч, реле-регулятор, вимикач маси, замок запалювання, стартер, тягове реле стартера, котушка запалювання, переривник-розподільник, свічка запалювання;
2	джерела струму, стартер і його обладнання, прилади системи запалювання, прилади освітлення і світлової сигналізації, контрольно-вимірювальні прилади, інші споживачі;
3	основні фари, габаритні ліхтарі, ліхтарі-вказувачі напрямку повороту, ліхтарі спрацювання гальм (стоп-сигнал); підкапотна лампа, ліхтар освітлення номерного знака, плафон в кабіні;
4	статор, обмотка збудження, резистор, транзистор, емітер, колектор, база, вібраційне реле, нерухомий контакт, рухомий контакт, діод прямої полярності, діод зворотної полярності.

8.3. Варіанти оформлення результати опрацювання тестів

8.3.1. Приклади побудови структури правильних відповідей на підсумкові запитання

Запитання № 1.

Встановіть відповідність зображень запропонованим назвам процесів, що протікають у свинцево-кислотному акумуляторі

	1 – сульфатація; 2 – зарядка; 3 – розрядка; 4 – окислення.

Правильна відповідь: а-2; б-3.

Запитання № 2.

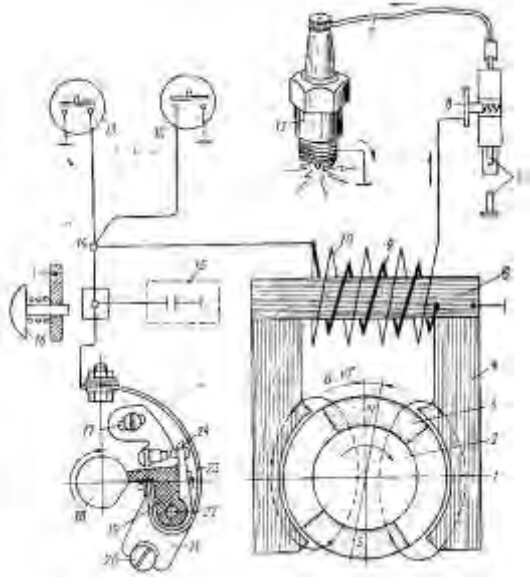
Вкажіть кількісні значення окремих характеристик системи запалювання:

1. Розрахункова напруга мережі на борту машини для задовільної роботи котушки запалювання, В 2. Оптимальна ємність конденсатора у первинному колі котушки запалювання переривника контактної системи запалювання, мкФ 3. Робоча напруга на електродах свічок, В	А. 10000 ... 12000 Б. 7 ... 8 В. 0,17 ... 0,25 Г. 12 ... 14

Правильна відповідь: 1-Б, 2-В, 3-А.

Запитання № 3.

Встановіть відповідність запропонованих назв елементів системи запалювання від магнето позиціям рисунка (одній назві може відповідати кілька позицій рисунка):

А – провідник високої напруги; Б – первинна обмотка котушки запалювання; В – вторинна обмотка котушки запалювання; Г – кулачок переривника; Д – механізм регулювання зазору між контактами переривника.	

Правильна відповідь: А-7; Б-9; В-10; Г-18; Д-17,20,21.

Запитання № 4.

Розшифруйте маркування акумуляторної батареї:

А – тип акумуляторної батареї; Б – номінальна ємність акумуляторної батареї, А•год; В – кількість акумуляторів в батареї, шт; Г – виконання (конструктивна особливість акумуляторної батареї); Д - матеріал моноблока; Е – матеріал сепаратора.	6 ТСТ – 180 Т МС Н

Правильна відповідь: А - тракторна стартерна; Б - 180; В - 6; Г - несухозаряджена; Д - термопласт; Е - міпласт і скловолокно.

Запитання №5.

Проведіть комплектацію термометрів для вимірювання температури охолодних рідин автомобілів:

Марка автомобіля	Марка датчика	Марка приладу
А - ГАЗ-66-11; Б - ВАЗ-2109; В – КамАЗ-4310	1-ТМ 100 А,В; 2-11.3842; 3-ТМ 106; 4-ТМ 100А	А. УК145А; Б. 20.3807; В. УК 173; Г. 36.387

Правильна відповідь: А-1,а; Б-3,б; В-4,г.

8.3.2. Приклад заповнення карточки з відповідями на білет

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет механіко-технологічний

Спеціальність 208 - Агроінженерія

ОС бакалавр

Курс II

Група AI-2222

ПІБ студента БАЛАГАНОВ Борис Петрович

Дисципліна «Трактори і автомобілі»

Напрямок атестації (модуль №, залік, іспит)

Залік

Бланк еталонних відповідей на білет №

№ тестового завдання	Відповіді	Кількість правильних елементів
1	<i>a-2; б-3</i>	
2	<i>1-Б, 2-В, 3-А</i>	
3	<i>А-7; Б-9; В-10; Г-18; Д-17,20,21</i>	
4	<i>А-тракторна стартерна; Б-180; В-6; Г-несухозаряджена; Д-термопласт; Е-міпласт і скловолокно</i>	
5	<i>А-1,а; Б-3,б; В-4,г</i>	
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
...		
27		
28		
29		
30		
Кількість правильних елементів, $K_{\text{прав}}$		
Загальна кількість еталонних елементів, $K_{\text{заг}}$		
Підсумкова оцінка за атестацію, $R_{\text{ат}} = (K_{\text{прав}} / K_{\text{заг}}) \times 30$		

Підпис студента _____

Підписи НПП, які проводили атестацію

 (Петров С.П.)
 (Іванов Ю.А.)

Дата атестації «___» _____ 20__ р.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автоэлектроника. Система обозначения приборов электрооборудования в отечественных автомобилях и мототехники. URL: <http://www.xn--b1agvejs.su/avtoelektronika/214-systema-oboznacheniya-avtoelektroniki.html> (дата звернення: 20.01.2020).

2. Автоэлектроника. Автомобильные контрольно-измерительные приборы. URL: <http://www.xn--b1agvejs.su/avtoelektronika/316-avtomobilnye-pribory-kontrolya.html> (дата звернення: 08.06.2020).

3. Автомобілі. Електронний підручник. Лекція №14. Система освітлення і світлової сигналізації. URL: http://www.shevchenkove.org.ua/person_syte/Fedyorko/%D0%90%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D1%96%D0%BB%D1%96/%D1%82%D0%B5%D0%BE%D1%80%D1%96%D1%8F14.html (дата звернення: 13.07.2020).

4. Автомобильный генератор. Виды и устройство. Работа и особенности. URL: <https://electrosam.ru/glavnaja/jelektrooborudovanie/jelektropitanie/avtomobilnyi-generator/> (дата звернення: 25.03.2020).

5. Автомобильные отражатели (рефлекторы) фар. URL: <https://ustroistvo-avtomobilya.ru/sistemy-osveshheniya-i-signalizatsii/otrazhateli-fary/> (дата звернення: 05.07.2020).

6. Адаптивные алгоритмы зарядки свинцовых аккумуляторов. URL: <http://adopt-zu.soroka.org.ua/vosst.html> (дата звернення: 19.07.2020).

7. Калашников С. Г. Активный опір. *Електричество*. Москва. 2003. URL: <https://vue.gov.ua/%D0%90%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D0%>

[B8%D0%B9_%D0%BE%D0%BF%D1%96%D1%80](#) (дата звернення 23.01.2020).

8. Аналитический портал химической промышленности. Сепараторы для аккумуляторных батарей. URL: https://newchemistry.ru/letter.php?n_id=794 (дата звернення: 02.02.2020).

9. Акимов С.Ф., Чижков Ю.П. Электрооборудование автомобилей : учебник для ВУЗов. Москва : ЗАО КЖИ «За рулем», 2001. 384 с.

10. Будова фар. Регулювання головного освітлення. URL: <https://mydocx.ru/11-94530.html> (дата звернення: 07.07.2020).

11. Владимирский И. О спорткаре Audi R8 с «лазерными» фарами. URL: <https://autoreview.ru/articles/svoimi-glazami/lazernyy-osram> (дата звернення: 11.07.2020).

12. Виды современных аккумуляторов для автомобилей и перспективы их развития. URL: <https://akbinfo.ru/ustrojstvo/vidy-akkumulyatorov-dlya-avtomobilej.html#i> (дата звернення 21.02.2020).

13. Випрямлення змінного струму. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B8%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%BC%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D0%B7%D0%BC%D1%96%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BC%D1%83 (дата звернення: 04.04.2020)

14. Втягуюче реле стартера. URL: <http://carprice.kharkov.ua/vtyaguyuche-rele-startera/> (дата звернення: 09.05.2020).

15. Генератор авто. Устройство и как работает. URL: https://amastercar.ru/articles/electrical_equipment_of_car_11.shtml (дата звернення: 31.03.2020).

16. Генератор змінного струму. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80_%D0%B7%D0%BC%D1%96%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BC%D1%83 (дата звернення: 31.03.2020).

17. Генераторы - лабораторная работа. URL: <https://mehanik-ua.ru/laboratornye-raboty/73-laboratornye-rabtoty-traktory-i-avtomobili/1444-generatory-laboratornaya-rabota.html> (дата звернення: 29.03.2020).

18. Генераторы постоянного тока. URL: <http://electricalschool.info/spravochnik/maschiny/1151-generatory-postojannogo-toka.html> (дата звернення: 25.03.2020)

19. ГОСТ Р 52230-2004. Электрооборудование автотракторное. Общие технические условия. [введен в действие 2005.01.01]. Официальное издание. Москва : ИПК Издательство стандартов, 2004. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200035698> (дата звернення: 19.07.2020).

20. Гумелёв В. Ю., Пархоменко А.В., Палутов Р.В. Пуск дизеля БТР-80 при неисправностях системы электростартерного пуска. *Современная техника и технологии*. 2019. URL: <http://technology.snauka.ru/2013/03/1683> (дата звернення: 26.04.2020).

21. Гумелёв В.Ю., Пархоменко А.В., Волков Ю.І. Детальный опис пристрою головної фари освітлення автомобіля. Види фар автомобіля. URL: <https://alimoto.ru/uk/salon/gumelev-vyusss/> (дата звернення: 10.07.2020).

22. Десульфатация аккумулятора зарядным устройством. URL: <https://okeydrive.ru/desulfaciya-akkumulyatora-zaryadnym-ustrojstvom/> (дата звернення: 23.03.2020).

23. Дослідження процесу зарядки кислотного акумулятора автомобіля в експлуатації. URL: https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_vcheniy_secretar/%D0%90%D0%92%D0%A2%D0%9E%D0%9C_%D0%A2%D0%A0%D0%90%D0%9D%D0%A1%D0%9F/%D0%95%D0%A0%D0%A2%D0%97/Zaryd_0.pdf (дата звернення: 10.02.2020).

24. Дерещ О.Л. Електронне та електричне обладнання автомобілів : конспект лекцій. URL: <http://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/6/30/6-30-kl44.pdf> (дата звернення: 09.05.2020).

25. Двигун постійного струму. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D1%83%D0%BD_%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BC%D1%83 (дата звернення: 14.07.2020).

26. Дзюба П.Я., Монтаков В.А. Автомобили, тракторы и сельскохозяйственные машины : учебное пособие. Київ : Вища школа, 1983. 375 с.

27. Додаткове реле стартера автомобіля УАЗ. URL: <http://budtehnika.pp.ua/1571-dodatkovye-rele-startera-avtomobilya-uaz.html> (дата звернення: 27.05.2020).

28. Эксплуатация и ремонт автомобилей семейства КамАЗ. Система освещения, техническое обслуживание, регулировка. URL: <http://vajnovsem.ru/kamaz/inskamaz105.html> (дата звернення: 13.07.2020).

29. Эксплуатация, обслуживание и ремонт автомобилей производства Volkswagen (Фольсваген). Volkswagen Polo. Руководство по эксплуатации Volkswagen Polo с 2010 года выпуска. Volkswagen Polo. Оборудование, органы управления и комбинация приборов. URL:

<http://vajnovsem.ru/volkswagen/volkswagen-polo-1.html> (дата звернення: 22.06.2020).

30. Электродвигатель стартера. URL: <https://poznayka.org/s34580t1.html> (дата звернення: 01.05.2020).

31. Электроника. Контрольно-измерительные приборы. URL: http://tezcar.ru/u-elec_izmer_prib.html (дата звернення: 22.06.2020).

32. Электромеханические характеристики стартера. URL: <https://xn----itbachmidudk6msa.xn--plai/elektromexanicheskie-xarakteristiki-startera.html> (дата звернення: 28.05.2020).

33. Электронное управление ДВС. URL: <https://studfile.net/preview/5830928/page/17/> (дата звернення: 19.07..2020).

34. Энциклопедия по машиностроению XXL. URL: <https://mash-xxl.info/page/081087014247116060087176060104075133231170246134/> (дата звернення 01.05.2020).

35. Заверуха Р.Р. Конспект лекцій з дисципліни «Електрообладнання автомобілів» : навчальний посібник. Тернопіль: ТНТУ, 2009. – 17 с. URL: <https://studfile.net/preview/5740990/> (дата звернення: 06.07.2020).

36. Зачем нужна корректировка света и как она работает? URL: <https://auto.today/bok/4263-zachem-nuzhna-korrektirovka-sveta-i-kak-ona-rabotaet.html> (дата звернення: 11.07.2020).

37. Зберігання акумуляторних батарей. URL: <https://studopedia.info/1-108743.html> (дата звернення 19.07.2020).

38. Звуковой сигнал. URL: <http://www.traktora.org/zvukovoj-signal-v-dizelnom-traktore-ustrojstvo-i-princip-raboty> (дата звернення: 13.07.2020).

39. Звуковой сигнал ВАЗ-2107: устройство, неисправности и ремонт. URL: <https://bumper.guru/klassicheskie-modeli->

vaz/elektrooborudovanie/zvukovoj-signal-na-vaz-2107.html (дата
звернення: 13.07.2020).

40. Как зарядить автомобильный аккумулятор (График зарядки АКБ) Чем грозит недозарядка, частая разрядка и перезарядка кислотного аккумулятора. URL: <https://autosecret.net/tuning/elektro-tuning/1989-kak-zarjadit-avtomobilnyj-akkumuljator> (дата звернення: 19.07.2020).

41. Какие бывают автомобильные генераторы. Автомобильный генератор. URL: <https://i-flashdrive.ru/raznoe/kakie-byvayut-avtomobilnye-generatory-avtomobilnyj-generator-vikipediya.html>. (дата звернення 02.04.2020).

42. Как правильно пользоваться тахографом водителю грузового транспорта и администрации автотранспортных компаний. URL: <https://ua.transportica.com/blog/kak-pravilno-polzovatsya-tahografom/> (дата звернення: 01.07.2020).

43. Как проверить реле-регулятор напряжения генератора автомобиля. URL: <https://voditeliauto.ru/poleznaya-informaciya/avtoustrojstva/generatora/kak-proverit-rele-regulyator-napryazheniya.html> (дата звернення: 18.04.2020).

44. Как проверить свечи накаливания дизельного двигателя? URL: <http://autozhodino.by/%D0%BA%D0%B0%D0%BA-%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D1%80%D0%B8%D1%82%D1%8C-%D1%81%D0%B2%D0%B5%D1%87%D0%B8-%D0%BD%D0%B0%D0%BA%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F-%D0%B4%D0%B8%D0%B7%D0%B5/> (дата звернення: 07.06.2020).

45. Как устроены генераторы постоянного и переменного тока. URL: <http://electricalschool.info/spravochnik/maschiny/1706-kak-ustroeny-generatory-postojannogo-i.html> (дата звернення: 28.03.2020).

46. Как устроена матричная оптика: разбираемся на примере разработок компании HELLA. URL: <https://dvizhok.su/parts/kak-ustroena-matrichnaya-optika-razbiraemsya-s-razrabotkami-kompanii-hella> (дата звернення: 10.07.2020).

47. Как читать автомобильные электрические схемы. URL: <http://artsybashev.ru/cardriver/kak-chitat-elektricheskie-shemi-avtomobilya/> (дата звернення: 18.07.2020).

48. Кривецкий А. Заряд кислотных аккумуляторов. URL: https://www.kit-e.ru/articles/powersource/2004_4_62.php (дата звернення: 18.07.2020).

49. Куришко Е. Устройство и принцип работы автомобильного генератора. URL: <http://mlab.org.ua/articles/electric/59-electric-generator.html> (дата звернення: 04.04.2020).

50. Лабораторна робота № 5. Діагностування приладів освітлення та сигналізації. URL: http://dl.khadi.kharkov.ua/pluginfile.php/45681/mod_resource/content/1/Lab_4.pdf (дата звернення: 13.07.2020).

51. Лазерные свечи зажигания. URL: <https://www.drive2.ru/b/2842832/> (дата звернення: 17.07.2020).

52. Лазерні фари принцип роботи. Революція в освітленні: новітні лазерні фари. Чи можна купити і встановити лазерні фари на свій автомобіль. URL: <https://toyota-cluber.ru/uk/lazernye-fary-princip-raboty-revolyuciya-v-osveshchenii-noveishie-lazernye.html> (дата звернення: 11.07.2020).

53. Маркировка аккумулятора автомобиля. URL: <https://etlib.ru/blog/753-markirovka-akkumulyatora-avtomobilya> (дата звернення: 19.07.2020).

54. Маркировка фар автомобиля. URL: <https://etlib.ru/blog/973-markirovka-far-avtomobilya> (дата звернення: 12.07.2020).

55. Маркировка фар. URL: <https://www.drive2.ru/b/4899916394579146773/> (дата звернення: 12.07.2020).

56. Матричные фары. URL: <http://systemsauto.ru/electric/matrix-headlights.html> (дата звернення: 10.07.2020).

57. Мельников Д.І. Трактори і автомобілі : навчальний посібник. Київ : Вища школа, 1977. 264 с.

58. Механизм привода стартера. URL: http://k-a-t.ru/mdk.01.01_elektro/27-pusk_3/index.shtml (дата звернення: 12.05.2020).

59. Морозов В.В., Гуляев Д.В., Павлов А.Н. Электрооборудование тракторов и автомобилей: учебное пособие : учебное пособие. Великие Луки : ВГСХА, 2011. 226 с. URL: <http://ebs.rgazu.ru/db/Pravoobladateli/VGSHA/46.pdf> (дата звернення: 19.07.2020)

60. Обгонная муфта генератора: все об устройстве и неисправностях. URL: https://avto.pro/autonews/obgonnaya_mufta_generatora_vse_ob_ustroystve_i-20190610/ (дата звернення: 31.03.2020).

61. Общие сведения и принципиальная схема электрооборудования. URL: <http://stroy-technics.ru/article/obshchie-svedeniya-i-printsipialnaya-skhem-a-elektrooborudovaniya> (дата звернення: 19.07.2020).

62. Освітлювальні прилади автомобіля. URL: <http://budtehnika.pp.ua/2038-osvtlyuvaln-priladi-avtomobilya.html> (дата звернення: 07.07.2020).

63. Основные неисправности и техническое обслуживание стартера. URL: <https://www.toira.ru/tekhnicheskoe-obslyuzhivanie-avtomobilya/tekhnicheskoe-obslyuzhivanie-elektrooborudovaniya/osnovnye-neispravnosti-i-tekhnicheskoe-obslyuzhivanie-startera.html> (дата звернення: 07.06.2020).

64. Основных неисправностей. Способы их устранения. Система электроснабжения автомобиля. URL: <https://poznayka.org/s75681t1.html> (дата звернення: 19.07.2020)

65. Панель приладів. Позначення значків (лампочок). Ликбез по значкам на приборной панели. URL: https://rikauto.com.ua/ru/news_full/1735 (дата звернення: 02.07.2020).

66. Піндус Ю.І., Заверуха Р.Р. Електричне та електронне обладнання автомобілів : навчальний посібник : в 2-х частинах. Тернопіль: ТНТУ, 2016. Ч. 1. 145с. URL: <https://docplayer.net/73743609-Navchalniy-posibnik-ministerstvo-osviti-i-nauki-ukrayini-ternopilskiy-nacionalniy-tehnichniy-universitet-imeni-ivana-pulyuya.html> (дата звернення: 31.03.2020).

67. Піндус Ю.І., Заверуха Р.Р. Електричне та електронне обладнання автомобілів : навчальний посібник : в 2-х частинах. Тернопіль: ТНТУ, 2016. Ч. II. 163с. URL: <https://docplayer.net/56447606-Elektronne-ta-elektrichne-obladnannya-avtomobiliv.html> (дата звернення: 14.07.2020).

68. Потребители электрического тока трактора Т-25. Реле блокировки РБ1 стартера трактора Т-25. URL: https://sinref.ru/000_uchebniki/05300_traktora/013_tractor_T_25_instrukciya_po_expluatcii_gerasimov_1972/109.htm (дата звернення: 27.05.2020).

69. Привод генератора. URL: <https://ustroistvo-avtomobilya.ru/akkumulyator-generator-starter/generator/privod-generatora/> (дата звернення: 31.03.2020).

70. Призначення, принцип дії і загальна будова акумуляторної батареї. URL: https://studopedia.com.ua/1_24546_priznachennya-printsip-dii-i-zagalna-budova-akumulyatornoi-batarei.html (дата звернення: 19.07.2020).

71. Прилади системи освітлення та світлової сигналізації. URL: <http://budtehnika.pp.ua/2054-priladi-sistemi-osvtlennya-ta-svtlovoyi-signalzacyi.html> (дата звернення: 05.07.2020).

72. Принцип действия генератора постоянного тока. URL: http://pomogala.ru/teplovoz/teplovoz_24.html (дата звернення: 28.03.2020).

73. Принцип действия и устройство электродвигателя. URL: <http://electricalschool.info/main/osnovy/1603-principy-dejstvija-i-ustrojjstvo.html> (дата звернення: 14.07.2020).

74. Принцип работы автомобильного генератора, неисправности, проверка. URL: <http://www.sdelai-sam.su/neispravnosti-avtomobilnogo-generatora.html> (дата звернення: 29.03.2020).

75. Проверка АКБ: какие параметры аккумуляторных батарей нужно проверять и как это сделать? URL: https://iron-harry.ua/proverka_akb_kakie_parametry_akkumulyatornyh_batarej_nuzhno_proveryat_i_kak_ehto_sdelat/ (дата звернення: 19.07.2020)

76. Проверка дополнительного реле стартера. URL: <https://ustroistvo-avtomobilya.ru/akkumulyator-generator-starter/starter/proverka-dopolnitel-nogo-rele-startera/> (дата звернення: 27.05.2020).

77. Проверка регулятора напряжения генератора. URL: <http://www.chevyman.ru/Niva/1/electrics/power/proverka-regulyatora-napryazheniya-generatoraT> (дата звернення: 18.04.2020).
78. Расшифровка маркировки фар. URL: <https://2fary.com.ua/stati/9-rasshifrovka-markirovki-far> (дата звернення: 12.07.2020).
79. Расшифровка маркировки японских и корейских аккумуляторов стандарта JIS "Азия". URL: <https://www.oil-ok.com.ua/blog/Explanation-of-marking-of-Japanese-and-Korean-battery-JIS-standard-Asia> (дата звернення: 09.02.2020).
80. Рено Логан 2 .Лампы применяемые на Логан 2. URL: <https://avtosaver.ru/lamp/reno-logan-2-lampy-v-lampy-primenyaemye-na-logan-2-renault-logan-1-6-1-2017-goda-na-drive2.html> (дата звернення: 06.07.2020).
81. Сажко В.А. Электрообладнання автомобілів і тракторів : підручник. Київ : Каравела, 2009. 400 с. URL: [http://olden.in.ua/data/Sazhko%20V.%20A.%20Elektroobladnannya%20avtomobiliv%20i%20traktoriv%20\(2009\).pdf](http://olden.in.ua/data/Sazhko%20V.%20A.%20Elektroobladnannya%20avtomobiliv%20i%20traktoriv%20(2009).pdf) (дата звернення: 16.07.2020).
82. Саморазряд автомобильного аккумулятора. Основные причины. Какая норма? URL: <http://avto-blogger.ru/akb-avto/samorazryad-avtomobilnogo-akkumulyatora.html> (дата звернення: 12. 02.2020).
83. Санников В. Автомобильное зажигание: необычные системы. URL: <https://www.popmech.ru/vehicles/12627-avtomobilnoe-zazhiganie-neobychnye-sistemy/> . (дата звернення: 17.01.2018).
84. Световая сигнализация автомобиля. Автомобильный справочник для настоящих любителей техники. URL: <http://autoleek.ru/jelektrooborudovanie/sistema-osveshhenija/ustrojstvo-zadnih-fonarej.html> (дата звернення: 06.07.2020).

85. Світлодіодні матричні фари з системою Porsche Dynamic Light System Plus (PDLS Plus). URL: <https://porsche.ua/models/panamera/panamera-4-e-hybrid/safety-environment/porsche-dynamic-light-system-plus-pdls-plus/> (дата звернення: 10.07.2020).

86. Свинцовые аккумуляторы: правда и вымыслы (по версии Alex_Soroka). URL: <https://electrotransport.ru/ussr/index.php/topic,2103.msg27972.html#msg27972> (дата звернення 21.02.2020 р.)

87. Свойства и технические параметры сепараторов, используемых в свинцово-кислотных аккумуляторах. URL: <https://akym.com.ua/product/svoystva-i-tehnicheskie-parametry-separatorov-ispolzuemykh-v-svintsovo-kislotnykh-akkumulyatorakh/> (дата звернення: 22.02.2020)

88. Сигнал звуковой: звук предупреждает об опасности. URL: <http://www.autoopt.ru/articles/products/35605443/> (дата звернення: 13.07.2020).

89. Системы энергопостачання автомобіля. URL: <https://studfile.net/preview/5607360/page:7/> (дата звернення: 17.04.2020).

90. Система електропостачання автомобілів. URL: <https://studfile.net/preview/8169460/page:2/> (дата звернення: 17.04.2020).

91. Скарборо К. Форкамерно-факельное зажигание в Ф1. Как у «Волги» ГАЗ-3102 ... URL: <https://autosport.com.ru/features/32824-forkamerno-fakelnoe-zazhiganie-v-f1-kak-u-volgi-gaz-3102> . (дата звернення: 16.07.2020).

92. Способ лазерного зажигания горючей смеси двигателя внутреннего сгорания и система для его осуществления: пат. 2309288 Российская Федерация. № 2006122939/06; заявл. 28.06.2006; опубл. 27.10.2007, Бюл. № 30. 10 с.

93. Справочник химика 21. Химия и химическая технология. Электродвижущая сила поляризации. URL: <https://chem21.info/info/602691/> (дата звернения: 18.07.2020).

94. Стабилитрон. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D0%B8%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD> (дата звернения: 12.04.2020).

95. Стартер (авто). URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%B5%D1%80_\(%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE\)#%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F_%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B0](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%B5%D1%80_(%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE)#%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F_%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B0) (дата звернения: 25.04.2020).

96. Стартер. URL: <https://ustroistvo-avtomobilya.ru/akkumulyator-generator-starter/starter/starter/> (дата звернения: 09.05.2020).

97. Стартер СТ230-Б4 для УАЗ с двигателем ЗМЗ-4021, принцип работы, обслуживание, электрическая схема. URL: <https://auto.kombat.com.ua/starter-st230-b4-dlya-uaz-sdvigatelem-zmz4021-printsip-raboty-i-obslyuzhivanie-elektricheskay/> (дата звернения: 08.05.2020).

98. Строй-Техника..ру. Строительные машины и оборудование, справочник. Основные характеристики стартерной батареи. URL: <http://stroy-technics.ru/article/osnovnye-kharakteristiki-starternoi-batarei> (дата звернения: 21.02.2020).

99. Сульфатация и десульфатация батареи: восстановление автомобильного аккумулятора. URL: <https://storgom.ua/novosti/sulfatatsiya-i->

desulfatatsiia-batarei-vosstanovlenie-avtomobilnogo-akkumuliatora.html (дата звернення: 21.02.2020).

100. Схема электростартера 29.3708 с одной опорой в крышке со стороны коллектора. URL: <https://ustroistvo-avtomobilya.ru/shemy/shema-e-lektrostartera-29-3708-s-odnoj-oporoy-v-kry-shke-so-storony-kollektora/> (дата звернення: 08.05.2020).

101. Тахограф. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B0%D1%85%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84> (дата звернення: 02.07.2020).

102. Теоретичні відомості про електричні машини постійного струму. URL: https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/feem/5grabko_eksperiment_doslidzh_elektrmashin_ch1/Data/Rozdil%202.2.htm (дата звернення: 25.03.2020).

103. Технічне обслуговування генератора Г-221 автомобілів ВАЗ. URL: <https://works.doklad.ru/view/qSLuaHQG1Q8.html> (дата звернення: 17.04.2020).

104. Трактори і автомобілі : електронний підручник : в 3 ч. / А.Т. Лебедев та ін. Ч. 1: Двигуни внутрішнього згоряння. URL: http://192.162.132.48:555/elektr%20pidr/mechanizacia/T%20iA%201/3/3_9.htm (дата звернення: 25.04.2020).

105. Трактори і автомобілі : електронний підручник : в 3 ч. / А.Т. Лебедев та ін. Ч. 2: Електричне та обладнання тракторів і автомобілів. URL: http://192.162.132.48:555/elektr%20pidr/mechanizacia/T%20i%20A%202/4/4_2.htm (дата звернення: 17.04.2020).

106. Транзистор. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0>

[%B7%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80](#) (дата звернення: 12.04.2020).

107. Транзистор. URL: <http://wikiinfo.mdu.org.ua/index.php?title=%D0%A2%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B7%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80> (дата звернення: 12.04.2020).

108. Управление электропитанием свечи зажигания двигателя внутреннего сгорания: пат. 2497019 Российская Федерация. № 2010154154/07; заявл. 05.05.2009; опубл. 27.10.2013, Бюл. № 30. 9 с.

109. Условные обозначения изделий электрооборудования. URL: http://k-a-t.ru/mdk.01.01_elektro/62-usl_oboznach/index.shtml (дата звернення: 19.07.2020).

110. Устрій і конструктивні схеми батарей. URL: https://studwood.ru/1599070/tovarovedenie/ustriy_konstruktivni_shemi_batarey (дата звернення: 23.02.2020).

111. Устройство автомобилей. URL: http://k-a-t.ru/mdk.01.01_elektro/66-pribory_temp/index.shtml (дата звернення: 29.06.2020).

112. Устройство автомобильного генератора и его проверка. URL: <https://www.drive2.ru/b/1611475/> (дата звернення: 29.03.2020).

113. Устройство автомобилей. Устройства для облегчения пуска холодного двигателя. URL: http://k-a-t.ru/mdk.01.01_elektro/27-pusk_8/index.shtml (дата звернення: 07.06.2020).

114. Устройства для облегчения пуска холодного двигателя. URL: https://studref.com/687705/tehnika/ustroystva_oblegcheniya_puska_holodnogo_dvigatelya (дата звернення: 07.06.2020).

115. Устройство и эксплуатация автомобилей. Устройство задних фонарей. URL: <http://autoleek.ru/jelektrooborudovanie/sistema-osveshhenija/ustrojstvo-zadnih-fonarej.html> (дата звернення: 06.07.2020).

116. Устройство и обслуживание автомобилей Тойота. Как работает датчик и индикатор давления масла? URL: <https://avto-remont-toyota.ru/kak-rabotaet-indikator-davleniya-masla.html> (дата звернення: 22.06.2020).

117. Устройство и принцип работы матричных фар. URL: <https://techautoport.ru/elektrooborudovanie-i-elektronika/sistema-osvescheniya/matrichnye-fary.html> (дата звернення: 05.07.2020).

118. Химический источник тока. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A5%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%BA_%D1%82%D0%BE%D0%BA%D0%B0 (дата звернення 19.02.2020).

119. Что надо знать о датчике давления масла ваз 2106: устройство, способы проверки и замена. URL: <https://bumper.guru/klassicheskie-modeli-vaz/dvigatel/datchik-davleniya-masla-vaz-2106.html> (дата звергнення: 22.06.2020).

120. Чубов Д.С., Меняйло В.І., Адамчук І.В. Механізація виробничих процесів у сільському господарстві : навчальний посібник. Київ : Вища школа, 1983. 352 с.

121. Шкарівський Г.В. Запалювання і згоряння в поршневих двигунах внутрішнього згоряння : навчальний посібник. Київ : ЦП «КОМПРИНТ», 2018. 672 с.

122. Що таке ємність акумулятора. URL: <https://elektrovoz.com.ua/bloh/scho-take-jemnist-akumuljatora-> (дата звернення 15.02.2020).

123. Юров Ю. Ю., Постников А. А., Гумелёв В. Ю. Краткая оценка методов диагностирования свинцово-кислотных аккумуляторных батарей. *Электронный научно-практический журнал «Современные научные исследования и инновации»*. 2015. №12. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/12/61211> (дата звернення: 23.05.2020).

124. Як називається система автоматичного стартера. Принцип роботи стартера автомобільного, види. URL: <https://oborudow.ru/uk/elektrooborudovanie/what-is-the-automatic-starter-system-called-the-principle-of-the-starter-motor-types/> (дата звернення: 26.04.2020).

125. Японські інженери придумали лазерне запалювання в автомобілях. URL: http://or-klakson.blogspot.com/2012/08/blog-post_10.html (дата звернення: 17.07.2020).

Навчальне видання

Шкарівський Григорій Васильович

ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ МОБІЛЬНИХ МАШИН

Навчальний посібник

Формат 60×84 1/16. Тираж 300 пр. Ум. друк. арк. _____. Зам. № _____

Видавець і виготовлювач ТОВ ЦП «КОМПРИНТ»

03150, Київ, вул. Предславинська, 28

Свідомство про внесення до Державного реєстру
суб'єкта видавничої справи ДК №4131 від 0408.2011 р.