

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

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
електротехніки, електромеханіки
та електротехнологій**

ДОЦ., К.Т.Н. /ОКУШКО О.В./
вчене звання і ступінь підпис
” _____ ” 2026 р.
число місяць рік

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: «ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ НА СТАНЦІЇ
ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ МОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ»**

Спеціальність: 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(код і назва)

Гарант освітньої програми

К.Т.Н., ДОЦЕНТ

(науковий ступінь та вчене звання)

Синявський О.Ю.

(ПІБ)

Виконав

Котов Г.М.

(підпис)

(ПІБ)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

К.Т.Н., ДОЦЕНТ

(науковий ступінь та вчене звання)

Сорокін Д.С.

(ПІБ)

КИЇВ – 2026

- а) Загальна характеристика підприємства та оцінка рівня експлуатації електрообладнання.
- б) Проектування дільниці діагностування і технічного обслуговування електрообладнання.
- в) Електротехнічна частина проекту.
- г) Спеціальне завдання: «Впровадження автономної системи електроживлення».
- д) Заходи щодо економії електроенергії при обслуговуванні і ремонті енергетичного обладнання.
- е) Охорона праці.

Висновки.

Список використаних джерел.

Додатки.

Дата видачі завдання 28.11.2025

Керівник дипломного проекту бакалавра Сорокін Д.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання Котов Г.М.
(підпис) (прізвище та ініціали студента)

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Примітка
1	A4	02.02 - КР.2607“С” 2025.10.30.006.ПЗ	Пояснювальна записка	74	
2	A4	02.02 - КР.2607“С” 2025.10.30.006.ЕО	План освітлювальної мережі станції технічного обслуговування мобільної техніки	1	
3	A4	02.02 - КР.2607“С” 2025.10.30.006.ЕМ	План силової мережі станції технічного обслуговування мобільної техніки	1	
4	A4	02.02 - КР.2607“С” 2025.10.30.006.ЕЗ	Принципова схема керування електроприводом	1	

					02.02 - КР.2607“С” 2025.10.30.006.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Котов Г.М			02.02-КР.2607“С” 2025.10.30.006.ПЗ		
Перевір.		Сорокін Д.С.					
Н. Контр.		Коробський В.В.					
Затверд.		Окушко О.В.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						5	77
					2		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ.....	11
1.1 Загальна характеристика підприємства.....	11
1.2 Аналіз існуючої системи електрозабезпечення та напрями її удосконалення.....	12
РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	14
2.1 Організація технологічного процесу та режими роботи ремонтної майстерні.....	14
2.2 Характеристика основного технологічного обладнання.....	16
2.3. Організація робочих місць та розрахунок виробничої площі майстерні.....	18
РОЗДІЛ 3 ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА.....	22
3.1 Короткий опис функціональної та кінематичної схем установки.....	22
3.2 Розрахунок навантажувальної діаграми установки.....	24
3.3. Попередній вибір електродвигуна за потужністю і частотою обертання.....	25
3.4 Перевірка попередньо вибраного електродвигуна.....	26
3.4.1 На нагрівання під час пуску.....	26
3.4.1.1 Розрахунок і побудова механічної характеристики робочої машини.....	26
3.4.1.2 Розрахунок і побудова механічної характеристики електродвигуна.....	26
3.4.1.3 Визначення тривалості пуску електродвигуна і побудова його навантажувальної діаграми.....	29
3.4.1.4 Перевірка вибраного двигуна на пусковий момент.....	33
3.5 Вибір електродвигуна за електричною модифікацією, конструктивним та кліматичним виконанням	33
3.6 Опис функцій та опис роботи схеми керування електроприводом електроталі.....	34

3.7 Вибір апаратів керування і захисту, інших елементів схеми автоматизованого керування, низьковольтного комплектного пристрою та силових електропроводок.....	36
3.8 Перелік елементів електричної схеми.....	43
3.9.Аналіз об'єкту проектування. Визначення коефіцієнтів відбиття поверхонь в приміщеннях об'єкту проектування.....	44
3.10Вибір коефіцієнта освітленості та визначення кількості світильників..	44
3.11. Світлотехнічна відомість.....	46
3.12. Компонування освітлювальної та опромінювальної мереж. Вибір та розрахунок проводів, спосіб їх прокладки.....	47
3.13. Розрахунок, вибір комутаційно-захисної апаратури та складання специфікації обладнання.....	49
РОЗДІЛ 4. ВПРОВАДЖЕННЯ АВТОНОМНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ.....	52
4.1 Обґрунтування необхідності резервного електроживлення та визначення складу критичних електроспоживачів.....	52
4.2 Розрахунок навантаження резервної системи.....	54
4.3 Вибір типу системи резервного живлення.....	55
4.4 Вибір акумуляторних батарей, інвертора на сонячних панелей.....	56
РОЗДІЛ 5. ЗАХОДИ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	62
5.1 Технічні та організаційні заходи з підвищення енергоефективності.....	62
5.2 Впровадження автономної системи живлення на базі відновлюваних джерел.....	63
5.3 Охорона праці, виробнича санітарія та пожежна безпека в майстерні...	64
РОЗДІЛ 6. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ.....	67
6.1. Загальна характеристика та вихідні дані для економічного розрахунку.....	67
6.2. Склад та обґрунтування вартості обладнання сонячної електростанції.....	68

6.3. Розрахунок енергоефективності та визначення терміну окупності

капіталовкладень.....69

ВИСНОВКИ.....71

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....73

					02.02-КР.2607“С” 2025.10.30.006.ПЗ	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		8

ВСТУП

Стабільне електропостачання ремонтної майстерні є важливою умовою безперервної роботи сільськогосподарського підприємства. Під час технічного обслуговування та ремонту машинно-тракторного парку в майстерні використовуються електроприводи, підйомні механізми, електроінструмент та система електричного освітлення. Від надійної роботи системи електрозабезпечення залежить своєчасне виконання ремонтних робіт, безпечність праці персоналу та ефективність роботи підприємства в цілому.

Сучасне сільське господарство характеризується високим рівнем механізації виробничих процесів, тому справний технічний стан тракторів, комбайнів та іншої сільськогосподарської техніки має важливе значення. У процесі експлуатації техніка зазнає значних навантажень та потребує регулярного обслуговування і ремонту. Особливо це актуально в період посівної та збиральної кампанії, коли будь-які затримки в ремонті можуть призвести до простою техніки та порушення виробничого процесу.

Під час роботи ремонтної майстерні навантаження на електричну мережу постійно змінюється через одночасне використання різних електроспоживачів. Значну частину навантаження створюють електродвигуни підйомного обладнання та ручний електроінструмент, які під час пуску споживають підвищений струм. Одночасно з силовим обладнанням працює система освітлення виробничих приміщень, від якої залежить якість виконання ремонтних операцій та безпечність умов праці.

У разі аварійного відключення електроенергії припиняється робота обладнання, вимикається освітлення та зупиняються технологічні процеси. Особливо небезпечними є ситуації під час роботи підйомних механізмів, коли раптове зникнення напруги може створити аварійні режими роботи обладнання та небезпечні умови для персоналу.

					02.02-КР.2607“С” 2025.10.30.006.ПЗ	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		9

Під час посівної кампанії ремонт техніки часто виконується у вечірній час, тому навіть короткочасне відключення електроенергії та освітлення ускладнює проведення ремонтних робіт і негативно впливає на продуктивність праці.

На багатьох сільськогосподарських підприємствах внутрішні електричні мережі та частина електрообладнання експлуатуються тривалий час і потребують модернізації. Окремі ділянки електропроводки мають високий ступінь зношення, а частина апаратів захисту не відповідає сучасним вимогам до надійності та безпеки експлуатації. Крім цього, відсутність резервного джерела живлення знижує надійність електропостачання ремонтної майстерні та ускладнює її роботу під час аварійних відключень електроенергії.

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ПРОЄКТУВАННЯ

1.1 Загальна характеристика підприємства

Об'єктом проєктування є ремонтна майстерня сільськогосподарського підприємства, призначена для технічного обслуговування та ремонту мобільної техніки. Майстерня забезпечує підтримання працездатності машинно-тракторного парку підприємства та відіграє важливу роль у забезпеченні безперервності виробничого процесу [2].

Сучасне сільське господарство характеризується високим рівнем механізації, тому підприємства використовують трактори, комбайни, причіпні агрегати та іншу спеціалізовану техніку. У процесі експлуатації обладнання зазнає зносу, що потребує регулярного обслуговування та ремонту [3].

Технологічний цикл роботи підприємства включає підготовку техніки до польових робіт, виконання посівної та збиральної кампанії, транспортування сільськогосподарської продукції, а також технічне обслуговування і ремонт машин у міжсезонний період. Надійна робота ремонтної майстерні має важливе значення для своєчасного виконання всіх виробничих процесів підприємства.

Основні функції майстерні:

- діагностика технічного стану техніки;
- поточний і капітальний ремонт;
- заміна та відновлення вузлів;
- обслуговування електричних і механічних систем;
- зберігання інструменту та запасних частин [4].

					02.02-КР.2607“С” 2025.10.30.006.ПЗ	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		11

Підприємство працює у змінному режимі, а в періоди польових робіт навантаження на електрообладнання значно зростає.

Виробнича будівня майстерні зведена як окрема споруда з висотою стелі від 3 до 5 метрів. Внутрішній простір чітко розділений на функціональні зони. Найбільшу площу займає безпосередньо ремонтна зона, яка складає 120 квадратних метрів. Решта простору розподілена між приміщенням діагностики на 20м², складським господарством площею 25м² та електрощитовою, під яку виділено 10 м². Побутове приміщення і коридор займають по 20м² кожен, а для адміністративної частини відведено 25 м² [4].

Основні електричні навантаження зосереджені саме в ремонтній зоні, де змонтовано верстати, силовий електроінструмент та підйомно-транспортні пристрої. Специфіка цього приміщення полягає у високій концентрації пилу та значних механічних навантаженнях, що диктує особливі вимоги до захисту проводки й комутаційних апаратів [5].

1.2 Аналіз існуючої системи електрозабезпечення та напрями її удосконалення.

Існуюча схема електрозабезпечення ремонтної ділянки побудована на радіальному розподілі енергії від центральної трансформаторної підстанції підприємства з рівнем напруги 0,4 кВ. Передача електроенергії на розподільні щити та кінцеві споживачі здійснюється комбіновано – через повітряні лінії та внутрішні кабельні трасування. Основне навантаження в мережі створюють трифазні асинхронні двигуни підйомного обладнання, силові верстати, освітлення [7].

Оскільки ремонтні роботи часто передбачають нерегулярне включення потужного обладнання на короткі проміжки часу, характер енергетичних навантажень є вкрай нестабільним. Це призводить до значних перепадів навантаження та високих пускових струмів при запуску приводів[8]. У

					02.02-КР.2607“С” 2025.10.30.006.ПЗ	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		12

результаті експлуатація чинної системи виявила низку серйозних технічних недоліків, які знижують її надійність і створюють потенційно небезпечні умови для працівників.

Головною проблемою є відсутність резервних джерел живлення: вся система комутації ремонтної ділянки залежить виключно від однієї зовнішньої лінії енергопостачання. Через це будь-яке аварійне чи заплановане знеструмлення повністю зупиняє роботу ремонтної зони. Особливо критично це стає під час роботи підйомних механізмів: у разі раптового відключення напруги гальмівні котушки моторів тельферів перестають функціонувати, що може спричинити аварійні ситуації або падіння вантажу[8].

До інших проблем системи належать зношеність частини внутрішньої кабельної інфраструктури, перекоси фаз через хаотичне підключення однофазних споживачів, а також відсутність автоматизованих засобів контролю параметрів мережі[1]. Усі ці фактори особливо загострюються під час інтенсивних ремонтних кампаній, коли технічне обслуговування обладнання проводиться цілодобово у кілька змін. Навіть короткотривала відсутність живлення може призвести до затримок у ремонті та простою техніки.

Для вирішення цих проблем передбачено технічну модернізацію системи електрозабезпечення шляхом інтеграції автономного комплексу живлення. Планується впровадження системи, яка складатиметься із сонячних фотомодулів, гібридного інвертора та акумуляторного блоку зберігання енергії[12]. Такий підхід дасть змогу створити незалежний енергетичний резерв, забезпечуючи безперервне живлення керуючих ланцюгів і силових електроприводів навіть у випадку аварій у зовнішній мережі[13]. Це не тільки суттєво підвищить рівень безпеки для персоналу, але й зробить майстерню фактично автономною в її виробничих процесах.

					02.02-КР.2607“С” 2025.10.30.006.ПЗ	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		13

РОЗДІЛ 2

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Організація технологічного процесу та режими роботи ремонтної майстерні.

Технологічний процес ремонту у майстернях складається з кількох послідовних етапів, які тісно взаємопов'язані між собою та спрямовані на відновлення працездатності сільськогосподарської техніки [2].

На першому етапі проводиться прийом техніки, її очищення та підготовка до ремонту. Елементи й вузли очищуються від бруду, пилу та залишків мастил. У теплу пору року великі агрегати миють на відкритих майданчиках, тоді як у холодний сезон очищення здійснюється механічно за допомогою щіток, скребків або стисненого повітря.

Після завершення очищення виконується технічна діагностика. На цьому етапі виявляються несправні вузли та оцінюється необхідний обсяг ремонтних робіт. Для цього застосовуються спеціальні вимірювальні прилади, діагностичні пристрої та контрольно-вимірювальні стенди[5].

Далі проводиться демонтаж і розбирання агрегатів. Габаритні вузли й важкі деталі знімаються за допомогою підйомно-транспортного обладнання, такого як електроталі чи ручний електроінструмент[8]. Після розбирання здійснюється дефектування деталей, в ході якого оцінюється їх технічний стан та можливість подальшого використання[3].

За результатами дефектування деталі класифікуються на три групи: придатні до експлуатації, ті, які потребують відновлення, та такі, що не підлягають ремонту. Ремонт деталей включає механічну обробку, свердління, нарізку різьби, шліфування та інші слюсарні операції[5].

					02.02-КР.2607“С” 2025.10.30.006.ПЗ	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		14

Необхідні запчастини та матеріали отримують зі складу. Потім приступають до складання агрегатів, з подальшим регулюванням й перевіркою відповідності зазорів і правильності кріплення.

Заключним етапом є випробування й остаточне налаштування відремонтованої техніки. Після перевірки працездатності агрегати монтуються на техніку, під'єднуються до електричних і механічних систем, а далі проводиться контрольний запуск.

Режими роботи технологічного обладнання ремонтної майстерні мають нерівномірний характер, що зумовлено специфікою виконання окремих ремонтних операцій[7]. На відміну від підприємств із безперервним технологічним процесом, у ремонтній майстерні експлуатація обладнання залежить від типу та складності робіт. Тривалість роботи машин та електроінструменту визначається обсягом ремонту, технічним станом окремих елементів і послідовністю виконання технологічних операцій.

За характером навантаження та тривалістю роботи протягом зміни технологічне обладнання майстерні працює в різних режимах експлуатації:

Повторно-короткочасний режим експлуатації з різкими змінами навантаження характерний для підйомно-транспортних пристроїв, зокрема електроталі ТЭП-1. Під час її роботи відбуваються швидкі цикли підйому або переміщення великих вантажів, які чергуються з паузами для виконання допоміжних операцій[8]. У ці періоди персонал здійснює фіксацію вантажів, монтаж або демонтаж вузлів, а також інші підготовчі дії. Постійні запуски та реверсивна робота створюють умови динамічної нестабільності для силового приводу, тому в подібних пристроях застосовуються асинхронні двигуни з підвищеним пусковим моментом[6], здатні витримувати часті перевантаження.

Автоматичний повторно-короткочасний режим характерний і для компресора Forte VFL-50. Його електродвигун автоматично вмикається та вимикається залежно від рівня тиску в ресивері. Під час використання

					02.02-КР.2607“С” 2025.10.30.006.ПЗ	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		15

пневматичного інструменту тиск у системі знижується, і реле тиску активує компресор. Після досягнення встановленого робочого тиску двигун переходить у режим очікування. Такий принцип роботи суттєво знижує навантаження на електродвигун і покращує умови для його охолодження.

Короткочасний режим роботи з постійним навантаженням характерний для свердлильного та точно-шліфувального верстатів. Обладнання використовується лише під час виконання окремих технологічних операцій — свердління, шліфування або заточування інструменту. Тривалість роботи під навантаженням є відносно невеликою, тому електродвигуни не встигають досягати значного перегріву. Після завершення операції верстати вимикаються, а двигуни охолоджуються під час пауз між робочими циклами.

Ручний електроінструмент, наприклад кутова шліфувальна машина Makita GA5030 також функціонує в короткочасному режимі. Такого типу пристрої застосовуються епізодично — для різання металу, зачищення поверхонь чи обробки зварних швів. Невелика тривалість циклів роботи та паузи між увімкненнями забезпечують охолодження двигуна і знижують теплове навантаження на інструмент[7,3].

2.2 Характеристика основного технологічного обладнання.

У процесі виконання ремонтних робіт у майстерні використовується комплекс сучасного технологічного обладнання, яке забезпечує демонтаж, механічну обробку, підйом та відновлення вузлів сільськогосподарської техніки. Завдяки застосуванню засобів механізації значно скорочується обсяг ручної праці, підвищуються продуктивність виконуваних операцій і рівень безпеки для персоналу [2,5].

Центральним елементом підйомно-транспортної системи ремонтної дільниці є електроталь ТЭП-1, призначена для підйому і переміщення важких вузлів та агрегатів. Цей механізм оснащений двома асинхронними

					02.02-КР.2607“С” 2025.10.30.006.ПЗ	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		16

електродвигунами потужністю 1,25 кВт кожен[8], що дозволяє підіймати вантажі масою до 1 тонни. Електроталь працює у повторно-короткочасному режимі через часті пуски і реверси, а її конструкція передбачає наявність електромагнітного гальма для утримання вантажу в разі зникнення напруги[7].

Для забезпечення роботи пневматичного інструменту в майстерні встановлено повітряний компресор Forte VFL-50 потужністю 2,2 кВт. Його продуктивність становить 420 літрів за хвилину, що є достатнім для стабільної роботи обладнання. Компресор використовується для очищення деталей, продування вузлів і виконання зборно-розбірних операцій [5].

Механізацію процесів монтажу та демонтажу забезпечує пневматичний гайковерт Intertool PT-1103. Завдяки високому крутному моменту у 570 Н·м пристрій ефективно працює з закріпленими або заіржавілими різьбовими з'єднаннями, що суттєво скорочує час виконання операцій та знижує фізичне навантаження на працівників[3,5].

Для виконання слюсарних та зачистних робіт у майстерні використовуються дві кутові шліфувальні машини Makita GA5030 потужністю 0,72 кВт кожна. Вони придатні для різання металу, зачистки поверхонь і обробки зварних швів. Легкість інструментів разом із ергономічною конструкцією сприяють комфортній роботі навіть при тривалому використанні[3].

Настільно-свердлильний верстат ГС2112 потужністю 0,55 кВт застосовується для свердління отворів, обробки металевих деталей та виконання допоміжних слюсарних робіт. Завдяки можливості регулювання швидкості обертання шпинделя обирається оптимальний режим роботи залежно від матеріалу деталі[5].

Точильно-шліфувальний верстат ТШ-1 потужністю 0,55 кВт використовується для заточування слюсарного інструменту, а також очищення деталей і підготовки їхніх поверхонь до ремонту. Завдяки цьому устаткуванню забезпечується високий рівень якості обробки деталей та подовжується термін служби інструменту.

					02.02-КР.2607“С” 2025.10.30.006.ПЗ	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		17

При виборі технологічного обладнання враховувалися вимоги до продуктивності, потужності електроприводів, режимів роботи та умов експлуатації. Устаткування майстерні переважно працює в повторно-короткочасному режимі через нерівномірне навантаження ремонтною роботою. Додатково враховувались аспекти електробезпеки, надійності функціонування обладнання та можливість його модернізації у майбутньому[3,7].

2.3.Організація робочих місць та розрахунок виробничої площі майстерні.

Просторове планування виробничих ділянок, ергономічна організація робочих місць та розміщення обладнання в майстерні здійснено відповідно до лінійно-функціонального принципу [4]. Це дає змогу знизити перехресні транспортні потоки, оптимізувати логістику переміщення деталей між технологічними постами та забезпечити безпечні умови для проведення складально-розбірних та слюсарних робіт.

Виробнича зона майстерні розподілена на спеціалізовані технологічні постійні місця, кожне з яких укомплектоване необхідним інвентарем та обладнанням:

Пост демонтажу та первинного розбирання агрегатів розташований у зоні дії підрейкового шляху електроталі ТЕП-1[8]. Робоча зона обладнана спеціальними піддонами для зливу відпрацьованих технологічних рідин та пересувними стендами-кантувачами для зручності роботи.

Слюсарно-складальні пости оснащені багатофункціональними верстаками із паралельними лещатами, захисними екранами та локальними шафами для інструментів. На робочих місцях передбачено точки підключення ручного електроінструменту і пневмоліній для ефективного використання пневмоінструментів.

					02.02-КР.2607“С” 2025.10.30.006.ПЗ	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		18

Механізована зона обробки включає настільно-свердильний верстат ГС2112 та точильно-шліфувальний апарат ТШ-1. Вони встановлені на міцних анкерних фундаментах на безпечній відстані від зон точного вимірювання та діагностики. Таке розташування усуває ризик передачі динамічних вібрацій та захищає чутливе діагностичне обладнання від впливу металевої стружки[5].

Ділянка пневматичного забезпечення обладнана компресором Forte VFL-50, який встановлено біля капітальної стіни для зниження загального рівня шуму. Від компресора вздовж стін прокладено стаціонарний трубопровід стисненого повітря. На кожному пості використання пневмогайковертів Intertool розташовані фільтри-вологівідділювачі, які забезпечують необхідну якість повітря[21].

Для перевірки відповідності геометричних параметрів ремонтної зони чинним нормативам виконано розрахунок щільності розміщення обладнання та робочих зон. Особливу увагу приділено виділенню стаціонарного місця (ремонтного поста) для обслуговування великогабаритної сільськогосподарської техніки, що прибуває для ремонту.

За вихідними даними, площа зони під розміщення ремонтної техніки на посту складає: $S_{\text{тех}} = 32.0 \text{ м}^2$

Сумарна площа, яку займають встановлені верстати, механізми та верстаки:

$$F_{\text{обл}} = F_{\text{комп}} + F_{\text{сверд}} + F_{\text{точ}} + F_{\text{верст}} \quad (2.1)$$

де: $F_{\text{комп}}$ — площа повітряного компресора Forte VFL-50, яке становить 0.32 м^2 ;

$F_{\text{сверд}}$ — площа підставки свердильного верстата ГС2112, яке становить 0.28 м^2 ;

$F_{\text{точ}}$ — площа підстави точильно-шліфувального верстата ТШ-1, яке становить 0.3 м^2 ;

$F_{\text{верст}}$ — площа, яку займають слюсарні верстаки 4.5 м^2 .

					02.02-КР.2607“С” 2025.10.30.006.ПЗ	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		19

Відповідно до нормативних положень відомчих норм технологічного проектування підприємств технічного сервісу в АПК (ВНТП-АПК-01.05) [2], коефіцієнт щільності розстановки обладнання (Кщ) для ділянок слюсарно-ремонтного профілю приймається в межах 3,5-4,5. Для об'єкта прийнято оптимальне середнє значення $K_{\text{щ}} = 4$.

Нормативна площа, необхідна для безпечного розміщення верстатного парку та організації проходів навколо нього, становить:

$$S_{\text{верст. Норм}} = F_{\text{обл}} \times K_{\text{щ}} = 5.4 \times 4 = 21.6 \text{ м}^2 \quad (2.2)$$

Загальна мінімальна технологічна площа ($S_{\text{заг.мін}}$), яка потрібна для робочої зони ремонтного поста та площу стаціонарного обладнання з урахуванням нормативних проходів:

$$S_{\text{заг.мін}} = S_{\text{тех}} + S_{\text{верст.норм.}} \quad (2.3)$$

$$S_{\text{заг.мін}} = 32 + 21.6 = 53.6 \text{ м}^2 \quad (2.3)$$

Співвідношення знайденої мінімальної технологічної площі та наявної площі виробничої зони об'єкта показує, що: $53.6 \text{ м}^2 < 120 \text{ м}^2$

Таке співвідношення гарантує достатній запас вільного простору, що дозволяє безперешкодно організувати транспортні проїзди, забезпечити маневреність машин під час постановки на ремонт, безпечне переміщення працівників ділянки[4].

Організація робочих місць у ремонтній зоні виконується з урахуванням технологічної послідовності ремонтних операцій. У зоні розбирання та складання агрегатів розміщуються слюсарні верстати, електроінструмент і місця тимчасового зберігання деталей. Свердлильний та точно-шліфувальний верстати встановлюються окремо від основної ремонтної ділянки для зменшення впливу вібрації та абразивного пилу.

Розрахунок граничної чисельності виробничого персоналу, який може одночасно перебувати на території ремонтної зони, виконано відповідно до санітарних норм ДСН 3.3.6.042-99 [20]. Згідно з цим нормативом, мінімальна

					02.02-КР.2607“С” 2025.10.30.006.ПЗ	Лист
						20
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

питома площа простору на одного працівника у приміщеннях такого типу має становити $S_n = 15\text{м}^2$.

Максимально допустима кількість робітників для наявної площі ремонтної ділянки визначається за залежністю:

$$N = \frac{S}{S_n} = \frac{120}{15} = 8 \text{ осіб.} \quad (2.4)$$

Таким чином, площа ремонтної ділянки дозволяє організувати роботу для 8 працівників без порушення вимог охорони праці та санітарних норм.

					02.02-КР.2607“С” 2025.10.30.006.ПЗ	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		21

3 РОЗДІЛ

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

У ремонтній майстерні сільськогосподарського підприємства основними споживачами електроенергії є електроприводи обладнання та система освітлення. Їх безперебійна робота є ключовим фактором для якісного виконання ремонтних операцій і забезпечення безпечних умов праці.

Для переміщення та підйому вузлів і агрегатів використовується електроталь ТЭП-1. З огляду на повторно-короткочасний режим її роботи, часті пуски й реверси, електропривод цього механізму потребує правильного підбору двигуна, апаратів керування та систем захисту[8] .

У даному розділі детально аналізується електропривод електроталі ТЭП-1, виконується вибір відповідного електродвигуна, оцінка його пускових і теплових характеристик, а також підбір оптимальних апаратів керування, захисту і силової проводки[7]. Крім того, здійснюється розрахунок системи освітлення майстерні, підбираються відповідні світильники, кабельні лінії та комутаційно-захисна апаратура[9,11].

3.1 Короткий опис функціональної та кінематичної схем установки.

Електроталь є підйомно-транспортним механізмом, що використовується у складі кран-балки для підйому та переміщення вантажів. Основним елементом системи є приводний вузол, до складу якого входять асинхронний електродвигун і редуктор[8]. Електродвигун створює необхідний крутний момент, а редуктор зменшує частоту обертання та збільшує підйомне зусилля[7].

Для відведення тепла від двигуна застосовується система охолодження з примусовою вентиляцією. Керування приводом виконується через пульт керування та шафу керування, у якій розміщені комутаційні й захисні апарати[3].

					02.02-КР.2607“С” 2025.10.30.006.ПЗ	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		22

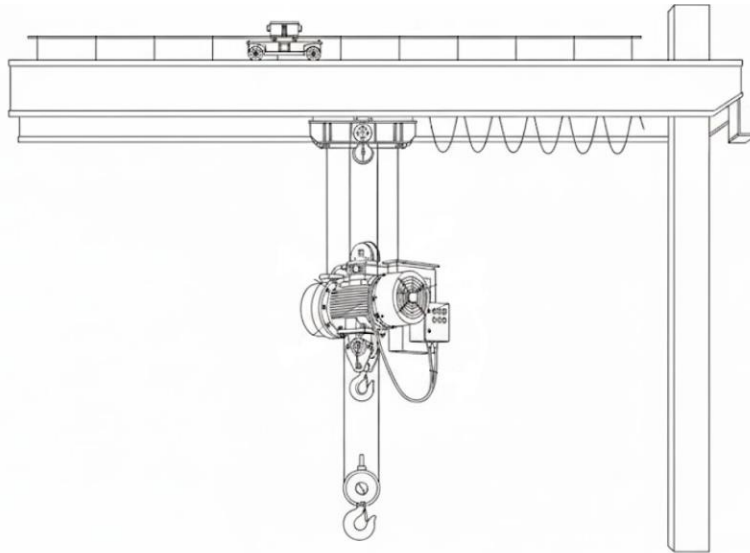


Рис 3.1 Функціональна схема для електроталі ТЭП-1

Вантажозахоплювальний вузол складається з гака та підвіски, що забезпечують фіксацію і переміщення вантажу. Уся конструкція електроталі встановлюється на візку, який переміщується по монорейці кран-балки.

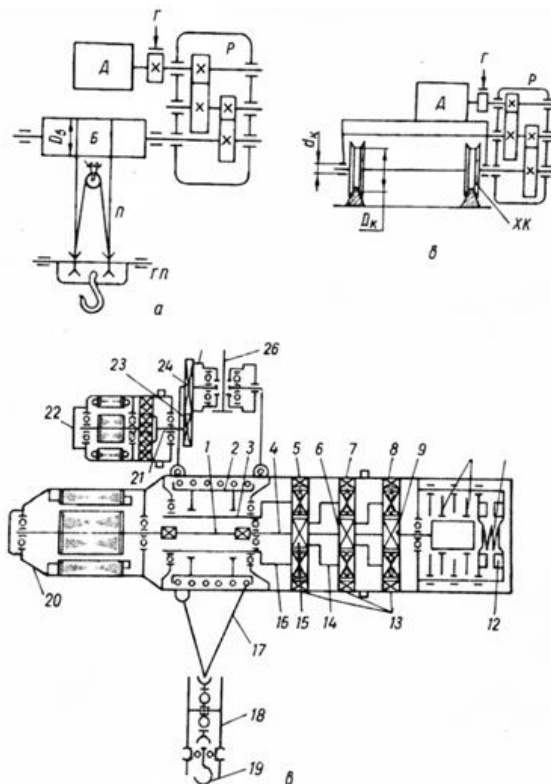


Рис. 3.2 Кінематична схема кранового механізму

Кінематична схема кранових механізмів складаються з:

А – однокінцевої підйомної лебідки ; б – механізму розміщення ; д – двигун ; Г – гальмо ; Р – редуктор ; Б – барабан ; ГП – гакова підвіска ; ХК - ходове колесо ; в – талі ТЭП-1 ; 1 – проміжний вал ; 2 – робочий барабан ;

					02.02-КР.2607“С” 2025.10.30.006.ПЗ	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		23

3 – порожнистий вал ; 4 – робочий вал ; 5,6,7 - сателіти ; 6,9,15 – сонячні шестерні ; 10 – гальмівні диски ; 11 – гальмівна пружина ; 12 – електромагніт; 13 – блочні шестерні ; 14,16,21 – водила ; 17 – канат ; 18 – підвіска ; 19 – гак ; 20 – електродвигун підйомного вантажу ; 22- електродвигун переміщення візка ; 23,24 – шестерні ; 25 – коток ; 26 – монорейка.

3.2 Розрахунок навантажувальної діаграми установки

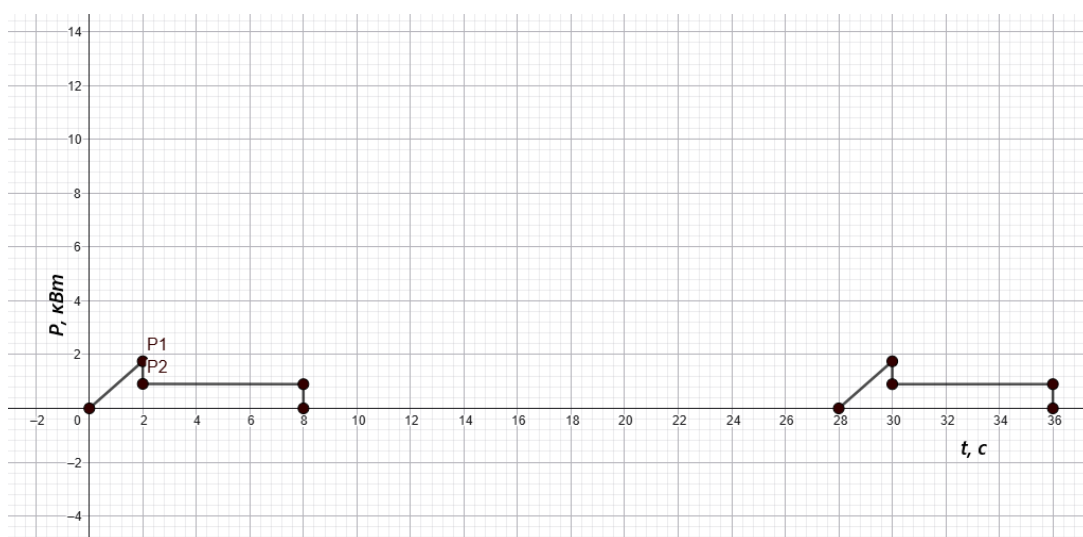


Рис. 3.3 Навантажувальна діаграма електроталі ТЭП-1

Для роботи в повторно-короткочасному режимі використовуються асинхронні електродвигуни з підвищеним ковзанням серії АИРС[6]. Вибір двигуна здійснюється за умовою відповідності номінальної потужності та тривалості вмикання:

$$P_n \geq P_e,$$

$$T_{Вст} \geq T_{Вф}.$$

P_e – еквівалентна потужність, визначена за навантажувальною діаграмою за час роботи двигуна t_p .

Стандартна тривалість вмикання визначається за формулою:

$$T_{Вст} = \frac{t_1 + t_2}{t_1 + t_2 + t_0} = \frac{2 + 6}{2 + 6 + 20} = 0,28 = 28\% \quad (3.1)$$

Фактична тривалість вмикання становить:

$$T_{В \text{ факт.}} = 25\%$$

					02.02-КР.2607“С” 2025.10.30.006.ПЗ	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		24

Оскільки виконується умова $28\% \geq 25\%$, обраний електродвигун відповідає заданому режиму роботи.

3.3. Попередній вибір електродвигуна за потужністю і частотою обертання.

Вибір двигуна проводиться за еквівалентною потужністю, визначеною з навантажувальної діаграми[6]:

$$P_e = \sqrt{\frac{P_1^2 \times t_1 + P_2^2 \times t_2}{0,75 \times t_1 + t_2}} \quad (3.2)$$

$$P_e = \sqrt{\frac{1,75^2 \times 2 + 0,9^2 \times 6}{0,75 \times 2 + 6}} = 1,21 \text{ кВт}$$

Відповідно за вимогою $P_n \geq P_e$ маємо: $1,25 \geq 1,21$.

Підбираємо найближчий можливий електродвигун, а саме - АИРС 80 В6 з наступними характеристиками[6]:

Таблиця 3.1

Паспортні дані електродвигуна

Тип двигуна	АИРС 80 В6
Потужність електродвигуна P_n , кВт	1,25
Частота обертів, n , об/хв	1000
Номинальний струм, I_n , А	3.49
ККД, %	66,5
$\cos \varphi$	0,73
Відношення моментів $M_{\text{пуск}}/M_{\text{ном}}$	2,1
Відношення моментів $M_{\text{мін}}/M_{\text{ном}}$	1,6
Відношення моментів $M_{\text{макс}}/M_{\text{ном}}$	2,1
Відношення моментів $I_{\text{пуск}}/I_{\text{ном}}$	4,0
Момент інерції ротора, $\text{кг} \times \text{м}^2 \times 10^{-3}$	$12 \times 10^{-3} \text{ кг} \times \text{м}^2$
ПВ, %	40
Коеф. ковзання	10,7%

3.4 Перевірка попередньо вибраного електродвигуна.

3.4.1 На нагрівання під час пуску.

3.4.1.1 Розрахунок і побудова механічної характеристики робочої машини. Механічна характеристика визначає залежність моменту опору від швидкості обертання механізму.

Для підйомного механізму момент опору вважається практично сталим[7]:

$$M_c = M_0 + (M_{сн} - M_0) \left(\frac{\omega}{\omega_n} \right)^x \quad (3.3)$$

де: M_0 – початковий момент; $M_{сн}$ – момент статичних опорів при номінальній кутовій швидкості.

$$M_c = M_{сн} = 10 \text{ Нм} \quad (3.4)$$

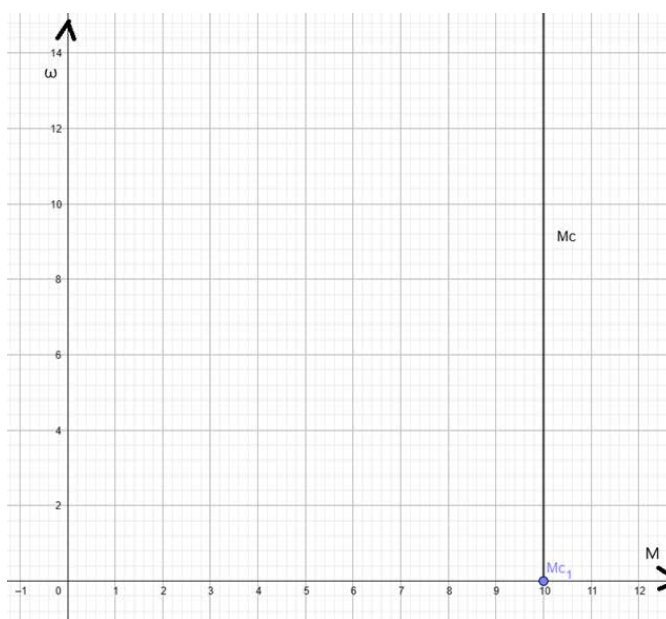


Рис. 3.4 Побудована механічна характеристика робочої машини.

3.4.1.2 Розрахунок і побудова механічної характеристики електродвигуна. Побудову механічної характеристики виконуємо за п'ятьма точками [7].

$$1) s=0 ; M=0 ; \omega_0$$

$$2) s_H = \frac{n_0 - n_H}{n_0} \quad (3.5)$$

$$M_H = 9550 \frac{P_H}{n_H} \quad (3.6)$$

$$M_H = 9550 \frac{1,25}{1000} = 11,93$$

					02.02-КР.2607“С” 2025.10.30.006.ПЗ	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		26

$$s_H = \frac{1000-893}{1000} = 0,107$$

$$n_H = n_0(1-s_H) \quad (3.7)$$

$$n_H = 1000(1 - 0,107) = 893 \text{ об/хв}$$

$$3) s_{\text{крит. ковз}} = \frac{s_H + \sqrt{s_H \times \frac{\mu_K - 1}{\mu_1 - 1}}}{1 + \sqrt{s_H \times \frac{\mu_K - 1}{\mu_1 - 1}}} \quad (3.8)$$

$$\mu_1 = \frac{\mu_K}{\mu_{\text{п}}} = \frac{2,1}{2,1} = 1 \quad (3.9)$$

Так як $\mu_1=1$, то беремо сталу $s_K=0,42$

$$4) s_{\text{min}} = 0,8$$

$$M_{\text{min}} = \mu_{\text{min}} \times M_H \quad (3.10)$$

$$M_{\text{min}} = 1,6 \times 11,93 = 19,09$$

$$5) s_n=1$$

$$M_n = \mu_n \times M_H \quad (3.11)$$

$$M_n = 2,1 \times 11,93 = 25,05$$

Кутову швидкість визначають за формулою: $\omega = \omega_0(1 - s)$.

Побудова механічної характеристики двигуна з урахуванням допустимого відхилення моментів[7].

$$1) \omega_0 ; M_0=0$$

$$\omega_0 = \frac{\pi n_0}{30} = \frac{3,14 \times 1000}{30} = 104,6 \quad (3.12)$$

$$2) \omega_H ; M'_H = M_H$$

$$\omega_H = \frac{\pi n_{\text{ном}}}{30}$$

$$\omega_H = \frac{3,14 \times 893}{30} = 93,46 \quad (3.13)$$

$$M'_H = 11,93$$

$$3) \omega_K ; M'_K = 0,9 M'_K$$

$$\omega_K = \omega_0 (1 - s_K) = 104,6 (1-0,42) = 60,66 \quad (3.14)$$

$$M'_K = 0,9 \times 25,05 = 22,54 \quad (3.15)$$

$$4) \omega_{\text{min}} ; M'_{\text{min}} = 0,8 M'_{\text{min}}$$

$$\omega_{\text{min}} = \omega_0 (1 - s_{\text{min}}) = 104,6 (1 - 0,8) = 20,92 \quad (3.16)$$

$$M'_{\text{min}} = 0,8 \times 19,09 = 15,27 \quad (3.17)$$

					02.02-КР.2607“С” 2025.10.30.006.ПЗ	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		27

$$5) \omega_n = 0 ; M'_n = 0,85 M_n$$

$$M'_n = 0,85 \times 25,05 = 21,3 \quad (3.18)$$

Побудова механічної характеристики двигуна з урахуванням допустимого відхилення напруги 5%[7].

$$1) \omega_0 = 104,6 ; M'' = 0$$

$$2) \omega_H = 93,46 ;$$

$$M''_H = 0,95^2 M'_H \quad (3.20)$$

$$M''_H = 0,95^2 \times 11,93 = 10,77$$

$$3) \omega_K = 60,66$$

$$M''_K = 0,95^2 M'_K \quad (3.22)$$

$$M''_K = 0,95^2 \times 22,54 = 20,34$$

$$4) \omega_{\min} = 20,92 ;$$

$$M''_{\min} = 0,95^2 M'_{\min} \quad (3.23)$$

$$M''_{\min} = 0,95^2 \times 15,27 = 13,78$$

$$5) \omega_n = 0 ;$$

$$M''_n = 0,95^2 M'_n \quad (3.24)$$

$$M''_n = 0,95^2 \times 21,3 = 19,22 \text{ Нм.}$$

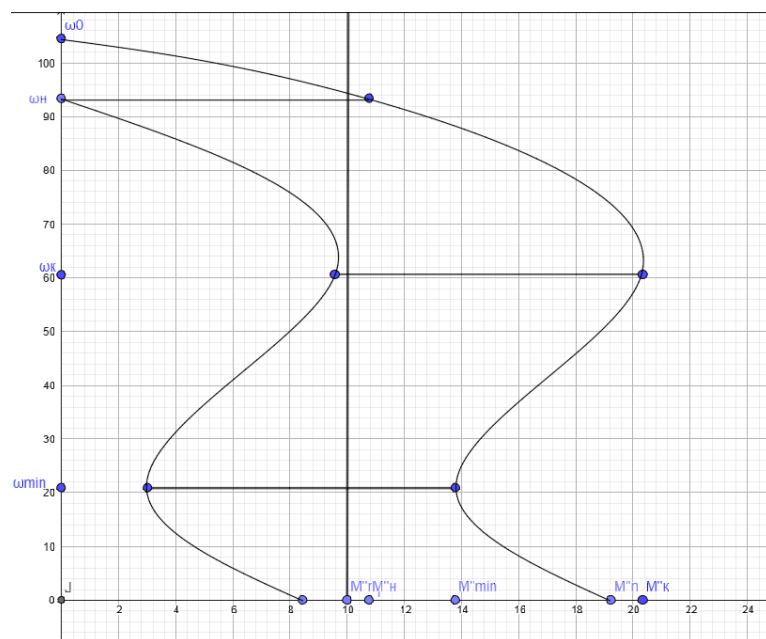


Рис. 3.5 Графік механічної і динамічної характеристики

3.4.1.3 Визначення тривалості пуску електродвигуна і побудова його навантажувальної діаграми. Час пуску електродвигуна визначаємо графічно-аналітичним методом . З цією метою будують механічну характеристику електродвигуна і робочої машини та приводять визначення динамічного моменту:

$$M_j = M''_{дв} - M_c \quad (3.25)$$

де: $M''_{дв}$ — момент двигуна; M_c — момент опору механізму.

Вісь швидкостей ділять на ділянки $\Delta\omega$ і та приводять визначення середнього значення динамічного моменту. Визначаємо зведений момент інерції наступним кроком[8]:

$$J_{зв} = J_{рот} + J_{роб. \text{ Машини}} \quad (3.26)$$

$$J_{зв} = 4,6 \times 10^{-3} + 12 \times 10^{-3} = 0,0166 \text{ кг} \times \text{м}^2$$

$J_{рот}$ — момент інерції ротора електродвигуна, $\text{кг} \times \text{м}^2$; $J_{роб. \text{ маш.}}$ — момент інерції робочої машини.

Проводимо розрахунок приросту часу на кожній ділянці:

$$\Delta t_i = \frac{j \cdot \Delta\omega_i}{M_{дин.ср.i}} \quad (3.27)$$

Тоді час пуску визначаємо як:

$$t_n = \sum_{i=1}^n \Delta t_i \quad (3.28)$$

Для побудови кривої перехідних процесів $\omega = f(t)$ послідовно відкладають приріст часу Δt і визначають відповідне значення кутової швидкості.

Робочий діапазон швидкостей від 0 до $\omega_{ном}$ поділяємо на 8 однакових ділянок:

$$\Delta\omega = \frac{\omega_{ном}}{N} = \frac{93.46 \frac{\text{рад}}{\text{с}}}{8} = 11.68 \frac{\text{рад}}{\text{с}} \quad (3.29)$$

Рахуємо точки для ділянки №1

$$\omega_1 = 0 \text{ рад/с}; \omega_2 = 11.68 \text{ рад/с}$$

$$M''_{дв}(\omega_1) = 19.22 \text{ Нм (Пусковий момент)}$$

$$M''_{дв}(\omega_2) = 13.78 \text{ Нм (Мінімальний момент)}$$

						Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M''_{\text{ДВ. ср. 1}} = \frac{M_{\text{ДВ}}(0) + M_{\text{ДВ}}(11.68)}{2} = \frac{34.72}{2} = 17.36 \text{ Нм.} \quad (3.30)$$

$$M''_{\text{дв. ср. 6}} = \frac{38.54}{2} = 19.27 \text{ Нм}$$

$$M_{\text{дин сер. 6}} = 19.27 - 10 = 9.27 \text{ Нм.}$$

$$\text{Приріст часу } \Delta t_6 = \frac{0.194}{9.27} = 0.0209 \text{ с.}$$

$$\text{Накопичений час } t_6 = 0.1322 + 0.0209 = 0.1531 \text{ с.}$$

$$\text{Ділянка 7: } \omega_1 = 70.08 \text{ рад/с ; } \omega_2 = 81.76 \text{ рад/с.}$$

$$M''_{\text{дв. ср. 7}} = \frac{32.7}{2} = 16.35 \text{ Нм.}$$

$$M_{\text{дин сер. 7}} = 16.35 - 10 = 6.35 \text{ Нм.}$$

$$\text{Приріст часу } \Delta t_7 = \frac{0.194}{6.35} = 0.0306 \text{ с.}$$

$$\text{Накопичений час } t_7 = 0.1531 + 0.0306 = 0.1837 \text{ с.}$$

$$\text{Ділянка 8: } \omega_1 = 81.76 \text{ рад/с ; } \omega_2 = 93.46 \text{ рад/с.}$$

$$M''_{\text{дв. ср. 8}} = \frac{14.5 + 10.77}{2} = 12.635 \text{ Нм}$$

$$M_{\text{дин сер. 8}} = 12.635 - 10 = 2.635 \text{ Нм.}$$

$$\text{Приріст часу } \Delta t_8 = \frac{0.194}{2.635} = 0.0736 \text{ с.}$$

$$\text{Накопичений час } t_8 = 0.1837 + 0.0736 = 0.2573 \text{ с.}$$

Отриманий результат показує, що електродвигун забезпечує достатньо швидкий розгін електроталі без перевантаження механічної частини привода.

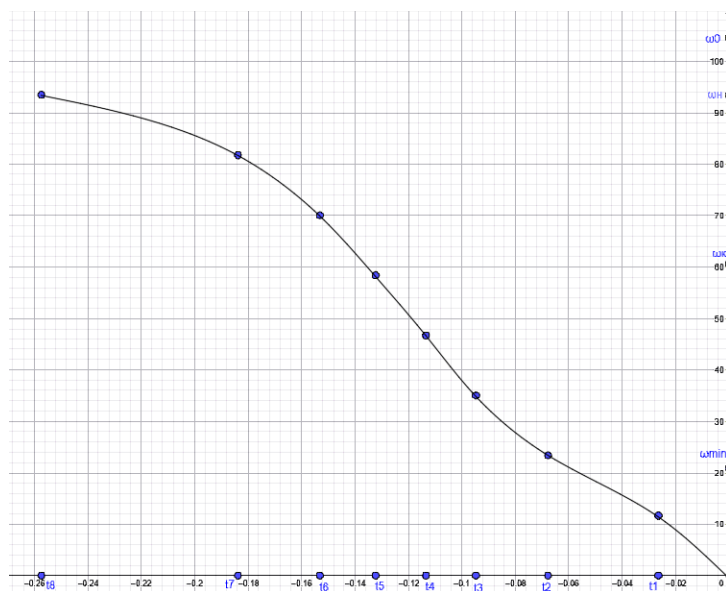


Рис.3.6 Схема часу розгону електродвигуна

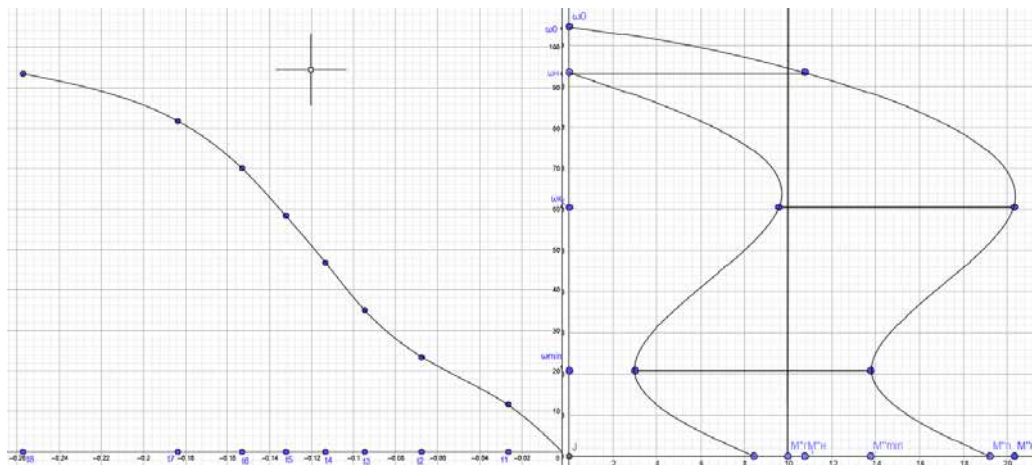


Рис.3.7 Побудова кривих перехідного процесу

Перевірка вибраного двигуна за тепловим режимом під час пуску.

Тепловий режим електродвигуна є одним із основних показників його надійності.

Для асинхронних двигунів, що працюють у повторно-короткочасному режимі S3, характерними є часті пуски та значні пускові струми, які викликають додаткове нагрівання обмоток.

Під час кожного пуску в обмотках двигуна виникають теплові втрати, що можуть призвести до прискореного старіння ізоляції. Тому необхідно перевірити, чи не перевищує фактичне підвищення температури допустимі значення.

Перевірка виконується шляхом порівняння фактичного підвищення температури обмоток з допустимим:

$$\tau_{\text{факт}} \leq \tau_{\text{доп}}$$

Фактичне підвищення температури:

$$\tau_{\text{факт}} = v_t \cdot t_n, \quad (3.32)$$

де V_t — швидкість нагрівання двигуна; t_n — час пуску двигуна.

$V_t = 4,3 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{с}$; $t_n = 0.2573 \text{ с}$. – час пуску електродвигуна, с.

$$\Delta\tau_{\text{факт}} = 4.3 \times 0.2573 = 1.106^\circ\text{C}$$

Допустиме підвищення температури для двигунів серії АИР становить:

$$\Delta\tau_{\text{доп}} = 80^\circ\text{C};$$

$$1.106^\circ\text{C} \leq 80^\circ\text{C}.$$

Отримане значення Δt факт значно менше допустимого, тому двигун має достатній тепловий запас і може безпечно працювати в заданому режимі експлуатації.

3.4.1.4 Перевірка вибраного двигуна на пусковий момент. Для забезпечення надійного запуску підйомного механізму необхідно перевірити відповідність пускового моменту електродвигуна умовам роботи.

Спочатку визначається номінальний момент двигуна на основі його паспортних даних. Для обраного двигуна АИРС 80 В6 з номінальною потужністю $P_n = 1,25$ кВт та частотою обертання $n=1000$ об/хв, номінальний момент становить[7]:

$$M_n = \frac{9550 \times P_n}{n_n} = 11.93 \text{ Нм} \quad (3.6)$$

Початковий момент механізму:

$$0.952 \times 0.85 \times \mu_p \times M_n \geq 1.2 \dots 1.3 \times M_{зр.р.м.} \quad (3.33)$$

$$\mu_p = 2.1; M_n = 11.93 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$M_{пуск} = 0.952 \cdot 0.85 \cdot 2.1 \cdot 11.93 = 20.32 \text{ Н} \cdot \text{м} \geq 1.2 \cdot 10 = 12 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Початковий момент робочої машини: $M_0 = 10 \text{ Н} \cdot \text{м}.$

Для надійного пуску повинна виконуватись умова:

$$M_{пуск} \geq (1.2 \div 1.3) \cdot M_0 \quad (3.34)$$

$$20.32 \geq 12$$

Пусковий момент електродвигуна суттєво перевищує мінімально необхідне значення, що забезпечує впевнений запуск механізму навіть при несприятливих умовах. Таким чином, обраний електродвигун повністю відповідає вимогам пускового режиму і може бути використаний у приводі електроталі.

3.5 Вибір електродвигуна за електричною модифікацією, конструктивним та кліматичним виконанням

Робота електроталі ТЭП-1 характеризується повторно-короткочасним режимом з частими пусками, зупинками та реверсами під час підйому і

					02.02-КР.2607“С” 2025.10.30.006.ПЗ	Лист
						33
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

опускання вантажу. У зв'язку з цим до електродвигуна висуваються підвищені вимоги: достатній пусковий момент, стійкість до нагріву, надійність роботи при ПВ 25–40% та можливість ефективного гальмування[6].

Для приводу електроталі необхідний двигун з підвищеним пусковим моментом, невеликою частотою обертання та можливістю роботи в повторно-короткочасному режимі з електромагнітним гальмом. З урахуванням цих вимог обрано двигун АИРС 80В6 з такими параметрами:

номінальна потужність — 1.25 кВт;

частота обертання — 1000 об/хв;

пусковий момент — 2.1 Мн;

режим роботи — ПВ 40%.

Двигуни серії АИРС спеціально призначені для підйомно-транспортних механізмів і забезпечують надійну роботу при частих пусках.

Прийнято конструктивне виконання ІМ1081, яке забезпечує кріплення за лапи та можливість монтажу в різних просторових положеннях [7].

З урахуванням умов експлуатації (закриті виробничі приміщення, температура $-20...+40^{\circ}\text{C}$, можливість пилу та вологості) обрано: кліматичне виконання — У2[1]; ступінь захисту — ІР44.

Це забезпечує надійну роботу двигуна без додаткових заходів захисту.

3.6. Опис функцій та опис роботи схеми керування електроприводом електроталі

Схема керування забезпечує[7] :

- пуск та зупинку двигунів механізмів підйому та переміщення;
- реверсування напрямку руху в обидва боки;
- захист від виходу механізмів за межі допустимого ходу (кінцевий захист);
- подвійне блокування від помилкових дій оператора одночасного ввімкнення протилежних напрямків.

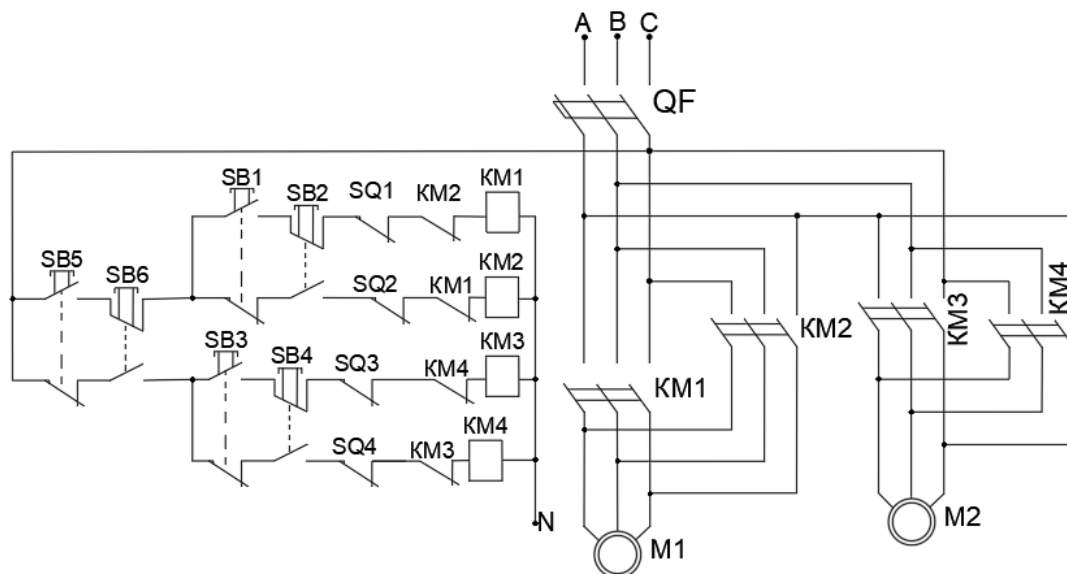


Рис.3.8 Принципова електрична схема керування електроприводом

Елементи керування. У схемі використовуються:

SB1 / SB2 — кнопки керування рухом «Підйом» / «Опускання» (механізм підйому);

SB3 / SB4 — кнопки керування рухом «Вправо» / «Вліво» (механізм переміщення візка);

SB5 / SB6 — кнопки взаємного блокування механізмів підйому та переміщення;

SQ1, SQ2 — кінцеві вимикачі обмеження верхньої та нижньої меж ходу вантажу;

SQ3, SQ4 — кінцеві вимикачі обмеження ходу візка вліво та вправо;

KM1, KM2 — контактори реверсивного керування двигуном підйому M1;

KM3, KM4 — контактори реверсивного керування двигуном переміщення M2.

Робота схеми:

Керування механізмом підйому (M1):

При натисканні кнопки SB5 та SB1 живлення через розмикаючі контакти кнопки SB2, кінцевик SQ1 та допоміжні НЗ-контакти контактора KM2 подається на котушку KM1. Контактор KM1 спрацьовує, замикає свої силові контакти, і двигун M1 запускається в режимі підйому. Рух триває, поки оператор утримує кнопку натиснутою, або до спрацювання кінцевого

вимикача SQ1. При натисканні кнопки SB5 та SB2 аналогічно вмикається контактор KM2, який змінює послідовність фаз на вході двигуна, забезпечуючи режим опускання двигуна.

Керування механізмом переміщення (M2): При натисканні кнопки SB6 та SB3 замикається коло котушки KM3. Двигун отримує живлення та крутиться в один бік при натисканні кнопки SB6 та SB4 вмикається контактор KM4, який забезпечує рух у протилежний бік. Рух обмежується відпусканням кнопок або розмиканням контактів кінцевиків SQ3 чи SQ4 відповідно.

Система блокувань: взаємне та реверсивне блокування - виключає ризик одночасного живлення протилежних напрямків руху кожного з двигунів та перешкоджає їхній одночасній роботі для оптимізації навантаження мережі.

3.7. Вибір апаратів керування і захисту, інших елементів схеми автоматизованого керування, низьковольтного комплектного пристрою та силових електропроводок.

У проєкті застосовуються два асинхронні двигуни АИРС 80 В6 (M1 — підйом, M2 — переміщення), потужністю 1,25 кВт, які працюють у повторно-короткочасному режимі S3 з ПВ = 40 %. Номінальна напруга живлення двигунів становить 380 В, коефіцієнт потужності $\cos\varphi = 0,73$, ККД $\eta = 0,665$; кратність пускового струму: $I_p/I_n = 4,0$; кратність пускового моменту: $M_p/M_n = 2,1$; клас ізоляції: В; ступінь захисту: IP44; кліматичне виконання: У2.

Номінальний струм одного двигуна визначається за формулою[7]:

$$I_{n \text{ двиг}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \times U_{\text{л ном}} \times \eta_{\text{ном}} \times \cos\varphi} = \frac{1250}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.665 \times 0.73} = 3.49 \text{ А.} \quad (3.35)$$

$P_{\text{ном}}$ номінальна потужність електродвигуна, кВт; $U_{\text{л ном}}$ — номінальна лінійна напруга мережі живлення, В ; $\eta_{\text{ном}}$ — номінальний коефіцієнт корисної дії електродвигуна, $\cos\varphi$ — номінальний коефіцієнт потужності електродвигуна.

Пусковий струм двигуна:

$$I_{п.дв.} = 3.49 \times 4.0 = 13.96 \text{ А.} \quad (3.36)$$

Кратність пускового струму: $K_p = 4.0$

					02.02-КР.2607“С” 2025.10.30.006.ПЗ	Лист
						36
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Автоматичний вимикач QF1 встановлюється на ввіді силового кола та призначений для захисту електродвигунів і кабельних ліній від перевантаження та струмів короткого замикання. Також він забезпечує оперативне вмикання і вимикання шафи керування.

З урахуванням коефіцієнта запасу $k_z = 1,25$:

$$I_{авт} \geq 1,25 \times 3,49 = 4,36 \text{ А.} \quad (3.37)$$

В схемі реалізовано механічне блокування, яке повністю унеможливорює одночасну роботу обох двигунів, вибір захисного апарату виконується за струмом одного найбільш навантаженого привода.

Тому приймаємо автоматичний вимикач Schneider Electric TeSys Deca GV2ME10 з діапазоном налаштування теплового розчіплювача 4...6,3 А (номінальний струм уставки 6,3 А), характеристикою спрацювання C, робочою напругою 400 В та відключаючою здатністю 4,5 кА[9]. Такий автомат має захист від КЗ і перевантаження, забезпечуючи надійний захист електропривода при пускових струмах асинхронних двигунів без використання окремих теплових реле.



Рис. 3.9. Автоматичний вимикач Schneider Electric TeSys Deca GV2ME10

Для реверсивного керування електродвигунами було обрано промислові контактори серії Schneider Electric TeSys Deca LC1D09M7 (Рис.3.10) [9] . Вибір апаратів базується на номінальному струмі та режиму комутації:

$$I_k \geq k_z \cdot I_n ,$$

$$I_k \geq 1,25 \cdot 3,49 = 4,36 \text{ А.} \quad (3.38)$$

З огляду на специфіку роботи талі, яка передбачає часті пуски та реверсування механізмів, були обрані контактори з категорією АС-3.

					02.02-КР.2607“С” 2025.10.30.006.ПЗ	Лист 37
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Номинальний робочий струм становить 9 А, що створює необхідний двократний запас міцності для забезпечення тривалого терміну служби контактної групи.

Конструкція контакторів містить вбудовані допоміжні контакти (1НО + 1НЗ), які в схемі керування використовуються для організації електричного блокування. Рішення є обов'язковим для реверсивних схем, оскільки воно повністю виключає можливість одночасного ввімкнення контакторів вперед та назад.



Рис. 3.10. Контактор Schneider Electric TeSys Deca LC1D09M7

У схемі використовуються кнопки SB1–SB6. Кнопки SB1–SB4 призначені для керування напрямком руху механізмів та мають нормально-розімкнені (НО) контакти. Кнопки SB1 і SB2 забезпечують керування механізмом підйому, а SB3 і SB4 — механізмом переміщення візка.

Кнопки SB5 та SB6 виконують функцію взаємного блокування механізмів підйому і переміщення та мають нормально-замкнені (НЗ) контакти. Їх використання унеможливорює одночасне ввімкнення двох двигунів.

Кнопки керування Harmony XB5(Рис.3.11) [9] змонтовані на передніх дверцятах навісної шафи, що забезпечує зручний та ергономічний доступ оператора до органів керування без необхідності відкриття. Високий ступінь захисту IP66/IP69 кнопок Harmony XB5 гарантує цілісність корпусу та запобігає проникненню виробничих забруднень.



Рис. 3.11 Модульна кнопка Schneider Electric XB5

Для обмеження крайніх положень механізму та захисту електроталі від аварійних режимів було обрано чотири кінцеві вимикачі Schneider Electric серії OsiSense XCKM110(Рис. 3.12) [9]. Вони встановлюються для контролю руху візка і механізму підйому, щоб при досягненні крайнього положення автоматично вимикати привід.

Кінцеві вимикачі підключаються безпосередньо в коло живлення котушок контакторів. Коли вантаж доходить до встановленої межі, контакт розмикається, через що контактор відключається і двигун зупиняється. Такий спосіб підключення часто використовують у схемах керування, оскільки він є простим та достатньо надійним у роботі.

Маркування вимикача розшифровується так: XCKM — серія кінцевих вимикачів у металевому корпусі з трьома кабельними входами; 1 — контактний блок із миттєвим перемиканням; 1 — один нормально-розімкнений і один нормально-замкнений контакт; 0 — привід у вигляді металевого штовхача прямої дії.



Рис. 3.12. Кінцевий вимикач Schneider Electric OsiSense XCKM110

Для електроталі був обраний саме металевий корпус, тому що під час роботи виникають постійні вібрації та механічні навантаження. Також має

ступінь захисту IP66, завдяки чому може нормально працювати у запилених приміщеннях майстерні та при потраплянні вологи.

Підбір перерізу провідників силових кіл проводимо за умовою нагріву тривалим розрахунковим струмом, з обов'язковою перевіркою на механічну міцність, враховуючи роботи електроталі.

Для одного електродвигуна з номінальним струмом 3,49А мінімально допустимий струм кабелю визначаємо з урахуванням коефіцієнта запасу:

$$I_{\text{доп}} \geq k_z \times I_n, \text{ де } k_z - \text{коефіцієнт запасу (1.2-1.3).}$$

$$I_{\text{доп}} \geq 1.25 \times 3.49 = 4.36 \text{ А.} \quad (3.39)$$

Згідно з ПУЕ[1] для мідних провідників у ПВХ-ізоляції, найменший допустимий за умовою переріз кабелів силових кіл становить 1.5 мм² з допустимим струмом до 16А.

Враховуючи розрахунковий струм, умови експлуатації та вимоги безпеки праці:

На магістральній лінії живлення, яка йде від розподільчого пункту РП до шафи керування Spacial CRN, прокладається мідний кабель ВВГнг-LS 4×2,5. Переріз жил 2.5 мм² я обрав свідомо із запасом, щоб уникнути просідання напруги в момент пуску двигунів під навантаженням[19].

Для силових кіл живлення двигунів підйому та переміщення по балці обираємо гнучкий кабель марки КГ 4×1,5 оскільки він буде працює у важких динамічних умовах, то може швидко переламається. Спосіб прокладки передбачає рухомий гнучкий шлейф, підвішений на кільцях вздовж сталевого троса паралельно монорейці.

Шафа керування (НКП)

Для компонування апаратури я обрав металеву шафу Schneider Electric Spacial CRN NSYCRN86300P (Рис. 3.13) [9] розміром 800×600×300 мм. Цей розмір виявився оптимальним для зручного розташування всіх автоматів та контакторів із залишенням місця для кабельного монтажу.

Міцність корпусу: Оболонка зроблена зі сталі з епоксидним покриттям. У майстерні постійно є ризик механічних ударів чи вібрацій, тому металева шафа набагато надійніша за пластикову.

Захист: Клас IP66 та IK10 гарантує, що всередину не потрапить пил від металообробки, що критично для довгої роботи контактів.

Компоновка: Монтажна панель всередині дозволила чітко закріпити DIN-рейки.



Рис.3.13 Ящик керування Schneider Electric SPACIAL NSYCRN86300P CRN

Головним вузлом, куди заводиться живлення всієї майстерні, я обрав підлогову шафу Schneider Electric PanelSET SFN SFN12640 (Рис.3.14) [9]. З неї розводиться напруга на всі силові установки. Оскільки це ремонтна зона, де завжди є ризик щось зачепити або вдарити, потрібен був максимально міцний металевий корпус, а не пластиковий. Ступеня захисту IP55 тут вистачає з головою: струмоведучі шини надійно закриті від вологості та абразивного пилу, якого завжди повно в таких приміщеннях.



Рис.3.14 Підлогова шафа Schneider Electric PanelSET SFN12640

					02.02-КР.2607“С” 2025.10.30.006.ПЗ	Лист
						41
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

На самому вході цього щита встановлений загальний ввідний автомат Schneider Electric Acti9 iC60N на 50 А (Рис.3.15) [9]. Він забезпечує захист усього розподільчого пункту від серйозних коротких замикань і загальних перевантажень. Я свідомо обрав апарат із характеристикою відключення типу С. Це дозволяє уникнути відключення електроживлення всього приміщення майстерні у випадках різких струмових стрибків, наприклад, під час важкого запуску електродвигунів під навантаженням.



Рис. 3.15 Schneider Electric Acti9 iC60N, 3P, 50A

Від загальних шин щита прокладена окрема лінія до нашої талі. Для її захисту встановлено лінійний автомат тієї ж серії Schneider Electric Acti9 iC60N з номіналом 16 А і кривою С (Рис. 3.16) [9]. Цей параметр відповідає перерізу мідного кабелю. Основна ідея такого рішення полягає у забезпеченні селективності: якщо на лінії талі чи в її навісному шафі виникне коротке замикання, спрацює лише цей 16-амперний автомат. Таким чином, інше обладнання майстерні залишиться під напругою і продовжить працювати без збоїв.



Рис. 3.16 Schneider Electric Acti9 iC60N, 3P, 16A

3.8. Перелік елементів електричної схеми

Перелік елементів електричної схеми для керування електроприводом електроталі ТЕП-1 наводиться в табл 3.2

Табл. 3.2

Перелік елементів електричної схем

Позн.	Найменування	Кількість
QF	Автоматичний вимикач захисту двигуна триполюсний Schneider Electric TeSys Deca GV2ME10	1
KM1	Контактор магнітний Schneider Electric TeSys Deca LC1D09M7	1
KM2	Контактор магнітний Schneider Electric TeSys Deca LC1D09M7	1
KM3	Контактор магнітний Schneider Electric TeSys Deca LC1D09M7	1
KM4	Контактор магнітний Schneider Electric TeSys Deca LC1D09M7	1
SB1	Кнопка керування Schneider Electric Harmony XB5 чорна	1
SB2	Кнопка керування Schneider Electric Harmony XB5 чорна	1
SB3	Кнопка керування Schneider Electric Harmony XB5 чорна	1
SB4	Кнопка керування Schneider Electric Harmony XB5 чорна	1
SB5	Кнопка керування Schneider Electric Harmony XB5 чорна	1
SB6	Кнопка керування Schneider Electric Harmony XB5 чорна	1
SQ1	Вимикач кінцевий підйому Schneider Electric OsiSense XCKM110	1
SQ2	Вимикач кінцевий підйому Schneider Electric OsiSense XCKM110	1
SQ3	Вимикач кінцевий механізму переміщення Schneider Electric OsiSense XCKM110	1
SQ4	Вимикач кінцевий механізму переміщення Schneider Electric OsiSense XCKM110	1
M1	Електродвигун АИРС 80 В6, 1,25 кВт, 380 В	1
M2	Електродвигун АИРС 80 В6, 1.25 кВт, 380 В	1

3.9. Аналіз об'єкту проектування. Визначення коефіцієнтів відбиття поверхонь в приміщеннях об'єкту проектування.

Об'єктом проектування є майстерня з ремонту мобільної техніки сільськогосподарського підприємства. Дане підприємство виконує обслуговування та ремонт сільськогосподарських машин і обладнання, що потребує наявності якісного та надійного електрозабезпечення, зокрема системи освітлення.

Розмір будівлі становить 12х20 м. Висота приміщень різна і залежить від їх призначення: у ремонтній зоні вона складає 5 м, тоді як у допоміжних приміщеннях — 3 м. Будівля майстерні включає такі приміщення: ремонтна зона; діагностичне приміщення ; склад запасних частин ; електрощитова ; побутове приміщення ; коридор ; Адміністративне приміщення

У розрахунках освітлення приймаємо такі коефіцієнти відбиття поверхонь приміщення: стеля чиста бетонна $\rho_{ст} = 50\%$, стіни бетонні $\rho_c = 30\%$, коефіцієнт відбиття підлоги $\rho_n = 10\%$ [10].

3.10 Вибір коефіцієнта освітленості, визначення кількості світильників та складання світлотехнічної відомості.

Розрахунок електричного освітлення виконуємо за методом використання світлового потоку, що застосовується при розрахунках загального рівномірного освітлення горизонтальної поверхні в закритих приміщеннях, а також робимо перевірку за допомогою точкового методу та розраховуємо по питомій потужності. Коефіцієнт запасу вибираємо в залежності від характеристики приміщення і типу джерела світла по галузевим нормам освітлення, спеціальній довідниковій літературі.

При розрахунку освітленості в будь-якій точці враховуємо світлові потоки найближчих світильників. Для урахування дії віддалених світильників і відбитих потоків в розрахунковій формулі використовуємо коефіцієнт

					02.02-КР.2607“С” 2025.10.30.006.ПЗ	Лист
						44
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

додаткової освітленості. Його значення залежить від коефіцієнтів відбивання стін і стелі приміщення і від світлорозподілу світильників, тобто від їх типу.

Кількість світильників визначають з умови найвигіднішої відносної відстані між ними за відомими параметрами приміщення, довжиною, шириною і розрахунковою висотою:

$$A=10\text{ м}; B=12\text{ м}; H=5\text{ м}; E=300; h_v=0,2; h_p=0,5; \lambda=1,6; K_z=1.5; Z=1.1$$

Загальна площа:

$$S=A \times B=10 \times 12=120\text{ м}^2. \quad (3.40)$$

Висота підвісу світильника:

$$h=H-h_z-h_p=5-0,2-0,5=4,3\text{ м}. \quad (3.41)$$

Відстань між світильниками:

$$L=\lambda \times h=1,6 \times 4,3=6,88\text{ м}. \quad (3.42)$$

Кількість світильників в ряду:

$$N_B=\frac{B}{L}=\frac{12}{6,88}=1,74=2\text{ шт} \quad (3.43)$$

$$N_A=\frac{A}{L}=\frac{10}{6,88}=1,45=2\text{ шт}. \quad (3.44)$$

Загальна кількість світильників

$$N=n_A \times n_B=2 \times 2=4\text{ шт}. \quad (3.45)$$

Розрахункова кількість світильників, визначена за геометричним методом, становить 4 шт. Проте з урахуванням підвищеного коефіцієнта запасу $K_z=1.5$ для запиленого середовища, значної висоти приміщення та необхідності забезпечення рівномірності освітлення, прийнято рішення збільшити кількість світильників до 6 шт (3×2).

Відстань від стіни до світильника:

$$L'=0,4 \times L=0,4 \times 6,88=2,75\text{ м}. \quad (3.46)$$

Знаходимо індекс приміщення:

$$i=(A \times B)/(h \times (A+B))=(10 \times 12)/(4,3 \times (10+12))=1,27. \quad (3.47)$$

Коефіцієнт використання світлового потоку складає: $\eta=0.55$.

Розрахунок світлового потоку лампи:

$$\Phi_p=\frac{K_z \cdot Z \cdot E_k \cdot S}{K_{\text{КД}} \cdot N_{\Sigma}}=\frac{1,5 \cdot 1,1 \cdot 300 \cdot 120}{0,55 \cdot 6}=18000\text{ лм}. \quad (3.48)$$

					02.02-КР.2607“С” 2025.10.30.006.ПЗ	Лист
						45
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Норма освітленості для ремонтної зони становить 300 лк.

Обираємо лампу: Philips BY698P LED200/NW PSU(Рис. 3.17) , потужність 150 Вт, спектр світла 4000К, світловий потік 20000 Лм[11]. Має високий клас захисту IP65, що забезпечує повний захист від пилу та води.



Рис. 3.17 Світильник Philips BY698P LED200/NW PSU

Фактична освітленість становить[10]:

$$E_f = E_n \frac{\Phi_l}{\Phi_p} = 300 * \frac{20000}{18000} = 333.3 \text{ лк.} \quad (3.49)$$

Відхилення фактичної освітленості від нормованої:

$$\Delta E = \frac{E_f - E_n}{E_n} * 100\% = \frac{333.3 - 300}{300} * 100\% = +11.1 \%. \quad (3.50)$$

Згідно з ДБН В.2.5-28:2018 [10] допускається відхилення освітленості в межах нормативних значень. Отримане перевищення освітленості є допустимим та забезпечує надійний запас освітлення в умовах експлуатації[11].

$$P_{\Sigma} = P_A * N_{\Sigma} = 150 * 6 = 900 \text{ Вт.} \quad (3.51)$$

$$P_{\text{пит}} = \frac{P_{\Sigma}}{S} = \frac{900}{120} = 7.5 \text{ Вт/м}^2 \quad (3.52)$$

3.11 Світлотехнічна відомість

Дані розрахунку освітлювальної мережі заносимо в світлотехнічну відомість в табл 3.3

					02.02-КР.2607“С” 2025.10.30.006.ПЗ	Лист
						46
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Світлотехнічна відомість

Назва приміщення	Рем. зона	Діагностика	Склад	Електро щитова	Побутове	Коридор	Адміністративне
Довжина	10	4	5	2	4	2	5
Ширина	12	5	5	5	5	10	5
Висота	5	3	3	3	3	3	3
Площа	120	20	25	10	20	20	25
Коеф. відбиття	стіни	30	30	30	30	30	30
	стелі	50	50	50	50	50	50
Нормована освітленість	300	400	150	150	200	100	300
Коефіцієнт запасу	1.5	1.3	1.3	1.3	1.4	1.2	1.3
Умови середовища	запилене	нормальне	нормальне	нормальне	нормальне	нормальне	нормальне
Світильник	Кількість	6	4	6	1	4	4
	Потужність	150	60	10	20	18	36
	Тип	Philips BY698P LED IP65	Philips SM134V LED60S/840 PSU W60L60 IP20	Philips BN058C LED10/840 L600 IP20	Philips WT045C LED20/NW PSU IP54	Philips BN058C LED18/840 L1200 IP20	Philips BN058C LED6/840 L600
Загальна потужність		900	240	60	20	72	24
Питома потужність, Вт/м²		7.5	12	2.4	2.0	3.6	1.2
							5.76

3.12 Компонування освітлювальної та опромінювальної мереж. Вибір та розрахунок проводів, спосіб їх прокладки.

Після виконання світлотехнічного розрахунку здійснюється комплектування освітлювальної та бактерицидної мережі. Світильники розподіляються по групах, наносяться на план приміщення, а також визначають місця встановлення розподільчих щитків і траси прокладання кабельних ліній.

Групові щити розміщуються з урахуванням рівномірного розподілу навантаження, по можливості ближче до центру споживання електроенергії. Водночас забезпечується зручний доступ для обслуговування. Висота встановлення приймається не більше 2м від підлоги до верхньої частини щита [10].

Прокладання групових ліній виконується з урахуванням розташування світильників і особливостей будівлі. При цьому дотримуються такі вимоги:

- мінімальна довжина кабельних трас;
- врахування конструкції приміщення;
- зручність монтажу та подальшої експлуатації.

Кожна групова лінія захищається автоматичним вимикачем, який забезпечує захист від коротких замикань і перевантажень. Номінальний струм автоматів приймається не більше 10 А для освітлювальних мереж.

З метою спрощення схеми та підвищення надійності всі споживачі поділяються на три групи.

Групування освітлювального навантаження

Враховуючи призначення приміщень та встановлену потужність світильників, освітлення майстерні розбиваємо на три групи:

1 група – ремонтна зона

$$P_{\text{Гр.1}} = 6 \times 150 = 900 \text{ Вт.} \quad (3.53)$$

2 група – Склад запчастин: 60 Вт ; Адміністративне : 144 Вт.

$$P_{\text{Гр2}} = 144 + 60 = 204 \text{ Вт.} \quad (3.53)$$

3 група: Побутове: 72 Вт ; Коридор: 24 Вт ; Електрощитова: 20 Вт; Діагностика: 240 Вт.

$$P_{\text{Гр.3}} = 72 + 24 + 20 + 240 = 356 \text{ Вт.} \quad (3.53)$$

Загальна потужність освітлення складає:

$$P_{\text{заг}} = 900 + 204 + 356 = 1460 \text{ Вт.} \quad (3.54)$$

Розрахунок струмів на кожній групі:

Живлення здійснюється від однофазної мережі 220 В.

$$1 \text{ група: } I_{\text{Гр1}} = P_{\text{Гр.1}} / U = 900 / 220 = 4.09 \text{ А} \quad (3.55)$$

$$2 \text{ група: } I_{\text{Гр2}} = P_{\text{Гр.2}} / U = 204 / 220 = 0.93 \text{ А} \quad (3.55)$$

					02.02-КР.2607“С” 2025.10.30.006.ПЗ	Лист
						48
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$3 \text{ група: } I_{\text{гр}3} = P_{\text{гр}3} / U = 356 / 220 = 1.62 \text{ А.} \quad (3.55)$$

Загальний струм:

$$I_{\text{заг.}} = 4.09 + 0.93 + 1.62 = 6.64 \text{ А.} \quad (3.56)$$

Для підключення кожної групи обираємо шнур марки ВВГнг 3×1.5 мм² з допустимим струмом 16А.

$$I_{\text{гр}1} = 4.09 \text{ А} \leq I_{\text{доп}} = 16 \text{ А.}$$

$$I_{\text{гр}2} = 0.93 \text{ А} \leq I_{\text{доп}} = 16 \text{ А.}$$

$$I_{\text{гр}2} = 1.62 \text{ А} \leq I_{\text{доп}} = 16 \text{ А.}$$

Для вводу в приміщення, обираємо кабель марки ВВГнг 3×2,5 мм² з номінальним струмом 25А.

$$I_{\text{заг}} = 6.64 \text{ А} \leq I_{\text{доп}} = 25 \text{ А.}$$

Для живлення освітлювальної мережі обираємо кабель марки ВВГнг-LS, який не підтримує горіння та характеризується зниженим димовиділенням. Такий кабель відповідає вимогам ПУЕ щодо прокладання електричних мереж у виробничих та допоміжних приміщеннях [19].

Для підключення груп освітлення приймається кабель перерізом 3×1,5 мм², що забезпечує допустимий струм до 16 А та задовольняє умовам навантаження.

Для вводу в приміщення використовується кабель ВВГнг-LS 3×2,5 мм², який має більшу пропускну здатність і забезпечує надійну роботу всієї системи електропостачання.

3.13 Розрахунок, вибір комутаційно-захисної апаратури та складання специфікації обладнання.

Для захисту від короткого замикання освітлювальних мереж використовують автоматичні вимикачі.

Вибір автоматичних вимикачів:

Для вводу в будівлю обираємо автоматичний вимикач типу Schneider Electric Acti9 iC60N 1P 10А характеристикою відключення В.

					02.02-КР.2607“С” 2025.10.30.006.ПЗ	Лист
						49
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Для першої групи обираємо автоматичний вимикач Schneider Electric Acti9 iC60N 1P 10A з характеристикою відключення В.

Для другої групи обираємо автоматичний вимикач Schneider Electric Acti9 iC60N 1P 6A з характеристикою відключення В.

Для третьої групи обираємо автоматичний вимикач Schneider Electric Acti9 iC60N 1P 6A з характеристикою відключення В[9].

Вибір щита освітлення

Керування групами світильників здійснюється з освітлювального щита, який розташований в електрощитовій. Керування світильниками, які живляться від однієї групи, але знаходяться в різних приміщеннях, здійснюється за допомогою індивідуальних вимикачів, що встановлюються безпосередньо в цих приміщеннях.

Щит освітлення вибирають за такими умовами:

- 1) за кількістю груп з урахуванням однієї резервної;
- 2) за видом захисту і номінальними даними апаратів захисту, що встановлені в щиті;
- 3) за ступенем захисту і способом монтажу.

Враховуючи вище перелічені вимоги, приймаємо до установки освітлювальний щит ЩО-12Н. Даний щит розрахований на 12 модулів. Для захисту встановлюються автоматичні вимикачі Schneider Electric Acti9 iC60N. На ввіді в щит встановлюється автоматичний вимикач Schneider Electric Acti9 iC60N 1P 10A. Щит навісного виконання. Щит навісного виконання з габаритними розмірами: 105×330×234 мм [9,19].

					02.02-КР.2607“С” 2025.10.30.006.ПЗ	Лист
						50
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Специфікація обладнання

Найменування	Одиниці виміру	Кількість
Щит освітлення ЦО-12Н	шт	1
Світильник Philips BY698P LED IP65	шт	6
Світильник Philips SM134V LED60S/840 PSU W60L60 IP20	шт	4
Світильник Philips BN058C LED10/840 L600 IP20	шт	6
Світильник Philips WT045C LED20/NW PSU IP54	шт	1
Світильник Philips BN058C LED18/840 L1200 IP20	шт	4
Світильник Philips BN058C LED6/840 L600	шт	4
Світильник Philips RC091V LED IP20	шт	4
Кабель ВВГнг-LS 3×2.5 мм ²	м	15
Кабель ВВГнг-LS 3×1.5 мм ²	м	170
Автоматичний вимикач Schneider Electric 10А	шт	2
Автоматичний вимикач Schneider Electric 6А	шт	2

РОЗДІЛ 4

ВПРОВАДЖЕННЯ АВТОНОМНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ

4.1 Обґрунтування необхідності резервного електроживлення та визначення складу критичних електроспоживачів.

У процесі аналізу системи електропостачання майстерні встановлено, що її робота повністю залежить від зовнішньої мережі, у разі відключення напруги всі виробничі процеси припиняються, що призводить до простоїв, зниження продуктивності та погіршення умов безпеки.

Найбільш небезпечними є відключення під час виконання ремонтних робіт або підйому вантажів, у таких випадках зупиняється підйомно-транспортне обладнання, відключається електроінструмент і компресори, відсутнє освітлення, припиняється робота діагностичних систем.

Для підвищення надійності електропостачання та забезпечення безперервної роботи доцільно передбачити систему резервного електроживлення [12].

Основні задачі розділу є визначення споживачів, що підлягають резервуванню, розрахунок електричного навантаження, вибір інвертора та акумуляторних батарей, визначення параметрів сонячної електростанції.

При формуванні переліку обладнання, що підлягає підключенню до системи резервного електрозабезпечення, було застосовано метод раціонального селективного вибору. Даний підхід ґрунтується на необхідності підтримки лише тих технологічних процесів, зупинка яких у разі аварійного відключення мережі може призвести до травмування персоналу, пошкодження дороговартісних вузлів сільськогосподарської техніки або повної дезорганізації роботи майстерні. Оскільки повне резервування всієї встановленої потужності об'єкта потребувало б значного збільшення енергоємності акумуляторного масиву та встановлення інверторного обладнання надлишкової потужності, до складу групи критичного навантаження включено лише п'ять категорій споживачів.

					02.02-КР.2607“С” 2025.10.30.006.ПЗ	Лист
						52
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Основним елементом безпеки є система штучного освітлення робочої зони, реалізована на базі світлодіодних світильників, які при сумарній потужності 1,46 кВт забезпечують необхідну видимість для безпечного виходу персоналу та завершення поточних операцій[10].

Ключовим механічним компонентом резервної групи є підйомно-транспортне обладнання, представлене електроталлю з двома асинхронними електродвигунами серії АИРС 80В6[6]. Потужність кожного двигуна становить 1,25 кВт, що сумарно дає встановлену потужність 2,5 кВт, проте з огляду на циклічний характер роботи та послідовне ввімкнення механізмів підйому та переміщення, такий вибір дозволяє гнучко маневрувати вантажами в умовах обмеженого енергоресурсу.

Для забезпечення роботи пневматичного інструменту та проведення операцій з очищення деталей до складу групи включено поршневий компресор Forte VFL-50 потужністю 2,2 кВт, продуктивність якого є достатньою для підтримки тиску в системі під час короткочасних циклів використання[5].

Технологічний цикл ремонту також передбачає використання ручного електроінструменту, серед якого обрано кутову шліфувальну машину Makita GA5030 потужністю 0,72 кВт як найбільш універсальний засіб для механічної обробки металу[3].

Останньою ланкою резервної системи є діагностично-адміністративний комплекс, що складається з двох персональних комп'ютерів загальною потужністю 0,5 кВт, які використовуються для зчитування кодів помилок мобільної техніки та фіксації результатів тестування паливних і гідравлічних систем.

Перелік та потужність споживачів резервної групи

№	Споживач	Кількість, шт	Тип/марка обладнання	Загальна потужність, кВт
1	Освітлення	1	LED-світильники	1.46
2	Електроталь	1	АИРС 80B6	2.5
3	Компресор поршневий	1	Forte VFL-50	2.2
4	Кутова шліфувальна машина	1	Makita GA5030	0.72
5	Комп'ютерна техніка	2	Стационарний ПК	0.5

4.2 Розрахунок навантаження резервної системи

Для визначення параметрів силового обладнання системи резервного живлення необхідно розрахувати встановлену потужність групи споживачів. У даному розрахунку приймається, що електроталь працює в режимі почергового використання двигунів (підйом, або переміщення), що є технологічно виправданим для запобігання розгойдуванню вантажу та зменшення пікових пускових струмів.

Встановлена потужність групи резервованих споживачів $R_{вст.рез.}$ розраховується як сума номінальних потужностей обладнання, що може працювати одночасно [8] :

$$R_{вст.рез.} = R_{осв.} + R_{таль} + R_{комп.} + R_{кшм.} + R_{пк} \quad (4.1)$$

$$R_{вст.рез.} = 1.46 + 1.25 + 2.2 + 0.72 + 0.5 = 6.13 \text{ кВт} \quad (4.1)$$

4.3 Вибір типу системи резервного живлення

Для того щоб ремонтна майстерня могла стабільно працювати навіть під час відключень світла, необхідно обрати надійне джерело енергії. Найбільш розповсюдженим варіантом зазвичай вважають паливні генератори. Проте для нашого об'єкта вони не є ідеальними: генератори потребують постійних витрат на пальне, створюють сильний шум та шкідливі викиди, а головне — вони не можуть миттєво підхопити навантаження в момент зникнення напруги. Для роботи з електроталіями та діагностичними приладами потрібна система, яка спрацює непомітно[12].

Найкращим рішенням у нашому випадку є встановлення гібридної системи енергозабезпечення. Її назва означає, що вона може одночасно брати енергію з трьох джерел: сонячних панелей, акумуляторів та звичайної міської мережі. На відміну від звичайних джерел безперебійного живлення (UPS), така система не просто чекає моменту відключення світла, а активно допомагає економити. Коли світить сонце, енергія йде напряму на потреби майстерні (освітлення, робота інструментів), а надлишки заряджають батареї.

Структура обраної системи включає три головні ланки. Перша — це сонячна панель[17], яка перетворює світло в електрику. Друга — акумуляторний масив[16], який є енергетичним сейфом на випадок темряви або аварії в мережі. Третя і найголовніша ланка — гібридний інвертор[13,15]. Це мізки всієї системи, які самостійно вирішують, звідки зараз вигідніше взяти струм. Наприклад, якщо потужності сонця не вистачає для пуску компресора, інвертор миттєво додасть відсутні кіловати з акумуляторів, не перевантажуючи зовнішню мережу.

Такий підхід дозволяє перетворити майстерню на частково незалежний енерговузол. Під час повного блекауту система переходить у режим автономного острова за мілісекунди, що гарантує безпечне завершення будь-якої операції, наприклад, фіксацію вантажу на талі[14].

					02.02-КР.2607“С” 2025.10.30.006.ПЗ	Лист
						55
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Це не просто резерв, а сучасна інженерна модель, яка поєднує екологічність, економію коштів на оплату електроенергії та 100% готовність до непередбачуваних ситуацій у мережі. Наступним логічним кроком є точний розрахунок ємності акумуляторів, які стануть основою цієї автономії.

4.4 Вибір акумуляторних батарей, інвертора на сонячних панелей

Для більш точного розрахунку необхідної ємності акумуляторних батарей недостатньо оперувати лише піковими значеннями встановленої потужності[13]. Оскільки обладнання майстерні (компресор, електроталь, шліфувальна машина) працює не постійно, а включення окремих агрегатів має циклічний або епізодичний характер, використання сумарної номінальної потужності призведе до необґрунтованого завищення вартості системи[15]. Тому, для визначення реальної енергоемності системи, ми вводимо поняття середньогодинного споживання. Це дозволить підібрати акумуляторний масив, який не буде надлишковим за ціною, але при цьому гарантовано забезпечить роботу майстерні протягом всієї аварійної зміни.

Розрахунок базується на коефіцієнтах використання (K_v), які відображають реальну частку часу роботи кожного пристрою[7,16].

Табл. 4.2

Розрахунок середнього споживання електрообладнання майстерні

Найменування обладнання	$P_{ном}$, кВт	K_v	$P_{ср}$, кВт
Система освітлення (LED)	1,46	0,9	1,31
Електроталь	1,25	0,15	0,19
Компресорна установка	2,2	0,4	0,88
Кутова шліфувальна машина	0,72	0,2	0,14
Комп'ютерне обладнання	0,5	0,8	0,4

$$P_{\text{ср.}} = P_{\text{осв.}} + P_{\text{таль}} + P_{\text{комп.}} + P_{\text{кшм.}} + P_{\text{пк.}} \quad (4.2)$$

$$P_{\text{ср.}} = 1.31 + 0.19 + 0.88 + 0.14 + 0.4 = 2.92 \text{ кВт.} \quad (4.2)$$

Виходячи з цього значення, проведемо розрахунок необхідної енергоемності акумуляторного масиву $E_{\text{акб}}$ для забезпечення 4 годин автономної роботи.

$$E_{\text{акб}} = \frac{P_{\text{ср.}} \cdot t}{\eta \cdot k} \quad (4.3)$$

де: $\eta = 0,92$ — коефіцієнт корисної дії інвертора; $k = 0,80$ - рекомендована глибина розряду.

$$E_{\text{акб}} = \frac{2.92 \cdot 4}{0.92 \cdot 0.8} = 15.87 \text{ кВт} \cdot \text{год.} \quad (4.4)$$



Рис.4.1 Акумуляторний блок Felicity Solar FLA48300TG2

У даному проєкті прийнято рішення використовувати літій-залізо-фосфатний акумуляторний блок Felicity Solar FLA48300TG2 (48В, 300Аг) [16]. Це дозволяє отримати великий запас енергії в одному корпусі, що спрощує монтаж та обслуговування.

Інвертор є ключовим елементом системи, відповідальним за узгодження роботи сонячних панелей, акумулятора і зовнішньої електромережі.

Підбір інвертора за номінальною потужністю виконується з урахуванням загальної встановленої потужності споживачів $P_{\text{вст}} = 6,13 \text{ кВт}$, а також із

					02.02-КР.2607“С” 2025.10.30.006.ПЗ	Лист
						57
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

застосуванням коефіцієнта запасу. Цей коефіцієнт дозволяє врахувати поступову деградацію компонентів і забезпечити стабільну роботу пристрою в оптимальному тепловому режимі[15].

Табл 4.3

Характеристики акумуляторного блоку Felicity Solar FLA48300TG2

Характеристика	Значення
Технологія	LifePO4 (Літій-залізо-фосфат)
Номінальна напруга,В	51.2
Номінальний струм заряду	100
Ємність, А·год	300
Кількість циклів	6000
Робоча температура розряду , °C	-10...+55
Сумісність	Універсальна
Вага, кг	130

Необхідна номінальна потужність інвертора $P_{інв}$ визначається за формулою:

$$P_{інв} \geq P_{вст} \times k_{рез} \quad (4.5)$$

$$P_{інв} \geq 6.13 \times 1.3 = 7.97 \text{ кВт.} \quad (4.5)$$

$k_{рез}$ – коефіцієнт резерву (приймаємо як 1.3)

Обрана номінальна потужність 10 кВт повністю задовольняє умову, забезпечуючи експлуатаційний запас потужності понад 20%.

Найбільш складним режимом роботи є запуск асинхронних двигунів компресора та талі. При прямому пуску потужність двигуна короткочасно зростає в кілька разів.

Сумарна пікова потужність складає:

$$P_{пik} = P_{ср.} + (P_{пуск.макс} - P_{ном.макс.}) \quad (4.6)$$

$$P_{пуск.макс.} = P_{ном.макс} \times k \quad (4.7)$$

Кратність пускового струму компресора складає: $k=4$.

$P_{пуск.макс.}$ - пускова потужність найбільш потужного споживача.

$$P_{пуск.макс.} = 2.2 \times 4 = 8.8 \text{ кВт.} \quad (4.7)$$

$$P_{пik} = 2.92 + (8.8 - 2.2) = 9.56 \text{ кВт.} \quad (4.6)$$

Перевіряємо умову безперебійної роботи системи:

$$P_{\text{пiк}} < P_{\text{макс.інв.}}$$

$$9.56 \text{ кВт} < 16 \text{ кВт}.$$

Згідно з проведеними розрахунками, обране обладнання повністю відповідає технічним вимогам щодо потужності та пікових навантажень. Тому для автономного живлення майстерні обрано трифазний гібридний інвертор Solis S6-EH3P10K-L-PRO[15].



Рис. 4.2 Гібридний інвертор Solis S6-EH3P10K-L-PRO

Табл 4.4

Технічні характеристики гібридного інвертора Solis S6-EH3P10K-L-PRO

Характеристика	Значення
Номінальна вихідна потужність	10 кВт
Максимальна пікова потужність (10 сек)	16 кВт
Тип мережі	Трифазна (3L/N/PE)
Номінальна напруга мережі	380 / 400 В
Діапазон напруги акумулятора	42 – 58 В
Максимальний струм заряду/розряду	190 А / 190 А
Кількість MPPT трекерів / Кількість входів	2 / 4
Максимальний ККД	97,5 %
Ступінь захисту корпусу	IP65

Дана модель є оптимальною, оскільки поєднує в собі можливість роботи з низьковольтним акумулятором (48 В), має високу ефективність перетворення та інтелектуальну систему керування фазами, що критично для стабільної роботи електроінструменту.

Для фотоелектричної системи майстерні обираємо монокристалічні сонячні панелі JA Solar JAM72S30-550/MR потужність 550Вт з ККД 21,3% [17].

Орієнтовна потреба в електроенергії на період активної генерації при максимальному навантаженні становить:

$$E_{\text{денна}} = (P_{\text{ср.}} \times T_{\text{зм}}) + E_{\text{акб}} \quad (4.7)$$

$$E_{\text{денна}} = (2,92 \times 10) + 15,36 = 44.56 \text{ кВт.} \quad (4.7)$$

$E_{\text{акб}} = 15.36 \text{ кВт}$ – повна ємність АКБ.

Розрахункова кількість сонячних панелей визначається з урахуванням середньої інсоляції для Київської області у весняно-літній період та становить:

$$N_{\text{пан}} = \frac{E_{\text{денна}}}{P_{\text{пан}} \times t_{\text{пik}}} = \frac{44560}{550 \times 4.5} = 18 \text{ шт.} \quad (4.8)$$

З метою забезпечення симетричного розподілу навантаження на інвертор до встановлення приймаємо 18 сонячних панелей.

Загальна встановлена потужність PV становить:

$$P_{\text{pv}} = N_{\text{пан.}} \times P_{\text{пан}} = 18 \times 550 = 9.9 \text{ кВт.} \quad (4.9)$$

Середня генерація за сонячний день становить:

$$E_{\text{ген}} = N_{\text{пан.}} \times P_{\text{пан}} \times t_{\text{пik}} = 18 \times 550 \times 4.5 = 44.55 \text{ кВт.} \quad (4.10)$$

Така конфігурація здатна згенерувати близько 44,5 кВт·год енергії за сонячний день, що ідеально покриває 10-годинні денні потреби майстерні та гарантує повний заряд акумуляторного блоку. У нічний час живлення чергових систем здійснюється від акумулятора.

Завантаження інвертора по постійному струму (DC/AC ratio) становить $9,9 / 10,0 = 0,99$, що є оптимальним показником для довговічної роботи інвертора без перегріву. Панелі розбиваються на 2 стрінги по 9 модулів, які підключаються до двох незалежних MPPT-трекерів інвертора.

Робоча напруга одного стрінга становить:

$$U_{\text{стр}} = 9 \times U_{\text{мп}} = 9 \times 42.1 = 378.9 \text{ В.} \quad (4.11)$$

$U_{\text{мп}}$ — напруга панелі при максимальній потужності.

Отримане значення повністю відповідає робочому діапазону MPPT трекера для інвертора Solis (160–950 В), що гарантує стабільний пошук точки максимальної потужності [13] . Максимальна напруга розімкненого кола при найнижчих зимових температурах не перевищить допустимі 1000 В.

Для визначення можливості розміщення масиву на даху ремонтної зони необхідно розрахувати фактичну площу, яку займуть фотомодулі.

Габаритні розміри однієї обраної панелі JA Solar 550W становлять 2278 × 1134 мм. Площа одного модуля $S_{пан}$ складає:

$$S_{пан}=2.278 \times 1.134=2.58 \text{ м}^2. \quad (4.12)$$

Загальна площа фотоелектричного масиву із 18 панелей буде складати:

$$S_{заг}=N_{пан} \times S_{пан} \quad (4.13)$$

$$S_{заг}=18 \times 2.58=46.44 \text{ м}^2. \quad (4.13)$$

З урахуванням технологічних зазорів для кріплень та необхідних сервісних проходів, загальна площа, що відводиться під станцію, становитиме приблизно 54 м². Враховуючи, що загальна площа даху ремонтної зони складає 120 м², проєктований сонячний масив займатиме всього 45% від наявної поверхні покрівлі.

Такий рівень заповнення даху є оптимальним, оскільки всі панелі розміщуються лише на найбільш продуктивній південній стороні схилу, що дозволяє уникнути затінених зон. Вільний простір забезпечує зручний доступ до обладнання для його очищення або проведення планового технічного огляду. Система монтується на спеціальну алюмінієву раму, яка надійно кріпиться до несучих елементів даху та забезпечує високу стійкість до навантажень вітру[17].



Рис.4.3 Сонячна панель Ja Solar JAM72S30-550/MR

					02.02-КР.2607“С” 2025.10.30.006.ПЗ	Лист
						61
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5.

ЗАХОДИ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ

5.1 Технічні та організаційні заходи з підвищення енергоефективності

Удосконалення системи електрозабезпечення майстерні пов'язане із впровадженням енергоефективних технологій та підвищенням рівня енергонезалежності підприємства. В умовах зростання вартості електроенергії та нестабільного електропостачання особливого значення набуває зниження споживання електроенергії та оптимізація роботи обладнання.

Основними споживачами електроенергії у майстерні є освітлення, електроприводи, комп'ютерна техніка та ручний електроінструмент. Особливістю роботи об'єкта є нерівномірний характер навантаження, особливо під час роботи електроталі та іншого обладнання з електродвигунами.

Для підвищення енергоефективності у проєкті передбачено модернізацію освітлення, використання сонячної електростанції, акумуляторної системи резервного живлення та оптимізацію режимів роботи електрообладнання. Комплексне впровадження цих заходів дозволяє знизити навантаження на внутрішню мережу та підвищити надійність електропостачання [10].

Для зменшення витрат електроенергії необхідно здійснювати постійний контроль режимів роботи технологічного обладнання майстерні. Це передбачає обов'язкове вимкнення з мережі непотрібних або тих електроприймачів, що перебувають у режимі очікування, коли виробничі операції на них не виконуються. Крім того, важливим організаційним заходом є раціональне планування технологічних процесів з метою уникнення одночасного вмикання великої кількості потужного обладнання. Таке обмеження дозволяє знизити сумарний максимум навантаження підприємства, згладити пускові струми та зменшити теплові втрати у провідниках внутрішньої мережі живлення[8].

					02.02-КР.2607“С” 2025.10.30.006.ПЗ	Лист
						62
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Для контролю роботи сонячної електростанції використовується штатна система моніторингу інвертора, яка працює в автоматичному режимі. Вона дозволяє в реальному часі відстежувати обсяги генерації електроенергії фотоелектричним масивом, контролювати поточне навантаження майстерні, рівень заряду акумуляторних батарей, а також оперативно виявляти й фіксувати відхилення параметрів та аварійні режими роботи[13].

Поряд із цифровим контролем, у межах організаційних заходів необхідно регулярно проводити періодичний візуальний та інструментальний огляд кабельних ліній, стану контактних з'єднань у розподільчих щитах та функціонування оновленого освітлювального обладнання. Своєчасне виявлення й підтяжка ослаблених контактів дозволяє мінімізувати перехідний опір, що запобігає невиправданим втратам активної потужності та суттєво підвищує рівень пожежної безпеки всього об'єкта[1].

5.2. Впровадження автономної системи живлення на базі відновлюваних джерел.

Для підвищення енергонезалежності майстерні передбачено встановлення гібридної сонячної електростанції потужністю 9.9 кВт. Система складається з 18 фотоелектричних панелей, гібридного інвертора, акумуляторних батарей та захисної апаратури.

Сонячні панелі встановлюються на даху будівлі під оптимальним кутом нахилу для забезпечення максимальної генерації електроенергії. Гібридний інвертор забезпечує перетворення постійного струму у змінний та автоматичне перемикання між сонячними панелями, акумуляторами та зовнішньою мережею[15].

Оскільки основне навантаження майстерні припадає на денний час, значна частина виробленої електроенергії використовується безпосередньо споживачами. Це дозволяє зменшити втрати електроенергії та знизити споживання із зовнішньої мережі.

У випадку аварійного вимкнення електроенергії система переходить у режим резервного живлення та забезпечує роботу аварійного

					02.02-КР.2607“С” 2025.10.30.006.ПЗ	Лист
						63
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

освітлення[12,16], комп'ютерного обладнання та систем безпеки. Річний виробіток СЕС становить приблизно 10 500 кВт·год.

Акумуляторна система використовується для накопичення сонячної енергії та резервного живлення обладнання. Основними її функціями є підтримка аварійного освітлення, стабілізація напруги та компенсація короточасних провалів живлення.

Наявність акумуляторної системи дозволяє уникнути аварійної зупинки обладнання, втрати даних комп'ютерної техніки та припинення ремонтних робіт при відключенні зовнішньої мережі.

5.3. Охорона праці, виробнича санітарія та пожежна безпека в майстерні.

Умови мікроклімату в ремонтній зоні підтримуються відповідно вимог ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» [20]. Враховуючи, що технологічні процеси з ремонту техніки відповідають категорії середньої фізичної тяжкості (Па–Пб), то оптимальна температура повітря в холодний період року буде від 17 до 19 °С, а відносна вологість від 40 до 60 %. Освітлення робочих місць спроектовано за нормами ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» [10]. Використовується комбінована система: природне світло через віконні прорізи та загальне штучне освітлення за допомогою енергоефективних LED-світильників (освітленість на рівні робочих поверхонь 300- 500 лк).

Захист працівників від шумового впливу (допустимий рівень до 80 дБА згідно з ДСН 3.3.6.037-99) [21] досягається своєчасним технічним обслуговуванням обладнання та встановленням верстатів на вібропоглинаючі опори.

Важливим аспектом виробничої санітарії є дотримання норм санітарно-побутового забезпечення згідно з ДБН В.2.2-28:2010[10]. У майстерні облаштовано побутовий блок, до складу якого входять гардеробні з індивідуальними шафами для роздільного зберігання чистого та забрудненого (промасленого) робочого одягу, умивальники з підведенням

					02.02-КР.2607“С” 2025.10.30.006.ПЗ	Лист
						64
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

гарячої води та душова кабіна. Окремо виділено зону для відпочинку та прийому їжі, укомплектовану бутильованою питною водою та універсальною медичною аптечкою для надання першої домедичної допомоги при травмах. Для підтримання екологічної санітарії на об'єкті встановлено спеціальні металеві контейнери з кришками для тимчасового зберігання промасленого ганчір'я та відпрацьованих мастил перед їхньою подальшою утилізацією.

Майстерня з ремонту мобільної техніки належить до виробничих приміщень з підвищеною небезпекою через наявність електрообладнання, вантажопідйомних механізмів та ручного електроінструменту. Додаткову увагу необхідно приділяти безпеці сонячної електростанції та акумуляторної системи.

Основними небезпечними факторами є ураження електричним струмом, рухомі механізми, шум, запиленість та небезпека пожежі. Для забезпечення безпечних умов праці передбачається комплекс технічних та організаційних заходів.

У проєкті використовується система заземлення TN-S, у якій захисний та робочий провідники розділені по всій довжині мережі. До заземлення приєднуються корпуси електрощитів, кран-балка, верстати, корпус інвертора та металеві конструкції СЕС. Опір заземлення не повинен перевищувати 4 Ом[1].

Для захисту персоналу використовуються автоматичні вимикачі, ПЗВ зі струмом спрацювання 30 мА та теплові реле. Вони забезпечують захист від коротких замикань, перевантажень та струмів витоку.

Для безпечного обслуговування сонячної електростанції встановлюються DC-роз'єднувачі та захист від імпульсних перенапруг. Працівники повинні проходити інструктаж з електробезпеки та мати відповідну групу допуску.

Згідно з вимогами НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні» та ДСТУ EN ISO 7010:2019 [22], приміщення майстерні за рівнем пожежної небезпеки діляться на такі категорії:

Категорія В (пожежонебезпечна) — ремонтна зона та склад запчастин.

Категорія Г (помірковано пожежонебезпечна) — електрощитова.

Категорія Д (знижена пожежонебезпека) — приміщення діагностики.

					02.02-КР.2607“С” 2025.10.30.006.ПЗ	Лист
						65
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Інші приміщення належать до адміністративно-побутового блоку і захищаються за загальними протипожежними правилами для цивільних будівель.

Для силових та освітлювальних мереж використовується мідний кабель ВВГнг-LS, який не підтримує горіння та має знижене димовиділення. Захист ліній від перевантажень і коротких замикань забезпечують автоматичні вимикачі в розподільчих щитах.

Для ліквідації первинних осередків пожежі в ремонтній зоні біля входу до складу та евакуаційного виходу встановлено пожежний щит ЩП-В. Таке розміщення забезпечує нормативний радіус доступності інвентарю в межах 25–30 метрів. На щиті закріплено:

Пожежний багор та сокира, які необхідні для демонтажу дерев'яної тари, пакування або елементів обшивки при пошуку прихованих вогнищ.

Совкова і штикова лопати, що використовуються для засипання полум'я піском.

Лом і пара конусних відер для транспортування води чи піску до місця займання.

Металевий ящик із сухим просіяним піском об'ємом 0,5 м³, конструкція якого захищає вміст від вологи та забезпечує швидке набирання під час аварії.

Додатково будівля комплектується ручними вогнегасниками:

Вуглекислотний типу ВВ-5 - розміщується біля електрощитової для безпечного гасіння електроустановок під напругою до 1000 В.

Порошковий типу ВП-5 - встановлено на межі ремонтної та складських зон для гасіння твердих матеріалів і нафтопродуктів.

У випадку аварійної ситуації працівники повинні негайно вимкнути електроживлення, припинити виконання робіт та повідомити відповідальну особу.

При ураженні людини електричним струмом необхідно швидко звільнити потерпілого від дії струму, надати домедичну допомогу та викликати швидку допомогу.

Для забезпечення евакуації у майстерні передбачається аварійне освітлення, яке живиться від акумуляторної системи резервного живлення.

					02.02-КР.2607“С” 2025.10.30.006.ПЗ	Лист
						66
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 6

ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ

6.1 Загальна характеристика та вихідні дані для економічного розрахунку.

У сучасних умовах розвитку агропромислового сектора питання енергоефективності та енергетичної незалежності підприємств набувають як технічного, так і економічного значення. Постійне зростання тарифів на електроенергію, нестабільність зовнішнього постачання та необхідність забезпечення безперебійної роботи виробничих процесів підштовхують підприємства до впровадження альтернативних джерел енергії та сучасних енергозберігаючих технологій [14].

У межах цього проєкту економічна доцільність оцінюється шляхом створення гібридної сонячної електростанції потужністю 9,9 кВт для майстерні, яка спеціалізується на ремонті мобільної техніки. Основне завдання полягає в аналізі рентабельності встановлення сонячних панелей, акумуляторної системи та гібридного інвертора.

Особливістю об'єкта є те, що більшість обладнання функціонує в денний час, коли сонячна електростанція працює з максимальною генерацією енергії. Це дозволяє більшості виробленої електрики використовуватися безпосередньо для забезпечення потреб майстерні, мінімізуючи потребу в накопиченні.

Економічна ефективність проєкту досягається завдяки таким факторам:

- скорочення споживання енергії із зовнішніх джерел;
- зменшення витрат на оплату електроенергії;
- підвищення надійності живлення;
- мінімізація втрат через аварійні відключення;
- зниження затрат на освітлення після впровадження LED-технологій.

6.2. Склад та обґрунтування вартості обладнання сонячної електростанції

Згідно зі спеціальним завданням у проєкті передбачено встановлення гібридної сонячної електростанції потужністю 9.9 кВт. До складу системи входять:

фотоелектричні панелі; гібридний інвертор; акумуляторні батареї; система захисту та автоматики; кабельна продукція; монтажні конструкції.

Для забезпечення необхідної потужності використовується 18 сонячних панелей. Панелі розміщуються на покрівлі майстерні з урахуванням оптимального кута нахилу та мінімального затінення.

Гібридний інвертор забезпечує:

- перетворення постійного струму у змінний;
- синхронізацію із зовнішньою мережею;
- заряд акумуляторних батарей;
- автоматичне перемикання у резервний режим.

Акумуляторна система використовується для підтримання живлення критично важливих споживачів у разі аварійного вимкнення електроенергії.

Основні капіталовкладення при реалізації проєкту спрямовуються на закупівлю основного силового обладнання сонячної електростанції, захисної автоматики та виконання монтажних робіт. Для розрахунку взято актуальні ринкові ціни станом на травень 2026 року.

Специфікація та вартість основного обладнання для СЕС потужністю 9.9 кВт:

Сонячні панелі JA Solar JAM72S30-550/MR (550 Вт): середня ціна за одиницю становить близько 4100 грн. Для масиву з 18 штук вартість складе: $18 \text{ шт.} \times 4\,100 \text{ грн} = 73\,800 \text{ грн.}$

Гібридний інвертор Solis S6-EH3P10K-L-PRO (або версія NV-YD-L, 10 кВт): орієнтовна вартість — 85000 грн.

Акумуляторний блок Felicity Solar FLA48300TG2 (48 В, 300 А·год, 15 кВт·год): орієнтовна вартість — 91500 грн.

					02.02-КР.2607“С” 2025.10.30.006.ПЗ	Лист
						68
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Монтажні конструкції (алюмінієвий профіль, кріплення на дах): близько 15000 грн.

Кабельна продукція, конектори, щити захисту DC/AC (ПЗВ, автоматика, запобіжники): близько 20 000 грн.

Будівельно-монтажні та пусконаладжувальні роботи: орієнтовно 10-15% від вартості обладнання — 40 000 грн.

Загальна сума капітальних інвестицій (К) становить:

$$K_i = 73\,800 + 85\,000 + 91\,500 + 15\,000 + 20\,000 + 40\,000 = 325\,300 \text{ грн} \quad (5.1)$$

6.3. Розрахунок енергоефективності та визначення терміну окупності капіталовкладень.

Економічна ефективність проекту ґрунтується на цілковитому заміщенні споживання електроенергії із централізованої мережі за рахунок використання власної генерації від сонячної електростанції та скороченні енергозатрат завдяки модернізації системи освітлення. Станція, що має встановлену потужність 9,9 кВт, розрахована на річне виробництво електроенергії обсягом 10.500 кВт·год. Інтеграція гібридної системи з акумуляторними батареями загальною місткістю 15 кВт·год дає змогу ефективно використовувати весь вироблений обсяг електроенергії для потреб майстерні[23]. Крім того, заміна застарілих лампових джерел світла на сучасні LED-світильники забезпечує додаткову економію електроенергії, яка становить 2691 кВт·год на рік.

Розрахунок річної економії від СЕС при тарифі 11.00 грн/кВт·год:

$$S_{\text{сес}} = W_{\text{ген}} \times T_{\text{тар}} = 10500 \times 11.00 = 115\,500 \text{ грн/рік.} \quad (5.2)$$

Розрахунок економії від модернізації системи освітлення:

$$S_{\text{осв.}} = W_{\text{лед}} \times T_{\text{тар}} = 2691 \times 11 = 29600 \text{ грн.} \quad (5.3)$$

Розрахунок загальної річної економії з урахуванням ефекту від модернізації освітлення:

$$E_{\text{заг.}} = S_{\text{сес.}} + S_{\text{осв.}} = 115\,500 + 29601 = 145100 \text{ грн/рік.} \quad (5.4)$$

					02.02-КР.2607“С” 2025.10.30.006.ПЗ	Лист
						69
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Додатковий ефект полягає у забезпеченні безперебійного живлення майстерні, що повністю нівелює фінансові ризики від простоїв обладнання та пошкодження інструменту під час аварійних вимкнень зовнішньої мережі.

Термін окупності визначає період, за який сумарний економічний ефект повністю покриває капітальні інвестиції. Розрахунок проводиться без урахування витрат на обслуговування, оскільки їх вплив нівелюється тенденцією до подальшого зростання вартості електроенергії.

Розрахунок простого терміну окупності[23]:

$$\text{Ток} = K_{\text{інв.}} \div E_{\text{заг.}} = 325\,300 \div 145\,100 = 2.24 \text{ р.} \quad (5.5)$$

Термін окупності становить 2,24 року, що свідчить про надзвичайно високу інвестиційну привабливість проєкту. Зважаючи на те, що нормативний строк експлуатації фотоелектричних модулів перевищує 20 років, а основного силового перетворювального обладнання — понад 10 років, запроєктована система забезпечує тривалий період отримання чистого економічного ефекту після повернення вкладених коштів. Впровадження гібридної сонячної електростанції дозволяє суттєво знизити операційні витрати майстерні на енергозабезпечення та стабілізувати собівартість послуг у контексті постійного підвищення тарифів на електроенергію для промислових споживачів[17].

ВИСНОВКИ

Спираючись на проведені теоретичні дослідження, розрахунково-проектні роботи та техніко-економічний аналіз, спрямовані на розробку схеми електрообладнання майстерні для ремонту сільськогосподарської мобільної техніки, можна зробити такі висновки:

1. Аналіз показав, що застаріле освітлення та перебої з електрикою спричиняють простої і перевитрати енергії. Для стабільної роботи слід модернізувати живлення й обладнання майстерні.

2. Визначено площу майстерні, розроблено схему розміщення обладнання. Коефіцієнт щільності розміщення $K_{щ} = 4$ відповідає стандартам. Планування забезпечує зручність доступу до обладнання та інтеграцію підйомних механізмів.

3. Електротехнічна частина проекту передбачає використання асинхронних двигунів АИРС 80 В6 для роботи електроталі ТЭП-1. Завдяки його підвищеному ковзанню, двигун ефективно функціонує в повторно-короткочасному режимі і забезпечує стабільний запуск під навантаженням.

Освітлення було модернізовано шляхом повної заміни ламп на промислові LED-світильники Philips. Це рішення дозволило досягти нормативної освітленості в 300-500 лк, скоротивши загальну потужність ламп з 3.5 кВт/год до 1,46 кВт/год. Як результат, річна економія електроенергії становить 2691 кВт·год.

4. Розроблено гібридну сонячну електростанцію з трифазним інвертором Solis S6-ЕНЗР, панелями JA Solar та акумуляторами LiFePO4 Felicity Solar, що забезпечують автономну роботу майстерні до 4 годин при відключенні електрики, запобігаючи втратам.

5. Умови праці відповідають санітарним нормам: забезпечено комфортну температуру й вологість, шум знижено до безпечного рівня, облаштовано побутовий блок із душем, гарячою водою та зоною відпочинку. Пожежна безпека організована згідно з стандартами — встановлено високоякісні вогнегасники, безпечну проводку та пожежні щити.

					02.02-КР.2607“С” 2025.10.30.006.ПЗ	Лист
						71
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

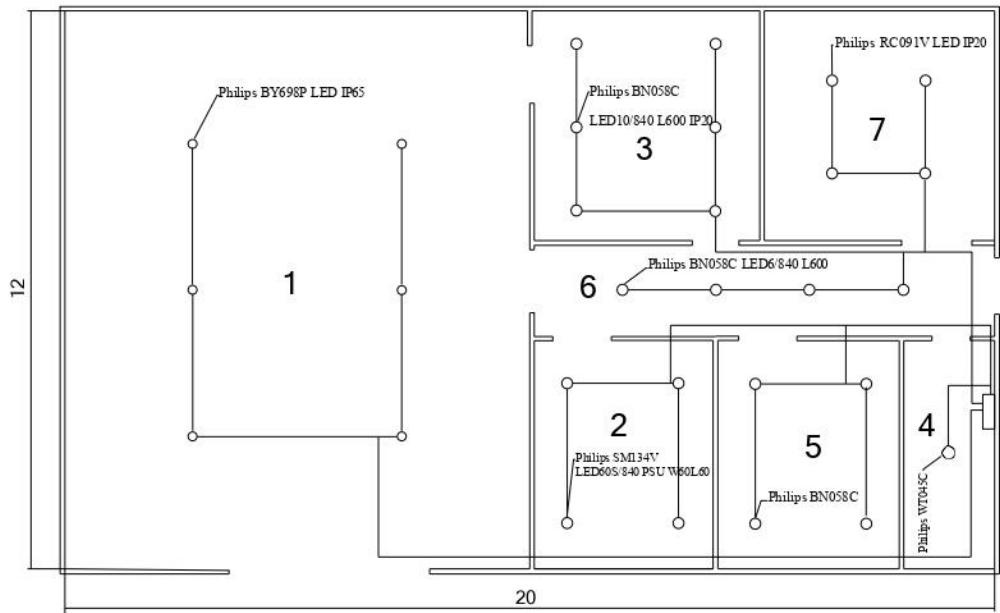
6. Загальна вартість інвестицій у сонячну електростанцію становить 325 300 грн. Економія завдяки власній генерації енергії та LED-освітленню складе 145 100 грн на рік. Термін окупності проєкту — 2,24 року, враховуючи тривалий строк служби фотомодулів (понад 20 років). Установка системи зберігання енергії ємністю 15 кВт·год додатково захистить майстерню від фінансових та виробничих втрат у випадку аварійних відключень мережі.

					02.02-КР.2607“С” 2025.10.30.006.ПЗ	Лист
						72
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1.Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів (ПТЕЕС) / Мінпаливенерго України. — Київ : ІНФОРМЕК, 2015. — 320 с.
- 2.ВНТП-АПК-01.05. Відомчі норми технологічного проектування. Підприємства технічного сервісу в агропромисловому комплексі. — Київ : Міністерство аграрної політики України, 2005. — 94 с.
- 3.Радько В. І. Експлуатація та ремонт електрообладнання : навч. посібник. — Київ : НУБіП України, 2018. — 240 с.
- 4.Марченко О. А. Технологічне проектування ремонтних майстерень : навч. посібник. — Харків : ХНТУСГ, 2019. — 180 с.
- 5.Бойко В. П. Технологічне обладнання для ремонту агротехніки : довідник. — Київ : Техніка, 2017. — 320 с.
- 6.Асинхронні трифазні електродвигуни змінного струму серії АИР, АИРС : технічний каталог / ПАТ «Електромотор». — Полтава, 2023. — 58 с.
- 7.Основи електропривода : навч. посіб. / В. В. Савченко, О. Ю. Синявський, В. Я. Бунько, В. Ю. Рамш. Київ : ЦП «Компринт», 2023. 502 с.
- 8.Кувалдін О. Б. Електропривод загальнопромислових установок та вантажопідйомних механізмів : підручник / О. Б. Кувалдін. — Харків : Світ, 2021. — 312 с.
- 9.Низьковольтна комутаційна апаратура та захисні пристрої TeSys й Acti9 : технічний каталог / Schneider Electric Україна. — Київ, 2023. — 415 с.
- 10.ДБН В.2.5-28:2018. Державні будівельні норми України. Природне і штучне освітлення. — Київ : Мінрегіон України, 2018. — 114 с.
- 11.Світлотехнічні рішення для агропромислового комплексу (LED світильники) : офіційний каталог продукції / ТОВ «Сігніфай Україна» (Philips Lighting). — Київ, 2024. — 120 с.
- 12.Єранкін О. О. Проектування та розрахунок систем відновлюваної енергетики : навч. посібник. — Київ : НУБіП України, 2022. — 180 с.

13. Гібридні інвертори та системи накопичення енергії : технічний довідник / ТОВ «Атмосфера». – Київ, 2024. – 94 с.
14. Проектування та експлуатація сонячних електростанцій : підручник / В. І. Сидоренко, О. П. Романенко. – Вінниця : ВНТУ, 2022. – 215 с.
15. Гібридні трифазні інвертори серії Solis S6-EH3P : інструкція з монтажу та експлуатації / Ginlong Technologies Co., Ltd. — Нінбо, 2023. — 88 с.
16. Літій-залізо-фосфатні (LiFePO₄) системи накопичення енергії Felicity Solar : паспорт виробу та рекомендації з розрахунку ємності / ТОВ «Фелісіті Солар Україна». — Київ, 2024. — 45 с.
17. Сонячні фотоелектричні модулі JA Solar : специфікації та монтаж / ТОВ «Солар-Тех». – Київ, 2023. – 42 с.
18. Ткачук К. Н., Купчик М. П. Охорона праці та пожежна безпека в електроенергетиці : підручник. – Київ : Каравела, 2018. – 432 с.
19. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів (ПБЕЕС). – Київ : Основа, 2015. – 284 с.
20. ДСН 3.3.6.042-99. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – Київ : МОЗ України, 1999. – 24 с.
21. ДСН 3.3.6.037-99. Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. — К. : МОЗ України, 1999. — 16 с.
22. ДСТУ EN ISO 7010:2019. Графічні символи. Кольори та знаки безпеки. Зареєстровані знаки безпеки. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. – 122 с.
23. Швиденко М. З., Ковтун О. О. Економіка, організація та планування енергетичного виробництва в АПК : підручник. – Київ : КНЕУ, 2019. – 312 с.



Розрахунково-монтажна таблиця освітлювальної електропроводки

Проводка до освітлювального щита			Щиток освітлювальний			Освітлювальна електропроводка					Встановлена потужність групи, Вт	Розрахунковий струм групи, А	Примітка
Марка провода. Довжина, м	Розрахунковий струм, А	Спосіб прокладки кабелю	Відключаючий апарат на ввід	Струм розсілювача, А	Схема освітлювального щита	Тип лінійних автоматів	Струм розсілювача, А	Марка провода, кабелю; Довжина, м	Спосіб прокладки	Номер групи на щитку			
ВВГнг-LS 3×2,5 мм²	6,64	Скоби	Schneider Electric Act9 iC60N	10	ЩО - 12 Н	Act9 iC60N	10	ВВГнг-LS 3×1,5 мм² 60	Скоби	1	900	4,09	Робоче
15						Act9 iC60N	6	ВВГнг-LS 3×1,5 мм² 50	Скоби	2	204	0,93	Робоче
						Act9 iC60N	6	ВВГнг-LS 3×1,5 мм² 60	Скоби	3	356	1,62	Робоче

Експлікація приміщень

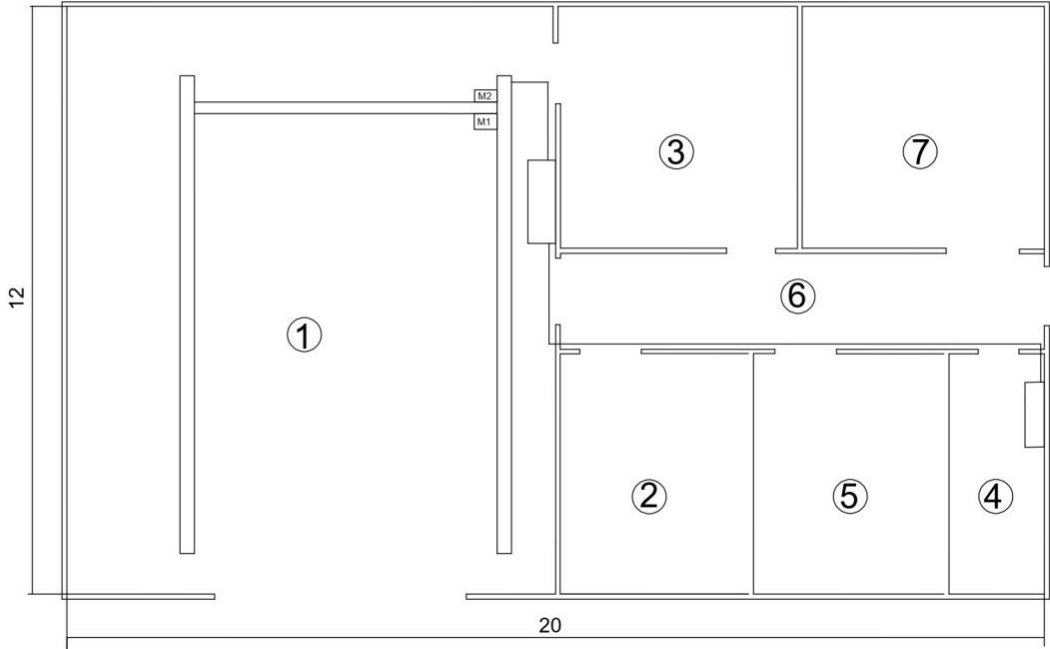
№ п/п	Назва приміщення	Розміри			Умови середовища	Примітка, Е лк
		А, м	В, м	Н, м		
1	Дільниця з ремонту	10	12	5	запиліне	300
2	Приміщення діагностування	4	5	3	нормальне	300
3	Склад	5	5	3	нормальне	400
4	Електрощитова	2	5	3	нормальне	150
5	Побутове	4	5	3	нормальне	200
6	Коридор	2	10	3	нормальне	100
7	Адміністративне приміщення	5	5	3	нормальне	300

Специфікація освітлювального електрообладнання

Позиція	Назва і технічні характеристики обладнання та матеріалів	Тип, марка	Кількість	Примітка
1	Щит освітлення	ЩО-12Н	1	
2	Світильник	Philips BY698P LED IP65	6	
3	Світильник	Philips SM134V LED60S/840 PSU W60L60 IP20	4	
4	Світильник	Philips BN058C LED10/840 L600 IP20	6	
5	Світильник	Philips WT045C LED20/NW PSU IP54	1	
6	Світильник	Philips BN058C LED18/840 L1200 IP20	4	
7	Світильник	Philips BN058C LED6/840 L600	4	
8	Світильник	Philips RC091V LED IP20	4	
9	Кабель	ВВГнг-LS 3×2,5 мм²	15	
10	Кабель	ВВГнг-LS 3×1,5 мм²	170	
11	Автоматичний вимикач	Schneider Electric Act9 iC60N 1P 10A B	2	
12	Автоматичний вимикач	Schneider Electric Act9 iC60N 1P 6A B	2	

02.02 - КР.2607“С” 2025.10.30.006ЕО

Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	План освітлювальної мережі дільниці з ремонту мобільної техніки сільськогосподарського підприємства	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив	Котов Г.М.							1:100
Перевірив	Сорокін Д.С.					Арк. 1	Аркушів 1	
Н. контр.	Коробський В.В.							
Затверд.	Окушко О.В.							



Розрахунково-монтажна таблиця силової електропроводки

Розподільчий пункт				Підводка до НКП		Тип низьковольтного комплектного пристрою керування	Тип лінійних автоматів	Пусковий апарат		Підводка до двигуна		Електродвигун				Робоча машина		
Тип відключаючого апарату на вводі	Струм розціплювача, А	Тип, схема шини	Тип лінійних автоматів	Струм розціплювача, А	Марка і переріз проводів			Спосіб прокладки	Довжина,м	Тип магнітного пускача	Тип пускової кнопки	Марка і переріз проводів; довжина в м	Спосіб прокладки	Номер на плані	Тип	P _н , кВт	n об/хв	In, А
Acti9 iC60N	50	PanelSET SFN12640	Acti9 iC60N	16	ВВГнг-LS 4x2,5	CK	20	LC1D09M7	Harmony XB5	КГ 4x1,5 20	Трос	М1	АПРС 80 B6	1,25	1000	3,49	Механізм переміщення	Електроталь ТЭП-1
								LC1D09M7	Harmony XB5	КГ 4x1,5 20	Трос	2	АПРС 80 B6	1,25	1000	3,49	Механізм переміщення	Електроталь ТЭП-1

Експлікація приміщень

№ п/п	Назва приміщення	Розміри			Умови середовища	Примітка
		А, м	В, м	Н, м		
1	Дільниця з ремонту	10	12	5	запиліне	
2	Приміщення діагностування	4	5	3	нормальне	
3	Склад	5	5	3	нормальне	
4	Електрощитова	2	5	3	нормальне	
5	Побутове	4	5	3	нормальне	
6	Коридор	2	10	3	нормальне	
7	Адміністративне приміщення	5	5	3	нормальне	

Специфікацію електрообладнання та матеріалів

Поз.	Назва	Тип, марка	Кількість	Технічні характеристики обладнання та матеріалів
1	Шафа металева розподільча підлогова	PanelSET SFN12640	1	IP55
2	Автоматичний вимикач ввідний	Acti9 iC60N	1	3P 50A C
3	Автоматичний вимикач ввідний	Acti9 iC60N	1	3P 16A C
4	Шафа керування металева навісна	CRN NSYCRN86300P	1	IP66
5	Автоматичний вимикач	TeSys Deca GV2ME10	1	3P 6,3A
6	Магнітний контактор	TeSys Deca LC1D09M7	4	категорія AC-3
7	Кнопковий пост модульний	Harmony XB5	6	IP66/IP69
8	Кінцевий вимикач	OsiSense XCKM110	4	
9	Кабель	ВВГнг-LS 4×2,5	40	
10	Кабель	КГ 4×1,5	40	

						02.02 - КР.2607"С" 2025.10.30.006ЕМ			
						План силової мережі дільниці з ремонту мобільної техніки сільськогосподарського підприємства			
Зм. Лист	№ документа	Підпис	Дата						
Розробив	Котов Г.М.							Літ.	Маса
Перевірів	Сорокін Д.С.								Масштаб
								Арк. 1	Аркушів 1
Н. контр.	Коробський В.В.								
Затверд.	Окушко О.В.								1:100