

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

ПОГОДЖЕНО

**Директор ННІ енергетики,
автоматики і енергозбереження**

проф., д.т.н. _____ **КАПЛУН В.В.**
(підпис)
« _____ » _____ 2025 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
електротехніки, електромеханіки та
електротехнологій

доц., к.т.н. _____ **ОКУШКО О.В.**
(підпис)
« _____ » _____ 2025 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему: «ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВІДХИЛЕННЯ НАПРУГИ НА
ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ МЕХАНІЧНОЇ МАЙСТЕРНІ»

Спеціальність 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Гарант освітньої програми

К.Т.Н., доцент
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Усенко С.М.
(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної -роботи

К.Т.Н., доцент
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Синявський О.Ю.
(ПІБ)

Виконав

(підпис)

Малихін В.С.
(ПІБ)

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
електротехніки, електромеханіки та
електротехнологій

_____ **Окушко О.В.**

(підпис)

« _____ » 2025 р.

ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
СТУДЕНТУ

Малихін Валентину Святославовичу

Спеціальність 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Дослідження впливу відхилення напруги на технологічне обладнання механічної майстерні»

затверджена наказом ректора НУБіП України від 18.11.2024 № 2061”С”

Термін подання завершеної роботи на кафедру 14. 11 .2025

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи:

«Правила улаштування електроустановок»; «Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів»; «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів»; матеріали практики

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Аналіз пристроїв для визначення якості електричної енергії .
2. Аналіз технологічного та електротехнологічного обладнання механічної майстерні.
3. Вплив відхилення напруги на електроприводи робочих машин механічної майстерні.
4. Енергозбереження в механічній майстерні.
5. Заходи з охорони праці в механічній майстерні
6. Техніко – економічна оцінка заходів із покращення якості електричної енергії в механічній майстерні.

Дата видачі завдання "19" листопада 2024 р.

Керівник магістерської роботи _____

Синявський О. Ю.

(підпис)

Завдання прийняв до виконання _____

Малихін В.С.

(підпис)

РЕФЕРАТ

Магістерська робота: 95 с., 26 рис., 14 табл., 26 джерел.

Об'єктом досліджень є технологічні процеси у механічній майстерні.

Мета досліджень – дослідження впливу відхилення напруги на технологічне обладнання механічної майстерні.

Методи дослідження та апаратура: моделювання, методи математичної статистики тощо; застосування сучасних приладів та методів вимірювання і обробки їх результатів за допомогою ПК у програмному середовищі “Mathcad”.

На основі обстеження механічної майстерні проведений аналіз технологічного та електротехнічного обладнання.

Розроблені заходи з енергозбереження в механічній майстерні. Розглянуті питання охорони праці та протипожежної безпеки в механічній майстерні.

Проведені дослідження впливу відхилення напруги на електроприводи робочих машин механічної майстерні, обґрунтовані структура та параметри пристрою контролю напруги і перерв в електропостачанні електроенергії.

Ефективність прийнятих інженерних рішень підтверджують економічні розрахунки.

Галузь застосування – сільське господарство.

Ключові слова: механічна майстерня, якість електричної енергії, відхилення напруги, технологічні характеристики робочих машин

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	6
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ВИМІРЮВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ.....	9
1.1 Основні положення з контролю якості електричної енергії.....	9
1.2 Нормативні вимоги до засобів вимірювальної техніки	12
1.3 Методи контролю та аналізу якості електричної енергії.....	14
1.4. Прилади для контролю якості електроенергії.....	17
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ МЕХАНІЧНОЇ МАЙСТЕРНІ.....	27
2.1. Технологічні процеси в механічній майстерні.....	27
2.2 Водопостачання механічної майстерні	29
2.3 Вентиляція механічної майстерні.....	30
2.4 Освітлення приміщення механічної майстерні.....	32
2.5 Електроприводи в механічній майстерні.....	34
2.6. Електропостачання механічної майстерні.....	39
РОЗДІЛ 3 ВПЛИВ ВІДХИЛЕННЯ НАПРУГИ НА ЕЛЕКТРОПРИВОДИ РОБОЧИХ МАШИН МЕХАНІЧНОЇ МАЙСТЕРНІ.....	43
3.1 Аналіз стану питання.....	43
3.2 Вибір і перевірка електродвигуна токарно-гвинторізного верстата.....	44
3.3 Вплив відхилення напруги на кутову швидкість асинхронних приводів ...	52
3.4 Вплив відхилення напруги на технологічні характеристики робочих машин механічної майстерні	54
3.5 Втрати електричної енергії в електроприводах при відхиленні напруги в усталеному режимі.....	58
3.6 Енергетика перехідних процесів у асинхронних електроприводах при відхиленні напруги.....	60

3.7 Розробка принципіальної електричної схеми пристрою контролю напруги і обліку перерв в електропостачанні	64
РОЗДІЛ 4 ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ У МЕХАНІЧНІЙ МАЙСТЕРНІ.....	75
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ	77
5.1 Загальні правила техніки безпеки в механічній майстерні.....	77
5.2 Вибір індивідуальних засобів захисту	80
5.3 Розрахунок заземлювального пристрою трансформаторної підстанції	81
5.4 Протипожежні заходи у механічній майстерні	87
5.5 Блискавкозахист механічної майстерні	87
РОЗДІЛ 6 ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЗАХОДІВ ІЗ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В МЕХАНІЧНІЙ МАЙСТЕРНІ	89
ВИСНОВКИ.....	92
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	93

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

s – ковзання двигуна;

ω – кутова швидкість;

ω_0 – синхронна кутова швидкість;

n – частота обертання;

P – потужність двигуна;

K_3 – коефіцієнт запасу;

M – момент;

μ – кратність моменту;

v_t – швидкість нагрівання двигуна

I – сила струму;

U – напруга;

η_{II} – к.к.д. передачі;

J – момент інерції;

t – час;

R – активний опір;

g – прискорення вільного падіння;

l – довжина труби;

d – діаметр труби;

v – швидкість;

λ – коефіцієнт гідравлічного опору;

ξ – коефіцієнт місцевого опору;

L_B – продуктивність вентилятора;

$S_{розр}$ – максимальне розрахункове навантаження на ділянці лінії;

$\cos\varphi$ – коефіцієнт потужності.

ВСТУП

Технічне обслуговування, поточний і капітальний ремонт виробничих машин виконують в механічних майстернях.

При технічному обслуговуванні машин виконують такі роботи: чищення без розбирання, перевірку та регулювання основних механізмів, промивання системи охолодження і мащення, заміну окремих спрацьованих деталей новими тощо.

При поточному ремонті, крім вказаних робіт, здійснюють часткове або повне розбирання машин, чищення, миття і перевірку всіх вузлів і механізмів, відновлення окремих спрацьованих деталей, заміну непридатних до подальшої експлуатації агрегатів і вузлів новими або капітально відремонтованими, складання, регулювання, випробовування і обкатування машин тощо.

У механічних майстернях використовують велику кількість металорізальних верстатів, різних за своїм призначенням, технологічними можливостями, розмірами. Найширше застосовують токарно-гвинторізні, свердлильні, фрезерні, шліфувальні, стругальні та інші верстати спеціального призначення.

Для приведення в дію виконавчих органів верстата застосовують трифазні асинхронні двигуни з коробками швидкостей. Сучасні металообробні верстати мають індивідуальні або багатодвигунові приводи.

Відхилення напруги і перерви в електропостачанні спричинюють значні економічні втрати, оскільки знижується продуктивність робочих машин і механізмів, скорочується термін служби електрообладнання, зростають втрати електроенергії [1].

Мета досліджень – дослідження впливу відхилення напруги на технологічне обладнання механічної майстерні.

Об'єкт досліджень – технологічні процеси у механічній майстерні.

Предмет досліджень – структура електрообладнання механічної майстерні та параметри відповідного електрообладнання при відхиленні напруги.

Методи дослідження та апаратура: моделювання, методи математичної статистики тощо; застосування сучасних приладів та методів вимірювання і обробки їх результатів за допомогою ПК.

Теоретична цінність отриманих результатів полягає у встановлення впливу відхилення напруги на електроприводи робочих машин.

Практична цінність отриманих результатів полягає у розробці пристрою для контролю якості електричної енергії.

На захист магістерської роботи виносяться:

1. Система технологічного обладнання механічної майстерні.
2. Система електрообладнання для технологічних процесів механічної майстерні.
3. Результати досліджень впливу відхилення напруги на електроприводи робочих машин механічної майстерні та параметри пристрою контролю і перерв в електропостачанні електроенергії.
4. Заходи з охорони праці та енергозбереження у механічній майстерні.

У цій магістерській роботі проведений аналіз технологічного та електротехнічного обладнання для механічної майстерні, розглянуті питання охорони праці, проведені дослідження впливу відхилення напруги на електроприводи робочих машин механічної майстерні, обґрунтовані структура та параметри пристрою контролю напруги і перерв в електропостачанні електроенергії, наведені техніко-економічні показники застосування розробленого електрообладнання в механічній майстерні.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ВИМІРЮВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

1.1 Основні положення з контролю якості електричної енергії

Основні положення з контролю якості електричної енергії (ЯЕ) у системах електропостачання загального призначення однофазного й трифазного змінного струму із частотою 50 Гц визначаються вимогами ГОСТ 13109-97.

Норми якості електроенергії визначаються ГОСТ13109-97, що встановлює нормально допустимі й гранично допустимі значення показників якості електроенергії (ПЯЕ):

- стале відхилення напруги δU_y ;
- розмах зміни напруги δU_t ;
- доза флікера P_t ;
- коефіцієнт спотворення синусоїдальності кривої напруги K_U ;
- коефіцієнт n-ої гармонійної складової напруги $K_U(n)$;
- коефіцієнт несиметрії напруг за зворотною послідовністю K_{2U} ;
- коефіцієнт несиметрії напруг за нульовою послідовністю K_{0U} ;
- відхилення частоти Δf ;
- тривалість провалу напруги $t_{п}$;
- імпульсна напруга $U_{імп}$;
- коефіцієнт тимчасової перенапруги $K_{пер}U$.

Контроль ЯЕ - перевірка відповідності ПЯЕ встановленим вимогам.

Використовуються такі види контролю якості електричної енергії:

- періодичний контроль;
- контроль при визначенні технічних умов, дозволів або інших документів на приєднання;
- контроль при визначенні умов договору між енергопостачальною організацією й споживачем;

- контроль при допуску до експлуатації електроустановок споживачів, що погіршують якість електричної енергії;
- контроль при розгляді претензій до ЯЕ.

Періодичний контроль - контроль, здійснюваний з метою керування ЯЕ, при якому надходження інформації про контрольовані показники і їхня оцінка відбувається періодично з інтервалами, обумовленими організацією, що здійснює контроль ЯЕ, але не рідше меж, установлених ГОСТ13109-97.

Контроль ЯЕ проводиться в пункті контролю.

Пункт контролю ЯЕ - пункт електричної мережі, у якому проводять вимір показників ЯЕ при контролі якості електричної енергії (ЕЕ).

Як пункт контролю ЯЕ може бути використана точка загального приєднання (ТОП), границя розділення балансової приналежності, виводи приймачів електричної енергії, а також інші точки електричної мережі, у тому числі обрані за узгодженням між енергопостачальною організацією й споживачем.

Точка загального приєднання – електрично найближча до розглянутого споживача ЕЕ точка електричної мережі енергопостачальної організації, до якої приєднані або можуть бути приєднані інші споживачі ЕЕ.

Залежно від пункту контролю ЯЕ (виводи приймача електричної енергії, ТОП електричних мереж різних класів напруги тощо) чисельні значення норм ЯЕ в загальному випадку різні й повинні встановлюватися в договорах енергопостачання з урахуванням необхідності виконання норм ГОСТ13109-97 у пунктах (точках) електричних мереж, установлених цим Стандартом.

Якість електричної енергії в пункті контролю вважають відповідним установленим вимогам, якщо одночасно виконуються наступні умови:

а) всі обмірювані протягом 24 год значення контрольованого ПЯЕ належать інтервалу, обмеженому гранично допустимими значеннями цього показника;

б) 95 % обмірюваних протягом 24 год значень контрольованого ПЯЕ належать інтервалу, обмеженому нормально допустимими значеннями цього показника.

Результати контролю повинні бути представлені у вигляді:

- найбільшого й найменшого значень (з урахуванням знака) за кожні 24 години загальної тривалості вимірів, а також

- верхнього й нижнього значень (з урахуванням знака) за кожні 24 години загальної тривалості вимірів.

Примітка - Верхнє й нижнє значення ПЯЕ є границями відрізка, якому належать 95 % значень, обмірюваних за інтервал часу доби, що відповідає режимам найбільших (найменших) навантажень ЦП.

При проведенні періодичного або технологічного контролю допускається використати умови відповідності ЯЕ встановленим вимогам, засновані на вимірі відносного часу виходу контрольованого показника за нормально допустимі значення і гранично допустимі значення.

У цих випадках якість електричної енергії в пункті контролю вважають відповідним установленим вимогам, якщо одночасно виконуються ідентичні вищенаведеним умови:

а) відносний час виходу значень ПЯЕ, обмірюваних протягом 24 годин, за нормально допустимі значення, не перевищує 5 %, тобто 1 год 12 хв;

б) відносний час виходу значень ПЯЕ, обмірюваних протягом 24 годин, за гранично допустимі значення, дорівнює 0 %.

Споживач за своїм розсудом проводить контроль будь-яких ПЯЕ, установлених ГОСТ13109-97, і зобов'язаний проводити періодичний контроль ЯЕ по тих показниках, джерелом погіршення яких він є.

При періодичному контролі ЯЕ рекомендується, щоб загальна тривалість безперервного контролю ПЯЕ становила 7 діб.

Відповідність установленим нормам перевіряється за результатами вимірів ПЯЕ за кожні 24 год. окремо. При цьому сумарна перерва у вимірах ПЯЕ за

добу, включаючи тривалість провалів, перенапруг і відключень приладу, повинна становити не більше 5 хв.

Допускається зменшення загальної тривалості контролю ЯЕ, якщо в тижневому циклі вірогідно визначена доба (кілька діб), результати вимірів ЯЕ за які є репрезентативними для тижневого циклу. При цьому мінімальна тривалість безперервного контролю кожного ПЯЕ (за винятком тривалості провалу напруги) для визначення їхньої відповідності нормативним вимогам повинна бути не менш 24 год.

1.2 Нормативні вимоги до засобів вимірювальної техніки

При всіх видах випробувань, контролю й вимірювання ЯЕ, за винятком технологічного контролю, повинні використовуватись засоби вимірювання, що реалізують алгоритми обробки вимірювальної інформації відповідно до вимог ГОСТ13109-97 і які мають метрологічні характеристики, не гірше зазначених у табл.1.1.

При інших видах випробувань і контролю можуть використовуватись встановлені в електричних мережах трансформатори напруги класу точності 0,5, що не піддавалися періодичній перевірці, навантаження вторинних вимірювальних кіл яких перебуває в межах від 0,4 до 0,8 номінального навантаження, установлені для зазначеного класу точності.

Прилади повинні забезпечувати вимірювання при наступних номінальних значеннях напруги на їхніх входах:

- фазні напруги $100/\sqrt{3}$ й 220В;
- міжфазні напруги 100 й 380 В.

Засоби вимірювання повинні усереднювати вимірювані ПЯЕ в інтервалах усереднення, зазначених у табл. 1.1, з використанням таких вагових функцій (вимірювальних вікон):

Таблиця 1.1

Метрологічні характеристики засобів вимірювальної техніки

Найменування вимірюваної величини, одиниця вимірів	Метрологічні характеристики			
	Діапазон вимірів в одиницях вимірюваної величини	Межа абсолютної допустимої похибки в одиницях вимірюваної величини	Межа відносної допустимої похибки, %	Інтервал усереднення, з
1	2	4	5	6
1. Стале відхилення напруги, %	від мінус 20 до плюс 20	$\pm 0,2^*$ $\pm 0,5^{**}$		60
2. Коефіцієнт n-ї гармонійної складової напруги, %	від до 15	$\pm 0,05$ при $K_{U(n)} < 1$	± 5 при $K_{U(n)} > 1$	3
3. Коефіцієнт спотворення синусоїдальності кривої напруги, %	від 0 до 15	$\pm 0,1$ при $K_U < 1$	± 10 при $K_U > 1$	3
4. Коефіцієнт несиметрії напруг за зворотною послідовністю, %	від 0 до 5	$\pm 0,2$ $\pm 0,3^{**}$	-	3
5. Коефіцієнт несиметрії напруг за нульовою послідовністю, %	від 0 до 5	$\pm 0,2^*$ $\pm 0,5^{**}$	-	3
6. Відхилення частоти, Гц	від 49 до 51	$\pm 0,03$	-	20
7. Тривалість провалу напруги, с	від 0,01 до 60	0,01	-	

* - для засобів вимірювання, що підключають до виходів вимірювальних трансформаторів напруги,

** - для засобів вимірювання, що підключають безпосередньо до електричних мереж 380, 220 У.

K_U і $K_{U(n)}$ - відповідно коефіцієнт спотворення синусоїдальності кривої напруги, й коефіцієнт n-ої гармонійної складової напруги.

Засоби вимірювання повинні забезпечувати виявлення короточасних перенапруг, провалів і відключень вимірюваних напруг тривалістю більше 0,01 с.

Засоби вимірювання повинні забезпечувати нормальну роботу при характеристиках напруги живлення, що змінюються в межах $\pm 20\%$ від номінальної напруги, у тому числі при зниженні напруги живлення до 80% від номінальної напруги. При більшому зниженні або зникненні напруги живлення засоби вимірювання повинні забезпечувати збереження настановних параметрів, оперативних уставок, накопиченої в пам'яті інформації, а також відлік поточного часу. При відновленні напруги живлення до 80% від номінального значення, засоби вимірювання повинні забезпечувати автоматичне відновлення нормальної роботи.

Засоби вимірювання повинні забезпечувати нагромадження вимірювальної інформації за час не менш 7 діб й зберігання цієї інформації при відключеному живленні не менш 15 діб.

При вимірюванні ПЯЕ також необхідно:

- перевірити температуру, вологість і тиск (кліматичні умови), а також напругу й частоту живлення для того, щоб використовувані засоби вимірювання були розміщені в таких кліматичних умовах і були забезпечені такі характеристики напруги їхнього живлення, для яких відповідно до технічної документації зазначених засобів вимірювання забезпечуються норми точності вимірів;

- вжити запобіжних заходів з метою уникнення впливу перешкод на вимірювальні кола приладів.

Всі засоби вимірювання, які використовуються для контролю, перед введенням в експлуатацію проходять обов'язкову перевірку.

1.3 Методи контролю та аналізу якості електричної енергії

Вимірювання показників якості електроенергії проводяться відповідно до

міждержавного стандарту ГОСТ 13109-97 „Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения”. Вимірювання повинні проводитись у відповідності до таких нормативних документів:

- РД 153-34.0-15.501-00 Методические указания по контролю и анализу качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения;
- ДСТУ 2708-94 Метрологія. Повірка засобів вимірювання. Організація і порядок проведення;
- ДСТУ 3230-95 Управління якістю та забезпечення якості. Терміни та визначення;
- ГОСТ22261-94 Засоби вимірів електричних і магнітних величин.

Вимірювання показників якості електроенергії (ПЯЕ) проводять у пункті контролю, у якості якого можуть бути вибрані точка спільного приєднання, границя розділу балансової належності, виводи приймачів електричної енергії та інші точки електричної мережі.

Оцінка відповідності виміряних значень показників якості електроенергії нормативним вимогам здійснюється за результатами неперервних вимірювань на протязі не менше ніж за 24 години з реєстрацією на спеціалізованому обладнанні. Рекомендований період вимірювань – 7 днів.

Умови відповідності ПЯЕ установленим нормам і форми подання результатів контролю повинні відповідати вимогам ГОСТ 13109-97.

Контрольне (засоби вимірювальної техніки (ЗВТ)) та випробувальне (ВО) обладнання, що використовується для проведення контролю, повинно забезпечувати одержання результатів контролю з гарантованою точністю та достовірністю. Вибір обладнання проводиться за регламентованими в методиці вимогами. Додатково під час вибору типу та кількості обладнання враховуються:

- специфіка вимірювань;
- діапазон вимірювань;

- технічні характеристики ЗВТ та ВО;
- умови навколишнього середовища, в яких виконуються вимірювання;
- тривалість процедури вимірювань та кількість вимірювань в день;
- періодичність повірки та її тривалість.

Вимоги щодо гранично-допустимих похибок вимірювальних приладів для показників якості електроенергії наведені у табл.1.2.

Таблиця 1.2

Вимоги до похибок вимірювальних приладів

Показник, одиниці вимірювань	Границі допустимих похибок		Прилади, наявні у ВЕТЛ НАУ
	абсолютної	відносної, %	
Відхилення напруги, %	$\pm 0,5$		Telaris-0100, B7-35
Розмах зміни напруги, %		± 8	
Доза флікера, відносн. од.		± 5	
Коефіцієнт спотворення синусоїдальності напруги, %		± 10	
Коефіцієнт n-ої гармонічної складової напруги, %	$\pm 0,05$	± 5	
Коефіцієнт несиметрії напруги по зворотній послідовності, %	$\pm 0,3$		
Коефіцієнт несиметрії напруги по нульовій послідовності, %	$\pm 0,5$		
Відхилення частоти, Гц	$\pm 0,03$		Telaris-0100
Тривалість провалу напруги, с	$\pm 0,01$		Telaris-0100
Імпульсна напруга, кВ		± 10	Telaris-0100
Коефіцієнт тимчасової перенапруги, відносн. од.		± 10	Telaris-0100

Усе обладнання та ЗВТ, яке використовується для контролю, перед введенням в експлуатацію проходить обов'язкову перевірку. Перевірка здійснюється шляхом повірки, атестації та калібрування.

Технологічний та інші види контролю ПЯЕ проводяться акредитованими вимірювальними лабораторіями, органами державного енергетичного нагляду та іншими органами, вказаними у ГОСТ 13109-97.

Необхідною умовою забезпечення точності та вірогідності одержаних результатів контролю є дотримання регламентованих умов навколишнього середовища в приміщеннях при проведенні контролю.

Вимоги до умов навколишнього середовища в приміщеннях регламентуються:

- нормативною документацією на методи вимірювань;
- інструкціями з експлуатації ЗВТ та випробувального обладнання;
- санітарно-гігієнічними нормами та вимогами до умов праці.

З метою дотримання регламентованих умов навколишнього середовища і забезпечення точності та вірогідності одержаних результатів під час контролю необхідно передбачити:

- контроль температури та вологості повітря в приміщенні;
- періодичний контроль рівня шуму та концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони;

Крім того, в процесі вимірювальних робіт необхідно передбачити наявність засобів безпеки і надання першої допомоги.

1.4. Прилади для контролю якості електроенергії

1.4.1. Спеціалізовані вимірювальні прилади

Спеціалізованими приладами для контролю і обліку перерв в електропостачанні є універсальні вимірники, реєстратори, аналізатори якості електропостачання з відповідною функцією.

Трифазний вимірювач якості електроенергії, осцилограф і реєстратор даних LEM ANALYST 3Q (виробник A Fluke Company) здійснює вимірювання напруги, сили струму, активної, реактивної і повної потужностей, активної і реактивної енергії, частоти, фактора потужності.

Прилад (рис.1.1, а) реалізує також функції записування гармонік, запам'ятовування до 999 подій, включаючи падіння напруги, переривання живлення від мережі і перенапруги, а також записування вимірних значень до незалежної пам'яті протягом понад 10 днів з інтервалом усереднювання 10 хвилин.

Прилад має стандартний інтерфейс RS232 для передавання і аналізу даних вимірювання на ПК та експорту в текстовий формат.

Мікропроцесорний реєстратор напруги і струму Парма РК6.05 (рис.1.1, б) призначений для контролю якості електричної енергії в частині сталого діючого значення напруги і струму основної частоти, фазового кута зсуву між струмом і напругою і частоти в однофазній або трифазній мережі змінного струму номінальною частотою 50 Гц, накопичення і зберігання вимірюваної інформації.

Конструктивно прилад ПАРМА РК 6.05 є єдиним блоком з 6-ма незалежними гальванічно розв'язаними каналами (3 канали напруги і 3 канали струму).

Реєстратор "Парма РК 6.05" виконаний на сучасній елементній базі, включає цифровий дисплей для оперативного контролю і єдину кнопку управління, оскільки не вимагає введення додаткових установок з урахуванням вимірювального кола, а включається за принципом plug & play. Діапазон вимірювань по кожному каналу напруги складає від 40 до 460 В.

Температурні умови застосування є на даний момент найбільш широкими серед приладів даного напрямку - від -30 до +50 °С.

Реєстратор "Парма РК 6.05" має в своєму розпорядженні об'єм пам'яті, достатній для зберігання даних, отриманих протягом 7 діб. Запис даних до пам'яті здійснюється циклічно.

За допомогою приладу ПАРМА РК 6.05 можна легко вирішувати наступні практичні задачі:

- реєстрація графіків навантаження окремих ліній, електроустановок і підприємства в цілому;
- реєстрація графіків напруги в будь-якій точці електричної мережі, вибір закону регулювання напруги в центрах живлення і відпайок ПБВ трансформаторів 6-10/0.4 кВ;
- контроль якості електроенергії за показниками "відхилення напруги", "відхилення частоти", "коефіцієнт несиметрії за зворотною послідовністю";
- з'ясування причин низької якості напруги (розслідування скарг);
- перевірка правильності роботи блоку автоматичного регулювання напруги на вторинних обмотках трансформаторів з РПН;
- налаштування компенсуючих пристроїв для підтримання необхідного значення коефіцієнта потужності.

Програмне забезпечення приладу працює під управлінням ОС Windows 98/NT/2000 і дозволяє отримувати дані від приладу через послідовний порт комп'ютера, зберігати їх у файлі, аналізувати на екрані, визначати максимальні, мінімальні і середні значення для будь-якої із збережених або обчислених величин за будь-який інтервал часу. Можливе виведення на друкуючі пристрої декількох видів документів: підсумкових протоколів, графіків збережених або обчислених величин і гістограм.

Програмна обробка результатів вимірювань дозволяє реалізувати в одному приладі ПАРМА РК 6.05 тридцять одну функцію з вимірювань:

- значення напруги змінного струму по трьох каналах;
- значення сили змінного струму по трьох каналах;
- частоти струму в мережі;
- активної, реактивної і повної потужностей потужність по трьох каналах;
- активної і реактивної енергії;
- коефіцієнта потужності $\cos \varphi$ по трьох каналах;
- відношення реактивної потужності до активної $\operatorname{tg} \varphi$ по трьох каналах;

- відхилення напруги від номінального значення по трьох каналах;
- відхилення частоти;
- напруги прямої послідовності (при вимірюванні лінійної напруги);
- відхилення напруги прямої послідовності;
- коефіцієнта несиметрії зворотної послідовності напруги (при вимірюванні лінійної напруги);
- тривалості перерв в електропостачанні.

Високопродуктивний цифровий однофазний реєстратор напруги Metrel MI 2130 (VoltScanner)

Прилад (рис.1.1, в) має наперед встановлені межі напруги для оцінки якості електроенергії відповідно до EN 50160 і забезпечує записування відключень електроживлення та перехідних стрибків напруги в мережі.

Можлива швидка оцінка якості напруги некваліфікованими користувачами

Прилад комплектується Windows сумісним програмним забезпеченням ScanLink

Реєстратор відхилень параметрів електричних мереж АТК 7001 (рис.1.1, г) призначений для виявлення і запису відхилень параметрів мереж змінного струму напругою 220 В. Прибор фіксує: перенапруги від номінального значення 220В до 265 В, провали напруги від номінального значення 220В до 70 В, викиди напруги до 2600 В, відхилення частоти в діапазоні 47...52 Гц, перерви в подачі енергії.

Початкові параметри вимірювань — межі відхилень від номінальних значень, встановлюються за допомогою спеціального програмного забезпечення. Обмін даними між комп'ютером і приладом здійснюється за допомогою ізолюваного оптично, послідовного інтерфейсу зв'язку RS-232.

У внутрішній пам'яті приладу можуть бути збережені 3500 подій-аномалій, що виникли в мережі під час тестування із зазначенням часу і виду порушення.

Система реєстрації подій напруги Fluke-VR101S (рис.1.1, е) забезпечує виявлення зниження і підвищення напруги, фіксації перехідних процесів, зникнення напруги і коливань частоти струму в мережі.

Реєстратор VR101S є базовою системою, яка включає реєстратор подій VR101, оптичний інтерфейсний кабель і програмне забезпечення Event View™, яке перетворює комп'ютер на потужний інструмент контролю якості електропостачання в необмеженому числі точок(число точок залежить від кількості застосовуваних реєстраторів VR101)

Аналізатори якості енергопостачання для трифазної мережі Fluke 434 і 433 (рис.1.1, є) забезпечують вимірювання цілого ряду параметрів електроживлення: напруги, струму, частоти, потужності, споживаної енергії, дисбалансу і флікера, гармонік і проміжних гармонік. Прилад реєструє такі події, як провали і викиди напруги, перехідні процеси, переривання живлення від мережі і швидкі зміни напруги

Прилад має чотири канали, що дозволяє проводити одночасне вимірювання напруги і струму у всіх трьох фазах і нейтралі.

Забезпечується автоматичне відображення перехідних процесів: автоматична реєстрація до 40 провалів, викидів, переривань і перехідних процесів.

Тестер якості електроенергії Metrel MI 2092 (Power Harmonics Analyser) придатний для виконання всіх найпоширеніших вимірювань і діагностування електричних пристроїв.

Прилад (рис.1.1, д) вимірює напругу (RMS), струм (мінімальне, максимальне і середнє значення), потужність (активну, реактивну, повну) ,коефіцієнт потужності $\cos \varphi$.

Поряд з цим тестер фіксує стан напруги (провали, стрибки, переривання), вимірює енергію і частоту.

Режими: вимірювання - скопічний, спектроаналізатора

Аналізатор дозволяє проводити періодичний аналіз, статистичний аналіз, аналіз відхилень. Забезпечується опціональна підтримка віддаленого модемного з'єднання.



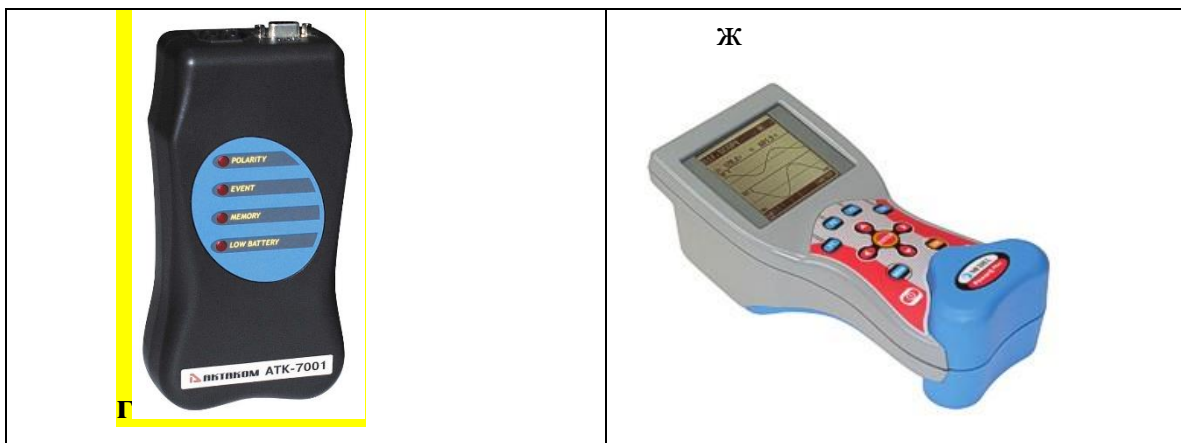


Рис. 1.1. Спеціалізовані прилади для контролю і обліку перерв у електропостачанні:

а) ANALYST 3Q; б) Парма РК 6.05; в) Metrel MI 2130; г) АТК 7001; д) Metrel MI 2092; е) Fluke-VR101S; є) Fluke 434(433); ж) Metrel MI 2392

Аналізатор якості електричної енергії Metrel MI 2392 (PowerQPlus) (рис.1.1, ж) реалізує такі функції:

- одночасний аналіз основних параметрів навантаження (U, I, P, Q, S,f);
- гармонійний аналіз до 50 компонентів;
- побудова фазової діаграми;
- розрахунок несиметрії напруги для трифазних систем.

Прилад може використовуватися як осцилограф в реальному часі.

3.2 Стандартні вимірювальні прилади

Для контролю і обліку перерв в електропостачанні можуть використовуватися також стандартні вимірювальні прилади – багатофункціональні мікропроцесорні лічильники електричної енергії з відповідною функцією меню.

Лічильники серії СТС (рис.1.2, а) – це трифазні цифрові вимірювальні прилади, що поєднують в собі багатофункціональний мікропроцесорний лічильник і вимірника показників якості електроенергії. Лічильники призначені

для багатотарифного обліку активної і реактивної енергії і потужності прямого і зворотного напрямку і чотириквADRантної реактивної енергії.

Модифікації лічильників:

- СТС5602 – для використання в енергосистемах і на промислових підприємствах, з урахуванням потоків енергії і потужності на міжсистемних перетіканнях з точністю по класах 0,2S і 0,5S;
- СТС5605 – в енергосистемах, на промислових підприємствах, у непромислових споживачів з точністю по класах 0,5S і 1.

Лічильники СТС застосовуються в автоматизованих інформаційно-вимірювальних системах контролю і обліку електроенергії.

Функції, що реалізуються лічильниками:

- вимірювання активної електричної енергії в трифазних чотири- і трипровідних мережах змінного струму по двох напрямках;
- вимірювання реактивної електричної енергії в чотири- і трипровідних мережах змінного струму по квадрантах;
- визначення сумарної (по трьох фазах) активної потужності;
- визначення сумарної (по трьох фазах) реактивної потужності;
- вимірювання частоти;
- формування профілю навантаження;
- облік короткочасних і тривалих перерв в подачі електроживлення (прилад запам'ятовує до 32-х останніх відключень електроживлення із зазначенням дати/часу відключення і дати/часу включення);
- реєстрація облікової інформації із заданим інтервалом (1-60 хв);
- фіксація максимальної потужності навантаження на розрахунковому інтервалі часу;
- облік питомих втрат в лінії з похибкою 0,5%;
- обмін даними (прості команди, телеграми) силовою мережою ;
- контроль несанкціонованих втручань, моніторинг розкриття лічильників і маніпуляцій з магнітами.

Передбачена можливість підключення до лічильника витратомірів води, газу або інших електролічильників з імпульсним виходом або типу «сухий контакт», для чого в лічильнику організовано 4 входи і забезпечується відображення даних на дисплеї і зберігання в пам'яті накопичених величин споживання газу, води і електроенергії.

Багатотарифний однофазний електронний лічильник електроенергії СOT-01 (рис.1.2, б) забезпечує можливість обліку електричної енергії в режимі багатотарифності (клас точності 1,0) і збирання платежів за її споживання з використанням Smart - карти.

Функціональні можливості лічильника:

- облік електроенергії по декількох тарифних зонах;
- вбудований годинник і календар;
- зміна тарифів при санкціонованому доступі;
- фіксація дати і часу зміни тарифу;
- синхронізація ходу внутрішнього годинника;
- збереження інформації при втраті живлення протягом не менше 10 років;
- наявність цифрового інтерфейсу;
- мережева передача даних;
- фіксація перерв в живленні;
- звукове і світлове попередження споживача про закінчення кредиту;
- автоматичне відключення споживача при закінченні балансу на картці.



Рис. 1.2 Багатофункціональні мікропроцесорні лічильники електроенергії з функцією реєстрації перерв в електропостачанні:

а) STC5602 (STC5605); б) COT-01

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ МЕХАНІЧНОЇ МАЙСТЕРНІ

2.1. Технологічні процеси в механічній майстерні

Технологічний процес ремонту виробничих машин включає в себе такі операції:

- доставка в цех;
- розбирання;
- очищення і мийка вузлів і агрегатів;
- дефектування;
- ремонт зношених деталей;
- комплектування;
- збирання;
- налагодження, після ремонтні випробування;
- фарбування, сушіння;
- відправка на склад, або місце монтажу.

Процес ремонту розпочинається з миття і очищення. Виконується у кілька етапів: зовнішнє миття, миття збірних одиниць і деталей, очистка окремих деталей в спеціальних машинах.

Розпочинаючи ремонт обладнання, частково розбирають на агрегати для повторного миття. Після цього його розбирають повністю.

З ділянки розбирання і миття агрегати надходять на ділянки дефектування. Ціль дефектування – визначення обсягу робіт, встановлення технічного стану деталей і вузлів, приймання рішення про можливість їх повторного використання. З ділянки дефектування деталі надходять на ділянку комплектації. Ціль комплектації – підготувати комплекс деталей для складання машин та агрегатів.

Після комплектації контейнери з деталями надходять на відповідні робочі ділянки їх складання.

Зібрані і перевірені робочі вузли і агрегати фарбують і подають на лінію складання робочих машин. Деякі вузли перед заключним встановленням збирають і випробовують на спеціальних стендах.

На ділянці фарбування проводиться підготовка поверхонь до фарбування і саме фарбування.

У сервісному центрі, розміри якої 15×12×4м, виконуються такі технологічні процеси: фрезерування; точіння; свердління; шліфування.

Технологічне обладнання механічної майстерні повинне забезпечувати можливість продуктивного і якісного виконання робіт з виготовлення нових деталей і ремонту старих, а також виконуються роботи з механічної обробки деталей і деякі слюсарні роботи з ремонту деталей, виготовлення нестандартного обладнання, технологічної оснастки і інструменту. Перелік технологічного обладнання механічної майстерні наведений у табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Технологічне обладнання механічної майстерні

№	Назва обладнання	Тип	Встановлена потужність, кВт	Кількість, шт
1	Вертикально-свердлильний верстат	Drilling-32	1,1	2
2	Радіально-свердлильний верстат	RV-32	1,1	1
3	Токарно-гвинторізний верстат	OPTI D560×300/ 400V/3 ph	7,5	2
4	Токарний верстат	Turner 460×1500	5,3	1
5	Універсальний токарний верстат	SPE-1000 PV	2,4	1
6	Токарно-гвинторізний верстат	1 K62	7,5	1
7	Токарно-гвинторізний верстат	OPTI D420×1000/ 400V/3 ph	4,5	1

Продовження таблиці 2.1

8	Універсальний фрезерний верстат	FNS-55 PD	2,25	2
9	Мультифункціональний свердлильно-фрезерний верстат	OPTI MF-4 Vario	3,75	2
10	Фрезерний верстат	FUV-125 PD	2,2	2

2.2 Водопостачання механічної майстерні

На території механічної майстерні передбачаємо технологічне та пожежне водопостачання із подачею води до місця гасіння пожеж з гідрантів, встановлених на водопровідній мережі.

Середньодобові витрати води $Q_{\text{доб.ср}}$, м³/доб, визначали на основі норм споживання води, наведених у табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Норми споживання води у механічних майстернях

Найменування обладнання	Норма, л/доб
Миття устаткування	250
Ремонт устаткування	1500
Обслуговування верстатів у сервісному центрі:	
механічній	35
слюсарній	80
столярній	20
кузні	40
Обслуговування ДВЗ, л/год	15

$$Q_{\text{доб.ср}} = 2,045 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Максимальна годинна витрата води визначається так:

$$Q_{\text{год.мах.}} = \frac{Q_{\text{доб.ср.}}}{24} \cdot \alpha_{\text{доб.}} \cdot \alpha_{\text{год.}}, \quad (2.1)$$

де $Q_{\text{доб. ср}}$ – середньодобова витрата води;

$\alpha_{\text{доб.}}$ – коефіцієнт добової нерівномірності водоспоживання, $\alpha_{\text{доб.}} = 1,3$;

$\alpha_{\text{год.}}$ – коефіцієнт годинної нерівномірності водоспоживання, $\alpha_{\text{год.}} = 2,5$.

$$Q_{\text{год.мах.}} = \frac{2,045}{24} \cdot 1,3 \cdot 2,5 = 0,17 \text{ м}^3/\text{год.} \quad (2.2)$$

За розрахунковим напором (76,33 м) та максимальною годинною витратою води вибирається заглибний насос 1ЭЦВ6 – 4 – 130 з номінальною подачею $Q_{\text{нас}} = 4 \text{ м}^3/\text{год}$ та напором $H_{\text{нас}} = 130 \text{ м}$ [3].

Потужність електродвигуна для привода насоса визначають за формулою:

$$P = \frac{\kappa_3 \cdot \rho \cdot g \cdot H_{\text{н}} \cdot Q_{\text{н}} \cdot 10^{-3}}{\eta_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{п}}}, \text{кВт} \quad (2.3)$$

де κ_3 – коефіцієнт запасу за потужністю, $\kappa_3 = 1,15$;

ρ – густина рідини, що подається, $\text{кг}/\text{м}^3$;

g – прискорення вільного падіння, $\text{м}/\text{с}^2$;

$\eta_{\text{н}}$ – к.к.д. насоса, $\eta_{\text{н}} = 0,6$;

$\eta_{\text{п}}$ – к.к.д. передачі, $\eta_{\text{п}} = 1,0$.

$$P = \frac{4 \cdot 10^3 \cdot 9,81 \cdot 130 \cdot 1,15 \cdot 10^{-3}}{3600 \cdot 0,6 \cdot 1,0} = 2,72 \text{ кВт.}$$

Для привода насоса застосовується електродвигун 7ПЭДВ –2,8-140 з потужністю 2,8 кВт, частотою обертання 2850 об/хв та номінальним струмом $I_{\text{н}} = 6,9 \text{ А}$.

Керує водонасосною установкою комплектний пристрій “Каскад” 2,8-0-У2 з ящиком керування типу ЯГ-5102-2Г7Б1У2 і номінальним струмом силового кола $I_{\text{н}} = 7 \text{ А}$.

2.3 Вентиляція механічної майстерні

Для забезпечення нормальних умов праці в робочій зоні необхідну кількість повітря визначають за наявними шкідливими факторами, характерними для кожного приміщення:

- а) у приміщеннях з тепловиділенням – за надмірною наявністю теплоти;
- б) у приміщеннях з тепло- та вологовиділенням – за умови надмірності наявних та прихованих вологи та теплоти в робочій зоні з перевіркою при необхідності по верхній зоні;
- в) у приміщеннях з газовиділенням – за кількістю об'єму шкідливих газів, які надходять в робочу зону, при умові розрідження їх до допустимої концентрації відповідно до ГОСТ 12.100576 „ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно – гигиенические требования ”.

Встановлюють вентиляцію і опалення у всіх виробничих, побутових і допоміжних приміщеннях відповідно до СН 245-71 і СНиП 11-33-75.

Якщо при виконанні технологічного процесу утворюється пил, газ або пара, то робоче місце слід розміщувати в ізольованих приміщеннях, обладнаних примусовою припливно – витяжною вентиляцією. Працювати на цих виробничих ділянках без улаштування вентиляції забороняється.

У місцях шкідливих виділень газу, пилу, пари, тепла тощо улаштовують місцеву вентиляцію. Для відсмоктування шкідливих речовин від місць виділень влаштовують бортові відсмоктувачі, козирки, які підключають до всмоктувальної мережі – повітропроводу, а потім вони за допомогою вентилятора спрямовуються до очисного пристрою (циклона або фільтра). На зовні повинно викидатися очищене від шкідливих речовин повітря. У приміщення надходить чисте повітря ззовні через прорізи, що відчиняються.

Звичайна вентиляція проектується в тих випадках, коли в приміщеннях, де вона встановлена, за існуючими нормами годинна швидкість повітря обміну менше 3. В приміщеннях де кратність вище 3, передбачається штучна вентиляція з механічним спонуканням повітря або змішана вентиляція.

Найбільш загрозливим приміщенням механічної майстерні є зварювально-кузнецька дільниця, Оскільки в приміщенні необхідно забезпечити трикратний повітрообмін, то:

$$L_{в.} = A \cdot B \cdot H \cdot 3 = 12 \cdot 6 \cdot 4 \cdot 3 = 864 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Вибраний вентилятор ВЦ4-75-2,5 продуктивністю 1130 м³/год:

Потужність, тис м³/год:

Номінальна-1,13;
 У робочій зоні-0,83-1,69;
 Повний тиск , Па:
 Номінальний-453;
 У робочій зоні-528-203;
 Максимальний ККД-0,74;
 Частота обертання робочого колеса, об/хв-2800;
 Маса без двигуна, кг -20,7;
 Електродвигун:
 Тип АИР63А2 У2;
 Номінальна потужність - 0,37 кВт.

Обігрівання механічної майстерні передбачено за допомогою водяного опалення від котельні.

2.4 Освітлення приміщення механічної майстерні.

Електричне освітлення застосовують для створення достатньої освітленості на робочих місцях для забезпечення нормального ходу технологічних процесів. Воно може бути загальним, з рівномірним чи локалізованим розміщенням світильників, або комбінованим.

Організація правильного освітлення робочих місць і виробничих приміщень природним і штучним освітленням має велике санітарно-гігієнічне значення, сприяє підвищенню продуктивності праці, зменшенню травматизму, поліпшенню якості продукції.

Для механічної майстерні вибрані світильники типу РПП 01×125, які використовуються для ламп високого тиску ДРЛ потужністю 125 Вт.

Окрім основного освітлення кожний верстат укомплектований лампами для місцевого освітлення.

Живлення світильників передбачається проводом типу АППВ. Це провід з алюмінієвими жилами у полівінілхлоридній ізоляції. Використовується для монтажу силових освітлювальних кіл, відкритого і схованого прокладання під штукатуркою, прокладання в трубах і пустотних каналах, неспалимих

будівельних конструкцій. У приміщенні проводку передбачено прокладати сховано під штукатуркою. Для живлення світильників необхідний двожильний провід.

Площу поперечного перерізу струмоведучої жили проводу вибирають так, щоб його тривалодопустима сила струму $I_{\text{доп}}$ була не менша від розрахункової сили струму кожної з груп $I_{\text{гр}}$. Цій умові відповідає переріз струмоведучої жили проводу площею $2,0 \text{ мм}^2$, який розрахований на струм $I_{\text{доп}}=14 \text{ А}$. Остаточо вибираємо проводи для освітлення для всіх груп споживачів АППВ $2 \times 2,0$.

Кожна групова лінія повинна бути захищена автоматичними вимикачами. Вибираємо однополюсні автоматичні вимикачі серії АЕ 1031. Їх застосовують для захисту від перенавантажень і коротких замикань освітлювальних електричних мереж з номінальною напругою до 380 В, а також нечастих (до 6 на годину) оперативних вмикань і вимикань електричних кіл вручну.

Проведений вибір автоматичних вимикачів за силою струму групи за такими умовами: $I_{\text{гр}}=3,2 \text{ А}$.

$$U_{\text{н.ав}} \geq U_{\text{мер}}; \quad 380 > 220 \text{ В};$$

$$I_{\text{н.ав}} \geq I_{\text{гр}}; \quad 25 > 3,2 \text{ А};$$

$$I_{\text{н.тр}} \geq I_{\text{гр}}; \quad 16 > 3,2 \text{ А};$$

де $U_{\text{н.ав}}$ – номінальна напруга автоматичного вимикача;

$U_{\text{мер}}$ – напруга мережі;

$I_{\text{н.ав}}$ – номінальний струм автоматичного вимикача;

$I_{\text{гр}}$ – струм групи;

$I_{\text{н.тр}}$ – номінальний струм теплового розчіплювача;

Вибрані три однополюсні вимикачі АЕ1031-1У4, які розраховані на номінальну силу струму 25 А.

Вибраний освітлювальний щиток типу ЩА611, з одним ввідним автоматичним вимикачем і 6-ма автоматичними вимикачами типу АЕ1031 на фідерах.

Живильні і групові щитки потрібно розміщувати на місцях з'єднання живильних і групових мереж, по можливості в центрі електричного наванта-

ження і в місцях доступних для обслуговування. Висота встановлення щитків не більше 2 м (до верху щитка).

Траса освітлювальної мережі визначається розташуванням світильників. При прокладанні траси враховують такі вимоги: максимальне скорочення довжини лінії; зручність експлуатації обладнання; архітектурно-будівельні особливості будівлі. Специфікація на світлотехнічне обладнання сервісного центру наведена в табл. 2.3, а світлотехнічна відомість – у табл.2.4.

Таблиця 2.3

Специфікація на світлотехнічне обладнання механічної майстерні

№ п/п	Найменування	Одиниці вимірювання	Кількість	Примітка
1	Освітлювальний щит ЩА611	шт.	1	$I_{ном}=63 \text{ А}$
2	Світильник РПП 01×125	шт.	12	$P_c=125 \text{ Вт}$
3	Лампа ДРЛ 125	шт.	12	$P_c=125 \text{ Вт}$
4	Провід АППВ 3х2,0	м		$I_{доп}=14 \text{ А}$
5	Кабель АВВГ 4х2,5	м		$I_{доп.}=14 \text{ А}$
6	Вимикач однополюсний О-206	шт.	3	
7	Розетки РС 10-3-ЭБ	шт.	6	

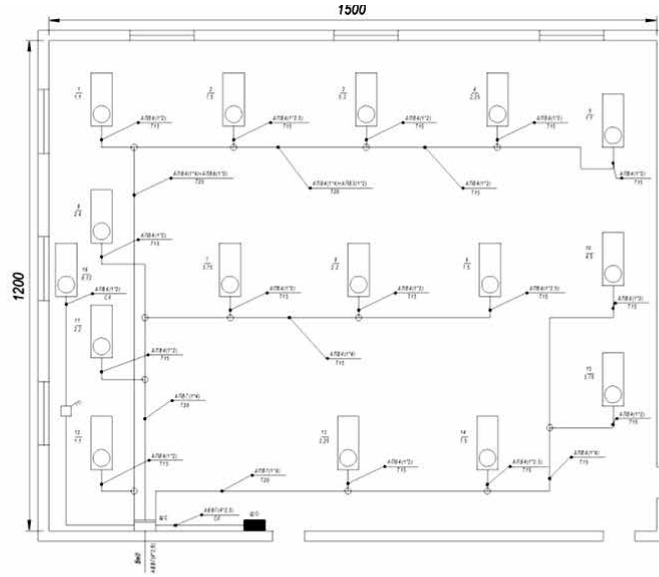
2.5 Електроприводи в механічній майстерні

Силове електрообладнання механічної майстерні показане на рис. 2.3. та в табл. 2.5.

Таблиця 2.4

Світлотехнічна відомість

п.п	Назва приміщення	Довжина, м	Ширина, м	Висота, м	Площа, м ²	Умови середовища	Коефіцієнт відбиття		Нормована освітленість	Коефіцієнт запасу	Світильник			Загальна потужність, кВт	Світловий потік однієї лампи	Кількість штепсельних розеток
							стелі	стін			тип	потужність лампи, Вт	кількість, шт			
1.	Механічна майстерня	15	12	4	180	Сухе	50	30	75	1,15	РПП 01×125	125	12	5,1	6000	12



РОЗРАХУНОВО-МОНТАЖНА ТАБЛИЦЯ ОСВІТЛЮВАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ

Буд.	Вид	Матеріал	Розрахунковий об'єкт	Матеріал	Вид	Висота	Діаметр	НКП		Розроблена мережа				Робоча машина			
								Висота	Діаметр	Висота	Діаметр	Висота	Діаметр	Найменування	Тип		
АВВГ (4*25)	Силова	ВА513110/73	ЩС	1	ЕА2023М-10Р00У/36	АПВ1(4x2)	T20	20	я8610-2287У3	Комплект	5	1,1	3,05	Вертикально-свердловний верстат	Drilling-32		
				2	ЕА2023М-10Р00У/36	АПВ1(4x2.5)	T20	18	я8610-2287У3	Комплект	4	2,25	3	Універсальний фрезерний верстат	FNS-55PD		
				3	ЕА2023М-10Р00У/36	АПВ1(4x4)	T20	15	я8610-2287У3	Комплект	3	5,3	11,4	Токарний верстат	Turner 460x1500		
				4	ЕА2023М-10Р00У/36	АПВ1(4x4)	T20	2,5	я8610-2287У3	Комплект	12	1,1	3,05	Радіально-свердловний верстат	RV-32		
				5	ЕА2023М-10Р00У/36	АПВ1(4x4)	T20	12	я8610-2287У3	Комплект	2	7,5	15,1	Токарно-винторізний верстат	OPTI D560x300/400V3 ph		
				6	ЕА2023М-10Р00У/36	АПВ1(4x4)	T20	11	я8610-2287У3	Комплект	1	1,1	3,05	Вертикально-свердловний верстат	Drilling-32		
				7	ЕА2023М-10Р00У/36	АПВ1(4x4)	T20	16	я8610-2287У3	Комплект	9	7,5	15,1	Токарно-винторізний верстат	1K62		
				8	ЕА2023М-10Р00У/36	АПВ1(4x4)	T20	13	я8610-2287У3	Комплект	8	2,2	5	Фрезерний верстат	FUV-125 PD		
				9	ЕА2023М-10Р00У/36	АПВ1(4x4)	T20	18	я8610-2287У3	Комплект	10	4,5	11,4	Токарно-винторізний верстат	OPTI D420x1000/400V3 ph		
АВВГ (4*25)	Силова	ВА513110/73	ЩС	6	ЕА2023М-10Р00У/36	АПВ1(4x4)	T20	15	я8610-2287У3	Комплект	15	3,75	6,7	Мультифункціональний свердловно-фрезерний верстат	OPTI MF-4 Vario		
				7	ЕА2023М-10Р00У/36	АПВ1(4x4)	T20	12	я8610-2287У3	Комплект	14	7,5	15,1	Токарно-винторізний верстат	OPTI D560x300/400V3 ph		
				8	ЕА2023М-10Р00У/36	АПВ1(4x4)	T20	8	я8610-2287У3	Комплект	13	2,25	3	Універсальний фрезерний верстат	FNS-55PD		
АВВГ (4*25)	Силова	ВА513110/73	ЩС	9	ЕА2023М-10Р00У/36	АПВ1(4x2.5)	СК	10	я8610-2287У3	Комплект	7	3,75	6,7	Мультифункціональний свердловно-фрезерний верстат	OPTI MF-4 Vario		
				9	ЕА2023М-10Р00У/36	АПВ1(4x2)	СК	5	я8610-2287У3	Комплект	6	2,4	6,7	Універсальний токарний верстат	SPE-1000 PV		
								2	ЩО	Освітлення							
								14			16	APF384FV3	0,12	0,44	Вентилятор	B-06-300-4A	

Рис. 2.3 План силового обладнання

Таблиця 2.5

Перелік електроприводів механічної майстерні

Назва та обладнання	К-сть.	Тип, марка приводу	Автоматичний вимикач		Магнітний пускач		Теплове реле		Провід, марка і переріз	НКП
			Тип, силове коло	Ін.ав.А	Тип	Струм магнітного пускача, Ін.А	Тип	номінальної сили струму не спрацюванн		
Вертикально-свердильний верстат Drilling-32	2	АИР80В6	Коло керування	Ін.ав.к. к.А	ПМЛ – 1211 О4 Б	10	РТЛ – 1010 – О4	3,8-6	АПВ4 (1×2)	Я5610- 22Б7 У3
			АЕ2046М-10Р00У3 Б	25/25						
Радіально-свердильний верстат RV-32	1	АИР90В8	Коло керування	Ін.ав.к. к.А	ПМЛ – 1211 О4 Б	10	РТЛ – 1010 – О4	3,8-6	АПВ4 (1×2)	Я5610- 22Б7 У3
			АЕ2046М-10Р00У3 Б	25/2 5						
Токарно-гвинторізний верстат ОРТІD560×300/ 400V/3 ph	2	АИР132S4	Коло керування	Ін.ав.к. к.А	ПМЛ – 2211 О4 Б	25	РТЛ – 1021 – О4	13-19	АПВ4 (1×2,5)	Я5610- 22Б7 У3
			АЕ2046М-10Р00У3 Б	25/2 5						
Токарний верстат Turner 460×1500	1	АИР112М4	Коло керування	Ін.ав.к. к.А	ПМЛ – 2211 О4 Б	25	РТЛ – 1021 – О4	13-19	АПВ4 (1×2)	Я5610- 22Б7 У3
			АЕ2046М-10Р00У3 Б	25/25						
Універсальний токарний Верстат SPE-1000 PV	1	АИР100S4	Коло керування	Ін.ав.к. к.А	ПМЛ – 1211 О4 Б	10	РТЛ – 1010 – О4	3,8-6	АПВ4 (1×2)	Я5610- 22Б7 У3
			АЕ2046М-10Р00У3 Б	25/2 5						

Назва та обладнання	К-сть.	Тип, марка приводу	Автоматичний вимикач		Магнітний пускач		Теплове реле		Провід, марка і переріз	НКП
			Тип, силове коло	Коло керування	Ін.ав.А	Ін.ав.к.к.А	Тип	Струм магнітного пускача, Ін.,А		
Токарно-гвинторізний верстат 1 К62	1	АИР132S4	АЕ2046М-10Р00У3 Б		25/25	ПМЛ – 2600 О4 Б	25	РТЛ – 1021 – О4	13-19	Я5610-22Б7 У3
			АЕ2046М-10Р00У3 Б							
Токарно-гвинторізний верстат ОРТІД420×1000/400У/3 рн	1	АИР112М4	АЕ2046М-10Р00У3 Б		25/25	ПМЛ – 2600 О4 Б	25	РТЛ – 1021 – О4	13-19	Я5610-22Б7 У3
			АЕ2046М-10Р00У3 Б							
Універсальний фрезерний верстат FNS-55 PD	2	АИР100S4	АЕ2046М-10Р00У3 Б		25/25	ПМЛ – 1600 О4 Б	10	РТЛ – 1014 – О4	7-10	Я5610-22Б7 У3
			АЕ2046М-10Р00У3 Б							
Мультифункціональний свердлильно-фрезерний верстат ОРТІМФ-400У/3 рн	2	АИР100S4	АЕ2046М-10Р00У3 Б		25/25	ПМЛ – 1600 О4 Б	10	РТЛ – 1014 – О4	7-10	Я5610-22Б7 У3
			АЕ2046М-10Р00У3 Б							
Фрезерний верстат FUV-125 PD	2	АИР90L4	АЕ2046М-10Р00У3 Б		25/25	ПМЛ – 1600 О4 Б	10	РТЛ – 1014 – О4	10-7	Я5610-22Б7 У3
			АЕ2046М-10Р00У3 Б							

2.6. Електропостачання механічної майстерні

Навантаження на вводі в механічну майстерню було визначено методом ефективного числа електроприймачів. Метод використовують при визначенні розрахункових навантажень на вводах до споживачів з випадковим графіком навантаження.

Розрахункову потужність визначали за формулою:

$$P_{роз} = K_{макс} \cdot K_{\epsilon} \cdot \Sigma P_{вст.}, \quad (2.4)$$

де $P_{роз}$ - розрахункова потужність, кВт;

$K_{макс}$ - коефіцієнт максимуму [14], $K_{макс} = 1,28$;

Коефіцієнт максимуму $K_{макс}$ знаходять за його залежністю від ефективного числа електроспоживачів і коефіцієнта використання встановленої потужності, $K_i = 0,5$;

K_{ϵ} - коефіцієнт використання встановленої потужності, $K_{\epsilon} = 0,5$;

$\Sigma P_{вст.}$ - встановлена сумарна потужність споживачів, $\Sigma P_{вст.} = 60$ кВт;

$$P_{роз} = 1,28 \cdot 0,5 \cdot 60 = 38,4 \text{ кВт.}$$

Навантаження на вводі в інші силові щити розраховано аналогічно.

Таблиця 2.6

Таблиця електричних навантажень механічної майстерні

Години доби	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13
P, кВт	10	10	10	10	10	10	10	40	100	100	60	60
Q, кВАР	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	28	73	73	45	45
Години доби	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	24-1
P, кВт	40	70	100	100	100	40	40	10	10	10	10	10
Q, кВАР	30,4	54,6	80	80	80	30	30	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8

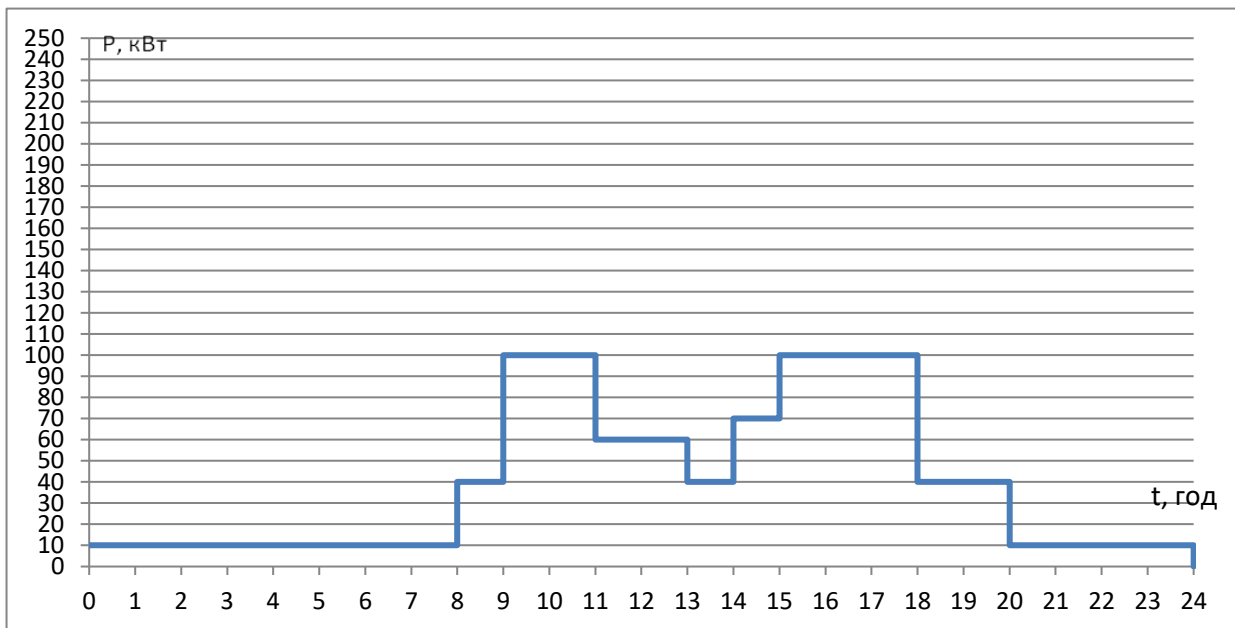


Рис.2.4. Добовий графік споживання активної потужності механічною майстернею

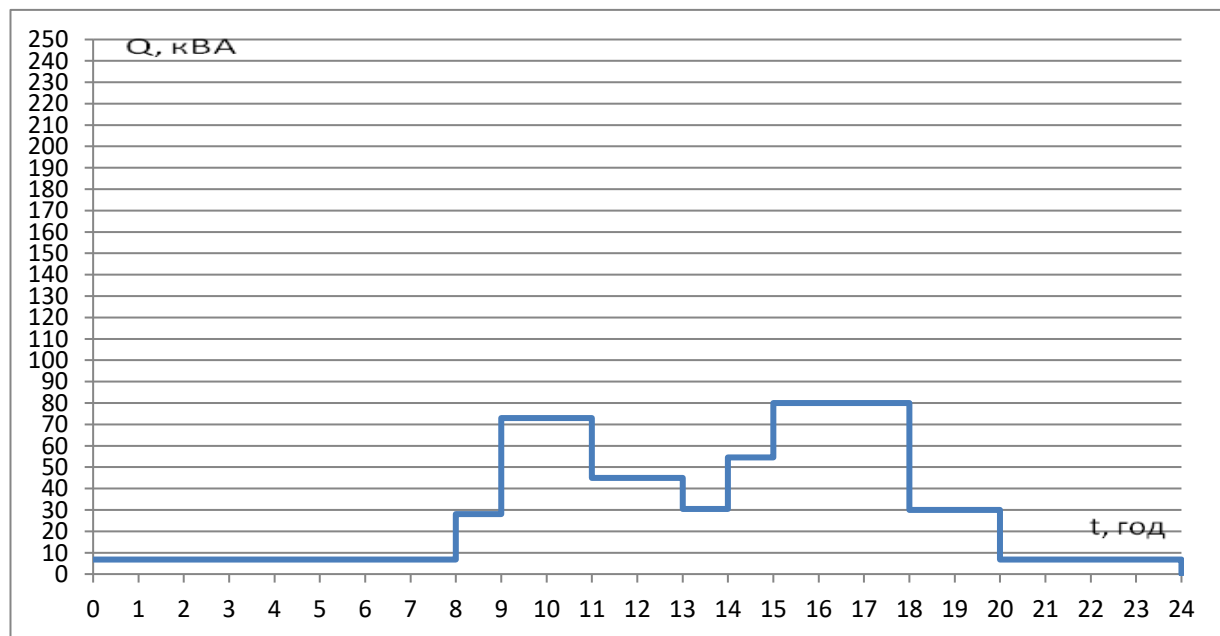


Рис.2.5. Добовий графік споживання реактивної потужності механічною майстернею

Максимальний струм на ввіді механічної майстерні:

$$I_{\text{макс}} = \frac{P_{\text{розр}}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} \text{ А}; \quad (2.5)$$

де $U_{\text{л}}$ – лінійна напруга, $U_{\text{л}} = 380 \text{ В}$;

$\cos\varphi$ – коефіцієнт потужності споживача, $\cos\varphi = 0,8$;

Вибраний на ввіді в механічну майстерню кабель АВВГ з площею перерізу 16 мм², допустима сила струму 75 А.

$I_{\text{доп}}=75 > I_{\text{макс}}=73$ А умова виконується, отже кабель вибраний вірно.

Застосовується головний ввідний розподільчий щит в механічній майстерні ПР11-1098-21УЗ.1 [5] кількість вимикачів на фідерах 8, тип ввідного автоматичного вимикача ВА04-36 400 $I_{\text{н.авт}}=400$ А, $U_{\text{ном.ав.}}=380$ А, $I_{\text{розч.}}=320$ А, уставка електромагнітного розчіплювача 3000 А, і лінійними вимикачами АЕ2046М, напругою 380 В змінного струму, ступенем захисту IP54.

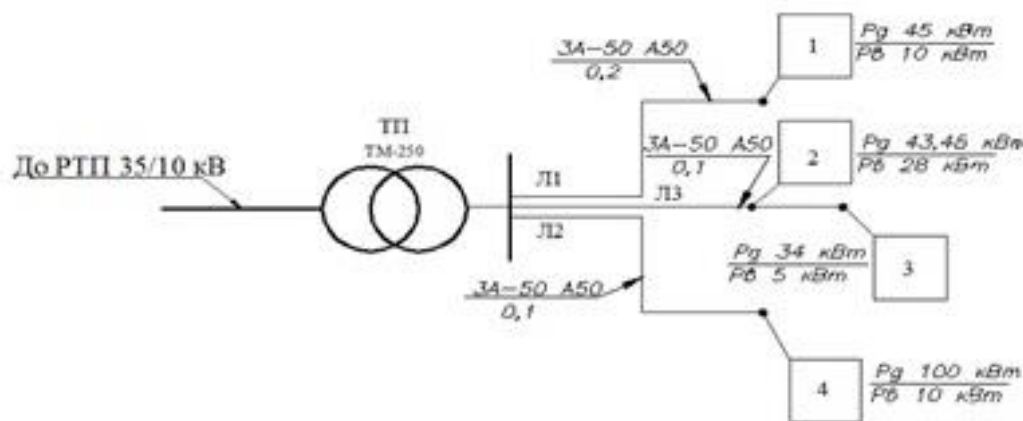


Рис.2.6 План-схема електропостачання підприємства

Таблиця 2.7

Електричні навантаження споживачів

Найменування споживачів	Кількість	Денне максимальне навантаження, Р, кВт	Денне ΔР	Вечірнє максимальне навантаження, Р, кВт	Вечірнє ΔР
1. Цех №1	1	45	30,2	10	6
2. Цех №2	1	43,48	28,8	28	-
3. Цех №3	1	34	22	5	3
4.Механічна майстерня	1	100	-	10	6
Всього		181		43	

Повна потужність трансформаторної підстанції, кВА :

$$\sum P_{\text{макс.ден.}} = P_{\text{ден.макс.}} + \Delta P_1 + \Delta P_n, \quad (2.6)$$

За більшим значенням $\sum P$ вибрана трансформаторна підстанція:

Вибраний трансформатор ТМ–250 потужністю 250кВА, схема і група з'єднання обмоток $Y - Y_n - 0$; $\Delta P_{\text{к.з.}} = 3700\text{Вт}$; $\Delta P_{\text{х.х.}} = 550\text{ Вт}$; $I_{\text{х.х.}} = 2,3\%$; $U_{\text{к.з.}} = 4,5\%$.

РОЗДІЛ 3

ВПЛИВ ВІДХИЛЕННЯ НАПРУГИ НА ЕЛЕКТРОПРИВОДИ

РОБОЧИХ МАШИН МЕХАНІЧНОЇ МАЙСТЕНІ

3.1 Аналіз стану питання

Основні показники якості електричної енергії в Україні визначаються ГОСТ13109-97, у країнах Європейського співтовариства – стандартом EN50160 [16, 17, 18]. Формується нове поняття якості електричної енергії, яке містить крім власне якості електроенергії поняття надійності та комерційної якості (якості взаємовідносин постачальника і споживача).

В Україні тривалість поставки неякісної енергії складає (у найвіддаленіших споживачів) 45 % від загального часу роботи. Перерви у електропостачанні досягають протягом року не менше 10 % загального часу технологічних процесів (проти 0,1% у розвинених країнах). Недовідпуск електроенергії по Україні складає біля 17 млн. кВт·год. Відхилення напруги на затискачах електроприймачів у 3...4 рази перевищують допустимі значення.

Відхилення напруги від нормованих значень призводить до негативних наслідків – наносяться збитки від порушення нормального ходу технологічних процесів, скорочується строк служби електрообладнання, зростають витрати і втрати електроенергії, виникають аварійні ситуації.

Економічні збитки, викликані низькою якістю електричної енергії, мають дві складові: електромагнітну і технологічну. Електромагнітна складова визначається в основному втратою активної потужності і відповідною зміною терміну служби ізоляції електрообладнання. Технологічна складова збитків обумовлена впливом якості електричної енергії на продуктивність технологічних установок та собівартість продукції, що випускається.

Економічні втрати в Україні від перерв електропостачання та зниження якості електроенергії за наближеними оцінками досягають до 1 млрд. грн. щорічно.

Проте нині практично не проводяться дослідження фактичного стану якості електричної енергії, що постачається сільським електроспоживачам, та її впливу на функціонування сільських електроспоживачів та енергозбереження.

3.2 Вибір і перевірка електродвигуна токарно-гвинторізного верстата

Вибір потужності електродвигунів проводять у такій послідовності.

1. На окремому аркуші в масштабі будують навантажувальну діаграму $P=f(t)$, $M=f(t)$ або $I=f(t)$. Навантажувальна діаграма токарно-гвинторізного верстата наведена на рис. 3.1.

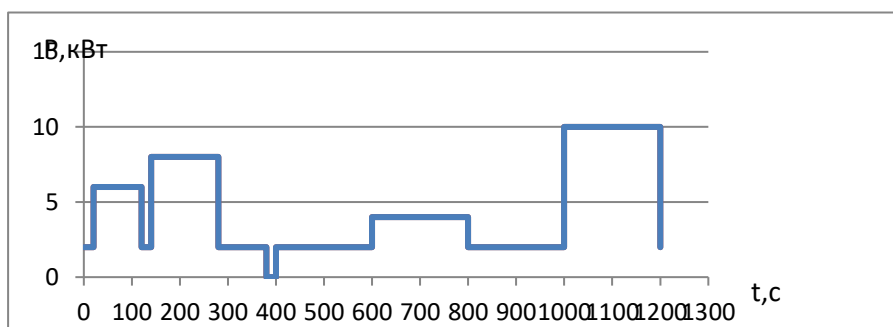


Рис.3.1. Навантажувальна діаграма токарно-гвинторізного верстата

2. Реальну навантажувальну діаграму замінюють ламаною і поділяють її на окремі ділянки з тривалостями t_1, t_2, t_3, t_4 тощо;

3. Визначають еквівалентні значення потужності, моменту або струму на кожній ділянці діаграми і будують ступінчастий графік. При трапецеїдальній формі ділянки еквівалентна потужність визначиться:

$$P_{e.дiл} = \sqrt{\frac{P_1^2 + P_1 P_2 + P_2^2}{3}}. \quad (3.1)$$

4. Визначають еквівалентну потужність за умовами нагрівання в усталеному режимі роботи електродвигуна за формулою:

$$P_e = \sqrt{\frac{P_{e1}^2 t_1 + P_{e2}^2 t_2 + P_{e3}^2 t_3 + P_{e4}^2 t_4}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}}, \quad (3.2)$$

$$P_e = \sqrt{\frac{2^2 \cdot 20 + \frac{2}{6} \cdot 100 + \frac{2}{2} \cdot 20 + \frac{2}{8} \cdot 140 + \frac{2}{2} \cdot 100 + 0^2 \cdot 20 + \frac{2}{2} \cdot 200 + \frac{2}{4} \cdot 200 + \frac{2}{2} \cdot 200 + 10^2 \cdot 200}{20 + 100 + 20 + 140 + 100 + 20 + 200 + 200 + 200 + 200}} = \sqrt{\frac{37920}{1200}} = \sqrt{31,6} = 5,6 \text{ кВт};$$

де $P_{e1}, P_{e2}, P_{e3}, P_{e4}$, - еквівалентні потужності, кВт, у відповідні періоди роботи тривалістю $t_1, t_2, t_3, t_4, \text{хв}$;

5. Номінальну потужність двигуна з умови допустимого нагрівання під час роботи визначають за умовами:

$$P_{\text{дв.ном.}} > P_e.$$

За еквівалентною потужністю і частотою обертання з каталогу попередньо вибираємо електродвигун АИР132S4:

- номінальна потужність електродвигуна $P_n = 7,5 \text{ кВт}$,
- номінальна частота обертання електродвигуна $n_n = 1440 \text{ об/хв}$,
- номінальний струм електродвигуна при напрузі $U = 380 \text{ В}$, $I_n = 15,1 \text{ А}$,
- коефіцієнт корисної дії $\eta = 0,875$
- $\cos\varphi = 0,86$
- відношення пускового моменту до номінального $M_{\text{пуск}}/M_{\text{ном}} = 2$
- відношення мінімального моменту до номінального $M_{\text{мін}}/M_n = 1,6$
- відношення максимального моменту до номінального $M_{\text{макс}}/M_n = 2,2$
- відношення пускового струму до номінального $I_{\text{пуск}}/I_n = 7,5 \text{ А}$,
- момент інерції ротора – $I_{\text{рот}} = 0,028 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$,
- маса електродвигуна – $m = 70 \text{ кг}$,
- кількість полюсів – $P = 4$.

Перевірка вибраного двигуна на нагрівання під час пуску перевіряють за умовою:

$$\tau_{\text{доп}} \geq \tau_{\text{факт}} = V_t \cdot t_n, \quad (3.3)$$

де $\tau_{\text{доп}}$ – допустиме перевищення температури обмотки над температурою охолоджуючого середовища, $^{\circ}\text{C}$ (для класу ізоляції В 80°C);

$\tau_{\text{факт}}$ – фактичне перевищення температури в кінці періоду пуску електродвигуна, $^{\circ}\text{C}$; V_t - швидкість наростання температури обмотки при загальмованому роторі, $^{\circ}\text{C}/\text{с}$; t_n – час пуску електродвигуна, с.

Час пуску електродвигуна визначають графоаналітичним методом. При цьому розв'язують рівняння руху електропривода в кінцевих приростах:

$$M_{\text{дин}} = M_{\text{д}} - M_{\text{с}} = J \frac{\Delta\omega}{\Delta t}, \quad (3.4)$$

де $M_{дин}$ – динамічний момент, Н·м; M_d – момент електродвигуна, Н·м; M_c – момент статичних опорів робочої машини, зведений до вала електродвигуна, Н·м; j – момент інерції системи "електродвигун -робоча машина", зведений до вала електродвигуна, кг·м²; $\Delta\omega$ – приріст кутової швидкості, рад/с; Δt – приріст часу пуску, с.

Розрахунок проводять у такій послідовності.

Користуючись каталоговими даними, розраховують механічну характеристику електродвигуна M_ω за п'ятьма характерними точками і будують її в першому квадранті прямокутної системи координат (рис.3.2).

Номінальний момент двигуна визначають за формулою:

$$M_H = 9550 \cdot \frac{P_H}{n_H}, \quad (3.5)$$

де P_H – номінальна потужність двигуна, кВт; n_H – номінальна частота обертання, об/хв.

$$M_H = 9550 \cdot \frac{7,5}{1440} = 49,7 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Номінальне ковзання електродвигуна:

$$s_H = \frac{n_c - n_H}{n_c}, \quad (3.6)$$

де $n_c = \frac{60 \cdot f}{p}$ - синхронна частота обертання електродвигуна, об/хв;

f - частота струму мережі живлення (50 Гц); p - кількість пар полюсів обмотки статора.

$$n_c = \frac{60 \cdot 50}{2} = 1500 \text{ об/хв}.$$

$$s_H = \frac{1500 - 1440}{1500} = 0,04,$$

Величину критичного моменту розраховують за формулою:

$$M_\kappa = \mu_\kappa \cdot M_H \quad (3.7)$$

$$M_\kappa = 2,2 \cdot 49,7 = 109,34 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де $\mu_\kappa = \frac{M_{макс}}{M_H} = 2,2$ - кратність критичного моменту електродвигуна;

Критичне ковзання визначають за формулою:

$$S_k = \frac{S_n + \sqrt{S_n \cdot \frac{\mu_k - 1}{\mu_1 - 1}}}{1 + \sqrt{S_n \cdot \frac{\mu_k - 1}{\mu_1 - 1}}}, \quad (3.8)$$

$$S_k = \frac{0,04 + \sqrt{0,04 \cdot \frac{2,2 - 1}{1,1 - 1}}}{1 + \sqrt{0,04 \cdot \frac{2,2 - 1}{1,1 - 1}}} = \frac{0,73}{1,69} = 0,43$$

де $\mu_1 = \frac{\mu_{\max}}{\mu_n} = 1,1$ - відношення кратностей максимального моменту до пускового;

Але при ковзанні 0,7 - 0,9 від дії магніторушійних сил (МРС) вищих гармонічних складових (в основному 5-ї і 7-ї) створюється мінімальний момент, кратність якого наводиться в каталогових даних двигуна. Тому для побудови каталожної механічної характеристики M_{δ} при номінальній напрузі мережі розраховують мінімальний момент:

$$M_{\min} = \mu_{\min} \cdot M_n \quad (3.8)$$

$$M_{\min} = 1,6 \cdot 49,7 = 79,5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

На графіку будують точку з координатами $M = M_{\min}$; $S = 0,8$ і через неї проводять плавну криву $M_{\delta,k}$, яка з'єднає M_k , M_{\min} і M_n .

За ГОСТ 183-84 допускається виготовляти електродвигуни, в яких критичний, мінімальний і пусковий моменти можуть бути меншими від каталожних значень відповідно на 10 %, 20 % і 15 %. З врахуванням цієї обставини слід визначити уточнені значення моментів:

- 1) $S=0$; $M'=0$;
- 2) $S_n=0,04$; $M'_n=49,7$;
- 3) $S_k=0,43$; $M'_k=0,9 \cdot 109,34=98,4$;
- 4) $S_{\min}=0,8$; $M'_{\min}=0,8 \cdot M_{\min}=0,8 \cdot 79,5=63,6$;
- 5) $S_n=1$; $M'_n=0,85 \cdot M_n=0,85 \cdot 99,4=84,5$;

Оскільки момент асинхронного електродвигуна змінюється пропорційно квадрату напруги, то необхідно розрахувати і побудувати штучну механічну характеристику електродвигуна з врахуванням допустимого зниження напруги від номінальної на 5 %. Розрахунок проводиться за формулами:

- 1) $S=0$; $M''=0$;
- 2) $S_H=0,04$; $M''_H=0,95^2 \cdot M'_H=0,9 \cdot 49,7=44,73$;
- 3) $S_K=0,43$; $M''_K=0,95^2 \cdot M'_K=0,9 \cdot 98,4=88,5$;
- 4) $S_{\min}=0,8$; $M''_{\min}=0,95^2 \cdot M'_{\min}=0,9 \cdot 63,6=57,2$;
- 5) $S_{\pi}=1$; $M''_{\pi}=0,95^2 \cdot M'_{\pi}=0,9 \cdot 84,5=76$.

Дані розрахунку заносимо у табл. 3.1

Таблиця 3.1

Дані для побудови механічних характеристик двигуна

S	0	0,04	0,43	0,8	1
ω , рад/с	157	150,72	89,5	31,4	0
M, Н·м	0	49,7	109,34	79,5	99,4
M', Н·м	0	49,7	98,4	63,6	84,5
M'', Н·м	0	44,73	88,5	57,2	76

За даними розрахунку будують графіки $s=f(M)$; $s=f(M'_d)$; $s=f(M''_d)$;

Залежність зведеного моменту статичних опорів робочої машини від кутової швидкості обертання $M_c=f(\omega)$ (механічну характеристику робочої машини) розраховують за рівнянням:

$$M_c = 9550 \cdot \frac{P_6}{n_n} = 9550 \cdot \frac{5,6}{1440} = 37,1 \text{ Н·м}, \quad (3.9)$$

де n_n - номінальна частота обертання електродвигуна, об/хв;

P_6 - потужність на валу робочої машини кВт.

Перехід від ковзання S до кутової швидкості ω виконують за формулою:

$$\omega = \omega_c \cdot (1-s); \quad (3.10)$$

$$\omega_1 = 157 \cdot (1-0) = 157; \quad \omega_2 = 157 \cdot (1-0,04) = 150,72; \quad \omega_3 = 157 \cdot (1-0,43) = 89,5;$$

$$\omega_4 = 157 \cdot (1-0,8) = 31,4; \quad \omega_5 = 157 \cdot (1-1) = 0.$$

де $\omega_c = \frac{2\pi f}{p}$ синхронна кутова швидкість електродвигуна, рад/с.

$$\omega_c = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 50}{2} = 157 \text{ рад/с.} \quad (3.39)$$

Графічно знаходять різницю $M_{дин} = M''_{д.} - M_c$ і будують графік динамічного моменту $\omega = f(M_{дин.})$

Графік $\omega = f(M_{дин.})$ розділяють на окремі ділянки через довільні проміжки швидкості $\Delta\omega$ і знаходять середнє значення динамічного моменту $M_{дин.сер.}$ на кожній ділянці. Значення $\Delta\omega$ вибирають такими, щоб забезпечити достатню точність визначення $M_{динсер.}$

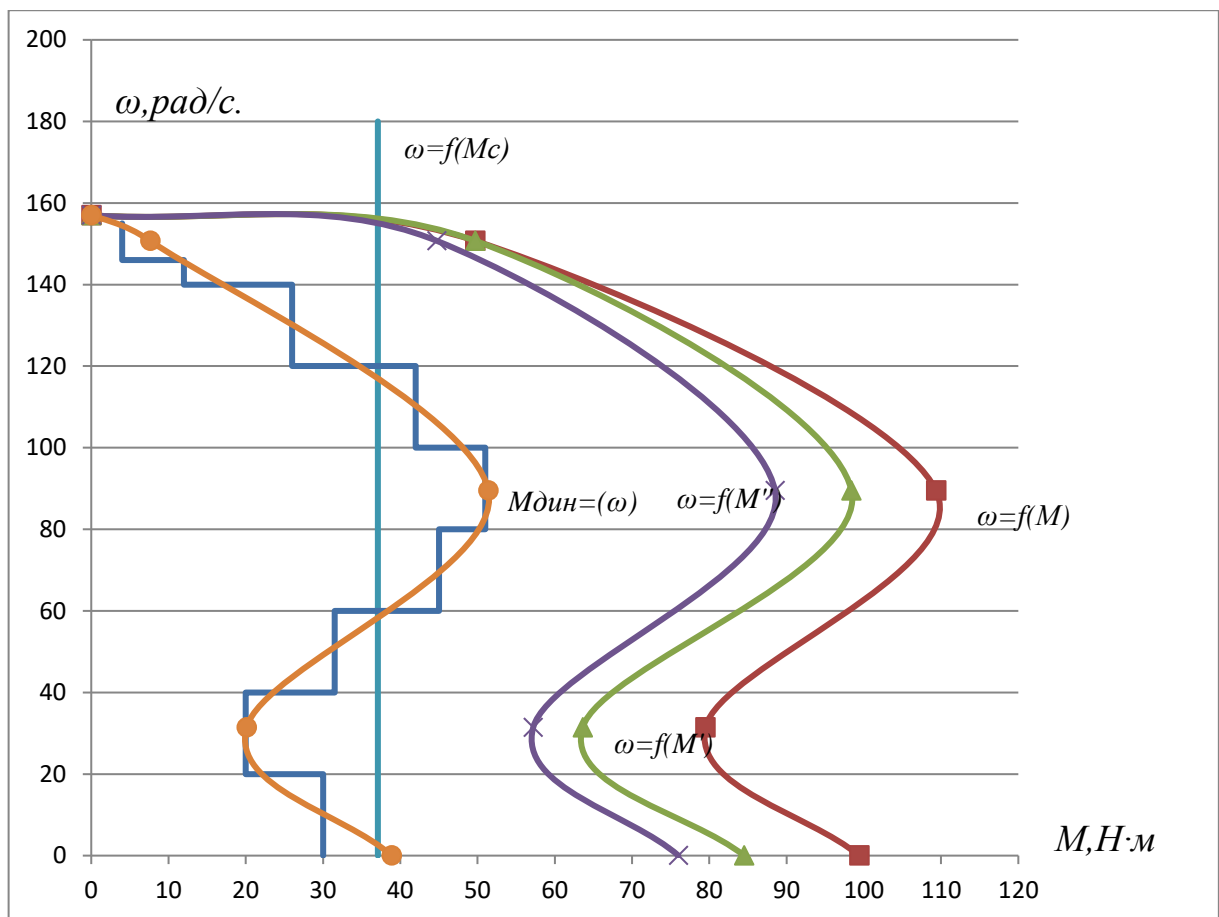


Рис.3.2. Визначення часу пуску двигуна

Зведений момент інерції електропривода і робочої машини з обертовими робочими органами до вала електродвигуна, кг/м², визначають за формулою:

$$j_{зв} = k \cdot j_{ром} + \frac{j_M}{i^2}, \quad (3.11)$$

$$j_{зв} = 1,2 \cdot 0,028 + \frac{0,94}{1,44^2} = 0,5 \text{ кг} \cdot \text{м},$$

де k – коефіцієнт, що враховує момент інерції механічної передачі від електродвигуна до робочої машини (орієнтовно $k = 1,2$); $j_{ром}$ – момент інерції ротора електродвигуна, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$; j_M – момент інерції обертових частин робочої машини, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$; $i = \frac{n_u}{n_{м.н}}$ передаточне число механічної передачі..

$$j_M = \frac{m \cdot R^2}{2} = \frac{156 \cdot 0,11^2}{2} = 0,94 \text{ кг} \cdot \text{м} \quad (3.12)$$

Визначаємо час пуску двигуна.

$$\Delta\omega_{1-7}=20; \Delta\omega_8=6; \Delta\omega_9=9;$$

$$M_{\text{дин.сер.1}}=30; M_{\text{дин.сер.2}}=20; M_{\text{дин.сер.3}}=31,5; M_{\text{дин.сер.4}}=45; M_{\text{дин.сер.5}}=51; M_{\text{дин.сер.6}}=42;$$

$$M_{\text{дин.сер.7}}=26; M_{\text{дин.сер.8}}=12; M_{\text{дин.сер.9}}=4;$$

Час пуску електропривода на i -тій ділянці графіка знаходять за виразом:

$$\Delta t_i = \frac{j \cdot \Delta\omega_i}{M_{\text{дин.сер.}i}} \quad (3.13)$$

$$\Delta t_1 = \frac{0,5 \cdot 20}{30} = 0,3c; \Delta t_2 = \frac{0,5 \cdot 20}{20} = 0,5c; \Delta t_3 = \frac{0,5 \cdot 20}{31,5} = 0,31c; \Delta t_4 = \frac{0,5 \cdot 20}{45} = 0,22c;$$

$$\Delta t_5 = \frac{0,5 \cdot 20}{51} = 0,19c; \quad \Delta t_6 = \frac{0,5 \cdot 20}{42} = 0,23c; \quad \Delta t_7 = \frac{0,5 \cdot 20}{26} = 0,38c; \quad \Delta t_8 = \frac{0,5 \cdot 6}{12} = 0,25c;$$

$$\Delta t_9 = \frac{0,5 \cdot 9}{4} = 1,125c;$$

Визначивши час пуску на кожній ділянці, повний час пуску визначають за формулою:

$$t_n = \sum_{i=1}^n \Delta t_i, \quad (3.14)$$

$$t_n = 0,3 + 0,5 + 0,31 + 0,22 + 0,19 + 0,23 + 0,38 + 0,25 + 1,125 = 3,4 \text{ с.}$$

Результати розрахунків зводять в табл.3.2.

Таблиця 3.2

Розрахунок часу пуску електродвигуна

№ Ділянки	$\Delta\omega_i$, рад/с	$M_{\text{дин.сер.і}}$, Н·м	Δt_i , с	t_n , с
1	20	30	0,3	0,3
2	20	20	0,5	0,8
3	20	31,5	0,31	1,11
4	20	45	0,22	1,33
5	20	51	0,19	1,52
6	20	42	0,23	1,75
7	20	26	0,38	2,13
8	6	12	0,25	2,38
9	9	4	1,125	3,5

Знаючи час пуску, перевіряють вибраний двигун на нагрівання під час пуску.

$$\tau_{\text{доп}} \geq \tau_{\text{факт}} = 9,8 \cdot 3,5 = 34,3^0 \text{ С}, 80 \geq 34,3,$$

Оскільки $\tau_{\text{доп}} \geq \tau_{\text{факт}} = 80 \geq 34,3$, то температура нагрівання електричної обмотки електродвигуна при пуску не перевищує допустимого значення.

Перевірку вибраного електродвигуна за умовами пуску виконують за умовою:

$$0,8 \cdot M_{\text{д.п}} > M_{\text{зрр.м}}, \quad (3.15)$$

$$0,8 \cdot 99,4 = 79,5 > 37,1 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де 0,8 - коефіцієнт запасу; $M_{\text{д.п}}$ - пусковий момент електродвигуна, визначений за каталожними даними, Н·м; $M_{\text{зр.р}}$ - момент зрушення робочої машини, зведений до вала електродвигуна.

Перевірка вибраного двигуна на перевантажувальну здатність виконують за умовою:

$$0,8 \cdot M_{\text{д.к}} > M_{\text{макс.нд}}, \quad (3.16)$$

$$0,8 \cdot 109,34 = 87,47 > 66,3 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де 0,8 - коефіцієнт запасу; $M_{\text{д.к}}$ — критичний момент електродвигуна, визначений за каталожними даними, Н·м; $M_{\text{макс.нд}}$ - максимальний статичний момент на валу електродвигуна при роботі, Н·м.

Якщо навантажувальна діаграма задана залежністю $P=f(t)$, то $M_{\text{макс.н.д}}$ наближено визначається за формулою:

$$M_{\text{макс.н.д}} = 9550 \cdot \frac{P_{\text{макс}}}{n_n} = 9550 \cdot \frac{10}{1440} = 66,3 \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (3.17)$$

де $P_{\text{макс}}$ - максимальна потужність на валу електродвигуна, визначена за навантажувальною діаграмою, кВт.

Оскільки всі вимоги перевірок виконуються, то електродвигун вибраний правильно.

За конструктивним виконанням і способом монтажу вибираємо електродвигун ІМ1081:

1- на лапах з підшипниковими щитами;

08-машина може монтуватися при будь-якому напрямку валу просторі;

1-з одним циліндричним кінцем валу.

3.3 Вплив відхилення напруги на кутову швидкість асинхронних приводів

Внаслідок відхилення напруги змінюється кутова швидкість двигуна, яка, в свою чергу, обумовлює зміну технологічних характеристик робочих машин. Тому дослідження зміни кутової швидкості асинхронних електроприводів при відхиленні напруги має теоретичне і практичне значення.

При відхиленні напруги двигун працює на робочій ділянці механічної характеристики, обмеженої ковзанням 0 і критичним s_k . При цьому можна вважати, що механічна характеристика двигуна на цій ділянці лінійна [19], тобто

$$M_\delta = \beta_\delta (\omega_0 - \omega), \quad (3.18)$$

де M_δ - момент двигуна; β_δ - жорсткість механічної характеристики електродвигуна; ω_0 - синхронна кутова швидкість; ω - задана кутова швидкість.

Механічна характеристика робочих машин описується рівнянням [19, 20]:

$$M_c = M_0 + (M_{\text{сн}} - M_0) \left(\frac{\omega}{\omega_n} \right)^x, \quad (3.19)$$

де M_c – момент статичних опорів робочої машини при заданій кутовій швидкості; M_0 – початковий момент; $M_{сн}$ – момент статичних опорів при номінальній кутовій швидкості; ω і ω_n – задане і номінальне значення кутової швидкості; x – показник степеня.

При відхиленні напруги механічна характеристика електродвигуна на робочій ділянці опишеться рівнянням:

$$M_\partial = \beta_\partial U_*^2 (\omega_0 - \omega), \quad (3.20)$$

Де $U_* = U/U_n$ – напруга у відносних одиницях.

В усталеному режимі роботи

$$\beta_\partial U_*^2 (\omega_0 - \omega) = M_0 + (M_{сн} - M_0) \left(\frac{\omega}{\omega_n} \right)^x, \quad (3.21)$$

або

$$\beta_\partial U_*^2 (\omega_0 - \omega_n \omega_*) = M_0 + (M_{сн} - M_0) \omega_*^x, \quad (3.22)$$

де $\omega_* = \omega/\omega_n$ – кутова швидкість у відносних одиницях.

Після перетворень отримаємо:

$$U_* = \sqrt{\frac{M_0 + (M_{сн} - M_0) \omega_*^x}{\beta_\partial (\omega_0 - \omega_n \omega_*)}}. \quad (3.23)$$

Як впливає із виразу (3.23), кутова швидкість двигуна змінюється заскладним алгоритмом.

Якщо знехтувати початковим моментом $M_0=0$, отримаємо

$$U_* = \sqrt{\frac{M_{сн} \omega_*^x}{\beta_\partial (\omega_0 - \omega_n \omega_*)}}. \quad (3.24)$$

Оскільки

$$M_{сн} = K_3 M_{\partial n}, \quad (3.25)$$

де K_3 – коефіцієнт завантаження двигуна,

$$\beta_\partial = \frac{M_{\partial n}}{\omega_0 - \omega_n} = \frac{M_{\partial n}}{\omega_0 s_n}, \quad (3.26)$$

де s_n – номінальне ковзання двигуна,

то вираз (3.24) можна записати як:

$$U_* = \sqrt{\frac{K_3 M_{\partial H} \omega_*^x \omega_0 s_H}{M_{\partial H} (\omega_0 - \omega_H \omega_*)}} = \sqrt{\frac{K_3 s_H \omega_*^x}{1 - \omega_* (1 - s_H)}}. \quad (3.27)$$

Вираз (3.27) також можна представити через ковзання у вигляді:

$$U_* = \sqrt{\frac{K_3 \omega_*^x s_H}{s}}. \quad (3.28)$$

Тоді для робочих машин, у яких момент статичних опорів не залежить від кутової швидкості ($x=0$), рівняння (3.28) прийме вигляд:

$$U_* = \sqrt{\frac{K_3 s_H}{s}}, \quad (3.29)$$

звідки

$$s = \frac{K_3 s_H}{U_*^2}. \quad (3.30)$$

Таким чином, для робочих машин, у яких момент статичних опорів не залежить від кутової швидкості, ковзання обернено пропорційне квадрату напруги.

Для робочих машин з вентиляторною механічною характеристикою ($x=2$) рівняння (3.28) матиме вигляд:

$$U_* = \sqrt{\frac{K_3 \omega_*^2 s_H}{s}} = \frac{1-s}{1-s_H} \sqrt{\frac{K_3 s_H}{s}}. \quad (3.31)$$

Для робочих машин, у яких момент статичних опорів зменшується із зростанням кутової швидкості ($x=-1$), рівняння (3.28) запишеться як:

$$U_* = \sqrt{\frac{K_3 s_H}{s \omega_*}} = \sqrt{\frac{K_3 s_H (1-s_H)}{s(1-s)}}. \quad (3.32)$$

Для робочих машин із вентиляторною або гіперболічною механічною характеристикою алгоритм зміни ковзання при зміні напруги є складним.

3.4 Вплив відхилення напруги на технологічні характеристики робочих машин механічної майстерні

Для металообробних верстатів швидкість різання прямо пропорційна кутовій швидкості приводного двигуна

$$v_* = \omega_* \quad (3.33)$$

У верстатів, які працюють з постійною потужністю, закон зміни швидкості різання при зміні напруги має вигляд:

$$U_* = \sqrt{\frac{M_{сн}}{\beta_\rho (\omega_0 v_* - \omega_n v_*^2)}} \quad (3.34)$$

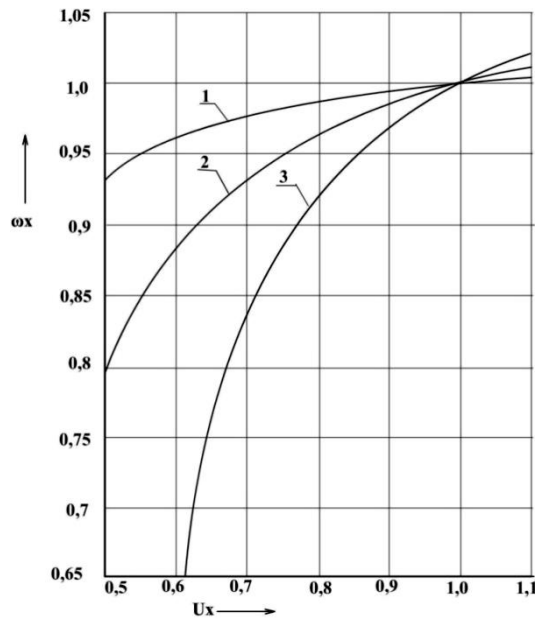


Рис. 3.3. Зміна швидкості різання від напруги в електроприводах металообробних верстатів, які працюють з постійною потужністю, при номінальному ковзанні двигуна: 1– 0,02; 2 – 0,05; 3 – 0,1

Для верстатів, які працюють з постійним моментом, цей закон записується у вигляді:

$$U_* = \sqrt{\frac{M_{сн}}{\beta_\rho (\omega_0 - \omega_n v_*)}} \quad (3.35)$$

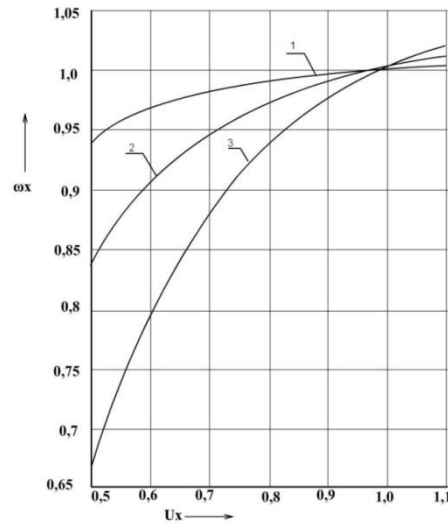


Рис. 3.4. Зміна швидкості різання від напруги в електроприводах металообробних верстатів, які працюють з постійним моментом, при номінальному ковзанні двигуна: 1– 0,02; 2 – 0,05; 3 – 0,1

Для насосів і вентиляторів продуктивність [20]

$$Q_* = \omega_*^3, \quad (3.36)$$

тиск

$$p_* = \omega_*^2, \quad (3.37)$$

потужність

$$P_* = \omega_*^3 \quad (3.38)$$

У насосів і вентиляторів початковий момент невеликий, тому алгоритм зміни продуктивності досить точно опишеться рівнянням:

$$U_* = Q_* \sqrt{\frac{K_3 s_n}{1 - Q_* (1 - s_n)}} \quad (3.39)$$

Для тиску і потужності робочої машини справедливі співвідношення:

$$U_* = \sqrt{\frac{K_3 s_n p_*}{1 - \sqrt{p_*} (1 - s_n)}} \quad (3.40)$$

$$U_* = \sqrt[3]{P_*} \sqrt{\frac{K_3 s_n}{1 - \sqrt[3]{P_*} (1 - s_n)}} \quad (3.41)$$

Були проведені експериментальні дослідження зміни продуктивності, тиску і потужності відцентрового насоса та вентилятора при відхиленні напруги. Результати досліджень представлені відповідно на рис. 3.5 і 3.6.

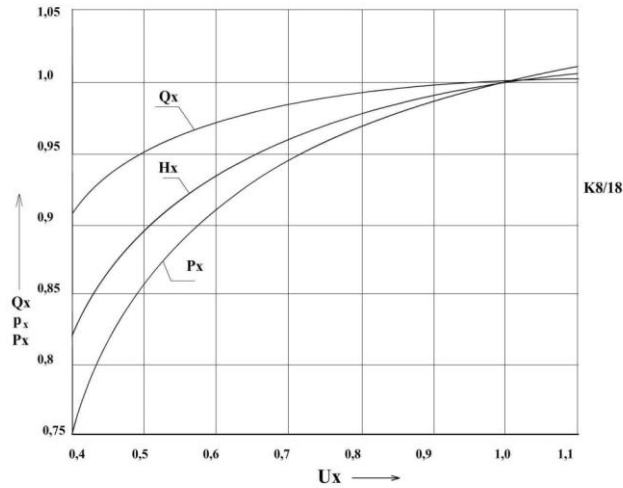


Рис. 3.5. Залежності продуктивності (Q), напору (H) і потужності (P) відцентрового насоса від напруги у відносних одиницях

Як випливає із представлених залежностей, при відхиленні напруги продуктивність, тиск та потужність насосів і вентиляторів змінюються складними алгоритмами, причому відхилення даних параметрів більш істотне для осевих вентиляторів ВО, для привода яких застосовують електродвигуни з підвищеним ковзанням АИРП.

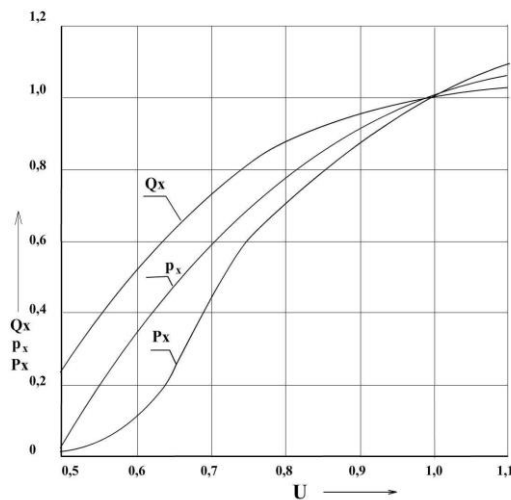


Рис. 3.6. Залежності продуктивності (Q), тиску (p) і потужності (P) осевого вентилятора від напруги у відносних одиницях

3.5 Втрати електричної енергії в електроприводах при відхиленні напруги в усталеному режимі

Для кожної електроустановки встановлені технічні межі відхилення напруги від номінальних значень, при порушенні яких обладнання може бути пошкоджено або не зможе виконувати свої функції у повному обсязі. Але навіть у вказаних технічних межах зміни напруги призводять до суттєвої зміни економічності роботи установки.

Тому важливо знати втрати, які виникають при відхиленні напруги від номінального значення. Визначення структури цих втрат на основі результатів обстеження системи електропостачання є актуальним завданням.

В асинхронному двигуні до постійних втрат відносяться механічні втрати ΔP_m , втрати в сталі статора ΔP_{cm1} і в сталі ротора ΔP_{cm2} та втрати в обмотці статора від струму намагнічування I_μ :

$$\Delta P_c = \Delta P_m + \Delta P_{cm1} + \Delta P_{cm2} + 3I_\mu^2 R_l \quad (3.42)$$

Механічні втрати визначаються за наближеною формулою

$$\Delta P_m = \Delta P_{m.n} \left(\frac{\omega}{\omega_n} \right)^2, \quad (3.43)$$

де $\Delta P_{m.n}$ – механічні втрати при номінальній швидкості.

Втрати в сталі від вихрових струмів і гістерезису визначаються за формулою:

$$\Delta P_{cm} = \Delta P_{cm1} + \Delta P_{cm2} \approx \Delta P_{cm1n} \left(\frac{U}{U_n} \right)^2 \left(\frac{f_1}{f_{1n}} \right)^{1.3} (1 + s^{1.3}), \quad (3.44)$$

де ΔP_{cm1n} – втрати в сталі статора при номінальних значеннях частоти і напруги живлення.

При відхиленні напруги $f_1 = f_{1n}$ і вираз (3.44) має вигляд:

$$\Delta P_{cm} \approx \Delta P_{cm1n} U_*^2 (1 + s^{1.3}). \quad (3.45)$$

Для робочих машин, у яких $M_c = \text{const}$, вираз (3.45) прийме вигляд:

$$\Delta P_{cm} \approx \Delta P_{cm1n} \left(U_*^2 + \frac{K_s^{1.3} S_n^{1.3}}{U_*^{0.6}} \right). \quad (3.46)$$

Як впливає із виразу (3.46), відхилення напруги несуттєво впливає на втрати в сталі асинхронного двигуна.

Змінні втрати потужності при зміні напруги живлення асинхронного електродвигуна визначаються виразом:

$$\Delta P_v = \Delta P_{v2} + \Delta P_{v1} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2'}\right) M(\omega_0 - \omega), \quad (3.47)$$

де ΔP_{v2} , ΔP_{v1} – змінні втрати потужності в колах ротора і статора; R_1 – активний опір обмотки ротора; R_2' – опір обмотки ротора, зведений до обмотки статора; M – момент двигуна; ω_0 – синхронна кутова швидкість.

Якщо момент статичних опорів робочої машини не залежить від кутової швидкості, тобто $M_c = const$, тоді вираз (3.47) можна записати у вигляді:

$$\Delta P_v = \left(1 + \frac{R_1}{R_2'}\right) \frac{M_c^2}{\beta_\delta}. \quad (3.48)$$

При відхиленні напруги живлення змінні втрати потужності в асинхронному двигуні запишуться вигляді:

$$\Delta P_v = \left(1 + \frac{R_1}{R_2'}\right) \frac{M_c^2}{\beta_\delta U_*^2}, \quad (3.49)$$

або

$$\Delta P = \Delta P_n / U_*^2, \quad (3.50)$$

де ΔP_n – змінні втрати при номінальній напрузі.

Таким чином, змінні втрати потужності у асинхронного двигуна обернено пропорційні квадрату напруги. При підвищенні напруги вони зменшуються порівняно з номінальними, а при зниженні – зростають.

Постійні втрати потужності при зниженні напруги зменшуються. Оскільки постійні втрати потужності значно менші за змінні втрати, то при зниженні напруги втрати потужності будуть зростати, а при підвищенні – зменшуватися.

При несиметрії напруги живлення змінні втрати потужності в асинхронному двигуні запишуться вигляді:

$$\Delta P_v = \left(1 + \frac{R_1}{R_2'}\right) \frac{M_c^2}{\beta_{\delta a}}, \quad (3.51)$$

де $\beta_{\partial a}$ – жорсткість робочої ділянки механічної характеристики асинхронного двигуна при несиметрії напруги.

Як впливає із виразу (3.51), змінні втрати потужності при несиметрії напруги зростають, хоча постійні втрати при цьому дещо знижуються.

3.6 Енергетика перехідних процесів у асинхронних електроприводах при відхиленні напруги

Якщо знехтувати постійними втратами, як незначними при перехідних процесах, то втрати енергії у перехідних режимах в асинхронному електроприводі при роботі без навантаження, коли $M_c=0$, складуть:

$$\Delta A_{v0} = J \left(1 + \frac{R_1}{R_2'}\right) \int_{\omega_{поч}}^{\omega_{кін}} (\omega_0 - \omega) d\omega = J \left(1 + \frac{R_1}{R_2'}\right) \left(\omega_0 (\omega_{кін} - \omega_{поч}) - \frac{\omega_{кін}^2 - \omega_{поч}^2}{2} \right). \quad (3.52)$$

Вираз (3.51) можна також представити через ковзання двигуна у вигляді:

$$\Delta A_{v0} = \frac{J\omega_0^2}{2} \left(1 + \frac{R_1}{R_2'}\right) (s_{поч}^2 - s_{кін}^2). \quad (3.53)$$

Отже, втрати енергії в асинхронному електродвигуні при перехідних процесах без навантаження не залежать від форми механічної характеристики, тривалості перехідного процесу, а також напруги.

Для визначення втрат енергії в асинхронному електроприводі при наявності навантаження:

$$\Delta A_{vc} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2'}\right) \left[\int_0^{t_n} M_c (\omega_0 - \omega) dt + J \left(\omega_0 (\omega_{кін} - \omega_{поч}) + \frac{\omega_{кін}^2 - \omega_{поч}^2}{2} \right) \right]. \quad (3.54)$$

Дане рівняння (3.54) не має аналітичного розв'язку, тому що швидкість ω , а в деяких випадках і момент двигуна M є нелінійними функціями часу.

Якщо $M_c = const$, то втрати енергії при пуску двигуна визначаються виразом:

$$\Delta A_{nc} = J \left(1 + \frac{R_1}{R_2'}\right) \left[\left(\omega_0 \omega_c - \frac{\omega_c^2}{2} \right) + M_c \omega_0 t_n - M_c \int_0^{t_n} \omega dt \right]. \quad (3.55)$$

Втрати енергії в обмотках статора і ротора обумовлені розгоном двигуна до ustalеної швидкості ω_c , а також спричинені наявністю моменту статичних опорів M_c .

Втрати енергії при пуску двигуна і відхиленні напруги визначаються виразом:

$$\Delta A_{nc} = J \left(1 + \frac{R_1}{R_2'} \right) \left[\left(\frac{\omega_0^2}{2} - \frac{M_c^2}{2\beta_\delta^2 U_*^4} \right) + M_c \omega_0 t_n(U) - M_c \int_0^{t_n} \omega dt \right]. \quad (3.56)$$

Втрати енергії при пуску двигуна і несиметрії напруги визначаються виразом:

$$\Delta A_{nc} = J \left(1 + \frac{R_1}{R_2'} \right) \left[\left(\frac{\omega_0^2}{2} - \frac{M_c^2}{2\beta_{\delta a}^2} \right) + M_c \omega_0 t_n(U_a) - M_c \int_0^{t_n} \omega dt \right]. \quad (3.57)$$

У даному випадку зниження і асиметрія напруги викликає зменшення моменту двигуна і, відповідно, зростання часу пуску, тоді як кутова швидкість двигуна неістотно відрізняється від синхронної, тому при зниженні і несиметрії напруги втрати енергії в асинхронному електроприводі зростають.

При гальмуванні електродвигуна противмиканням втрати енергії визначаються залежністю:

$$\Delta A_{enc} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2'} \right) \left[J \left(\omega_0 \omega_c + \frac{\omega_c^2}{2} \right) - M_c \omega_0 t_z - M_c \int_0^{t_z} \omega dt \right]. \quad (3.58)$$

Втрати енергії в двигуні порівняно з роботою вхолосту зменшуються при гальмуванні.

При відхиленні напруги втрати енергії при гальмуванні двигуна противмиканням описуються залежністю:

$$\Delta A_{enc} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2'} \right) \left[J \left(\frac{3}{2} \omega_0^2 - 2\omega_0 \frac{M_c}{\beta_\delta U_*^2} + \frac{M_c^2}{2\beta_\delta^2 U_*^4} \right) - M_c \omega_0 t_z(U) - M_c \int_0^{t_z} \omega dt \right]. \quad (3.59)$$

При несиметрії напруги втрати енергії при гальмуванні двигуна противмиканням визначаються залежністю:

$$\Delta A_{enc} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2'} \right) \left[J \left(\frac{3}{2} \omega_0^2 - 2\omega_0 \frac{M_c}{\beta_{\delta a}} + \frac{M_c^2}{2\beta_{\delta a}^2} \right) - M_c \omega_0 t_z(U_a) - M_c \int_0^{t_z} \omega dt \right]. \quad (3.60)$$

При гальмуванні двигуна противмиканням зниження і несиметрія напруги викликає зростання часу гальмування і зменшення втрат енергії.

При підвищенні частоти струму втрати енергії в обмотках двигуна зростають за рахунок підвищення кутової швидкості.

При динамічному гальмуванні втрати енергії в обмотках ротора визначаються залежністю:

$$\Delta A_{\text{зодс}} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2'}\right) \left(\frac{J\omega_c^2}{2} - M_c \int_0^{t_2} \omega dt \right). \quad (3.61)$$

При відхиленні напруги втрати енергії в обмотках ротора при динамічному гальмуванні двигуна описуються залежністю:

$$\Delta A_{\text{зодс}} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2'}\right) \left(\frac{J}{2} \left(\omega_0 - \frac{M_c}{\beta_o U_*^2} \right)^2 - M_c \int_0^{t_2} \omega dt \right), \quad (3.62)$$

а при несиметрії напруги:

$$\Delta A_{\text{зодс}} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2'}\right) \left(\frac{J}{2} \left(\omega_0 - \frac{M_c}{\beta_{o_a}} \right)^2 - M_c \int_0^{t_2} \omega dt \right). \quad (3.63)$$

Аналіз формул (3.61) і (3.62) показує, що втрати енергії в обмотках ротора при зниженні і несиметрії напруги зменшуються, а при її підвищенні – зростають.

Момент статичних опорів металообробних верстатів стрибкоподібно змінюється від $M_{\text{ноч}}$ до M_c . В асинхронних електродвигунах цей перехідний процес відбувається на робочій ділянці механічної характеристика двигуна, яка описується, як і для двигунів постійногоструму незалежного і паралельного збудження, лінійною залежністю.

У даному випадку кутова швидкість двигуна змінюється за законом:

$$\omega = \omega_c (1 - e^{-t/T_m}) + \omega_{\text{ноч}} e^{-t/T_m}. \quad (3.64)$$

Для визначення втрат енергії скористаємося формулою:

$$\Delta A_{\text{vc}} = \int_0^t M (\omega_0 - \omega) dt = \int_0^{t_n} M_c (\omega_0 - \omega) dt + J \left((\omega_0 (\omega_{\text{кін}} - \omega_{\text{ноч}}) + \frac{\omega_{\text{кін}}^2 - \omega_{\text{ноч}}^2}{2}) \right). \quad (3.65)$$

Момент двигуна в початковий момент часу:

$$M_{\text{ноч}} = \beta_o (\omega_0 - \omega_{\text{ноч}}), \quad (3.66)$$

звідки кутова швидкість в даний момент часу становитиме:

$$\omega_{ноч} = \omega_0 - \frac{M_{ноч}}{\beta_\delta}. \quad (3.67)$$

Момент двигуна кінцевий момент часу:

$$M_{ноч} = \beta_\delta (\omega_0 - \omega_{кін}), \quad (3.68)$$

звідки кутова швидкість двигуна даний момент часу визначиться за формулою:

$$\omega_{ноч} = \omega_0 - \frac{M_{кін}}{\beta_\delta}. \quad (3.69)$$

Якщо вирази (3.67) і (3.69) підставити у формулу (3.65), то після перетворень отримаємо:

$$\Delta A_{vc} = \int_0^{t_{кін}} M_c (\omega_0 - \omega) dt + \frac{J}{2\beta_\delta^2} (M_{ноч}^2 - M_{кін}^2). \quad (3.70)$$

Складову втрат енергії, викликану зміною навантаження, визначимо, підставивши у формулу (3.65) вираз для кутової швидкості (3.64):

$$\begin{aligned} \int_0^{t_{кін}} M (\omega_0 - \omega) dt &= \int_0^{t_{кін}} M_c (\omega_0 - \omega_c (1 - e^{-t/T_m}) - \omega_{ноч} e^{-t/T_m}) dt = \\ &= M_c \int_0^{t_{кін}} \left(\omega_0 - \left(\omega_0 - \frac{M_c}{\beta_\delta} \right) (1 - e^{-t/T_m}) - \omega_{ноч} e^{-t/T_m} \right) dt. \end{aligned} \quad (3.71)$$

Після перетворень отримаємо:

$$\int_0^{t_{кін}} M (\omega_0 - \omega) dt = \frac{M_c}{\beta_\delta} [M_c t_{кін} + T_m (M_{ноч} - M_c) (1 - e^{-t_{кін}/T_m})]. \quad (3.72)$$

Тоді втрати енергії в електроприводі з двигунами постійного струму незалежного і паралельного збудження, що працює з ударним навантаженням, становитиме:

$$\Delta A_{vc} = \frac{T_m}{2\beta_\delta} (M_{ноч}^2 - M_{кін}^2) + \frac{M_c}{\beta_\delta} [M_c t_{кін} + T_m (M_{ноч} - M_c) (1 - e^{-t_{кін}/T_m})] \quad (3.73)$$

Коли кінцевий момент двигуна досягає усталеного значення, тобто $M_{кін} = M_c$, то вираз (3.73) прийме вигляд:

$$\Delta A_{vc} = \frac{T_m}{2\beta_\delta} (M_{ноч}^2 - M_c^2) + \frac{M_c^2}{\beta_\delta} t_{кін} + T_m \frac{M_c}{\beta_\delta} (M_{ноч} - M_c) (1 - e^{-t_{кін}/T_m}). \quad (3.74)$$

Оскільки електромеханічна стала часу, час перехідного процесу і жорсткість механічної характеристики двигуна при ударному навантаженні не залежать від напруги, то втрати енергії у електроприводі з двигунами постійного струму

незалежного і паралельного збудження при ударному навантаженні залишаються незмінними при відхиленні напруги.

Із врахуванням виразу (3.29), втрати енергії у асинхронному електроприводі складатимуть:

$$\Delta A_{vc} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2'}\right) \left[\frac{T_m}{2\beta_\delta} (M_{noch}^2 - M_c^2) + \frac{M_c^2}{\beta_\delta} t_{кин} + T_m \frac{M_c}{\beta_\delta} (M_{noch} - M_c) (1 - e^{-t/T_m}) \right]. \quad (3.75)$$

При ударному навантаженні електромеханічна стала часу, час перехідного процесу і жорсткість механічної характеристики двигуна не залежать від частоти струму, тому втрати енергії у асинхронному електроприводі при ударному навантаженні залишаються незмінними при відхиленні частоти струму.

При відхиленні напруги втрати енергії у асинхронному електроприводі при ударному навантаженні визначатимуться за формулою:

$$\Delta A_{vc} = \frac{1}{\beta_\delta U_*^4} \left(1 + \frac{R_1}{R_2'}\right) \left[\frac{T_{mn}}{2} (M_{noch}^2 - M_c^2) + M_c^2 t_{кин} + T_{mn} M_c (M_{noch} - M_c) (1 - e^{-U_*^2 t / T_{mn}}) \right]. \quad (3.76)$$

Таким чином, втрати енергії у асинхронному електроприводі при ударному навантаженні обернено пропорційні напрузі у четвертій степені.

При зниженні напруги вони зростають, а при підвищенні – зменшуються.

При несиметрії напруги втрати енергії у асинхронному електроприводі при ударному навантаженні визначатимуться за формулою:

$$\Delta A_{vc} = \frac{1}{\beta_{\delta a}} \left(1 + \frac{R_1}{R_2'}\right) \left[\frac{T_{ma}}{2} (M_{noch}^2 - M_c^2) + M_c^2 t_{кин} + T_{ma} M_c (M_{noch} - M_c) (1 - e^{-t/T_{ma}}) \right], \quad (3.77)$$

де $\beta_{\delta a}$ – жорсткість механічної характеристики електродвигуна при несиметрії напруги, T_{ma} – електромеханічна стала часу при асиметрії напруги.

Як впливає із формули (3.77), при несиметрії напруги втрати енергії у асинхронному електроприводі при ударному навантаженні зростають порівняно з симетричним режимом роботи.

3.7 Розробка принципіальної електричної схеми пристрою контролю напруги і обліку перерв в електропостачанні

Для невеликих сільськогосподарських підприємств, цехів, виробництв доцільно застосовувати недорогий та надійний в роботі пристрій контролю напруги та обліку перерв у постачанні електричної енергії.

Пристрій контролю напруги і обліку перерв в електропостачанні повинен забезпечувати виконання таких основних функцій. В реальному часі контролювати рівень діючої напруги в мережі. При зникненні напруги пристрій повинен зафіксувати час і дату цих подій, а після досягнення напругою заданого граничного значення - зафіксувати час і дату появи напруги. За цими часовими відліками далі визначити тривалість відключень та їх кількість. Пристрій повинен забезпечувати накопичення отриманої інформації про відхилення та відключення напруги, формувати протоколи вимірювань і працювати в автономному режимі упродовж місяця.

Структурна схема пристрою зображена на рис.3.7.

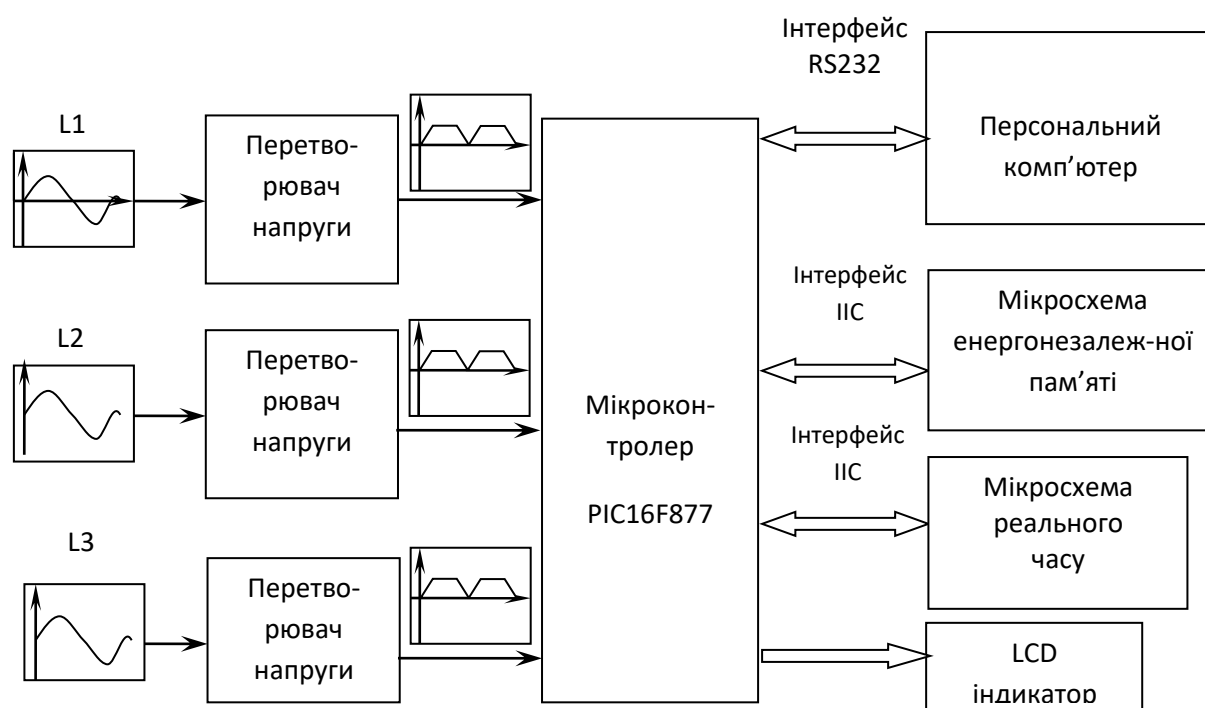


Рис. 3.7. Структурна схема пристрою контролю напруги і обліку перерв в електропостачанні

Розробку пристрою контролю напруги і обліку перерв в електропостачанні доцільно виконувати на базі PIC-мікроконтролера. Мікроконтролери сімейства PIC мають ефективну систему команд, що складається усього з 35 інструкцій. Усі

інструкції виконуються за один цикл, за винятком умовних переходів і команд, що змінюють програмний лічильник і виконуються за 2 цикли. Один цикл виконання інструкції складається з 4 періодів тактової частоти. Таким чином, при частоті 4 МГц час виконання інструкції складає 1 мкс. Кожна інструкція складається з 14 біт, що поділяються на код операції й операнд (можлива маніпуляція з регістрами, комітками пам'яті і безпосередніх даних).

Характеристики мікроконтролера PIC16F877: високошвидкісна RISC-архітектура; тактова частота 3,6864 МГц; модуль 10-розрядного 5-канального АЦП; до 8×14 слів FLASH пам'яті програм; до 192 байт пам'яті даних (ОЗУ); до 128 байт EEPROM-пам'яті даних; 4 порти вводу/виводу (А, В, С, Е); 3 таймери; 2 модулі захват/порівняння/ШІМ, модулі послідовного інтерфейсу MSSP, USART, модулі паралельного інтерфейсу; 8-рівневий апаратний стек.

Вхідним сигналом пристрою контролю відхилення напруги і обліку перерв в електропостачанні є фазна напруга, яка вимірюється в трьох фазах. Для аналого-цифрового перетворення вхідного сигналу його необхідно випрямити і забезпечити діапазон зміни у межах від 0 до 5 В. Гальванічна розв'язка між мережею та колом керування забезпечується трансформатором напруги ТПП238. Його вторинна обмотка приєднана до входу діодного моста (DF08M), який виконує двонапівперіодне випрямлення сигналу напруги.

Резисторний подільник напруги ($R_2=56$ кОм, $R_4=8,8$ кОм) масштабує вихідний сигнал діодного моста в межах 0...5 В. Якщо прийняти, що рівень діючої фазної напруги може підніматись до граничного значення 253 В, то миттєве амплітудне значення лінійної напруги буде становити:

$$U_a = \sqrt{2} \cdot U_o = \sqrt{2} \cdot 253 \text{ В} = 358 \text{ В} . \quad (3.78)$$

Таким чином, на вхід аналого-цифрового перетворювача (АЦП) подається сигнал, що має вигляд, представлений на рис. 3.8.

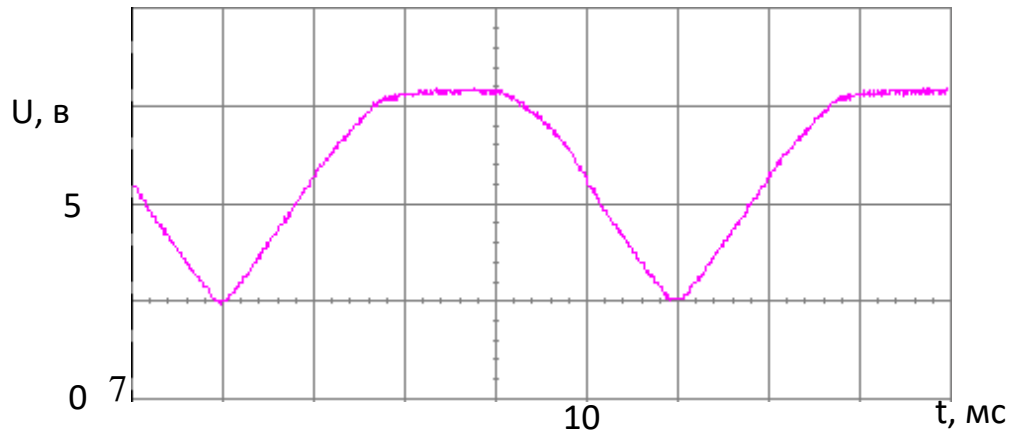


Рис. 3.8. Осцилограма вхідного сигналу АЦП

АЦП мікроконтролера вимірює миттєві значення напруги. Так як частота струму в мережі становить 50 Гц, то період синусоїдальної напруги дорівнює:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50 \text{ Гц}} = 0,02 \text{ с} = 20 \text{ мс} \quad (3.79)$$

Період сигналу, що надходить до АЦП, у два рази менший і складає 10 мс.

За час виконується вимірювання двадцяти миттєвих значень напруги. Тривалість аналого-цифрового перетворення становить близько 50 мкс. Між послідовними вимірюваннями слід забезпечувати затримку:

$$\tau = \frac{T_c}{20} = \frac{10 \text{ мс}}{20} = 0,5 \text{ мс} = 500 \text{ мкс}. \quad (3.80)$$

З урахуванням тривалості перетворення реальна затримка повинна складати:

$$\tau_3 = \tau - 50 \text{ мкс} = 500 \text{ мкс} - 50 \text{ мкс} = 450 \text{ мкс}. \quad (3.80)$$

Напруга живлення мікроконтролера 5 В $\pm 5\%$ забезпечується блоком живлення. Під час відключень джерелом живлення МК стає батарея (4,5 В).

Для визначення реального часу, необхідного для реєстрації моментів зникнення та появи напруги в мережі, використовується мікросхемареального часу МК41Т56. Для обліку відключень електроенергії використовується енергонезалежна пам'ять – мікросхема EEPROM.

Названі мікросхеми мають вбудований інтерфейс зв'язку ІС (Inter Interchange Circuit). Апаратно він реалізується як дві лінії (рис.3.9): SCL – тактовий сигнал (синхронізація) та SDA – лінія даних. Обидві лінії під'єднані через опори до напруги живлення.

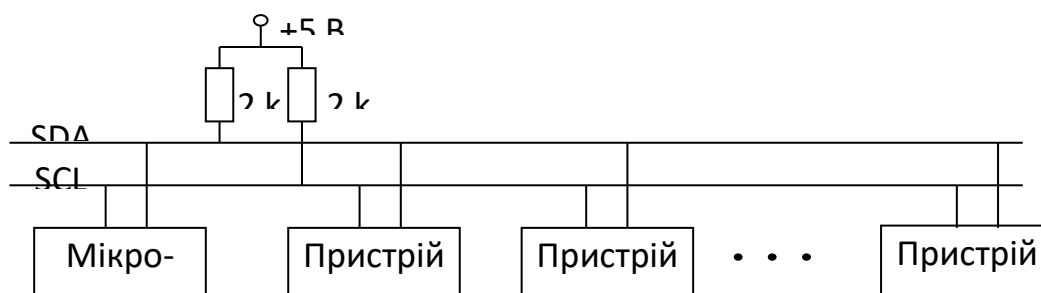


Рис. 3.9. Апаратна організація інтерфейсу ІІС

Кожний приймач має унікальну адресу з 7 бітів (є можливість використовувати 10-бітові адреси).

Пристрій, що формує тактові сигнали на шині SCL - ведучий (master), пристрій, що їх сприймає – ведений (slave). Пристрій, який передає дані по шині SDA - передавач (transmitter), а той, що їх сприймає – приймач (receiver).

Можливі два види взаємодії: ведучий передавач – ведений приймач; ведений передавач – ведучий приймач.

У мікроконтролері є вбудований модуль MSSP, який може забезпечувати обмін у режимі ІІС. Його використання значно спрощує операції обміну через те, що значна частина операцій виконується апаратно (без участі програми).

Мікросхема реального часу є оперативною пам'яттю з 64-х однобайтових комірок оперативної пам'яті. Її перші адреси мають спеціальне призначення для відліку реального часу, інші комірки можуть бути використані довільно.

Таблиця 3.3

Карта пам'яті мікросхеми МК41Т56

Адреса	Дані								Функція	Діапазон
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0		
0	ST	десятки секунд			одиниці секунд			секунди	00-59	
1	X	десятки хвилин			одиниці хвилин			хвилини	00-59	
2	X	X	10 годин		одиниці годин			години	00-24	
3	X	X	X	X	X	день тижня		день	1-7	
4	X	X	10 днів міс.		одиниці днів місяця			дата	01-31	
5	X	X	X	10 міс	одиниці місяців			місяць	01-12	
6	десятки років				одиниці років			рік	00-99	
7	OUT	FT	S	калібровочне число				керування		

ST – стоп; OUT – вихід; FT – частотний тест;

S – знак калібровочного числа; X – не використовується.

Усі цифри подаються у двійково-десятковій системі. Обмін по ПС мікросхема здійснює в режимі веденої.

Мікросхема енергонезалежної пам'яті EEPROM типу 24LC64 має 8 кбайтів постійної пам'яті. Мікросхема EEPROM пам'яті обмінюється даними нтерфейсом ПС як ведена. Мікросхема пам'яті 24LC64 має 7-розрядну адресу 1010000.

Індикацію поточного часу, рівня діючої напруги в мережі та кількості відключень електричної енергії на даний момент. виконує рідкокристалічний індикатор. Оптимальним за можливостями та ціною є індикатор фірми Ampire марки AC162AUJLY-H .

Основна програма мікроконтролера передбачає послідовний запис даних для відображення у всі 32 комірки пам'яті індикатора.

Для обміну даними між мікроконтролером та персональним комп'ютером (ПК) використовується послідовний інтерфейс RS-232C. Дані в RS-232C передаються у послідовному коді побайтно. Кожний байт супроводжується стартовим і стоповим бітами. Дані можуть передаватися як в одну, так і в іншусторону (дуплексний режим). Швидкість передачі по RS-232C може вибиратися з ряду: 110, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200 біт/с.

Обмін по RS-232C здійснюється за допомогою звертань поспеціально виділених для цього портах COM1, COM2, COM3, COM4. Для синхронно-асинхронної передачі або прийому даних у мікроконтролері існує спеціальний модуль USART [8] і спеціальна мікросхема ST232BN. Роботу модуля забезпечують регістри спеціального призначення TXSTA, RCSTA, SPBRG. У них встановлюється режим та швидкість обміну даними. Дані, що передаються до ПК, повинні бути записані в регістр TXREG. Дані, що приймаються, знаходяться в регістрі RCREG.

Розроблена принципіальна електрична схема пристрою контролю відхилення напруги і обліку перерв в електропостачанні наведена на рис. 3.10.

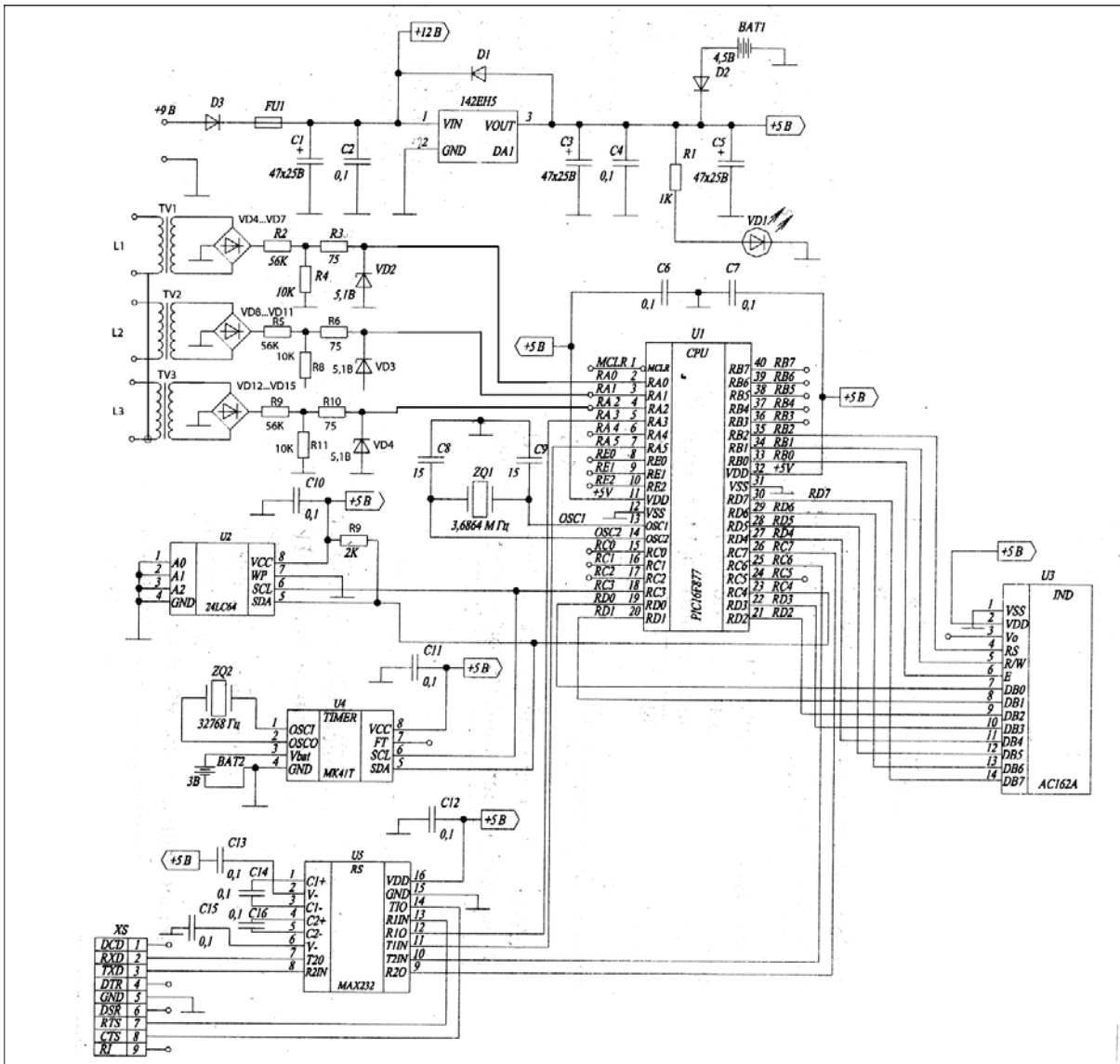


Рис. 3.10. Принципіальна електрична схема пристрою контролю відхилення напруги і обліку перерв в електропостачанні

<i>Познач .</i>	<i>Найменування</i>	<i>Кіл.</i>	<i>Примітка</i>
	<u><i>Батареї</i></u>		
<i>BAT1</i>	<i>AA 1,5B</i>	<i>3</i>	
<i>BAT2</i>	<i>CELL3V 3B</i>	<i>1</i>	
	<u><i>Діоди</i></u>		
<i>D1,D3,D4</i>	<i>FR157</i>	<i>3</i>	
<i>D2</i>	<i>1N5817</i>	<i>1</i>	
<i>D5...D8</i>	<i>Діодний міст 1-фазний DF08M 800В 1А D-70</i>	<i>1</i>	
<i>VD1</i>	<i>Світловий діод LED</i>	<i>1</i>	
<i>U3</i>	<i>Індикатор LCD AC162AYJQY-H</i>	<i>1</i>	
	<u><i>Кварцові резонатори</i></u>		
<i>ZQ1</i>	<i>3,6864М Гц</i>	<i>1</i>	
<i>ZQ2</i>	<i>32768 Гц</i>	<i>1</i>	
	<u><i>Конденсатори</i></u>		
<i>C1,C3,C5</i>	<i>CAP25V 47x25B</i>	<i>3</i>	
<i>C2,C4</i>	<i>CAP1206 0,1</i>	<i>2</i>	
<i>C6,C7,C10-C16</i>	<i>CAP805 0,1</i>	<i>9</i>	
<i>C8,C9</i>	<i>CAP805 15</i>	<i>2</i>	
	<u><i>Мікросхеми</i></u>		
<i>U1</i>	<i>Мікропроцесор PIC16F877</i>	<i>1</i>	
<i>U2</i>	<i>EEPROM 24LC64</i>	<i>1</i>	
<i>U4</i>	<i>Мікросхема реального часу МК41Т</i>	<i>1</i>	
<i>U5</i>	<i>Мікросхема USART MAX232</i>	<i>1</i>	
	<u><i>Резистори</i></u>		
<i>R1</i>	<i>RES805 1K</i>	<i>1</i>	
<i>R2</i>	<i>RES805 56K</i>	<i>1</i>	
<i>R3</i>	<i>RES805 75</i>	<i>1</i>	
<i>R4</i>	<i>RES805 10K</i>	<i>1</i>	
<i>R5</i>	<i>RES805 2K</i>	<i>1</i>	
<i>XS</i>	<i>Роз 'єм DB-9F</i>	<i>1</i>	
<i>VD2</i>	<i>Стабілітрон 1N4733A 5,1В 1 Вт</i>	<i>1</i>	
<i>TV</i>	<i>Трансформатор ТПП238</i>	<i>1</i>	

Розроблений алгоритм роботи пристрою контролю відхилення напруги і обліку перерв в електропостачанні наведений нарис.3.11.

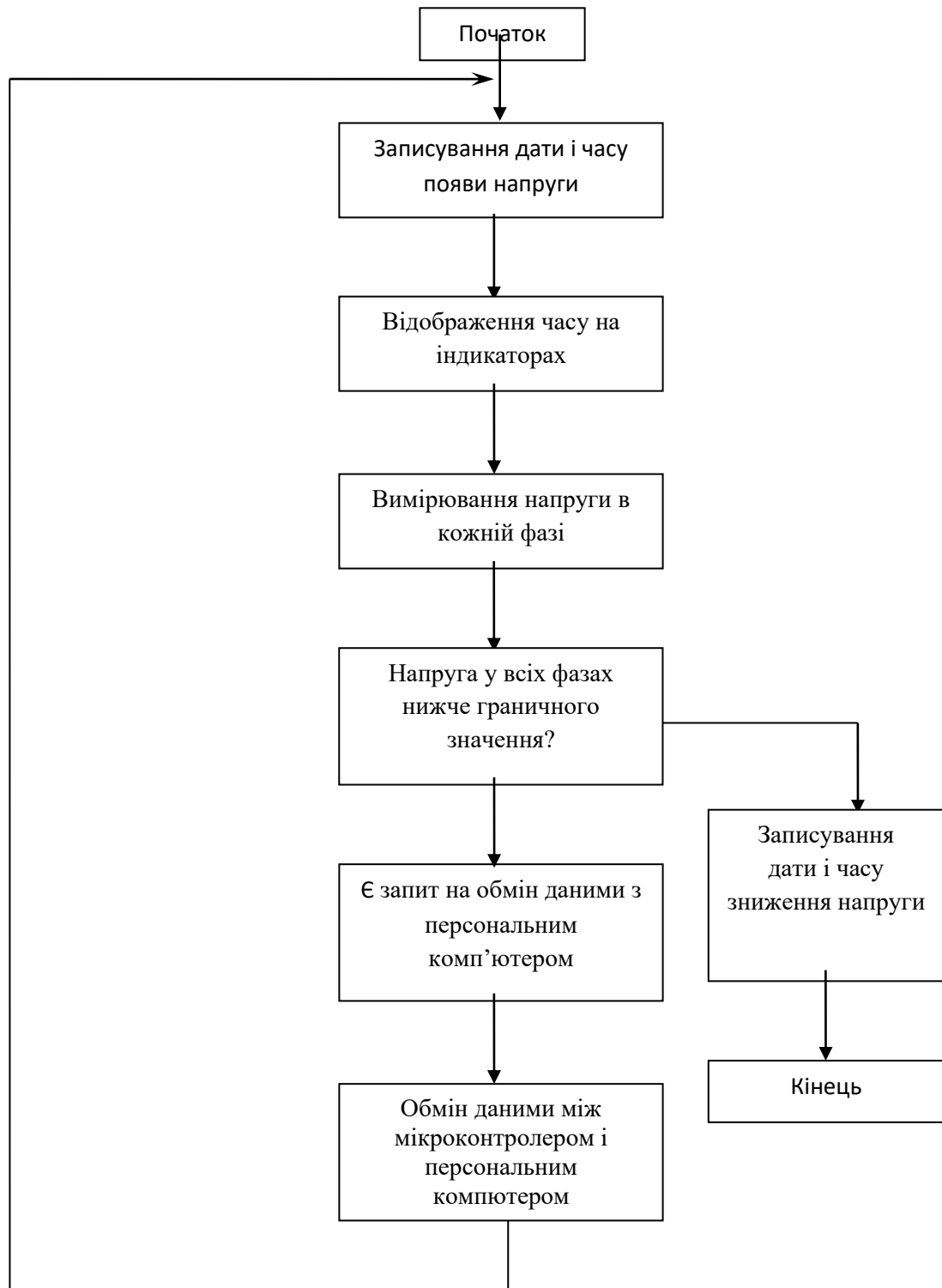


Рис. 3.11. Алгоритм роботи пристрою контролю відхилення напруги і обліку перерв в електропостачанні

Аналого-цифровий перетворювач (АЦП) мікроконтролера формує цифровий код, який відповідає рівню аналогового сигналу в усіх трьох фазах. Мікроконтролер, отримавши цей код, порівнює його із заданими граничним значенням напруги. Кількість опитувань за півперіод (10 мс) складає двадцять разів.

Якщо напруга всіх трьох фаз менше граничного значення (що відповідає події відключення напруги), мікроконтролер звертається до мікросхеми реального часу (МК41Т56), фіксує час і дату події й заносить інформацію про час і дату відключення напруги до мікросхеми енергонезалежної пам'яті (мікросхема EEPROM типу 24LC64). Обмін даними з мікроконтролером здійснюється інтерфейсом ІС. Після появи напруги живлення мікроконтролер знову опитує АЦП. При досягненні сигналом заданого граничного значення знову відбувається запис часу і дати появи напруги живлення.

Програма для мікроконтролера розроблена на мові програмування низького рівня Assembler усередовищі MPLAB IDE for Windows/16 5.70.40 (рис. 3.12).

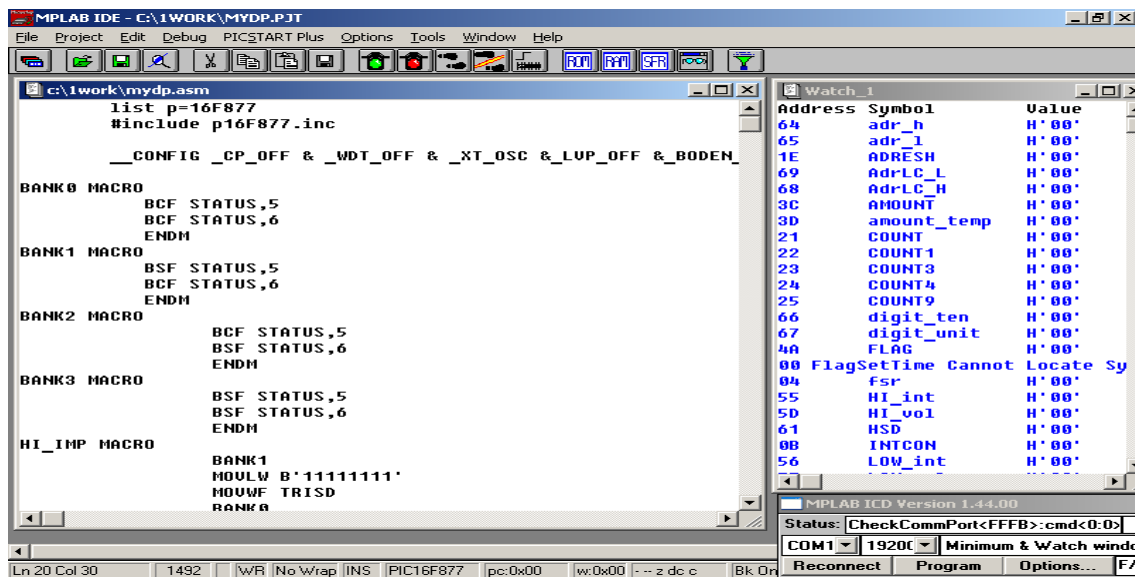


Рис. 3.12. Вікно програмного середовища MPLAB IDE for Windows/16 5.70.40

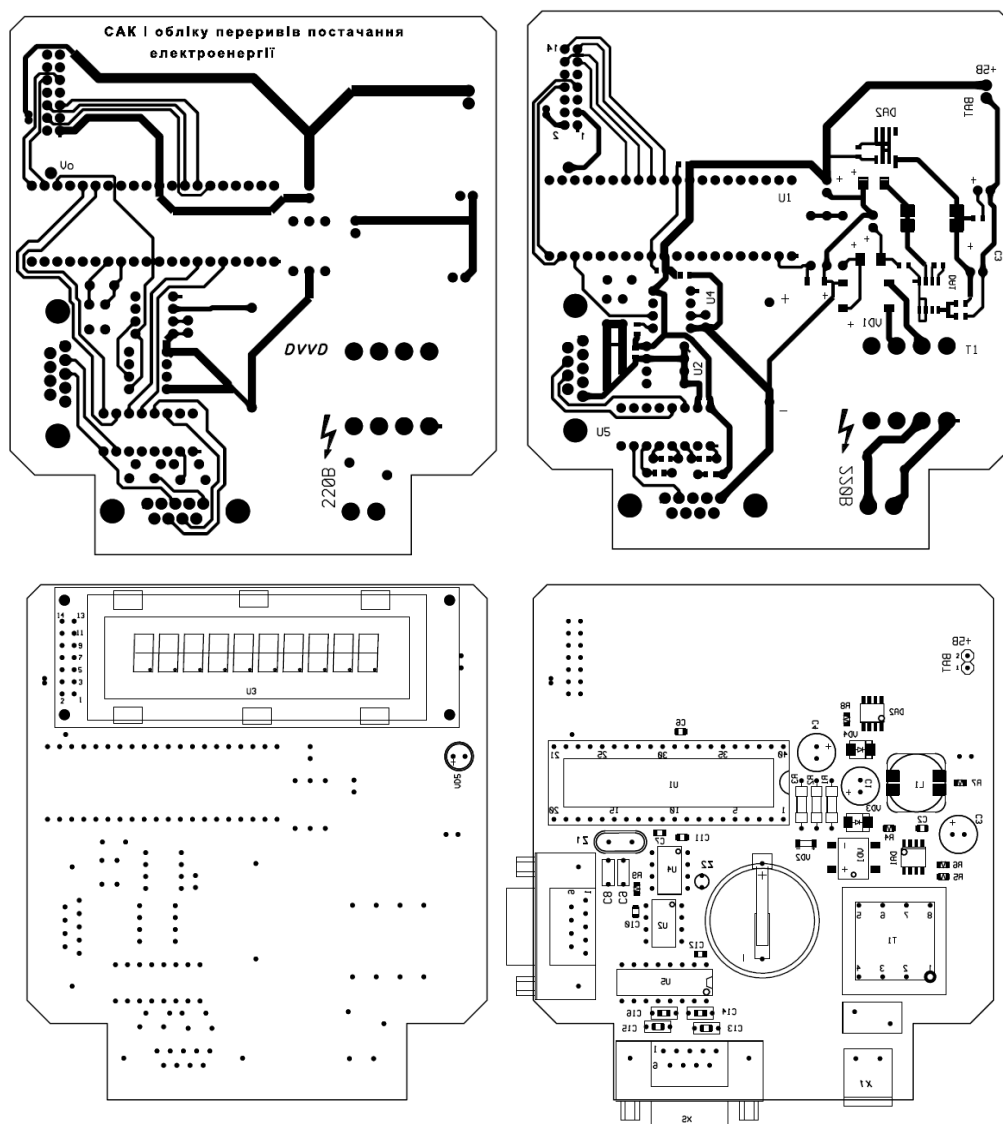


Рис. 3.13. Друковані плати пристрою контролю відхилення напруги і обліку перерв в електропостачанні

РОЗДІЛ 4

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ У МЕХАНІЧНІЙ МАЙСТЕРНІ

Оскільки ККД та коефіцієнт потужності електродвигуна залежать від його завантаження, то необхідно вибирати електродвигуни необхідної потужності. Електродвигун заниженої потужності швидко виходить з ладу, а завищеної потужності неефективно перетворюють електроенергію, мають високі питомі втрати потужності в самому двигуні та в мережі живлення (низький $\cos\phi$). Під час роботи електродвигун необхідно повністю завантажувати і недопускати роботу на холостому ході.

Застосування енергозберігаючих двигунів, в яких підвищені номінальні значення ККД і $\cos\phi$, зменшує втрати енергії.

Перехід нерегульованого електропривода до регульованого також зменшує втрати енергії. Аналіз енергетичних характеристик елементів силового каналу електропривода показує, що принципово є два шляхи для зменшення енергоспоживання: за рахунок зниження втрат в силових перетворювачах електропривода і за рахунок регулювання технологічних показників робочої машини при зміні швидкості двигуна. Фактично другий шлях призводить до зниження втрат енергії в робочій машині, яка при регулюванні швидкості точніше з точки зору енергетичних витрат пристосовується до вимог технологічного процесу. При переході до регульованого електропривода економія енергії часто досягається за рахунок того технологічного процесу, який привод обслуговує, причому економія інколи у багато разів перевищує власне споживання електроприводом.

Існують і інші шляхи енергозбереження в електроприводах, такі як підвищення якості ремонту електродвигунів, використання перемикачів обмоток електродвигуна з „трикутника” на „зірку” при неповному завантаженні, застосування синхронних двигунів тощо.

В освітлювальних установках енергозбереження забезпечується переходом на енергозберігаючі лампи.

Автоматизація технологічних процесів також сприяє зменшенню споживання електричної енергії.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Загальні правила техніки безпеки в механічній майстерні

Виконання робіт у механічній майстерні потребує дотримання правил техніки безпеки.

Електроустановка у механічній майстерні повинна бути такою, щоб: унеможливилось випадкове доторкування до частин, які знаходяться під напругою; унеможливилась поява небезпечної для персоналу напруги на провідних частинах, які нормально знаходяться без напруги; передбачались заходи, які попереджають виникнення пожежі і обмежують її розповсюдження; забезпечувалась надійність роботи і легкість обслуговування.

Ці вимоги досягаються за допомогою: належної ізоляції електричних проводів; обмеження величин застосованої напруги; набором і переліком належних будівельних монтажних матеріалів; застосуванням механічних і електричних огорож і блокувань; застосуванням захисних засобів (штанги, кліщі, інструмент з ізолюючими ручками, ізолюючих підставок, резинових доріжок і килимків, резинові перчатки і рукавиць, резинові боти і калоші.); застосуванням заходів, які усувають небезпеку при переході напруги на металеві не струмопровідні частини установок, і в першу чергу – виконанням захисних заземлень і ізолюючих площадок.

Приєднання до заземлюючого пристрою металевих не струмоведучих частин установки, ізольованих від частин які знаходяться під напругою, виконані для захисту людей від небезпечної напруги дотику і кроку, називається захисним заземленням.

Зануленням називається електричне з'єднання металеві частини установки, нормально ізольовані від частин, які знаходяться під напругою, з заземленим наглухо нейтральним проводом.

В установках напругою вище 1000 В застосовується виключно захисне заземлення.

В установках напругою до 1000 В у мережах з глухо заземленою нейтраллю потрібно застосовувати занулення, а у мережах, з відсутньою глухо заземленою нейтраллю – захисне заземлення.

Організація та обладнання робочих місць при роботі на металообробних верстатах [10] мають відповідати вимогам ДНАОП 0.03-1.48-89,ГОСТ 12.2.003-91, ГОСТ 12.2.033-84,ГОСТ 12.4.026-76,ГОСТ 12.2.06-81.

Зони обробки універсальних верстатів, призначених для обробки заготовок діаметром до 630 мм включно, необхідно огороджувати захисним пристроєм (екраном). З боку, протилежного робочому місцю, у цій зоні також повинен бути екран.

Як технічний захист від дрібної стружки, що відлітає при швидкісному різанні, застосовують різноманітні сружковідвідники і спеціальні екрани.

Для захисту працюючого від випадкового вилітання деталі з кулачків патрона токарного верстата призначений кожух з металевим каркасом.

Затискні патрони універсальних токарних верстатів повинні мати огороження, яке можна легко відводити убік під часу становлювання та знімання заготовок, не обмежуючи технологічні можливості верстатів.

Корпуси пристроїв, які закріплюються на планшайбах токарно-карусельних верстатів і повинні затискувати оброблювану деталь, мають утримуватись на планшайбах в основному за допомогою жорстких упорів і додатково силою тертя, що утворюється кріпильними гвинтами.

При закріпленні деталі в кулачковому патроні або використанні планшайб деталь слід захоплювати кулачками на якомога більшу довжину. Після закріплення деталі кулачки не повинні виступати з патрона або планшайби за межі їхнього зовнішнього діаметра.

Пруткові токарні автомати та пруткові револьверні верстати повинні мати по всій довжині прутків огороження, оснащене шумопоглинальним пристроєм.

Розміщений зовні верстата пристрій для подавання прутків повинен мати огороження, яке не перешкоджає доступу до цього пристрою.

Різці слід закріплювати з мінімально можливим вильотом з різцетримача (виліт різця не повинен перевищувати більше ніж у 1,5 раза висоту державки) і не

менше ніж двома болтами. Різальна кромка різця повинна виставлятися по осі оброблюваної деталі.

Для обробки в'язких металів (сталей), що дають зливну стрічкову стружку, необхідно застосовувати різці з викружками, накладними стружколамачами або стружкозавивачами. Для обробки крихких металів (чавуну, бронзи тощо) з утворенням подрібненої сталевої стружки слід застосовувати захисні пристрої: спеціальні стружковідвідники, прозорі екрани або індивідуальні щитки для захисту обличчя. У разі заміни супорта, під час устанавлювання або знімання деталей та інструмента, ручної обробки деталі (зачищення, шліфування), усунення биття револьверну головку тасупорт з інструментом необхідно відводити на безпечну відстань. Для зачищення виробів на верстаті шкуркою або порошком слід застосовувати притискні колодки.

Забороняється під час виконання робіт на металообробних верстатах токарної групи:

- користуватись затискними патронами, - якщо спрацьовані робочі площини кулачків;
- працювати з необерттовим центром задньої бабки - у разі швидкісного різання;
- працювати без закріплення патрона сухарями - для запобігання самовідвертанню в разі реверсування;
- гальмувати обертання шпинделя натискуванням руки наоберттові частини верстатаабо деталі;
- залишати в револьверній головці інструмент, який не використовується для обробки даної деталі;
- перебувати між деталлю та верстатом - під часу становлення деталі на верстат;
- притримувати руками кінець важкої деталі або заготовки, що відрізається;
- класти деталі, інструмент та інші предмети настанину верстата та кришку передньої бабки;
- закладати і подавати рукою в шпиндель оброблюваний пруток - при ввімкненому верстаті;

- вимірювати оброблювану деталь скобою, калібром, масштабною лінійкою, штангенциркулем, мікрометром тощо - до повної зупинки верстата, відведення супорта та револьверної головки на безпечну відстань;
- заточувати короткі різці без застосування відповідної оправки.

5.2 Вибір індивідуальних засобів захисту

Для безпечної роботи при обслуговуванні електроустановок механічної майстерні передбачено забезпечення обслуговуючого персоналу основними та додатковими засобами захисту, розрахунок яких виконано відповідно до "Норм комплектування засобами захисту", які викладено в ПТЕ і ПТБ (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Засоби захисту обслуговуючого персоналу

Найменування	Марка	ГОСТ, ТУ	Од. вим.	Кільк.	При-мітка
1. Штанга оперативна універсальна	ШОУ-10У1	ТУ16538231-74	шт.	4	Засоби захисту зберігаються в спец. шафі в диспетчерській
2. Кліщі ізоляційні	К-1000	ТУ34281706-76	шт.	6	
3. Показчик напруги	УНН-1		шт	5	
4. Кліщі вимірювальні	Ц-91		шт.	4	
5. Монтажний інструмент з ізольованими ручками	КСН4-2	ТУ3428100Т2-80	ком	20	
6. Рукавиці діелектричні		ТУ38106359-79	пар	8	
7. Боти діелектричні		ГОСТ13385-78	пар.	6	
8. Переносні заземлення 0,4 кВ		ГОСТ121018-79	шт.	3	
9. Килимок діелектричний 45x45 см		ГОСТ4997-75	шт.	7	
10. Плакати і знаки безпеки		ГОСТ124026-76	шт	10	

5.3 Розрахунок заземлювального пристрою трансформаторної підстанції

Методом коефіцієнта використання розраховуємо заземлювальний пристрій трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ (потужність трансформатора $S_T=250$ кВА), який передбачається виконати у вигляді замкнутого контура із сталюї штаби з прямокутним перерізом 40×4 мм і вертикальними електродами діаметром 0,012 м завдовжки $l=5$ м, закладеними на глибинут=0,8 м від поверхні землі з двошаровою електричною структурою:

$$\rho_1 = 220 \text{ Ом} \cdot \text{м}; \rho_2 = 150 \text{ Ом} \cdot \text{м}; h_1 = 2,8 \text{ м}; m = \rho_1 / \rho_2 = 220 / 150 = 1,47.$$

Середньорічна тривалість гроз становить 60 год. Довжина повітряної мережі напругою 10 кВ $L_{\text{п}}=100$ км

Як природній заземлювач використовується залізобетонний фундамент будівлі (площа будівлі $S_6=50$ м²). Схема повітряної мережі напругою 0,38 кВ наведена на рис. 6.1.

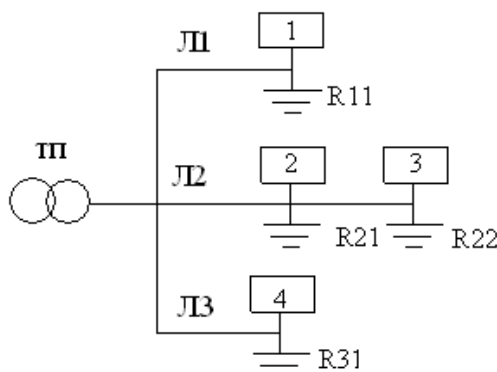


Рис.5.1 Розрахункова схема мережі 0,38 кВ:

1 – цех №1; 2 – цех №2; 3 – цех №3; 4 – сервісний центр

Оскільки на трансформаторній підстанції використовуються електроустановки напругою до і понад 1000 В, то заземлювальний пристрій має відповідати таким вимогам:

- мережі напругою 0,38 кВ із глухозаземленою нейтраллю;
- мережі напругою 10 кВ з ізольованою нейтраллю.

1. Висуваємо до заземлювального пристрою вимоги мережі 0,38 кВ.

Для визначення допустимої величини опору заземлювального пристрою обчислюємо еквівалентний природний опір двошарового ґрунту $\text{Ом} \cdot \text{м}$, за формулою:

$$\rho_{екв} = \frac{\rho_1 \cdot \rho_2 \cdot l}{\rho_1 \cdot (t+l-h_1) + \rho_2 \cdot (h_1-t)}, \quad (5.1)$$

де ρ_1 – питомий опір верхнього шару ґрунту, $Ом \cdot м$;

ρ_2 – питомий опір нижнього шару ґрунту, $Ом \cdot м$;

t – глибина залягання електродів, м;

h_1 – 2,8 м;

l – довжина електродів, м.

$$\rho_{екв} = \frac{220 \cdot 150 \cdot 5}{220 \cdot (0,8 + 5 - 2,8) + 150 \cdot (2,8 - 0,8)} = 172 \text{ Ом} \cdot \text{м},$$

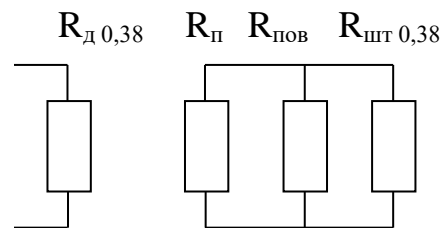


Рис.5.2. Схема заміщення

Оскільки $\rho_{екв} > 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$, то допустимий опір $R_{д,0,38}$ заземлювального пристрою можна перерахувати:

$$R_{д,0,38} \leq 4 \cdot \rho_{екв} / 100 = 4 \cdot \rho_{екв} / 100 = 6,9 \text{ Ом}, \quad (5.2)$$

а опір $R_{шт,0,38}$ штучного заземлювача

$$R_{шт,0,38} = 30 \cdot \rho_{екв} / 100 = 30 \cdot \rho_{екв} / 100 = 51,6 \text{ Ом}. \quad (5.3)$$

Допустимий опір $R_{д,0,38}$ відповідно до схеми заміщення повинен бути забезпечений з урахуванням природних заземлювачів R_n , штучних заземлювачів $R_{шт}$ і сумарного опору всіх повторних заземлень повітряної лінії 0,38 кВ:

$$\frac{1}{R_{д,0,38}} = \frac{1}{R_n} + \frac{1}{R_{шт}} + \frac{1}{R_{пов}}. \quad (5.4)$$

Визначаємо величину опору R_n за формулою:

$$R_n = 0,5 \cdot \rho_{еф} / \sqrt{S_б}, \quad (5.5)$$

$$\rho_{еф} = \rho_1 \cdot \left(1 - e^{-\alpha \cdot \frac{h_1}{\sqrt{S_б}}}\right) + \rho_2 \cdot \left(1 - e^{-\beta \cdot \frac{\sqrt{S_б}}{h_1}}\right), \quad (5.6)$$

де ρ_1 – питомий опір верхнього шару ґрунту, $Ом \cdot м$;

ρ_2 – питомий опір нижнього шару ґрунту, $Ом \cdot м$;

$h_1 = 2,8$ м;

$\alpha=3,6$; $\beta=0,1$; оскільки $\rho_1 > \rho_2$.

$$\rho_{e\phi} = 220 \cdot \left(1 - e^{-3,6 \frac{2,8}{\sqrt{50}}}\right) + 150 \cdot \left(1 - e^{-0,1 \cdot \frac{\sqrt{50}}{2,8}}\right) = 200,6 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Тоді $R_n = 0,5 \cdot 200,6 / \sqrt{50} = 14,2 \text{ Ом}.$

Визначаємо величину сумарного опору $R_{нов}$ і заземлювальних пристроїв мережі 0,38 кВ. Для цього в заданій схемі мережі розставимо заземлювальні пристрої.

Допустима величина сумарного опору заземлювальних пристроїв повітряної лінії 0,38 кВ з урахуванням обчисленого вище еквівалентного питомого опору ґрунту не повинно перевищувати:

$$R_n \leq 10 \cdot \rho_{екв} / 100 = 10 \cdot 172 / 100 = 17,2 \text{ Ом}, \quad (5.7)$$

а кожного повторного заземлювача:

$$R_{нз} \leq 13 \cdot \rho_{екв} / 100 = 13 \cdot 172 / 100 = 22,4 \text{ Ом}. \quad (5.8)$$

Для розрахунків по лініях $R_{нз} = 20 \text{ Ом}$, що менше допустимого.

$$Л1 = 13/1 = 13 < 17,2 \text{ Ом}.$$

Сумарний опір $R_{нов}$ буде:

$$R_{нов} = \frac{R_{Л1} \cdot R_{Л2} \cdot R_{Л3}}{R_{Л1} \cdot R_{Л2} + R_{Л2} \cdot R_{Л3} + R_{Л1} \cdot R_{Л3}}, \quad (5.9)$$

$$R_{нов} = 13 \text{ Ом}.$$

Визначаємо сумарне значення R_n і $R_{нов}$:

$$R_{сум} = \frac{R_{нов} \cdot R_n}{R_{нов} + R_n} = \frac{13 \cdot 14,2}{13 + 14,2} = 6,8 \text{ Ом}. \quad (5.10)$$

Оскільки $R_{сум} = 6,8 \text{ Ом}$ $R_{д0,38} = 6,88 \text{ Ом}$, то опір $R_{шт0,38}$ штучного заземлювача приймаємо максимально допустимим за ПВЕ, тобто

$$R_{шт0,38} \leq 22,4 \text{ Ом}.$$

2. Висуваємо вимоги мережі 10 кВ до заземлювального пристрою (рис.5.3)

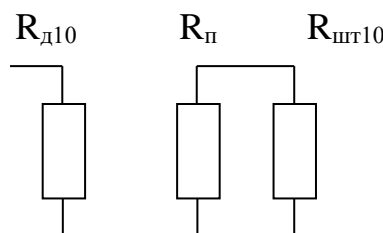


Рис. 5.3 Схема заміщення мережі 10кВ

Допустима величина опору $R_{\partial 10}$ заземлювального пристрою визначається за формулою:

$$R_{\partial 10} = \frac{125}{I_3} \leq 10 \text{ Ом}, \quad (5.11)$$

де I_3 – струм однофазного замикання на землю.

$$I_3 = \frac{U \cdot (L_n + 35 \cdot L_k)}{350}, \quad (5.12)$$

$$I_3 = \frac{10 \cdot (50 + 35 \cdot 0)}{350} = 1,4 \text{ А};$$

Тоді приймаємо $R_{\partial 10} = 10$ Ом.

Оскільки $R_n R_{\partial 10}$, то величина опору $R_{шт10}$ штучного заземлювача визначається, згідно зі схемою заміщення, за формулою:

$$R_{шт10} = \frac{R_n \cdot R_{\partial 10}}{R_n - R_{\partial 10}} = \frac{14,2 \cdot 10}{14,2 - 10} = 33,8 \text{ Ом}. \quad (5.13)$$

Отже, $R_{шт10} = 33,8$ Ом.

Порівнявши величини $R_{шт0,38}$ і $R_{шт10}$, для розрахунку вибираємо меншу з них, тобто $R_{шт0,38} \leq 22,4$ Ом. (вона задовольняє умови як мережі 0,38 кВ, так і мережі 10 кВ).

Визначаємо опори вертикальних і горизонтальних елементів заземлювача.

Опір R_{ϵ} одного вертикального заземлювача визначаємо за формулою:

$$R_{\epsilon} = \frac{K_c \cdot \rho_{\text{зем}}}{2\pi \cdot l} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot h + l}{4 \cdot h - l} \right), \quad (5.14)$$

де K_c - коефіцієнт сезонності, $K_c = 1,15$;

t – глибина закладання стержня, м;

l – довжина стержня, м;

h – відстань від поверхні землі до середини стержня, м;

$$h = t + 0,5l = 0,8 + 0,55 = 3,3 \text{ м.}$$

$$R_{\epsilon} = \frac{1,15 \cdot 172}{2 \cdot 3,14 \cdot 5} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 5}{0,012} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 3,3 + 5}{4 \cdot 3,3 - 5} \right) = 44,85 \text{ Ом.}$$

Провідність вертикального стержня буде:

$$g_{\epsilon} = 1/R_{\epsilon} = 1/44,85 = 0,022 \text{ См}. \quad (5.15)$$

Визначаємо попередню кількість вертикальних стержнів без урахування екранування між ними

$$n = R_g/R_{шт} = 44,85/33,8 = 1,32. \quad (5.16)$$

Приймаємо 4 вертикальні стержні. Схема контура заземлювача у вигляді квадрата із стороною 9м наведена на рис. 5.4. з якого видно, що довжина l_r горизонтальних елементів заземлювача становить 36м.

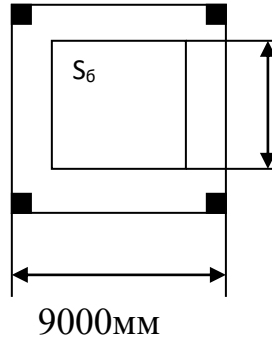


Рис.5.4 Схема контура заземлення

Для визначення опору горизонтальних елементів спочатку визначаємо за даними табл.2.6 [15] еквівалентний опір ρ_{ez} ґрунту з використанням лінійної інтерполяції.

1. $\rho_1/\rho_2 = 1$, $h_1=3$ м, $l_r=36$ м між $l_r=30$ м і $l_r=40$ м;

$$\rho_{ez}/\rho_2 = 1,50 + \frac{1,48 - 1,50}{40 - 30} \cdot (36 - 30) = 1,49.$$

2. $\rho_1/\rho_2 = 2$, $h_1=3$ м, $l_r=36$ м між $l_r=30$ м і $l_r=40$ м;

$$\rho_{ez}/\rho_2 = 1,76 + \frac{1,72 - 1,76}{40 - 30} \cdot (36 - 30) = 1,74.$$

3. $\rho_1/\rho_2 = 1,47$ між $\rho_1/\rho_2 = 1$ і $\rho_1/\rho_2 = 2$, $h_1=3$ м, $l_r=36$ м;

$$\rho_1/\rho_2 = 1,49 + \frac{1,74 - 1,49}{2 - 1} \cdot (1,47 - 1) = 1,61.$$

Тоді $\rho_{ez} = 1,61 \cdot \rho_2 = 1,61 \cdot 150 = 241,5$ Ом·м.

Тепер визначаємо опір горизонтального елемента заземлювача за формулою:

$$R_z = \frac{K_c \cdot \rho_{ez}}{2 \cdot \pi \cdot l_z} \cdot \ln \frac{2 \cdot l_z^2}{b \cdot t}, \quad (5.17)$$

де $K_c = 2$ – коефіцієнт сезонності для горизонтального елемента;

$$R_z = \frac{2 \cdot 241,5}{2 \cdot 3,14 \cdot 36} \cdot \ln \frac{2 \cdot 36^2}{0,04 \cdot 0,8} = 16,48$$
 Ом.

Провідність горизонтального елемента заземлювача буде:

$$g_z = 1/R_z = 1/16,48 = 0,061$$
 См.

Значення коефіцієнта використання η знаходимо шляхом послідовної лінійної інтерполяції.

$$1. \rho_1/\rho_2 = 1; n = 4; h_1/l = 0,5; a/l = 1,8 \text{ між } a/l = 1 \text{ і } a/l = 2;$$

$$\eta = 0,505 + \frac{0,540 - 0,505}{2 - 1} \cdot (1,8 - 1) = 0,533;$$

$$2. \rho_1/\rho_2 = 1; n = 4; h_1/l = 1; a/l = 1,8 \text{ між } a/l = 1 \text{ і } a/l = 2;$$

$$\eta = 0,505 + \frac{0,540 - 0,505}{2 - 1} \cdot (1,8 - 1) = 0,533;$$

$$3. \rho_1/\rho_2 = 1; n = 4; h_1/l = 0,56; a/l = 1,8;$$

$$\eta = 0,533;$$

$$4. \rho_1/\rho_2 = 3; n = 4; h_1/l = 0,5; a/l = 1,8 \text{ між } a/l = 1 \text{ і } a/l = 2;$$

$$\eta = 0,631 + \frac{0,670 - 0,631}{2 - 1} \cdot (1,8 - 1) = 0,662;$$

$$5. \rho_1/\rho_2 = 3; n = 4; h_1/l = 1; a/l = 1,8 \text{ між } a/l = 1 \text{ і } a/l = 2;$$

$$\eta = 0,607 + \frac{0,655 - 0,607}{2 - 1} \cdot (1,8 - 1) = 0,645;$$

$$6. \rho_1/\rho_2 = 3; n = 4; a/l = 1,8; h_1/l = 0,56 \text{ між } h_1/l = 0,5 \text{ і } h_1/l = 1;$$

$$\eta = 0,662 + \frac{0,645 - 0,662}{1 - 0,5} \cdot (0,56 - 0,5) = 0,66;$$

$$7. \rho_1/\rho_2 = 1,47 \text{ між } \rho_1/\rho_2 = 1 \text{ і } \rho_1/\rho_2 = 3; n = 4; h_1/l = 0,56; a/l = 1,8;$$

$$\eta = 0,533 + \frac{0,660 - 0,533}{3 - 1} \cdot (1,47 - 1) = 0,563.$$

Тепер опір штучного заземлювача трансформаторної підстанції, Ом, визначаємо за формулою:

$$R_{шт} = 1/(\eta \cdot (n \cdot g_с + g_2)), \quad (5.18)$$

$$R_{шт} = 1/(0,563 \cdot (4 \cdot 0,022 + 0,061)) = 11,92 \text{ Ом} < 33,8 \text{ Ом}.$$

Як видно з виразу, опір розрахованого штучного заземлювача менший від допустимого значення.

Таким чином, штучний заземлювач є замкненим контуром, що включає 4 вертикальні стержні завдовжки 5м кожний, діаметром 0,012 м, з'єднаних горизонтальною штабою перерізом 40×4мм, завдовжки 36м.

Загальний опір $R_з$ заземлювача з врахуванням опорів природного заземлювача і повторних заземлень нульового проводу ПЛ при цьому буде:

$$\frac{1}{R_3} = \frac{1}{R_n} + \frac{1}{R_{шт}} + \frac{1}{R_{нос}}, C_M \quad (5.19)$$

$$\frac{1}{R_3} = \frac{1}{14,18} + \frac{1}{11,92} + \frac{1}{5} = 0,354 C_M$$

Звідки, $R_3=2,82$ Ом $R_{доп}=6,88$ Ом, що задовольняє вимоги ПУЕ.

5.4 Протипожежні заходи у механічній майстерні

Вибираємо такі протипожежні заходи:

- Будинок обладнується протипожежним водопостачанням, пожежною сигналізацією, яка виводиться на пульт чергового на прохідній.
- Передбачається блискавкозахист механічної майстерні.
- У механічній майстерні передбачаються первинні засоби протипожежного захисту: вогнегасники, ручний інструмент, ящики з піском.

5.5 Блискавкозахист механічної майстерні

На проектування, будівництво, реконструкцію і експлуатацію блискавкозахисту всіх видів будівель, споруд і промислових комунікацій незалежно від відомчої належності та форми власності розповсюджуються вимоги Національного стандарту України «Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд» (ІЕС 62305:2006, NEQ), ДСТУ Б В.2.5-38:2008.

Захист споруд від прямих ударів блискавки здійснюють за допомогою блискавковідводів. Складовими частинами останніх є: блискавкоприймач, що безпосередньо сприймає удар блискавки; заземлювач, через який струм стікає в землю; струмовідвід, що з'єднує блискавкоприймач із заземлювачем; опори, на яких змонтовано блискавкоприймач і струмовідвід.

Вибір типу і висоти блискавковідводів провадиться виходячи зі значень необхідної надійності. Об'єкт вважається захищеним, якщо сукупність всіх його блискавковідводів забезпечує надійність захисту не менше R_3 .

У всіх випадках система захисту від прямих ударів блискавки вибирається так, щоб максимально використовувалися природні блискавковідводи, а якщо забезпечувана ними захищеність недостатня — в комбінації зі спеціально встановленими блискавковідводами.

За інших рівних умов висоту блискавковідводів можна понизити, якщо замість стрижньових конструкцій застосовувати тросові, особливо при їх підвішуванні по зовнішньому периметру об'єкта.

Якщо захист об'єкта забезпечується найпростішими блискавковідводами (одиничним стрижньовим, одиничним тросовим, подвійним стрижньовим, подвійним тросовим, замкнутим тросовим), розміри блискавковідводів можна визначати, користуючись зонами захисту блискавковідводів, які відповідають заданому значенню P_3 .

У разі проектування блискавкозахисту для звичайного об'єкта, можливо визначення зон захисту блискавковідводів за захисним кутом або методом фіктивної сфери.

Зони захисту одиничних стрижньових блискавковідводів

Стандартною зоною захисту одиничного стрижньового блискавковідводу висотою h є круговий конус висотою $h_0 < h$, вершина якого співпадає з вертикальною віссю блискавковідводу. Габарити зони визначаються двома параметрами: висотою конуса h_0 і радіусом конуса на рівні землі r_0 .

Для захисту будівлі механічної майстерні від потрапляння блискавки виберемо блискавковідвід висотою $h=30$ м, тоді висота конуса буде:

$$h_0 = 0,8 \cdot h; \quad (5.20)$$

$$h_0 = 0,8 \cdot 30 = 24 \text{ м.}$$

Радіус конуса:

$$r_0 = 0,8 \cdot h; \quad (5.21)$$

$$r_0 = 0,8 \cdot 30 = 24 \text{ м.}$$

Оскільки радіус будівлі 30 м, то обираємо 2 блискавковідводи висотою 30 м.

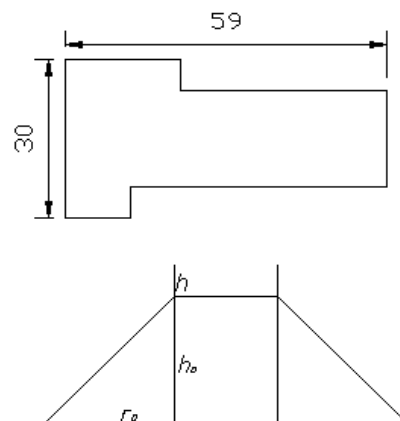


Рис.5.5. Схема блискавкозахисту

РОЗДІЛ 6

ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЗАХОДІВ ІЗ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В МЕХАНІЧНІЙ МАЙСТЕРНІ

Регулювати напругу в сільських мережах складніше, ніж в міських. Це пояснюється збільшенням втрати напруги в протяжних сільських мережах, істотними коливання навантаження та використання в більшості випадків на споживчих підстанціях трансформаторів без регулювання під навантаженням (РПН). За наслідками аналізу режимів електроспоживання для забезпечення необхідного рівня напруги на затисках споживачів можуть застосовуватися такі способи:

- регулювання напруги на шинах центру живлення;
- зміна опору окремих елементів мережі;
- зміна величини реактивної потужності, що протікає окремими ділянками мережі;
- зміна коефіцієнта трансформації регульованих під навантаженням (з пристроями РПН) і нерегульованих (з ПБВ) трансформаторів, автотрансформаторів і лінійних регуляторів (вольтододаткових трансформаторів) на ділянці центр живлення - електроприймач [21].

Для практичного виконання заходів щодо регулювання напруги на трансформаторних підстанціях і окремих сільськогосподарських об'єктах прийнятніші установки поперечної ємнісної компенсації, які дозволяють зменшити величину реактивної потужності, що протікає окремими ділянками мережі, і тим самим знизити в них спад напруги.

Рекомендована керівними матеріалами централізована і групова компенсація на стороні 0,4 кВ задовольняє вимогам сільськогосподарських підприємств і дає техніко-економічний ефект. Індивідуальна компенсація утруднена із-за важких умов навколишнього середовища на сільськогосподарських об'єктах і економічно доцільна для двигунів потужністю не менше 14 кВт.

Одним із важливих шляхів забезпечення якості електроенергії є контроль і аналіз її якості [23]. Для цього необхідно розробляти прилади невисокої вартості.

Проведемо розрахунок вартості пристрою для контролю напруги і обліку перерв в електропостачанні для механічної майстерні (табл. 6.1).

Таблиця 6.1

Розрахунок вартості пристрою для контролю напруги і обліку перерв в електропостачанні

Елемент	Кількість, шт	Вартість елемента, грн	Всього, грн
Батареї AA 1,5 В	3	75	225
Батарея CELL 3 V	1	4	4
Діоди FR157	3	0,3	0,9
Діод IN5817	1	0,25	0,25
Діодний міст DF08M800B1A	3	1,34	4,02
Світлодіод LED	1	5	5
Індикатор AC162AYJQU-H	1	30	30
Кварцевий резонатор 3,68 МГц	1	2,6	2,6
Кварцевий резонатор 32768 Гц	1	2	2
Конденсатори CAP25V	3	0,2	0,6
Конденсатори CAP1206	2	0,4	0,8
Конденсатори CAP805 0,1	9	0,15	1,35
Конденсатори CAP805 15	2	0,15	0,3
Мікропроцесор PIC16FS77	1	16	16
Мікросхема реального часу МК41Т	1	11,8	11,8
Мікросхема USART MAX232	1	17,02	17,02
Резистор RES805 1k	1	0,04	0,04
Резистори RES805 56k	3	0,04	0,12
Резистори RES805 75	3	0,04	0,12
Резистори RES805 10k	3	0,07	0,21
Резистор RES805 2k	1	0,05	0,05
Роз'єм DB-9	1	1,8	1,8
Стабілітрон 1N4733A 5,1В	1	0,5	0,5
Трансформатори ТПП238	3	45	135
Плата	2	30	60
Корпус	1	25	25
Всього			545

Таким чином, вартість комплектації прилада складає 545 грн. З урахуванням вартості монтажу та ПДВ вона буде 800 грн.

Найдешевший аналізатор якості електроенергії PQA823 має вартість 1872 грн.

Тому термін окупності пристрою становитиме

$$1072/1872=0,6 \text{ року.}$$

Таким чином, впровадження пристрою для контролю напруги і перерв в електропостачанні забезпечує окупність за півроку і дає можливість контролювати якість електричної енергії.

ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз пристроїв для вимірювання показників якості електричної енергії, які можуть застосовуватися в механічній майстерні.

2. Проведений аналіз технологічного та електротехнологічного обладнання механічної майстерні.

3. Розроблені заходи з енергозбереження в механічній майстерні

4. Розглянуті питання охорони праці та протипожежної безпеки в механічній майстерні.

5. Проведені дослідження впливу відхилення напруги на електроприводи виробничих машин у механічній майстерні. Встановлено, що втрати електричної енергії в асинхронних електроприводах обернено пропорційні квадрату напруги.

При відхиленні напруги змінюється кутова швидкість робочих машин, від якої залежить їхня продуктивність. Закон зміни даних величин визначається механічною характеристикою робочою машини і жорсткістю механічної характеристики електродвигуна. Встановлено, що при зниженні напруги на 20 % продуктивність робочих машин знижується до 3 %, а потужність – до 9 %.

6. Розроблений пристрій для контролю напруги і обліку перерв в електропостачанні та розроблені заходи із покращення якості електроенергії в механічній майстерні. Термін окупності пристрою – 0,6 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Козирський В.В. Електропостачання агропромислового комплексу: підруч. / Козирський В.В., Каплун В.В., Волошин С.М. – К. : Аграрна освіта, 2011. – 448 с.
2. Червінський Л.С. Електричне освітлення і опромінення. - К.:ТОВ «Аграр Медіа Груп, 2011.– 214 с.
3. Довідник сільського електрика / За ред. В.С. Олійника. – К.: Урожай, 1988.
4. Електропривід сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній/ За ред. Є.Л.Жулая. - К.: Вища освіта, 2001.
5. Електропривод і автоматизація: навчальний посібник / [Синявський О.Ю., Савченко П.І., Савченко В.В. та ін.]; за ред. О.Ю. Синявського. – К.: Аграр Медіа Груп, 2015. – 604 с.
6. Дипломне проектування енергетичних та електротехнічних систем в агропромисловому комплексі: навч. посіб. для студентів вищих навчальних закладів / Іноземцев Г. Б., Козирський В. В., Лут М. Т., Радько І.П., Синявський О.Ю. – 2-е вид., перероб. і доп. – К., 2014. – 526 с.
7. Pivnyak G. G. Estimating economic equivalent of reactive power in the systems of enterprise electric power supply / G. G. Pivnyak, I. V. Zhezhelenko, Yu. A. Pparaika // Науковий вісник Національного гірничого університету. - 2016. - № 5. - С. 62-66. (**Scopus**)
8. Кігель А. Г. Приведення техніко-економічних показників електричних мереж до розрахункових умов / А. Г. Кігель // Науковий вісник Національного гірничого університету. - 2014. - № 5. - С. 63-69. (**Scopus**)
9. Основи електропривода / Ю.М. Лавріненко, П.І. Савченко, О. Ю. Синявський та ін.; за ред. Ю.М. Лавріненка. – К.: Ліра-К, 2016. – 504 с.
10. Правила улаштування електроустановок. - К.: Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2016.
11. Охорона праці в сільському господарстві. Пістун І.П, Хом'як В.В, Хом'як Й.В - С.:Університетська книга, 2007.

12. Безпека праці в сільських електроустановках / Лут М.Т., Радько І.П., Тракай В.Г., Чміль А.І. – К.: ТОВ «Аграр Медіа Груп, 2012.– 430 с.
13. Тракай В.Г. Методичні вказівки з охорони праці.- К.: Видавничий центр НУБіП Україна, 2011.
14. Лут М.Т. Основи технічної експлуатації енергетичного обладнання АПК / Лут М.Т., Мірошник О.В., Трунова І.М. – Х.: Факт, 2008. – 438 с.
15. Войтюк Д.Г. та ін. Вплив якості електроенергії на функціонування споживачів у сільському господарстві / Електрифікація та автоматизація сільського господарства. –2004.- №1(6).-с. 3-12.
15. ГОСТ 13109-97 Межгосударственный стандарт. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – М.: Изд-востандартартов, 1998. – 120 с.
16. IEEE STD 1100-1999, IEEE Recommended Practice for Powering and Grounding Electronic Equipment (IEEE emerald book) (ANSI).
17. Лежнюк П. Д., Комар В. О. Регулювання напруги в електричних системах. Навчальний посібник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. – 171 с.
18. Суднова В. В. Качество электрической энергии. – М.: Энергосервис, 2000.
19. Электропривод / [Лавріненко Ю.М., Марченко О.С., Савченко П.І. та ін.]; за ред. Ю.М. Лавріненка. – К.: Ліра-К, 2009. – 504 с.
20. ССБП ДСТУ 2293-93. "Система стандартів безпеки праці. Терміни та визначення".
21. ДСТУ 2272-93 Пожежна безпека. Терміни та визначення.
22. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів / Держенергонагляд України.: - К.: Дисконт, 1995. – 260с.
23. Правила технічної експлуатації тепловикористовуючих установок і теплових мереж /Держенергонагляд України.: - К.: Дисконт, 1995. - 81с.
24. Правила безпечної експлуатації електроустановок. ДНАОП1.1.10-1.01-97. Держнагляд охорони праці України. - К.: Основа, 1997. - 265 с.

25. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. ДНАОП 0.00.1.21.-98. /Держнаглядохоронпраці України.: - К.: Основа, 1998. – 380с.

26. Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення: ДБН В.2.5-23-2003.- К.: Держ. комітет України з буд-ва та архітектури, 2004. – 128 с.