

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

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувача 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: « **Проектні рішення з розроблення системи
електроспоживання в майстерні з ремонту мобільної
техніки сільськогосподарського підприємства з встановленням
світлодіодного освітлення.**»

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

Гарант освітньої програми

К.Т.Н., ДОЦЕНТ

(науковий ступінь та вчене звання)

Синявський О.Ю.

(підпис)

(ПІБ)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

К.Т.Н., ДОЦЕНТ

(науковий ступінь та вчене звання)

Чуєнко Р.М.

(підпис)

(ПІБ)

Виконав

(ПІБ)

Демидко В.Ю.

(підпис)

Київ - 2026

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
електротехніки, електромеханіки
та електротехнологій

ДОЦЕНТ, К.Т.Н. /ОКУШКО О.В./
вчене звання і ступінь підпис

„_____” _____ 2025р.
число місяць рік

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи студенту

Демидку Віталію Юрійовичу

(прізвище, ім'я, по-батькові)

Спеціальність: 141 – «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»

(код і назва)

Тема кваліфікаційної бакалаврської роботи: «Підвищення енергоефективності на станції технічного
сервісу електрообладнання.»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «30» жовтня 2025 р. № 2607 „С”.

Термін подання завершеного проєкту на кафедру 2026.06.01

(рік, місяць, число)

Вихідні дані:

1. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ).
2. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок.
3. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів.
4. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів.
5. Правила роздрібного ринку електричної енергії.
6. ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення».
7. ДБН В.2.5-23:2010 «Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення».

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	6
ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	8
ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ПРОЄКТУВАННЯ ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ	12
РОЗДІЛ 2. ВИБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ТА ОБГРУНТУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ РІШЕНЬ	17
РОЗДІЛ 3. ВИБІР ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ. РОЗРАХУНОК СИЛОВОЇ МЕРЕЖІ СТАНЦІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЕНЕРГООБЛАДНАННЯ	24
3.1. Розрахунок електроприводу вентилятора ВЦУН 450×203-3,0-8	24
3.1.1. Обробка навантажувальної діаграми установки	26
3.1.2. Попередній вибір електродвигуна за потужністю та частотою обертання	27
3.1.3. Розрахунок і побудова механічної характеристики робочої машини	28
3.1.4. Розрахунок і побудова механічної характеристики електродвигуна	30
3.1.5. Визначення тривалості пуску електродвигуна	33
3.1.6. Перевірка вибраного двигуна	36
3.2. Вибір електродвигунів за електричною модифікацією, конструктивним виконанням та ступенем захисту від дії навколишнього середовища	37
3.3. Складання розрахунково-монтажної схеми силової мережі електрообладнання станції технічного обслуговування енергообладнання	41

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.4. Розрахунок і вибір апаратів керування та захисту	42
3.5. Вибір силових розподільчих щитів	43
3.6. Вибір автоматичних вимикачів	44
3.6.1. Вибір лінійних автоматичних вимикачів для HAGER FWB42S	45
3.6.2. Вибір автоматичного вимикача вводу для щита управління HAGER FWB42S	46
3.7. Вибір магнітних пускачів	48
3.8. Вибір теплових реле	49
3.9. Вибір марки, перерізів і способу монтажу кабелів і проводів силової мережі	51
3.9.1. Вибір марки, перерізів і способу монтажу кабелів і проводів для групи 6	51
3.9.2. Вибір кабелю вводу в приміщення станції технічного обслуговування енергообладнання для ВРУ-04-9-Л	52
3.10. Вибір автоматичного вимикача вводу	53
РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНОК ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ УСТАНОВОК СТАНЦІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЕНЕРГООБЛАДНАННЯ. ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ МОНТАЖУ ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ УСТАНОВОК СТАНЦІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЕНЕРГООБЛАДНАННЯ	54
4.1. Світлотехнічний розрахунок освітлювальних установок	54
4.1.1. Вибір системи і виду освітлення	54
4.1.2. Вибір джерела живлення, норми освітленості, коефіцієнтів відбивання поверхонь у приміщеннях об'єкта проектування	55
4.1.3. Вибір джерела світла, світильників і їх розміщення на плані приміщення	56
4.2. Розрахунок загального освітлення робочих зон точковим методом із застосуванням кривих відносної освітленості	56

4.3. Розрахунок загального освітлення методом коефіцієнта використання світлового потоку для цеху по ремонту вакуумних вимикачів і електронного обладнання	64
4.4. Складання розрахунково-монтажної схеми освітлювальної мережі	69
4.5. Монтаж груп освітлення	69
4.6. Вибір апаратів захисту, керування розподільчих пристроїв	70
4.6.1. Вибір щита освітлення	71
4.6.2. Вибір апаратів захисту	71
4.7. Вибір марки та визначення перерізу кабелів освітлювальної мережі	73
РОЗДІЛ 5. КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ	75
5.1. Переваги підвищення коефіцієнта потужності	75
5.2. Принцип роботи автоматичних конденсаторних установок	77
5.3. Вибір конденсаторної компенсуючої установки і регулятора потужності	78
РОЗДІЛ 6. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ. ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА	80
6.1. Техніка безпеки при виконанні монтажних робіт	80
6.2. Техніка безпеки при експлуатації обладнання	82
6.3. Пожежна безпека електроустановок	83
ВИСНОВКИ	86
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	89

РЕФЕРАТ

Опір ізоляції, виміряний мегомметром при напрузі 1–2,5 кВ, між проводами та землею повинен бути не менше 0,5 МОм.

Ознаками несправності електромережі можуть бути:

- запах горілої ізоляції (гуми або пластику);
- іскріння у щитах або лічильниках;
- перегрів розеток та вимикачів;
- миготіння освітлення.

Експлуатація таких мереж потребує обмеження навантаження та постійного контролю стану ізоляції, оскільки ефективність захисних пристроїв у старих системах може бути зниженою.

Крім того, необхідно суворо дотримуватись правил пожежної безпеки під час зварювальних, фарбувальних та інших вибухо- і пожежонебезпечних робіт, особливо у приміщеннях з наявністю лакофарбових матеріалів, масел та відкритих ємностей. У таких зонах забороняється куріння та проведення робіт з відкритим полум'ям без спеціального дозволу та контролю.

Дипломна робота на тему «Підвищення енергоефективності на станції технічного обслуговування електрообладнання» присвячена актуальним питанням удосконалення систем електропостачання, підвищення надійності електрообладнання та зниження споживання електроенергії в сучасних виробничих умовах.

З огляду на постійно зростаючу вартість енергоресурсів та підвищені вимоги до енергоефективності, впровадження енергозберігаючих технологій у центрах технічного обслуговування та ремонту електрообладнання має особливе значення. Ці центри є важливою інфраструктурою для виробництва; надійна робота електричних мереж, підстанцій та різних електроустановок значною мірою залежить від їх безперервної та ефективної роботи.

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У цій статті розглядаються характеристики проектного об'єкта та аналізуються виробничі приміщення, робочі зони та технічне оснащення цеху обслуговування електрообладнання. Особлива увага приділяється вибору сучасного обладнання з урахуванням вимог щодо енергоефективності, зменшення тепловтрат та оптимізації режимів роботи електроприймачів.

В рамках дипломного проекту вибір електродвигунів здійснювався на основі технічних параметрів, конструкції, кліматичних умов та ступеня захисту від впливу навколишнього середовища. Розроблено розрахунково-монтажну схему електричної мережі підстанції технічних служб з урахуванням розподілу споживачів за групами, цехами та технологічними зонами.

Окремий розділ присвячено вибору розподільних щитів, автоматичних вимикачів та пристроїв керування та захисту для забезпечення надійної, безпечної та економічної роботи електричної мережі. У книзі обґрунтовано використання сучасних ввідно-розподільних пристроїв, пристроїв компенсації реактивної потужності та автоматизованих систем моніторингу обладнання.

Основним напрямком підвищення енергоефективності станції технічного обслуговування є зменшення втрат електроенергії в електричних мережах, використання низькоенергетичних електродвигунів, оптимізація систем вентиляції та опалення та впровадження сучасних засобів автоматичного контролю споживання електроенергії.

Результати, отримані в цій дисертації, можуть бути використані для модернізації існуючих станцій технічного обслуговування електрообладнання, а також для проектування нових виробничих потужностей з підвищеними вимогами до енергоефективності та надійності електропостачання.

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

SEnM – Системи енергоменеджменту
ПЕР – енергетичні ресурси та паливо
BRE – довідковий рівень споживання енергії
MV – вимірювання та перевірка
ВВП – Валовий внутрішній продукт
ДСТУ – Державний стандарт України
ЕА – енергетичний аудит
ЕкВ – споживання енергії
ZEE – вимірювання енергоефективності
ZPE – захід, спрямований на підвищення енергоефективності
KVPia – Приладобудування та автоматизація
МЕА – Міжнародне енергетичне агентство
МСП – малі та середні підприємства
НААУ – Національне агентство з акредитації України
НД – нормативний документ
Єдина енергетична система (ОЕС)
ПДВ – податок на додану вартість
РЕЕ – показники енергоефективності
ПЕС – питоме споживання енергії
PrEnZ – енергозберігаючий проект
SWE – високе енергоспоживання
ТУ – технічні умови
Система енергоменеджменту (EnMS)
ГЕФ - Глобальний екологічний фонд
ISO - Міжнародна організація зі стандартизації
OHSAS - Серія оцінок охорони праці та безпеки праці
PDCA – Плануй-Виконуй-Перевіряй-Дій
ЮНІДО - Організація Об'єднаних Націй з промислового розвитку

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

У 21 столітті питання енергопостачання стало особливо актуальним, враховуючи дефіцит тепла та електроенергії. У цьому контексті експерти прогнозують подальше зростання цін на природний газ та електроенергію, а також потенційний дефіцит для задоволення потреб національної економіки, комунального сектору та інших секторів. Зіткнувшись із цими викликами, агропромисловий комплекс держави в рамках свого реформування відповідно до чинного законодавства стикається з основними проблемами, пов'язаними з переходом до інтенсивних методів сільськогосподарського виробництва. Вирішення цих викликів вимагає постійного розвитку та розширення електрифікації сільського господарства.

За останні роки енергетична інфраструктура агропромислового комплексу була значно модернізована та доповнена найсучаснішим обладнанням з підвищеною енергоефективністю. За загальною встановленою потужністю, кількістю та різноманітністю використовуваного електрообладнання сільське господарство України посідає одне з провідних місць у національній економіці. Поряд зі збільшенням кількості електроустановок, електрифікація аграрного сектору також зазнає значних якісних трансформацій в енергетичній інфраструктурі. Зокрема, всі установки найвищої категорії за надійністю електропостачання оснащені складними внутрішніми та зовнішніми електричними мережами, що живляться від кількох трансформаторних підстанцій, підключених до різних розподільчих мереж. У ключових технологічних процесах широко використовуються численні електродвигуни, системи електричного опалення, освітлення та опромінення, а також сучасне обладнання автоматизації, керування та захисту при пуску.

Тим часом, енергоефективність праці у сільськогосподарському виробництві залишається значно нижчою, ніж у промисловому секторі,

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приблизно в шість разів нижчою. Крім того, споживання електроенергії сільськими домогосподарствами майже у 2,5 рази нижче, ніж міськими домогосподарствами.

Для вирішення цих проблем необхідно якісно покращити рівень сільської енергетики шляхом її технічної модернізації. Ключовим напрямком є прискорення розробки та впровадження нового високоефективного обладнання, сучасних приладів та засобів автоматизації, а також інтеграція найкращих досягнень світової енергетики в національне агропромислове виробництво.

Особливу увагу слід приділити заходам, спрямованим на підвищення надійності систем електропостачання, розвиток електричної інфраструктури та покращення технічного стану сільських електроустановок та мереж. Не менш важливим є зміцнення енергетичних послуг у сільській місцевості, зокрема шляхом забезпечення кваліфікованим персоналом та достатніми матеріально-технічними ресурсами для виконання робіт, пов'язаних з розвитком електрифікації, а також експлуатацією електричних та теплових установок в агропромисловому секторі.

Необхідність будівництва центру технічного обслуговування електрообладнання впливає з сучасних тенденцій в обслуговуванні електромереж. Основною метою є оптимізація терміну служби існуючого обладнання, такого як трансформатори, масляні вимикачі та інші компоненти мережі. Одночасно відбувається перехід від технічного обслуговування на основі нормативного терміну служби до технічного обслуговування, адаптованого до фактичного технічного стану обладнання. Хоча такий підхід дозволяє ефективніше використовувати ресурси, він збільшує ризик раптових збоїв, що вимагає організації інтенсивного та швидкого ремонту.

					02.02.KP.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБ'ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

У зв'язку з впровадженням сучасних методів діагностики електрообладнання та необхідністю скорочення простоїв, у Київській області, в межах електричних мереж ДТЕК "Київські регіональні електричні мережі", планується будівництво сучасної станції технічного обслуговування електрообладнання.

Основна діяльність районних електричних мереж полягає у забезпеченні наступних функцій:

- транспортування, розподіл та продаж електроенергії;
- технічне обслуговування обладнання;
- проводити ремонтні роботи;
- технічне переоснащення;
- реконструкція та подальший розвиток обладнання;
- надання послуг, пов'язаних з транспортуванням електричної енергії;
- експлуатація електроустановок;
- монтажні роботи;
- ремонт електрообладнання та систем автоматизації;
- регулювання та управління електроенергетичними системами;
- виконання пусконаладжувальних та налагоджувальних робіт;
- реалізація проектної діяльності.

Наступне обладнання та машини включені до балансу REM:

- о автомобілі – 25 штук;
- о трактори – 6 штук;
- о Електродвигуни – 97 штук.

					02.02.KP.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість трансформаторних підстанцій споживання 10/0,4 кВ становить 653 одиниці, а їхня загальна потужність — 128 121 кВА.

Загальна довжина повітряних ліній електропередачі напругою 0,4 кВ становить 1420,546 км.

Річне споживання електроенергії становить 186 000 кВт·год, з яких 143 000 кВт·год припадає на виробничі потреби.

Електропостачання підстанцій споживачів забезпечується такими джерелами електроенергії:

ПрАТ "ДТЕК Київські регіональні електромережі"	Кзтт
K01-Баришівський	0,503
K02-Білоцерківський	0,479
K03-Богуславський	0,316
K04-Бориспільський	0,925
K05-Бородянський	0,762
K06-Броварський	0,550
K07-Васильківський	0,845
K08-Вишгородський	0,546
K09-Володарський	0,455
K10-Згурівський	0,687
K11-Іванківський	0,559
K12-Ірпінський	1,000
K13-Кагарлицький	0,617
K14-Києво-Святошинський	0,802
K15-Макарівський	0,683
K16-Миронівський	0,339
K17-Обухівський	0,526
K18-Переяслав-Хмельницький	0,404
K19-Поліський	0,201
K20-Рокитнянський	0,530
K21-Сквирський	0,459
K22-Ставищанський	0,376
K23-Таращанський	0,388
K24-Тетіївський	0,346
K25-Фастівський	0,597
K27-Чорнобильський	0,039
K28-Яготинський	0,763

Виробничий майданчик REM розташований за адресою: Ірпінь, вулиця Соборна, 1.

Установка розташована у другій кліматичній зоні з урахуванням вітрового та льодового навантаження. Стандартний тиск вітру становить 35 Н/м² при швидкості 24 м/с, товщина льодової стінки оцінюється в 5 мм, середня кількість грозових годин на рік становить 72, а питомий опір ґрунту становить 120 Ом·м.

					02.02.KP.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ця будівля спроектована з використанням сучасних енергозберігаючих та теплорозсіюючих технологій. Основою її дизайну є арочна конструкція, виготовлена з сендвіч-панелей. Загальні розміри станції обслуговування електрообладнання становлять $60 \times 25 \times 8$ м.

Конструкція буде зведена на стрічкових фундаментах. Для цього буряться стволи діаметром 300 мм, в які встановлюється арматурний каркас, а потім бетонується. Це створює закладні палі. Потім стрічкові фундаменти встановлюються на їх оголовки, до яких кріпляться збірні несучі склепіння будівлі.

Арочна форма конструкції є доцільною з експлуатаційної точки зору, оскільки забезпечує природний схід снігу з даху без необхідності механічного снігоприбирання.

Перший поверх, заввишки 4 м, збудовано з цегли товщиною 2,5 цеглини. Між шарами цегли планується утеплення мінеральною ватою, а зовнішнє облицювання складається з мінеральної вати та профільованого листового металу.

Другий поверх та дах зібрані з сендвіч-панелей з гофрованих металевих листів з шаром мінеральної вати товщиною 12 см, що забезпечує низьку теплопровідність конструкції.

На несучий металевий каркас укладаються залізобетонні панелі, поверх яких укладається шар теплоізоляції з мінеральної вати товщиною 10 см. Далі кладуться ще один шар сендвіч-панелей товщиною 10 см, армуюча сітка та бетонна плита товщиною 15 см.

Усередині цегляні стіни додатково утеплені руберойдом та сендвіч-панелями з мінеральної вати з профільованим металевим облицюванням.

Усередині склепінчастої конструкції розташовані такі кімнати та робочі місця:

1. тамбур ($24 \times 3 \times 8,0$ м) – 2 кімнати;
2. кімната відпочинку для персоналу ($8 \times 3,6 \times 3$ м);

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. зона обслуговування мостового крана (8,3×5,3×8,0 м);
4. Зона приймання та розвантаження (11×8,5×8,0 м);
5. ділянка для демонтажу та усунення несправностей трансформаторів (11×6,5×8,0 м);
6. зварювальна ділянка (6×4×8,0 м);
7. випробувальна лабораторія (6×7×7,5 м);
8. ділянка ремонту та складання активних деталей (11×7,2×8,0 м);
9. цех підготовки обмоток (5,5×4,5×3,5 м);
10. Цех з виробництва обмоток трансформаторів (6×5,5×3,5 м);
11. електрощит та кімната електрика (5,5×3×3,5 м);
12. Склад лакофарбових матеріалів (5×5×5,0 м);
13. приміщення для фарбування резервуарів (8,5×5×5,0 м);
14. ділянка миття радіаторів трансформатора (6,0×5×5,0 м);
15. простір для регенерації олії та заправки резервуарів (10×5×5,0 м);
16. туалети (2,8×2,3×3,5 м);
17. душова кімната (3,5×2,5×3,5 м);
18. роздягальня (8×4,2×3,5 м);
19. токарна майстерня (8×6,5×3,5 м);
20. майстерня постачання (8×5,5×3,5 м);
21. частина для ремонту вимірювальних трансформаторів та реконструкції введів (8×5×3,5 м);
22. інструментальна майстерня (8×3,5×3,5 м);
23. майстерня з ремонту високовольної комутаційної апаратури (8×5,6×3,5 м);
24. Майстерня з ремонту контрольно-вимірювальних приладів та автоматизації (8×5×3,5 м);
25. майстерня з ремонту вакуумних вимикачів та електрообладнання (8×6×3,5 м);
26. склад матеріалів (8×3×3,5 м);

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

27. вентиляційна камера (5×3×5,5 м).

Усі допоміжні приміщення з'єднані з основною виробничою зоною дверима. Для забезпечення безпечної евакуації персоналу в шлюзах передбачені вихідні двері. Ці двері оснащені пневматичною системою закриття та забезпечують ідеальну герметичність.

У приміщеннях, де встановлено верстати, а також в інших виробничих та допоміжних зонах планується встановлення металопластикових вікон.

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2

ВИБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ТА ОБГРУНТУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РІШЕНЬ

При виборі технологічного обладнання головною метою є забезпечення енергоефективності, зменшення споживання електроенергії та тепла, а також підвищення надійності виробничих приміщень.

У тамбурах, у лівому та правому крилах, встановлено електродвигуни витяжної вентиляції потужністю 3 кВт кожен.

Таким технологічним обладнанням оснащені виробничі приміщення, будівельні майданчики та майстерні.

Над входними воротами встановлено теплогенератор ТГ-9. Він призначений для створення теплового бар'єру під час прибуття транспортних засобів з обладнанням для ремонту. Ворота виготовлені з пластикових панелей з ущільнювачем та оснащені пневматичним керуванням. Холодоагент подається до тепловентилятора через систему центрального опалення. На вході обігрівача розташований автоматичний клапан регулювання потоку холодоагенту.

Для переміщення трансформаторів з транспортних засобів та в межах станції між робочими зонами використовується 5-тонний балковий кран, оснащений 6 електродвигунами:

- о чотири двигуни забезпечують рух мосту по підвісних рейкових балках;
- о двигун розрахований на поперечне переміщення силового агрегату;
- о Для підйому вантажу використовується один двигун.

Два останні електродвигуни інтегровані в блок живлення та мають ступінь захисту IP65.

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зона демонтажу та усунення несправностей трансформаторів

У цій зоні є 3 розетки для підключення електроінструментів, а саме:

- кутова шліфувальна машина;
- шліфувальний інструмент;
- ключ.

Також було встановлено два радіально-поршневі масляні насоси зі швидкістю 1,5 об/хв, через які олива відкачується з трансформаторних баків і подається до цеху регенерації та очищення оливи.

Зона зварювання

На цій ділянці встановлено два зварювальні апарати ВДУ-250-2Д номінальною потужністю 12 кВт кожен.

На майданчику є 2 розетки для підключення портативних електроінструментів.

Повітровідвідні канали встановлюються на висоті від 0,6 до 1,5 м від підлоги. Над зварювальними станціями встановлюються витяжні зонти з вбудованими вентиляторами та бічними всмоктувальними панелями. Повітропроводи закріплюються над захисною решіткою на спеціальних опорах і закінчуються у вентиляційній камері.

Вимірювальна лабораторія

Лабораторія оснащена наступним обладнанням:

- о перевірити підвищувальний трансформатор;
- о зарядний пристрій із зарядним трансформатором;
- о Панель керування для живлення випробувальних трансформаторів;
- о обладнання для випробування автоматичних вимикачів на робочі струми;

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

о два розетки для підключення вимірювальних приладів, одне з яких подвійне.

Зона ремонту активної частини трансформатора та її повторне складання після ремонту

Установка включає систему лакування з сушильною камерою. Вона приводиться в рух редукторним двигуном типу GST, а нагрівання забезпечується ніхромовими електричними нагрівальними елементами.

Уздовж стіни встановлюються вентиляційні канали з вбудованими електродвигунами та встановлюється вентиляційний двигун з живленням від мережі.

На ділянці є електрична таль ТО 25-311 вантажопідйомністю 250 кг, яка використовується для переміщення обмоток трансформаторів до цеху, де вони виготовляються.

Також є 3 розетки для підключення електроінструментів.

Майстерня з підготовки обмоток трансформатора

Майстерня оснащена:

- о пристрій для ручного вирізання дисків та кілець з електротехнічного картону;
- о вентиляційний блок;
- о припливні вентиляційні канали з вбудованими вентиляторними двигунами;
- о бічні панелі з присосками;
- о дві ізоляційні машини для ізоляції обмоток шин.

Встановлено два розетки для ручних інструментів.

Крім того, майстерня обладнана слюсарним верстатом OPT-1468-01.

Майстерня з виготовлення та ремонту обмоток трансформаторів

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Майстерня пропонує:

- о припливно-витяжні вентиляційні системи;
- о дві намотувальні та пресувальні машини;
- о Верстак слюсарний ORT-1468-01;
- о Прилад для випробування ізоляції ВУФ-5-3;
- о 3 розетки для вимірювальних приладів та ручних інструментів.

Зона для зберігання фарб та лаків

У приміщенні встановлено два двигуни припливних вентиляторів.

Місце для фарбування трансформаторних баків

Оснащений:

- о компресорний агрегат;
- о двигуни витяжних вентиляторів;
- о електричний підйомник.

Місце для миття та фарбування радіаторів

Приміщення обладнане:

- о двигуни витяжних вентиляторів;
- о Електрична таль ТЕЗ-511;
- о Насос для змиву унітазу потужністю 1,5 кВт;
- о насос 1,5 об/хв, потужність 1,5 кВт.

кімната для регенерації олії

Зручності в номері:

- о насос для перекачування оливи 1,5 об/хв;
- о теплообмінник з водяним радіатором для підігріву оливи;
- о магнітний фільтр очищення;
- о два двигуни витяжних вентиляторів;

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- о Балковий кран ТЕЗ-511.

Зйомки

У майстерні розміщені:

- Заточувально-шліфувальний верстат ОРТ-1468-01;
- токарно-різальний верстат для гвинтів 16Б05П;
- башта 1Б140;
- вертикально-свердлильний верстат 2Н125;
- Фрезерний верстат для шпонкових канавок 6Н82;
- двигуни витяжних вентиляторів;
- Токарний та різьбонарізний верстат 16У04П.

Збірний кіномайстерня

Обладнання майстерні:

- Токарний верстат для нарізання різьби 16К20;
- заточувально-шліфувальний верстат 3Б631А;
- Верстак слюсарний ОРТ-1468-01;
- Болторізний верстат 6К885;
- автоматична викрутка 5086А;
- Двигун витяжного вентилятора.

майстерня з ремонту та відновлення вимірювальних трансформаторів та вводів

У майстерні встановлено:

- апарат точкового зварювання потужністю 0,55 кВт;
- 2 розетки;
- паяльники 60, 80, 100 та 150 Вт – по 2 штуки кожного типу;
- два вентиляційні двигуни;
- Різьбошліфувальний верстат 5К821В;

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- намотувальна машина;
- Верстак слюсарний ORT-1468-01.

майстерня з ремонту розподільчих пристроїв

Оснащений наступним обладнанням:

- два вентиляторні двигуни;
- Шліфувальний верстат 3М151П;
- апарат точкового зварювання 0,55 кВт;
- свердлильний верстат 7А420;
- Токарний та різьбонарізний верстат 16М05М.

Майстерня з ремонту блоків контрольно-вимірювальних приладів та автоматизації

У майстерні встановлено:

- осцилограф С67-10 – 1 шт.;
- осцилограф С93-10 – 1 шт.;
- розетки – 5 штук;
- паяльники 25, 40, 80, 100 Вт - 2 штуки;
- двигуни витяжних вентиляторів;
- Шліфувальний верстат 3М121П;
- координований буровий верстат;
- Вертикальний свердлильний верстат НС-12;
- Верстак слюсарний ORT-1468-01.

майстерня з ремонту електронного обладнання та вакуумних вимикачів

Приміщення обладнане:

- осцилограф С67-10 – 1 шт.;
- осцилограф С93-10 – 1 шт.;

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Двополярні розетки – 6 штук;
- паяльники 25, 40, 60, 80, 100 Вт - 2 штуки;
- комп'ютерний томограф ІРТІС-2000;
- Вимірювальний прилад Ц4341 – 3 шт.;
- Міст СС R-333 – 3 штуки;
- індикатор напруги ІН-91 – 2 шт.;
- Мегаомметр М4100/4 на 1000 В - 1 шт.;
- Верстак слюсарний ОРТ-1468-01;
- два двигуни витяжних вентиляторів.

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3

ВИБІР ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ МАЙСТЕРНІ З ОБСЛУГОВУВАННЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ.

3.1. Розрахунок електроприводу вентилятора ВЦУН 450×203-3.0-8

Для забезпечення нормативного оновлення повітря у виробничому приміщенні станції технічного обслуговування електрообладнання планується встановлення відцентрового вентилятора типу ВТСУН 450×203-3,0-8.

Згідно з технічними характеристиками, цей вентилятор оснащений трифазним асинхронним електродвигуном з короткозамкненим ротором потужністю 3,0 кВт, напругою живлення 400 В, частотою 50 Гц, номінальним струмом 7,8 А, швидкістю обертання 700 об/хв та ступенем захисту IP54. Його максимальна продуктивність становить 10 230 м³/год.

Вихідні дані для розрахунку

Ми приймаємо:

- номінальна потужність двигуна
 $P_n = 3,0 \text{ кВт}$
- Напруга мережі $U = 380 \text{ В}$
- коефіцієнт потужності
 $\cos \varphi = 0.82$
- коефіцієнт корисної дії $= 0,88$
- швидкість обертання $n = 700 \text{ об/хв}$

Значення $\cos$ та χ вважаються типовими для асинхронного двигуна заданої потужності.

Розрахунок номінального струму електродвигуна

Номінальний струм трифазного електродвигуна визначається за формулою:

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} U \eta \cos \varphi}$$

Замініть числові значення:

$$I_n = \frac{3000}{1,732 \cdot 380 \cdot 0,88 \cdot 0,82}$$

$$I_n = \frac{3000}{474,1} = 6,33 \text{ A}$$

Отримане значення близьке до номінального струму 7,8 А, що підтверджує доцільність вибору електродвигуна.

Розрахунок крутного моменту

Номінальний крутний момент на валу електродвигуна визначається за формулою:

$$M_n = \frac{9550 P_n}{n}$$

Або:

P_n – потужність, кВт;

n – швидкість обертання, об/хв.

Замініть значення:

$$M_n = \frac{9550 \cdot 3,0}{700}$$

$$M_n = 40,93 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Перевірка вибору двигуна

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оскільки вентилятор працює в режимі безперервного навантаження S1, доцільніше використовувати асинхронний двигун з короткозамкненим ротором.

Двигун забезпечує:

- достатня механічна потужність;
- стабільний старт;
- допустимий рівень струму;
- низький рівень шуму та вібрації;
- Поступове регулювання можливе за допомогою частотного перетворювача.

Враховуючи умови експлуатації у виробничому приміщенні, ступінь захисту IP54 достатній для захисту від пилу та вологи.

3.1.1. Обробка діаграми навантаження установки

Діаграми навантаження працюючих машин, у яких статичний момент або потужність не змінюються під час роботи (рис. 3.1) або змінюються періодично з часом з певною закономірністю, можуть бути розраховані аналітично з достатньою точністю для практичного використання.

Таблиця 3.1.

Технічні характеристики вентилятора VTSUN 450X203-3.0-8

Налаштування вентилятора VTSUN 450X203-3.0-8	Д, м ³ /годину	г, Па	ηv, ефективність
	10230	550	60

Отже, потужність вентилятора розраховується за такою формулою:

					02.02.KP.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{\epsilon} = \frac{L p 10^{-3}}{\eta_{\epsilon}} = \frac{\frac{10230}{3600} \cdot 550}{0,6} = 2604,8 \text{ Вт}$$

де L позначає джерело живлення вентилятора, $\text{м}^3/\text{з}$;

стр. – тиск вентилятора, Па;

η_{ν} – Ефективність вентилятора.

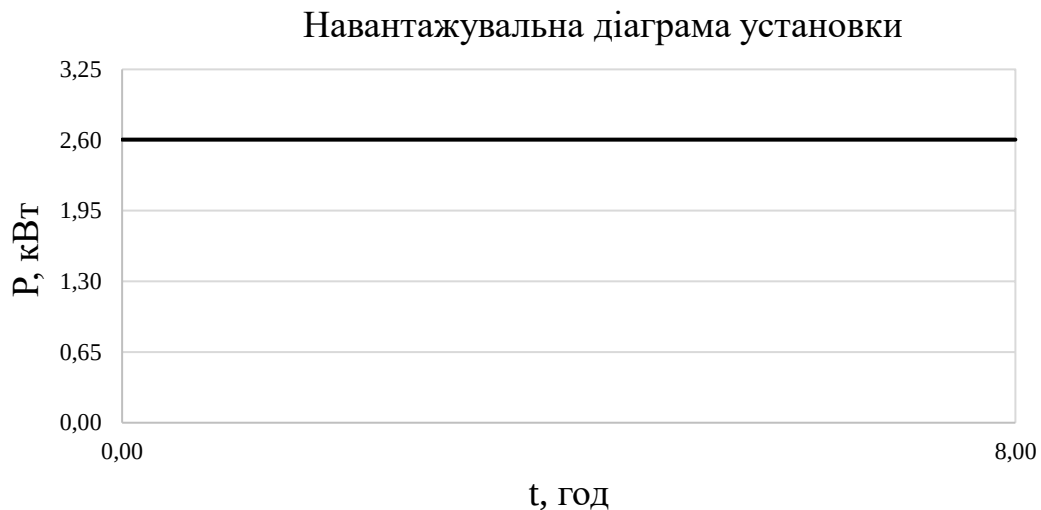


Рис. 3.1. Діаграма навантаження установки

3.1.2. Попередній вибір електродвигуна на основі потужності та швидкості

Номінальна потужність двигуна за допустимих умов нагрівання в безперервній роботі (S1) при постійному навантаженні визначається умовою:

$$P_{\text{ном}} \geq P_{\epsilon},$$

де P_{ϵ} – номінальна потужність двигуна, яка визначається за формулою:

$$P_{\epsilon} = \frac{K_z \times p \times L}{\eta_{\text{в}} \times \eta_{\text{п}}},$$

$$P_{\epsilon} = \frac{1,15 \times 550 \times \frac{10230}{3600}}{0,6 \times 1} = 2995,59 \text{ Вт} \approx 3 \text{ кВт},$$

де K_z – коефіцієнт запасу міцності;

$\eta_{\text{п}}$ – коефіцієнт корисної дії механічного передавального пристрою;

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

L – живлення вентилятора, $\text{м}^3/\text{з}$;

p – тиск вентилятора, Па;

$\eta_{\text{вент.}}$ – ефективність вентилятора.

На основі розрахункових даних вибираємо електродвигун 6ТЗ 100LB4.

Таблиця 3.2.

Технічні характеристики електродвигуна 6ТЗ 100LB4

Потужність двигуна, кВт	Струм двигуна, А	швидкість двигуна, об/хв	Коефіцієнт потужності $\cos \phi$	η двигун, %
3	6.33	1450	0,78	87,7

3.1.3. Розрахунок та побудова механічних характеристик робочої машини

Механічною характеристикою машини в процесі роботи є залежність створюваного нею статичного моменту опору від кутової швидкості передавального вала.

Механічна характеристика машини в робочому стані, зведена до валу двигуна, $M_c = f(\omega)$ розраховано за допомогою рівняння:

$$M_c = M_0 + (M_{\text{сн}} - M_0) \times \left(\frac{\omega}{\omega_n} \right)^2,$$

де M_s – момент статичного опору;

M_0 – початковий момент;

ω , ω_n – встановлення номінального значення та кутової швидкості;

$M_{\text{сп}}$ – статичний момент опору при номінальній кутовій швидкості карданного вала;

x – показник степеня.

Для вентилятора формула буде такою:

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_c = M_0 + \left(\frac{M_{сн} - M_0}{\omega_H^2} \right) \times \omega^2.$$

Статичний момент опору машини, що працює з номінальною кутовою швидкістю, визначається за формулою:

$$M_{сн} = 9550 \times \frac{P_H}{n_H};$$

$$M_{сн} = 9550 \times \frac{2,6}{1450} = 17,12 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Початковий момент роботи машини визначається за формулою:

$$M_0 = 0,1 \times M_{сн}$$

$$M_0 = 0,1 \times 17,12 = 1,712 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Перетворити швидкість n , в об/хв, на кутову швидкість ω , рад/с, використовуйте вираз:

$$\omega_H = \frac{\pi \times n_H}{30},$$

$$\omega_H = \frac{\pi \times 1450}{30} = 151,8 \text{ рад/с}.$$

Дані, що використовуються для розрахунку механічних характеристик машини в експлуатації, занесені до таблиці 3.3, і на основі цього побудовано графік $M_c = f(\omega)$.

Таблиця 3.3.

Результати розрахунку комбінованого статичного моменту опору машини під навантаженням

ω , рад/с	0	25	50	75	100	125	150
Мак, Х.·м	1712	2.1	3.4	5.5	8.4	12.2	16.8

Механічна характеристика робочої машини

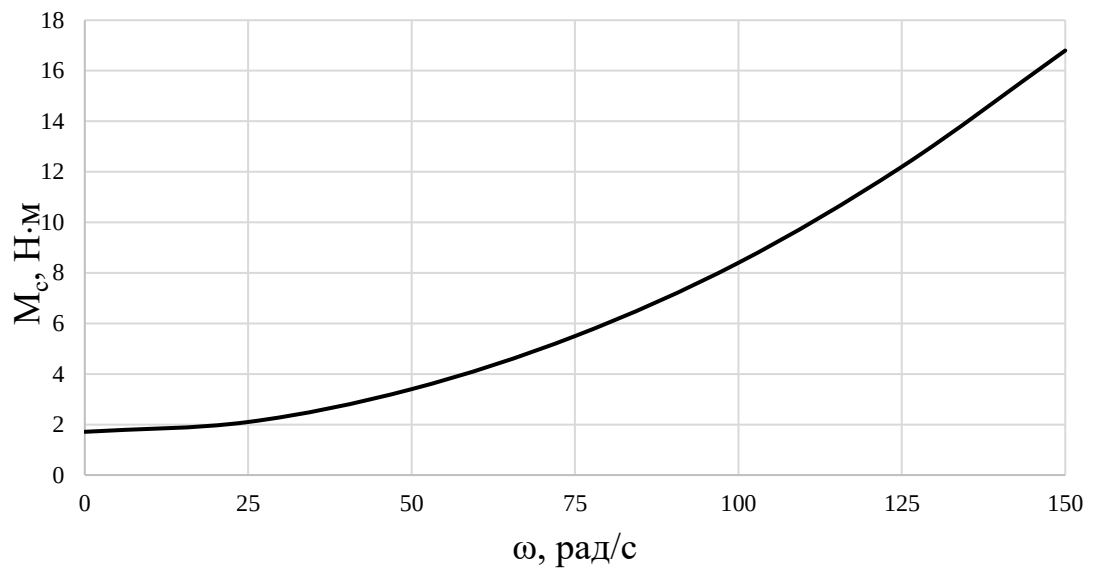


Рис. 3.2. Механічні характеристики машини в робочому стані

3.1.4. Розрахунок та побудова механічних характеристик електродвигуна

Механічні характеристики електродвигуна при номінальній напрузі живлення розраховуються за координатами п'яти характерних точок:

- 1) Точка синхронної швидкості: $S=0$, $M=0$.
- 2) Номінальна точка швидкості: $S=S_n$, $M=M_n$.

$$S_n = \frac{n_0 - n_n}{n_0};$$

$$S_n = \frac{1500 - 1450}{1500} = 0,03,$$

де S_n – номінальне ковзання; n_n – номінальна швидкість; n_0 – синхронна швидкість, об/хв.

$$M_n = 9550 \times \frac{P_n}{n_n};$$

$$M_n = 9550 \times \frac{3}{1450} = 19,76 \text{ Н·м},$$

де P_n – номінальна потужність двигуна, кВт;

- 3) точка критичного моменту: $S=S_k$, $M=M_k$.

$$S_K = \frac{S_H + \sqrt{S_H \times \frac{\mu_K - 1}{\mu_1 - 1}}}{1 + \sqrt{S_H \times \frac{\mu_K - 1}{\mu_1 - 1}}}$$

Або:

$$\mu_1 = \frac{\mu_K}{\mu_n};$$

$$\mu_1 = \frac{3,4}{3,3} = 1,03;$$

$$S_K = \frac{0,03 + \sqrt{0,03 \times \frac{3,4 - 1}{1,03 - 1}}}{1 + \sqrt{0,03 \times \frac{3,4 - 1}{1,03 - 1}}} = 0,62$$

Або:

μ_K – множення максимального крутного моменту двигуна;

μ_n – кратність пускового моменту двигуна;

$$M_K = \mu_K \times M_n;$$

$$M_K = 3,4 \times 19,76 = 67,2 \text{ Н} \cdot \text{Пан}$$

4) Точка мінімального моменту: $S_{\min} = 0,8$, $M = M_{\min}$.

$$M_{\min} = \mu_{\min} \times M_n;$$

$$M_{\min} = 2,3 \times 19,76 = 45,5 \text{ Н} \cdot \text{Пан}$$

5) Точка початкового крутного моменту: $S = 1$, $M = M_P$.

$$M_P = \mu_P \times M_n$$

$$M_P = 3,3 \times 19,76 = 65,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Згідно з ГОСТ 183-84, допускається виготовлення електродвигунів, критичний, мінімальний та пусковий моменти яких можуть бути відповідно на 10%, 20% та 15% нижчими за значення, зазначені в каталозі. З урахуванням цього, задані значення крутного моменту необхідно визначати наступним чином:

$$M_K = 0,9 M_K; \quad M'_{\text{хв}} = 0,8 M_{\min}; \quad M'_n = 0,85 M_P.,$$

$$M'_K = 0,9 \times 67,2 = 60,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M'_{\min} = 0,8 \times 45,5 = 36,4 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M'_{\text{p}} = 0,85 \times 65,2 = 55,4 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Зобразіть їх на графіку та через отримані точки та точки $M'_H = M_{\text{п}}$ та $M'=0$ намалюйте плавну криву. $S = f(M'_{\text{день}})$.

Оскільки крутний момент асинхронного електродвигуна пропорційний квадрату напруги, необхідно розрахувати та побудувати штучну механічну характеристику двигуна, враховуючи допустиме зниження напруги на 5% порівняно з номінальною напругою. Розрахунок виконується за такою формулою:

$$M'' = M'(1 - 0,05)^2 = 0,9 M'$$

У цьому випадку номінальний, критичний, мінімальний та пусковий моменти мають такі значення:

$$M'_H = 0,9 M'_{\text{п}}; M''_{\text{Доктор наук}} = 0,9 M'_{\text{ДК}}; M''_{\text{мій лікар}} = 0,9 M'_{\text{мій лікар}}; M''_{\text{ДП}} = 0,9 M'_{\text{ДП}}.$$

$$M'_H = 0,95^2 \times 19,76 = 17,8 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M''_K = 0,95^2 \times 60,5 = 54,6 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M''_{\text{мін}} = 0,95^2 \times 36,4 = 32,9 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M''_{\text{п}} = 0,95^2 \times 55,4 = 50 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

Згідно з розрахунковими даними, графік $S = f(M''_{\text{день}})$.

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

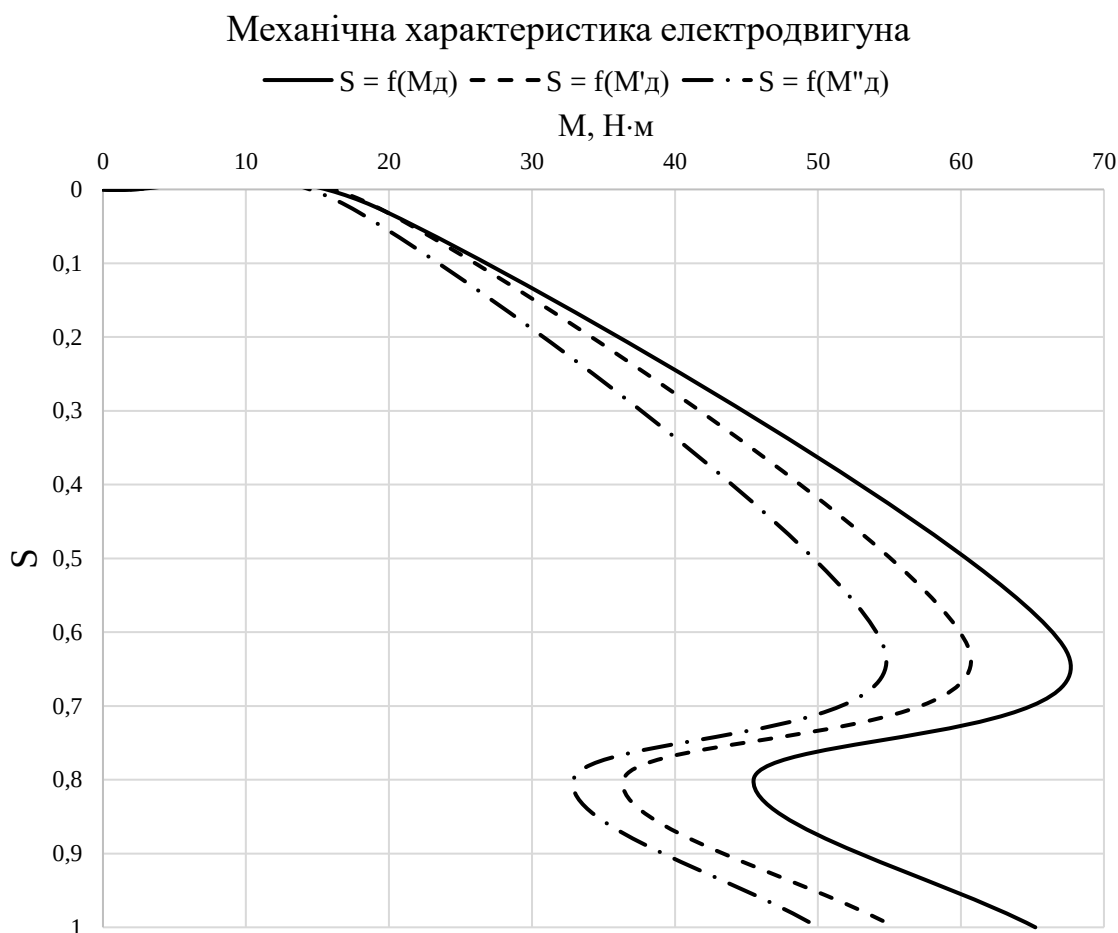


Рис. 3.3. Механічні характеристики електродвигуна

3.1.5. Визначення часу запуску електродвигуна

Момент запуску електродвигуна визначається за допомогою методу графічного аналізу. У цьому випадку рівняння руху електроприводу розв'язується з використанням скінченних приростів:

$$M_{\text{дин}} = M_{\text{д}} - M_{\text{с}} = j \frac{\Delta \omega}{\Delta t},$$

Або:

$M_{\text{дин}}$ – динамічний момент, $\text{Н} \cdot \text{м}$; M_d – крутний момент електродвигуна, $\text{Н} \cdot \text{м}$; M_s – статичний момент опору машини під час роботи, віднесений до вала електродвигуна, $\text{Н} \cdot \text{м}$; j – момент інерції системи «електродвигун – робоча машина», віднесений до вала електродвигуна, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$;

$\Delta\omega$ —збільшення кутової швидкості, рад/с;

Δt — приріст часу запуску, с.

Розрахунок виконується в такій послідовності.

За даними каталогу розраховується механічна характеристика M_d електродвигуна та відображається в першому квадранті прямокутної системи координат.

Для визначення часу запуску двигуна різниця $M_{din} = M$ розраховується графічно." день- РСт побудувати графік динамічних моментів $\omega = f(M_{din})$.

Календар $\omega = f(M_{din})$ розділений на окремі секції з довільними інтервалами швидкості $\Delta\omega$ та обчислити середнє значення динамічного моменту $M_{din.avg}$ на кожній ділянці. Значення $\Delta\omega$ обрані таким чином, щоб забезпечити достатню точність визначення $M_{din.avg}$.

Момент інерції, що стосується карданного валу, визначається за формулою:

$$J_{zv} = J_{rt} + J_m$$

$$J_{zv} = 0,01 + 0,063 = 0,073 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$$

Або:

рот— момент інерції ротора електродвигуна, $\text{кг}\cdot\text{м}^2$;

джм— момент інерції обертових частин машини під час роботи, $\text{кг}\cdot\text{м}^2$;

Момент запуску електродвигуна на ділянці і графіка визначається виразом:

$$\Delta t_i = J_{zv} \times \frac{\Delta\omega_i}{M_{дин.ср.i}}.$$

Після визначення часу запуску кожної секції, загальний час запуску визначається за такою формулою:

$$t_n = \sum_{i=1}^n \Delta t_i$$

Результати розрахунків наведено в таблиці 3.4.

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.4.

Розрахунок часу запуску системи "електродвигун – робоча машина"

Ні. інтриги	$\Delta\omega_l$, рад/с	Мдін.с.р.і., Н*м	$\Delta t_{ли}$, с	$t_{п}$, с
1	25	39	0,046	0,046
2	25	32	0,057	0,103
3	25	49	0,037	0,14
4	25	40	0,046	0,186
5	25	25	0,073	0,259
6	27	9.5	0,21	0,469

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

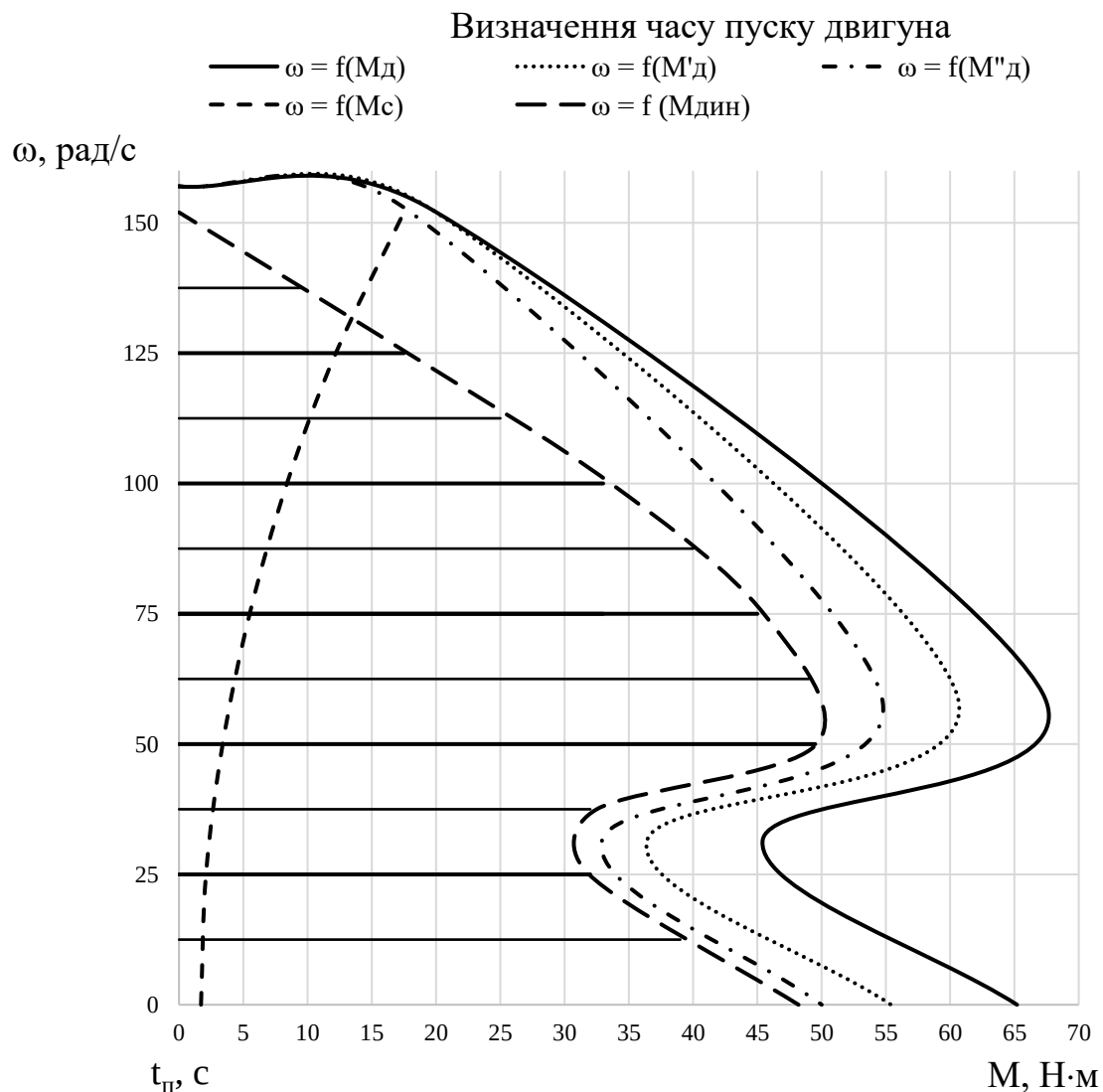


Рис. 3.4. Визначення часу запуску електроприводу методом графічного аналізу

3.1.6.Перевірка вибраного двигуна

Електродвигун керується в тепловому режимі під час запуску за таких умов:

Додати $\geq v_t \times t_{start}$,

Або:

$T_{доп}$ – допустиме перевищення температури обмотки відносно температури охолоджувальної рідини, $^{\circ}\text{C}$;

v_t – швидкість зростання температури обмотки з гальмованим ротором, $^{\circ}\text{C}/\text{с}$;

$t_{п}$ – час запуску електродвигуна, с.

Температура нагріву = 80°C;

$v_T = 8 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{с};$

$t_p = 0,469 \text{ с};$

$v_T \times t_{\text{старт}} = 8 \times 0,469 = 3,75 \text{ } ^\circ\text{C};$

$80 \geq 3,75.$

Таким чином, двигун не перегріється під час запуску.

Перевіряємо пусковий момент двигуна за такою формулою:

$0,952 \cdot 0,85 \cdot m_{\text{кн}} \cdot M_{\text{д.н}} \geq (1,2 \dots 1,3) M_{\text{зр.рм}},$

$0,952 \cdot 0,85 \cdot 3,3 \cdot 19,76 = 50 \geq 1,3 \cdot 1,712 = 2,2 \text{ Н} \cdot \text{м}.$

Або:

μ_p – кратність пускового моменту електродвигуна;

M_n – номінальний крутний момент двигуна, визначений з каталожних даних, Н·м;

$M_{\text{зр.рм.}}$ – момент руху машини під час роботи, віднесений назад до валу електродвигуна.

Таким чином, двигун правильно запустить машину під час роботи.

Оскільки двигун працює в безперервному режимі (S1) з постійним навантаженням, немає потреби перевіряти перевантажувальну здатність.

Аналогічно розраховуємо та перевіряємо потужність електродвигунів для всіх інших машин і механізмів. Результати вибору електродвигуна записуються в таблицю 3.5 та в схему розрахунку та монтажу електричної мережі, аркуш 1 загальної електростанції.

3.2. Вибір електродвигунів на основі їх електричної модифікації, конструкції та ступеня захисту від впливу навколишнього середовища

Вибір електродвигунів (зі збільшеним пусковим моментом, збільшеним ковзанням, багатошвидкісних, з однофазним ротором, для короткочасної роботи або однофазних) здійснюється з урахуванням крутного моменту механізму, характеру навантаження двигуна та маси маховика в системі

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

"електродвигун – машина". Також необхідно враховувати необхідність регулювання швидкості обертання та забезпечення трансмісійного гальмування.

Залежно від кількості фаз, електродвигуни класифікуються на однофазні, двофазні та трифазні, причому двофазні двигуни використовуються значно рідше.

Для тривалої роботи при постійних або змінних навантаженнях до 100 кВт використання трифазних асинхронних електродвигунів з короткозамкненим ротором виявляється найбільш економічним рішенням. Цей вибір підтверджується досвідом, накопиченим в експлуатації електроприводів у промислових та виробничих умовах. Тому цей випускний проект базується на впровадженні асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором.

Відповідно до вимог ГОСТ 2479–79 електродвигун виконання ІМ9241 вибирається за конструкцією та способом монтажу.

Перша цифра позначення характеризує конструкцію двигуна:

- 1– двигуни, встановлені на ніжках із захистом підшипників;
- 2– двигуни, встановлені на лапах з захистом підшипників та фланцем на захисті підшипника;
- 3– двигуни без ніжок, з захисними кожухами підшипників та фланцем на кожусі;
- 4– двигуни без захисту підшипників.

Друга та третя цифри визначають спосіб монтажу та вказують на просторове положення двигуна, а саме: горизонтальне розміщення ніжками вниз, вертикальне встановлення валом вгору або вниз, настінне кріплення, кріплення на стелі тощо. У деяких виконаннях позначення 08 означає, що двигун може працювати практично в будь-якому положенні вала в просторі.

Четверта цифра характеризує конструкцію вихідного кінця вала:

- 0– без вихідного вала;

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 1– циліндричний кінець;
- 2– два циліндричні кінці;
- 3– конічний кінець;
- 4– два конічні кінці.

Конфігурації валів, позначені номерами від 5 до 9, не призначені для базової конструкції асинхронних двигунів. Для електродвигунів серії AIR загального призначення базовою конструкцією є конструкція 1, тобто з циліндричним кінцем вала.

Ступінь захисту від впливу навколишнього середовища становить IP54, що забезпечує достатній рівень захисту від проникнення пилу та бризок води.

Кліматичні характеристики електродвигунів класифікуються як U, що відповідає експлуатації в помірних кліматичних умовах. Категорія розташування — 2, а категорія — 1 для зовнішньої установки.

Таблиця 3.5

Вибір електродвигунів для керування робочими машинами в майстерні з обслуговування електрообладнання

Номер кімнати/зоони	Машина в робочому стані. технологічна лінія	тип електродвигуна	Номер шматки	Рн кВт	У І	В ОЗ	cos φ	η	Робочі години, години	нн об/х в	Кз	Тип верстат
1	Витяжна вентиляція; витяжний вентилятор ВТСУН 450Х203-3.0-8	6ТЗ 100LB4	2	3	6.3 3	8.1	0,7 8	0,8 77	7	1450	0,7	
2	Козловий кран: переміщувач мостів.	6ТЗ 90L6	4	1.1	2.9 3	5.2	0,6 7	0,8 1	0,6	950	0,5	ПМПОВЗД-5
	Привід підйомного механізму	інтегрований	1	22	43, 5	7.0	0,8 1	0,8 7	0,8	1410	0,5	
	Привід підйомного механізму	інтегрований	1	22	43, 5	7.0	0,8 2	0,8 2	0,8	1410	0,5	

19 років	токарний верстат для нарізання різьби		1									16B205P
19 років			1									6:82
21 рік	(різець з ключем)	6T3 90L4	1									6K821
24	(виправлення різьби)		1	1.5	3.4	7.1	0,7	0,8	1	1430	0,5	3M121P
5	(заточування)		2		3		4	53				1,5 RPNM
	перекачувальний насос олії											
19 років	Токарство та нарізання різьби	6T3 80V4	1									16B05P
19 років			1									1B140
23	Вежа		1	0,7	1.9	6.3	0,6	0,8	1	1440	0,5	16M05M
	Токарство та нарізання різьби			5			9	25				
19 років	Вежа	6T3 132S4	1									1B140
24	Координатно-розточувальне різання		1	5.5	10.5	9.0	0,8	0,8	0,8	1460	0,5	2A450-MG-P
					5		4	96				
19 років	Вежа	6T3 90S4	1									1B140
21 рік	Шліфування різьби		1	1.1	2.5	7.1	0,7	0,8	0,9	1440	0,5	6K821
					9		3	41				
19 років	вертикальне буріння	6T3 100LB4	1									2N125
20	заточування та		1									3B643
21 рік	шліфування		1	3.0	6.3	8.1	0,7	0,8	1	1450	0,5	6K821
24	шліфування різьби		1		3		8	77				HC-12
	вертикальне буріння											

Продовження таблиці 3.5

Вибір електродвигунів для керування робочими машинами в майстерні з обслуговування електрообладнання

Номер кімнати/райони	Машина в робочому стані. технологічна лінія	тип електродвигуна	Ном. ер. шма тки.	Рн кВт	У т	Кл юч	cosφ	η	Робочі години, години	нн об/хв	Кз	Тип верстат
19 років 23	заточування та шліфування токарна та різальна робота	6T3 90LB4	1 1	2.2	5.14	7.5	0,72	0,867	2 1	1440	0,6	OPT-1468-01 16M05 M
20, 21, 25, 6, 8, 9, 10, 14, 15	двигун вентилятора	A2175NVT-TS	20	0,0 25	0,11	3.5	0,8	0,71	4	1420	0,7	
19 років 19 років 20	токарна та різальна робота фрезерування шпонкових пазов	6T3 80B4	1 1 1	0,7 5	1.9	6.3	0,69	0,825	1.2	1440	0,4	16U04 6:82 16 тис. 20 років

	токарна та різальна робота											
19 років 6	токарна та різальна робота вентилятор	6T3 71C2	1 1	0,7 5	1.63	7.1	0,81	0,816	1.3	2830	0,5	16U04 ВДУ- 250-2Д
20	токарний верстат для нарізання різьби	6T3 132M4	1	7.5	14.3	8.9	0,84	0,904	1	1460	0,6	16 тис. 20 років
20 23	болторізи Фасадна машина	6T3 132S6	1 1	3.0	6.84	6.0	0,74	0,856	1.5	965	0,7	6K855 7A420
20	автоматична викрутка	6T3 112M6	1	2.2	5.54	5.5	0,68	0,843	1.7	965	0,5	5086
21 рік 23	Трансформатор точкове зварювання	ОТПС-0.6	1 1	0,5 5	2.5	---	0,88	0,91	0,6	----- -	----- ---	ОТПС- 0.6
21 рік 8	мотор-редуктор	GST8024	1 1	0,7 5	2.03	4	0,89	0,92	2	1380	0,5	намотув альна машина Лакувал ьний завод
23	шліфувальний верстат	6T3 132SB2	1	7.5	13.4	11.9	0,9	0,901	1.2	2930	0,5	3M151P
24	двигун вентилятора	DRP200A2 12XTV	1	0,0 3	0,14	3.5	0,89	0,81	4	1460	0,7	
6	Зварювальна станція (трансформато р)	ВДУ-250- 2Д TSSO-12	2	12	16.6	----	0,88	0,95	1.5	----- ----	----- ----	ВДУ- 250-2Д
7	підвищувальни й трансформатор	ІМ'Я-10	1	0,5	2.5	----	0,85	0,91	0,7	----- -	----- ----	ІМ'Я-10
7	Трансформатор навантаження	НТ74	2	0,9	150	----	0,82	0,95	0,4	----- -	----- ----	НТ74

Продовження таблиці 3.5

Вибір електродвигунів для керування робочими машинами в майстерні з обслуговування електрообладнання

Номер кімнати/ райони	Машина в робочому стані. технологічна лінія	тип електродви гуна	Кіль кіст ка шма тки.	Рн кВт	У І	Ключ	cosφ	η	Робочі години, години	нн об/х в	Кз	Тип верстат
8	електрична таль (привід підйомного механізму)	6T3 132S6	1	3	6.84	6.0	0,74	0,856	0,6	965	0,5	ТО25-311
8.13	двигун вентилятора	A2259NVT- TS	5	0,05 5	0,24	4.0	0,89	0,92	4	141 0	0,7	
9	мотор-редуктор	GST7134	2	0,55	1.57	5.5	0,88	0,9	4.3	139 0	0,6	

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ					Арк.
										41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Ввідний пристрій розподільного щита повинен мати видимий розрив у ланцюзі електроживлення, що є обов'язковою вимогою з точки зору безпеки експлуатації та проведення ремонтних робіт.

Для живлення переносних електроінструментів у майстернях та на будівельних майданчиках буде встановлено необхідну кількість розеток.

3.4. Розрахунок та вибір пристроїв керування та захисту

У колі керування на вході має бути встановлений пристрій, який викликає видиме переривання живлення всієї схеми.

Верстати захищені від:

- струми перевантаження;
- струми короткого замикання.

У зв'язку з цим, основною функцією пристрою живлення конкретної машини є захист розподільчої мережі від струмів короткого замикання та має бути вибірково узгоджена з пусковим захисним пристроєм самої машини.

У шафах керування машинами та технологічними установками пускові, керуючі та захисні пристрої для електроприймачів вибираються за такими параметрами:

- при номінальній напрузі (U_n), [В];
- за типом струму та його амплітудою (I), [А];
- залежно від кліматичних показників;
- за ступенем захисту від впливу навколишнього середовища.

При виборі також враховується характер навантаження, режим роботи електроприладів, вимоги безпеки та правила пожежної безпеки.

3.5. Вибір розподільчих щитів

Для живлення споживачів енергії в цехах та робочих зонах використовується ввідно-розподільний пристрій ВРУ-04-9-Л, відповідно до вимог.

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Цей тип пристрою оснащений:

- 24 автоматичні трифазні лінійні машини;
- 24 лінійних однополюсних автоматичних вимикачів.

За необхідності та відповідно до замовлення, стандартне обладнання може бути модифіковане наступним чином:

- трифазні автоматичні вимикачі;
- 8 однофазних автоматичних вимикачів.

Лінійні автоматичні вимикачі типу ABL SURSUM.

Ввідно-розподільний пристрій працює узгоджено з комп'ютеризованими регуляторами компенсації реактивної потужності та косинусоїдною конденсаторною батареєю типу АКУ 0,4-60-10У3.

Розподільні пристрої

Наприклад, проводиться вибір щита живлення для ремонтної майстерні розподільчих пристроїв (23), яка належить до групи 6.

Для цього семінару було використано розподільчий пункт HAGER FWB42S виробництва HAGER.

Загальні розміри щита:

- висота – 650 мм;
- ширина – 550 мм;
- Глибина – 161 мм.

Наступні рядки призначені для замовлення обладнання для майстерні (23):

- правкально-довбальний верстат 7A420 – автоматичний вимикач ABL SURSUM, лінія 6-6, трифазний;
- Токарний та різьбонарізний верстат 16MO5 – автоматичний вимикач ABL SURSUM, лінія 6-2, трифазний;
- апарат точкового зварювання (однофазний) – ABL SURSUM L, лінія 6-1;
- шліфувальний верстат – ABL SURSUM, лінія 6-5, трифазний;

					02.02.KP.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Витяжний вентилятор А 2175 NVT-TS, однофазний, (P = 25 Вт, лінія 6-3;
- Витяжний вентилятор А 2175 NVT-TS, однофазний, (P = 25 Вт), лінія 6-4.

Отже, щит повинен містити:

- 3 однофазні захисні пристрої;
- 3 трифазні захисні пристрої.

Відповідно, було прийнято щит HAGER FWB42S, оснащений:

- 6 однофазних автоматичних машин;
- 2 трифазні автоматичні вимикачі.

На вході встановлено автоматичний вимикач ABL SURSUM C25T4.

3.6. Вибір автоматичного вимикача

Автоматичні вимикачі призначені для захисту електричних кіл від:

- струми короткого замикання;
- струми перевантаження.

Вони використовуються в колах з напругою до 500-600 В при частоті 50 Гц, а також використовуються для швидкого запуску та зупинки цих кіл.

Оскільки тип автоматичних вимикачів вже визначено як ABL SURSUM під час вибору розподільчого щита ABB UK500N, подальший вибір обмежується визначенням номінальних струмів розчіпників.

Автоматичні вимикачі вибираються виходячи з наступних умов:

Незмінне середнє $\geq$ Незмінне м.

Іном. сер. $\geq$ Ір.м.,

Або:

Uном.сер. – номінальна напруга автоматичного вимикача, В;

Uном. м. – номінальна напруга мережі;

Номінальний струм автоматичного вимикача, А;

					02.02.KP.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$I_{r.m.}$ – номінальний струм електричної мережі, для захисту якої обрано автоматичний вимикач, А.

3.6.1. Вибір лінійних автоматичних вимикачів для HAGER FWB42S.

Визначаємо номінальний струм ліній 6-1. Первинний струм при живленні потужністю $P = 550$ Вт при $U = 220$ В, $I_{6-1} = 550/220 = 2,5$ А.

Для лінії 6-2 (поворотник)

6ТЗ 90LB4, $P_n = 2,2$ кВт; Вхідний струм = 5,14 А.

6ТЗ 80V4, $P_n = 0,75$ кВт; $I_n = 1,9$ А.

$I_{6-2} = I_1 + I_2 = 5,14 + 1,9 = 7,04$ А.

Приймаємо автоматичний вимикач ABL SURSUM C10T9.

$I_{tr} = 14,5$ А; $I_{el.r} = I_{tr} \cdot 10 = 10 \cdot 10 = 100$ А.

$I_n = 10$ А $> 7,04$ А = $I_{r.m.}$

Давайте перевіримо, чи може спрацювати автоматичний вимикач при запуску двигуна 6ТЗ 90LB4, якщо двигун 6ТЗ 80V4 працює, за умови, що

$I_{mr} \geq K \cdot I_{max} = K(I_{n2} + K I_1 \cdot I_{n1})$,

Або:

I_{mr} – струм електромагнітного розчіплення, А

$I_{mr} = 100$ А

$I_{max} = I_{n2} + K I_{n1} \cdot I_{n1}$,

Або:

I_{max} – це максимальний струм, який може підтримувати лінія, до якої підключено два двигуни, причому менш потужний працює, а потужніший запускається.

$I_{n2} = 1,9$ А – номінальний струм менш потужного двигуна.

$K I_{n1} \cdot I_{n1}$ – пусковий струм потужнішого двигуна.

Для ABL SURSUM: $K=1.1$

$I_{n1} = 5,14$ А; $K I_{n1} = 7,5$

					02.02.KP.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{mach} = 1,9 + 7,5 \times 5,14 = 40,45 \text{ A}$$

$I_{rm} = 100 \text{ A} > 1,1 \cdot 40,45 = 44,5 \text{ A} = K \cdot I_{max}$ – умова виконується, а отже, спрацьовування автоматичного вимикача під час запуску найпотужнішого електродвигуна не відбудеться.

Для інших лінійних перемикачів процес вибору аналогічний. Результати вибору наведено в таблиці 3.6. RPZ.

3.6.2. Вибір вхідного автоматичного вимикача для панелі керування HAGER FWB42S

$$P_{pv} = \frac{\sum_1^n P_{уп} * K_z}{\eta} + \frac{\sum_1^m P_{ут} * K * t}{\eta * 0.5} + P_{ну},$$

Або:

$P_{уп}$ – номінальна встановлена потужність кожного з електроспоживачів, що працюють більше 0,5 години, кВт;

$P_{асін}$ – встановлена потужність кожного електроприймача, що працює на потужності менше 0,5 кВт·год (у цьому випадку їх немає);

n – кількість електродвигунів, що працюють більше 0,5 годин;

m – кількість електродвигунів, що працюють менше 0,5 години;

K_z – коефіцієнт навантаження;

η – коефіцієнт корисної дії електродвигуна або групи двигунів одного типу.

$\sum R_{ну}$ – загальна потужність опалювальних установок

$\sum P_{ну} = 4 \cdot 0,03 + 0,12 \text{ кВт}$ – місцеве освітлення;

$\frac{\sum_1^m P_{ут} * K * t}{\eta * 0.5}$ – цей учасник відсутній, оскільки жоден об'єкт не працює менше ніж 0,5 години;

t – час безперервної роботи електроспоживачів, що працюють менше 0,5 години.

$$K_z = 0,7$$

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{pв} = \frac{3 \cdot 0,7}{0,79} + \frac{2,2 \cdot 0,7}{0,81} + \frac{0,55 \cdot 0,7}{0,705} + \frac{7,5 \cdot 0,7}{0,87} + \frac{0,55 \cdot 0,6}{0,9} + 0,12 = 2,66 + 1,91 + 0,55 + 6,03 + 0,37 + 0,12 = 11,64 \text{ кВт}$$

$$\text{Визначимо } \cos \varphi = f\left(\frac{P_{дв}}{P_{p.в}}\right) = \left(\frac{11,52}{11,64}\right) = f(0,98) = 0,73$$

$$I_{pв} = \frac{P_{pв}}{\sqrt{3} U_{л} \cos \varphi},$$

Або:

$P_{pв}$ – розрахункова вхідна потужність. $P_{pв} = 11,64 \text{ кВт}$.

$U_{л} = 380 \text{ В}$ – номінальна напруга мережі, В.

$$\cos \varphi = 0,73$$

$$I_{pвг} = \frac{11,64}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,73} = 24,26 \text{ А}$$

На вході вибираємо автоматичний вимикач ABL SURSUM C25T4;
 $I_n = 25 \text{ А}; I_n = 36,25 \text{ А}; I_n = 10 \cdot 25 = 250 \text{ А}$.

Результати вибору автоматичного вимикача записуються в таблицю розрахунку та монтажу станції технічного обслуговування електрообладнання, аркуш 3 загальної електростанції, а також у таблицю 3.6.

3.7. Вибір магнітних пускатів

Магнітні пускати призначені для дистанційного керування електродвигунами.

Вибираємо електромагнітні пускати, виходячи з наступних умов:

$$1. U_{np} \geq U_{nm}$$

$$2. V_{хд} \geq I_{p.м.}$$

Або:

U_{np} – номінальна напруга пускача, В;

U_{nm} – номінальна напруга мережі, В;

I_{mp} – номінальний струм пускача, А;

I_{np} – номінальний струм головного кола пускача, А;

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

I_{nm} – максимальний трифазний струм установки, А.

Для керування електродвигунами ми використовуємо магнітні пускачі серії РМК від АСКОУКРЕМ, що встановлюються на DIN-рейки. Ці пускачі спеціально розроблені для керування електродвигунами токарно-гвинтового верстата 16М05М.

Двигуни 6ТЗ 90LB4, $P_n = 2,2$ кВт; $I_n = 5,14$ А; $CI = 7,5$.

6ТЗ 80V4, $P_n = 0,75$ кВт; Вхід = 1,9 А; $KI = 6,3$.

Для 6ТЗ 90LB4 ми приймаємо магнітний пускач РМК 09 (LE1-D09) з $I_n = 9$ А та кріпленням на DIN-рейку.

$$I_{np} = 9A > 5,14 A = I_{r.m.} [3. з. 2 № 2]$$

Перевірте комутаційну здатність стартера.

$$9A = \text{Вхід} > \frac{I_{\text{пуск.дв}}}{6} = \frac{7,5 \cdot 5,14}{6} = 6,425A - \text{Умова виконана.}$$

Для 6ТЗ 80V4 ми приймаємо магнітний пускач РМК 09 (LE1-D09) з $I_n = 9$ А та кріпленням на DIN-рейку.

$$I_{np} = 9A > 1,9A = I_{r.m.}$$

Перевірте комутаційну здатність стартера.

$$9A = \text{Вхід} > \frac{I_{\text{пуск.дв}}}{6} = \frac{1,9 \cdot 6,3}{6} = 2 A - \text{Умова виконана.}$$

Вибір магнітних пускачів для інших груп здійснюється аналогічним чином. Результати цього вибору зазначаються в таблиці розрахунку та монтажу для станції обслуговування електрообладнання, аркуш 3 документа "Загальна інформація про електростанцію", а також у таблиці 3.6.

3.8. Вибір теплових реле

Електричні теплові реле перевантаження призначені для захисту електродвигунів від перевантажень по струму. Теплові реле перевантаження типу РТ встановлюються в електромагнітних пусках типу РМК. Вибір серії

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

та типу реле залежить від серії та типу електромагнітного пускача та електродвигуна.

Термічний елемент реле вибирається за умовою:

$$I_{n.te} \geq I_r = I_{n.dv}$$

Або:

$I_{n.te}$ – номінальний струм термоелемента, А;

I_r – робочий струм електроустановки, А.

Для захисту 6ТЗ 90LB4, $I_n = 5,14$ А, ми використовуємо теплове реле RT-1310 з обмеженням струму теплового спрацьовування 4...6 А. $I_n = 9$ А.

Для захисту електродвигуна 6ТЗ 80V4, $I_n = 1,9$ А, використовується теплове реле RT-1307, $I_n = 9$ А, межі регулювання струму спокою становлять 1,6...2,5 А.

Для захисту інших електродвигунів від перевантажень по струму теплові реле перевантаження підбираються таким самим чином. Результати цього вибору записуються в таблицю розрахунку та монтажу для станції технічного обслуговування електрообладнання, аркуш 3 документа "Загальна інформація про електростанцію", а також у таблицю 3.6.

Таблиця 3.6

Вибір пускозахисту для групи 6, панелі керування

Автоматичний ввідний пристрій для підстанції	Автоматичний лінійний ви	Номер рядка	Електродвигун забезпечує привід для установк и.	електродвигун				автоматичний вимикач			електромагнітні стартери			Теплове реле		
				тип	Рн, кВт	В, І	Ключ	тип	В, І	Ітр, І	тип	В, І	Іпускдв/6, І	Тип	В, І	А й вз, І
ABL SURSU C25T4	ABL SURSU C4T2	6-1	Апарат точкового зварювання ОТПС-0.6	-	0,55	2.5	-	ABL SURSU C4T2	4	5.8	-	-	-	-	-	-

ABL SURSU C10T9	6-2	Токарний та різьбонарі зний верстат 16M05 Закріпити Транспорт	6T3 90LB4 6T3 80V4	2.2 0,7 5	5.14 1.9	7.5 6.3	ABL SURSU C10T9	10	14, 5	ПМК 09 (LE1- D09) ПМК 09 (LE1- D09)	9 9	6 425 2	RT- 1310 RT- 1307	9 9	4 ... 6 1, 6 ... 2, 5
ABL SURSU B2T2	6-3	Вентилято р A2175NV T-TS	Інтегров аний A2175N VT	0,0 25	0,11	3.5	ABL SURSU B2T2	2	2.9	-	-	-	-	-	-
ABL SURSU B2T2	6-4	Вентилято р A2175NV T-TS	Інтегров аний A2175N VT	0,0 25	0,11	3.5	ABL SURSU B2T2	2	2.9	-	-	-	-	-	-
ABL SURSU C20T4	6-5	шліфуваль ний верстат 3M151P	6T3 132SB2	7.5	13.4	11.9	ABL SURSU C20T4	20	29	ПМК 25 (LE1- D25)	25	25	RT- 1321	2 5	12 ... 18
ABL SURSU C10T4	6-6	Фасадна машина 7A420	6T3 132S6	3	6.84	6.0	ABL SURSU C10T4	10	14, 5	ПМК 09 (LE1- D09)	9	6.84	RT- 1312	9	5, 5 ... 8

3.9. Вибір марки, перерізу та способу прокладання кабелів та проводів електричних мереж

Вибір електричних кабелів та проводів для мережі електроживлення, їхня марка, переріз та спосіб прокладання здійснюється так само, як і для мережі освітлення.

3.9.1. Вибір марки, поперечного перерізу та способу прокладання кабелів та проводів групи 6

Номінальний струм групи 6 визначено в пункті 3.6.2.

					02.02.KP.2607«C».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{gr6} = I_{rb6} = 24,26 \text{ A}$$

Згідно з прийнятим кабелем $YnKY -4 \times 2.5 \Rightarrow F = 2,5 \text{ мм}^2 \Rightarrow I_{доп} = 26 \text{ A}$.

$I_{доп} = 26 \text{ A} > 24,26 \text{ A} = I_{r.v6}$ – умова виконується.

Перевіряємо відповідність поперечного перерізу провідника троса відключення автоматичного вимикача.

$$I_{доп} \geq A_u K_z$$

Або:

$I_{доп}$ – допустимий постійний струм (табличний) для заданого поперечного перерізу, А;

I_n – номінальний струм автоматичного вимикача, що захищає цю групу, А;

K_z – коефіцієнт, який враховує тип та вид захисного пристрою;

$I_{доп} = 26 \text{ A} = 1,1 \cdot 36,25 = 39,875 \text{ A} = I_n \cdot K_z$ – і тому умова не виконується, вважаємо $F=4 \text{ мм}^2$.

Таким чином, для групи 6 ми приймаємо кабель $YnKY - 4 \times 4$, встановлений у силовому кабель-каналі Flexel Pz 600/100, прокладений на даху приміщення та в землі перед входом до станції обслуговування електрообладнання.

3.9.2. Вибір кабелю доступу до приміщення станції технічного обслуговування електрообладнання для ВРУ-04-9-Л

Ми розрахуємо потужність на вході кімнати.

Розрахунок проводиться з урахуванням максимально можливого споживання електричної енергії.

Слід зазначити, що одночасно можуть працювати три верстати (майстерня з обслуговування моторизованого обладнання оснащена трьома токарними верстатами). Припустимо, що це верстати з найбільшою встановленою потужністю. Крім того, одночасно можуть працювати два верстати: гайкорізний та болторізний.

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Також можуть працювати три мостові крани, дві зварювальні станції, масляний насос на лінії регенерації масла, компресор у цеху фарбування трансформаторних баків, лакувальний агрегат у зоні ремонту активного обладнання, всі вентиляційні двигуни, два паяльники в цеху ремонту високовольтного обладнання та система освітлення.

Таким чином, згідно з розрахунком та таблицею встановлення, визначаємо розрахункову потужність (Прв).

Або:

$R_{уст.p}$ – встановлена потужність кожного з p електроспоживачів, що беруть участь у формуванні максимального навантаження та працюють у період очікуваного максимуму більше 0,5 год, кВт;

$$P_{рв} = \sum_1^n \frac{P_{уст.п} \cdot k}{\eta} + \sum_1^m \frac{P_{уст.м} \cdot t \cdot k_3}{0,5 \cdot \eta} + P_{осв} + P_{нагр}$$

k_z – середній коефіцієнт навантаження споживачів електроенергії за активною потужністю, який характеризує співвідношення між фактично споживаною потужністю та встановленою потужністю;

η – коефіцієнт корисної дії споживача електроенергії (для електродвигунів);

$R_{уст.м}$ – встановлена потужність кожного з m споживачів, що беруть участь у створенні максимального навантаження та працюють менше 0,5 год, кВт;

t – час безперервної роботи кожного споживача електроенергії $R_{уст.м}$ протягом максимального періоду навантаження півгодини, год. $t < 0,5$ год.

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{pv} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 0,7}{0,95} + \frac{22 \cdot 0,5}{0,82} + \frac{4 \cdot 1,1 \cdot 0,5}{0,81} + \frac{22 \cdot 0,5}{0,87} + \frac{5,5 \cdot 0,5}{0,896} + \frac{1,1 \cdot 0,5}{0,841} + \frac{0,75 \cdot 0,5}{0,825} +$$

$$+ \frac{0,75 \cdot 0,5}{0,816} + \frac{0,75 \cdot 0,4}{0,825} + \frac{3 \cdot 0,5}{0,877} + \frac{2,2 \cdot 0,6}{0,867} + \frac{25 \cdot 0,025 \cdot 0,7}{0,71} + \frac{7,5 \cdot 0,6}{0,904} + \frac{3 \cdot 0,7}{0,856} +$$

$$+ \frac{1,5 \cdot 0,5}{0,853} + \frac{2 \cdot 12}{0,95} + \frac{6 \cdot 0,055 \cdot 0,7}{0,85} + \frac{4 \cdot 0,7}{0,87} + \frac{2 \cdot 2,2 \cdot 0,5}{0,765} + \frac{2 \cdot 5,5 \cdot 0,5}{0,83} + \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 0,5}{0,88} +$$

$$+ \frac{3 \cdot 3 \cdot 0,7}{0,935} + \frac{4 \cdot 0,7}{0,948} + \frac{4 \cdot 0,7}{0,95} + 0,2 + 3 + 3,9 + 0,005 = 99,65 \text{ кВт.}$$

Ми визначаємо натуральний косинус φ як

$$\cos \varphi = f\left(\frac{P_{\partial \theta}}{P_{\text{заг}}}\right) = f\left(\frac{88,51}{99,65}\right) = f(0,89) = 0,785.$$

Визначте вхідний струм

$$I_{pv} = \frac{P_{pv}}{\sqrt{3} U_n \cos \varphi} = \frac{99,45}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,785} = 192,71 \text{ А}$$

Стандартним силовим кабелем є YnKY-3x70+1x50, що встановлюється на підлозі. Вибір інших вхідних кабелів виконується таким самим чином.

3.10. Вибір вхідного автоматичного вимикача

Ми приймаємо вхідний автоматичний вимикач HAGER x250 HNB201H, розміри 140x165x69.

$$B = 200 \text{ А}$$

$$I_n = 200 \text{ А} > 192,71 \text{ А} = I_{r.v.} - \text{умова виконується.}$$

РОЗДІЛ 4

РОЗРАХУНОК ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ПУНКТУ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ. ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ МОНТАЖУ ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ПУНКТУ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ.

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.1. Розрахунок освітлення для освітлювальних установок

4.1.1. Вибір системи освітлення та її типу

Існує три основні системи освітлення:

- 1) загальна система освітлення;
- 2) система місцевого освітлення;
- 3) Комбінована система освітлення.

Система загального освітлення поділяється на рівномірне загальне освітлення та локалізоване загальне освітлення. Комбінована система включає рівномірне загальне освітлення та локалізоване освітлення, що встановлюється безпосередньо на кожному робочому місці. Використання лише локалізованого освітлення у виробничих зонах заборонено.

Залежно від свого призначення, освітлення поділяється на кілька видів:

- робота – забезпечує нормальні умови праці;
- аварійний – використовується для продовження індивідуальної роботи у разі виходу з ладу функціонального освітлення;
- чергові – призначені для безпечного переміщення персоналу в межах території або між приміщеннями станції технічного обслуговування електрообладнання.

Враховуючи існуючі системи та типи освітлення, а також їхнє призначення, цей проект включає систему загального освітлення та комбіновану систему освітлення для робочих місць, що потребують високої, дуже високої та дуже високої візуальної точності. Розглядаються такі типи освітлення: робоче освітлення, аварійне освітлення та освітлення моніторингу.

4.1.2. Вибір джерела живлення, норм освітлення та коефіцієнтів відбиття поверхні в приміщенні досліджуваного об'єкта.

Для живлення світильників загального освітлення в приміщеннях, що не становлять підвищеної небезпеки, незалежно від висоти встановлення,

					02.02.KP.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

допускається напруга 220 В. У приміщеннях з підвищеною небезпекою допускається напруга 220 В за умови, що висота світильників над рівнем підлоги становить не менше 2,5 м.

Враховуючи вищезазначені вимоги, для живлення освітлювальної мережі прийнято напругу 220 В.

Для кожного приміщення приймається нормативне значення освітленості E_n відповідно до вимог стандарту ДБН В.2.5-28.2006.

Під час роботи системи освітлення рівень освітленості на робочому місці поступово знижується. Це пов'язано, перш за все, зі зменшенням світлового потоку джерел світла та накопиченням бруду на світильниках, стінах та стелі. Для врахування цих факторів у розрахунках використовується коефіцієнт безпеки K_z . Його значення залежить від умов навколишнього середовища, типу джерела світла, конструкції світильників та частоти їх очищення.

Для визначення сили світла (світлового потоку) джерел світла враховується коефіцієнт відбиття світлового потоку стелею, стінами та робочою поверхнею. Його значення залежить від стану та обробки відповідних поверхонь і визначається з відповідних довідкових таблиць.

4.1.3. Вибір джерела світла, світильників та їх розташування в кімнаті

Вибір джерел світла загалом визначається показниками економічності та ефективності їх використання.

Вибираючи світильники, необхідно враховувати характер навколишнього середовища, вимоги до розподілу світла, висоту стелі та спосіб монтажу.

Ступінь захисту, що забезпечується світильниками, має бути адаптований до умов використання. У вологих приміщеннях, особливо з

					02.02.KP.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

високою вологістю, а також у зонах з хімічно активним середовищем, доцільно використовувати світильники з корпусами та відбивачами, виготовленими з вологостійкого пластику, порцеляни або зі спеціальним захисним покриттям.

Під час встановлення світильників важливо враховувати архітектурні особливості та планування приміщення, розташування вікон, конструктивні елементи будівлі, технічне обладнання тощо. Як правило, світильники встановлюються в кутах прямокутників або квадратів у шаховому порядку. Також необхідно забезпечити легкий доступ для обслуговування.

4.2. Розрахунок загального освітлення робочих зон точковим методом з кривими відносної освітленості

Доцільно розміщувати лампи у вершинах квадратів, оскільки це спрощує розрахунки. Розрахунок виконується графоаналітичним методом. З огляду на симетрію методу, тобто рівність протилежних сторін прямокутників, подвоєна відстань між проекцією лампи на робочу поверхню та точкою розрахунку дорівнює відстані між центрами двох сусідніх ламп.

Виходячи з робіт, пов'язаних зі зварюванням та ремонтом металу, це візуальне завдання середньої точності, де найменший об'єкт, який потрібно ідентифікувати, становить від 0,5 до 1 мм. Це відповідає IV категорії візуальних робіт, підкатегорії b, у сферах зварювання, лабораторних випробувань та ремонту активних компонентів обладнання. Отже:

$(I_n = 200)$ люкс

для підкатегорії a:

$E_n = 300$ люкс.

Розміри загальної робочої зони становлять 20×10 м. Над цією зоною необхідно встановити світильники на висоті $H_p = 6,5$ м від робочої платформи, яка розташована на висоті $0,7$ м від рівня землі.

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок виконано для світлодіодних світильників LUMEN OZON SMD. Ці світильники призначені для освітлення приміщень з високими стелями.

Світильник оснащений нерозбірними світлодіодними модулями, має довжину 480 мм, потужність $P_c = 100$ Вт та світловий потік $F_l = 13000$ лм.

Світильники OZON SMD LED призначені для використання в приміщеннях з висотою стелі від 8 до 19 м. Корпус виготовлений з силуміну, а ступінь захисту становить IP66.

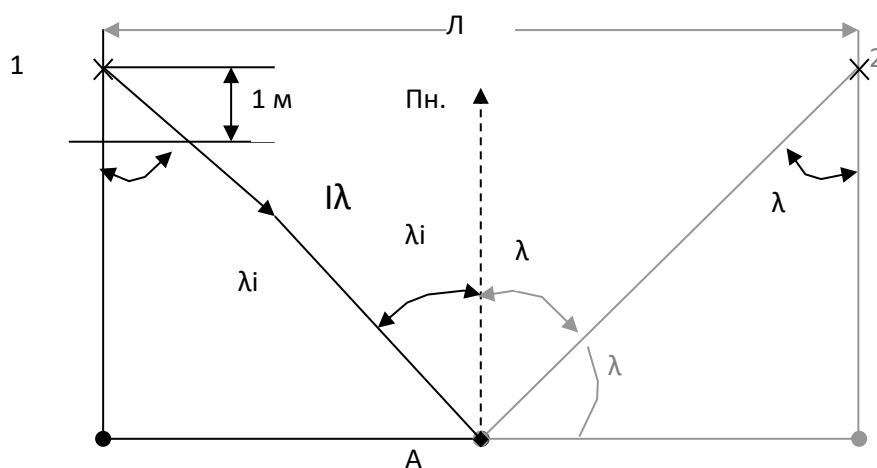
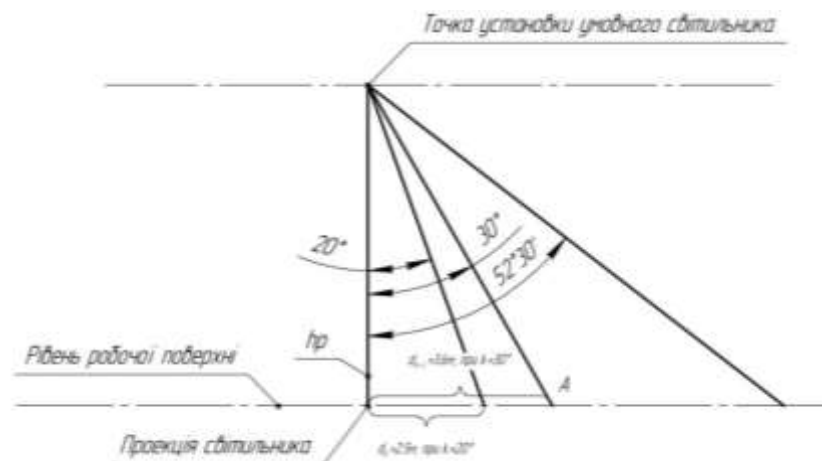


Рис. 4.1. Освітлення точки

Далі ми будемо модель положення лампи над робочою поверхнею в масштабі 1:50, що дозволяє нам легко визначити кут λ_i за допомогою транспортира. За цим кутом та кривою відносної освітленості ми визначаємо $\Theta\lambda = f(\lambda)$, а потім, використовуючи рисунок 4.2 у додатку, визначаємо відстань між проекцією лампи та точкою, яку вона освітлює на робочій поверхні.

Рис. 4.2.
Розмістіть
вище рівня
поверхні.



лампу
робочої

Ми розраховуємо освітленість у двох контрольних точках: А, найяскравіша точка, та В, найтемніша точка. За необхідності виконуємо перевірку в точці С, де освітленість найнижча.

Для розрахунку використовуємо такі формули:

$$E = \frac{I_{\lambda} \cos^3 \lambda_i}{h_p^2} \quad [2. \text{ с. 111}]$$

$$\xi = I_{\lambda} \cos \lambda \quad [2. \text{ с. 111}]$$

$$e = \frac{\xi}{h_p^2} \quad [2. \text{ с. 111}]$$

Для кута $\lambda_i = 200^\circ$ згідно з кривою відносної освітленості світлодіодної лампи OZON SMD [5. с.45 № 10], $\xi = 420$ люкс. На рисунку 4.3 за допомогою транспортира знаходимо кут $\lambda_i = 200^\circ$, проводимо відповідний радіус $\overline{OA}$ та знаходимо точку А. Вимірюємо OA [для $h_p = 6,3$ м отримуємо $OA = 2,2$ м ($L1 = 2 \cdot OA = 2 \cdot 2,2 = 4,4$ м) – відстань по діагоналі квадрата між двома лампами].

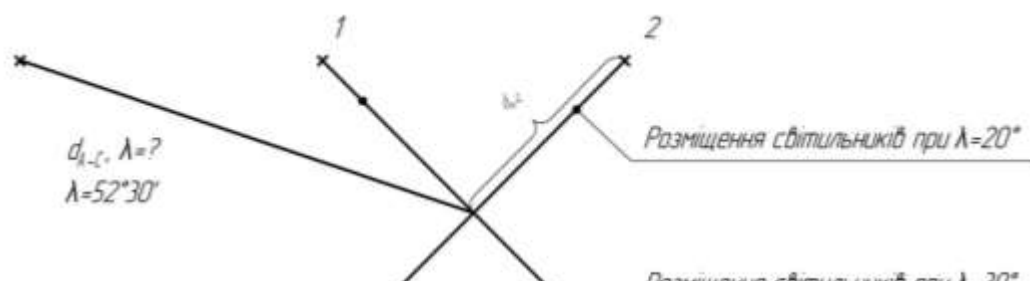


Рис. 4.3. Перед розрахунком освітлення точковим методом

Згідно з формулою

$$E = I_A \cos^3 \lambda = 420 \text{лк}$$

↓

$$e = \frac{\xi}{h_p^2} = \frac{420}{6,3^2} = 10,58 \text{лк}$$

Крива відносної освітленості побудована для однієї лампи. Однак, згідно з рисунком 4.3, у точці А освітлення забезпечується чотирма подібними лампами, розташованими у вершинах квадратів.

$$\text{І так – для заданої лампи. } E' = \frac{\xi}{h_p^2} \times \frac{\Sigma \Phi}{1000} \quad (4)$$

Згідно з формулою (4)

$$E' = \frac{\xi}{h_p^2} \times \frac{13000}{1000} = 10,58 * 13 = 137,54 \text{ лк - справжньої лампи.}$$

З чотирьох ламп, розташованих у вершинах квадратів

$$E_4 = 4 * E' = 4 * 137,54 = 550,6 \text{ лк}$$

Однак отримане значення освітленості перевищує нормативний показник, а додаткова освітленість восьми найближчих світильників, які розташовані далі від чотирьох, прийнятих для розрахунку, ще не врахована.

Одиницею вимірювання сили світла є кандела (кд) – це сила світла точкового джерела А, яке випромінює світловий потік розміром один люмен (лм) у тілесному куті, що дорівнює одному стерadianу.

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для інструментальних та складальних цехів рекомендується, де дозволяють умови, приймати рівні освітленості трохи вище норми та забезпечувати мінімальну точку освітленості, що відповідає категорії візуальних робіт IV. Враховуючи часткове затінення світильників, розташованих далі від розрахункової точки, можна припустити, що освітленість у точці В відповідатиме вимогам зазначеної категорії візуальних робіт. Тим часом освітленість у точці А буде значно вищою.

Для зменшення споживання електроенергії з проектного рішення виключено три лампи.

Далі розрахунок повторюється для точки С, яка є найменш освітленою.
Отримане значення:

$$E = 218,91 \text{ люкс},$$

Це в межах допустимих значень. Тому для зон 5, 6, 7 та 8 не дозволяється 12 ламп, а 15.

У зонах 3 та 4 рівень освітлення достатній:

$$E_n = 100 \text{ люкс},$$

що відповідає умовам загального контролю за технологічним процесом за постійної присутності працівників на території, а також для проведення ремонтних робіт на балках мостових кранів.

Розміри зазначеної ділянки становлять 13×11 м.

Таблиця 4.1

Розрахунок загальної освітленості точковим методом за допомогою кривих відносної освітленості

Площа	Пункт	λ_s^0 починаючи з	Розрах ункова довжи	$\text{tg} \lambda_i$	Значення при к.с. = 6,3 м
-------	-------	------------------------------	---------------------------	-----------------------	---------------------------

		найближчого , а потім слідуючи шляху ліхтарів позаду нього				ξ лк	Є лк	Е1 лк	Е (з еквівалентни х точок) лк	І лк
		Визначення dt-s проекції, м								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
8	I ↓ I	300/дА – перші чотири ↓ 52030/dA – вісім секунд	6.3 6.3	3.6 7.2	0,57 2 114 3	35 0 20 0	8.8 2 5.0 4	42. 33 24. 2	Е першої 4 = 169,31 Е з 8 секунд = 193,5 ↳	ЕА=3 62
8	У ↓ У ↓ У ↓ У ↓ У	300/дБ – перші два (1,2) ↓ 400/дБ – два (3,4) ↓ 52030/дБ – два (5,6) ↓ 540 дБ – два (7,8) ↓ 600/дБ – два (9,10)	6.3 6.3 6.3 6.3	2.5 5 5.7 7.2 8.5 10. 4	0,40 5 0,90 5 114 3 1.35 165 1	40 0 26 5 20 0 19 0 14 0	10. 08 6.5 6 5.0 4 4.7 9 3.5 3	48, 38 31, 49 24. 19 22, 98 16, 94	Е1,2 = 96,75 ↓ 3,4 = 62,98 ↓ Е5.6 = 48.38 ↓ Е7.8 = 46 ↓ Е9.10 = 33.88 ↳	ЕV = 289,99

Таблиця 4.1.а

**Удосконалення розрахунку загального освітлення точковим методом за
допомогою кривих освітленості**

Площа кімнати	Пункт розрахунку	λ_0 починаючи з найближчого, а потім слідуючи шляху ліхтарів позаду нього	Розрахункова висота підвісу світильників (к.с.) м	довжина проекції dt-s	$tg\lambda_i$	Значення при к.с. = 6,3 м				
		Визначення dt-s проекції, м				ξ лк	ϵ лк	E1 лк	E (з еквівален тних точок) лк	I лк
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
8	3	300/dC – перші два (11.8)	6.3	3.4	0,57	350	8.82	42.3	84,67	Ліміт для тіні EC = 218,91
	↓	↓	6.3	6.1	2	235	5.92	3	↓ 56,84	
	3	44030/dC – два (9,12)	6.3	10.	0,96	150	3.78	28.4	↓ 18.14	
	↓	↓	6.3	1	8			2	↓	
	3	600/dC – один (5)			1.60			18.1		
	↓	↓						4		
	3	620/dC – три (10, 13, 6)	6.3	11	1746	130	3.28	15,7	47.16	
	↓	↓						2	↓	
	↓	↓							↓	
	3	670/dC – один (7)	6.3	15	2.38	100	2.52		12.1	
								12.1	↙	

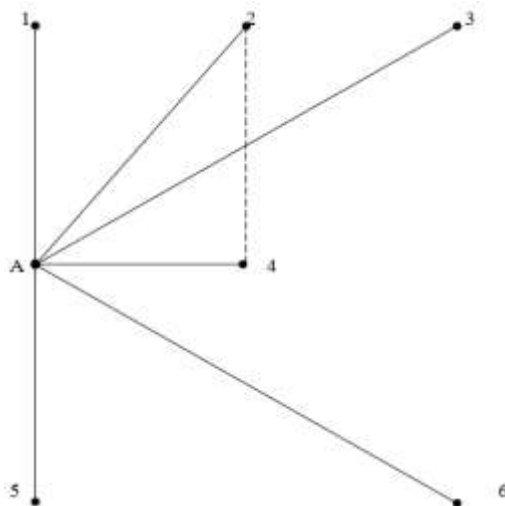


Рис. 4.4. Розміщення ламп над зоною 3; 4

Перевірку проведемо для точки А, оскільки кількість ламп ми зменшили до 12. Для визначення λ_i беремо проекцію згідно з рис. 4.4.

Для ламп 1 та 5.

$$\lambda_i = 45^\circ \Rightarrow \xi = 230 \text{лк}$$

$$e = \frac{\xi}{h_p^2} = \frac{230}{6,3^2} = 5,8 \text{лк}$$

$$E' = e * \frac{\Phi_l}{1000} = 5,8 * \frac{13000}{1000} = 75,4 \text{лк}$$

$$E_{1,5} = 2 * E' = 150,8 \text{лк}$$

Для лампи 2.

$$\lambda_i = 47,5^\circ \Rightarrow \xi = 200 \text{люкс}$$

$$e = \frac{\xi}{h_p^2} = \frac{200}{6,3^2} = 5,04 \text{лк}$$

$$E' = e * \frac{\Phi_l}{1000} = 5,04 * \frac{13000}{1000} = 65,5 \text{лк}$$

$$E_2 = 1 * E' = 65,5 \text{лк}$$

Для лампи 4.

$$\lambda_i = 37,5^\circ \Rightarrow \xi = 270 \text{лк}$$

					02.02.KP.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$e = \frac{\xi}{h_p^2} = \frac{270}{6,3^2} = 6,8\text{лк}$$

$$E' = e * \frac{\Phi_{\text{л}}}{1000} = 6,8 * \frac{13000}{1000} = 88,4\text{лк}$$

$$E_4 = E' = 88,4\text{лк}$$

Для ламп 3 та 6.

$$\lambda_i = 60^\circ \Rightarrow \xi = 150\text{лк}$$

$$e = \frac{\xi}{h_p^2} = \frac{150}{6,3^2} = 3,78\text{лк}$$

$$E' = e * \frac{\Phi_{\text{л}}}{1000} = 3,78 * \frac{13000}{1000} = 49,14\text{лк}$$

$$E_{3,6} = 2 * E' = 2 * 49,14 = 98,28\text{лк}$$

$$E_A = \sum E_i = E_{1,5} + E_2 + E_4 + E_{3,6} = 150,8 + 65,5 + 88,4 + 98,28 = 403\text{лк}$$

З урахуванням впливу огорож, у розрахунковій точці буде досягнуто $E_n=200$ люкс.

4.3. Розрахунок загального освітлення методом коефіцієнта використання світлового потоку для майстерні з ремонту вакуумного вимикача та електронного обладнання

$E_n = 200$ люкс

Розміри 8х6х3,5 м.

Коефіцієнти відбиття становлять рстеля = 50%, рстіни = 30%, рвідносна температура = 10%. Кімната нормальна.

Ми приймаємо до встановлення світлодіодні лампи GAMMA LM-77W/840-122 ST L2250M4 BL 11.

Зазначений світильник має закриту конструкцію, оснащений нерозбірними світлодіодними модулями довжиною 2250 мм, має світловий потік $\Phi_l=12200$ лм та потужність 77 Вт.

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Об'єктивні та технічні характеристики

1.1. Світильники GAMMA LM-77W/840-122 ST L2250M4 BL 11 IP23 LED призначені для освітлення торгових приміщень, адміністративних офісів та інших громадських місць.

1.2. Конструкція світильників дозволяє розташовувати їх у безперервній лінії. Монтаж може здійснюватися за допомогою підвісу або безпосередньо на горизонтальній поверхні (стелі, профілі, кабельному лотку тощо). Механічне кріплення забезпечує рівномірність лінії як по вертикалі, так і по горизонталі.

1.3. Світильник оснащений нерозбірними світлодіодними модулями.

1.4. Вироби виготовляються в кліматичному виконанні UHL, категорія розміщення 4 відповідно до стандарту ГОСТ 15150.

Визначте висоту підвісу лампи над робочою поверхнею.

$$H_p = H - H_{SV} - h_{rp}$$

Або:

H – висота приміщення, $H=3,5$ м;

h_{zv} – відстань від стелі до найнижчої точки світильника, приймаємо $h_{zv}=0,2$ м;

h_{rp} – висота робочої поверхні над рівнем землі, $h_{rp}=0,8$ м.

$$H_p = 3,5 - 0,2 - 0,8 = 2,5$$

Отже, висота підвіски становить:

$$H_p = 2,5 \text{ м.}$$

Визначте оптимальну відстань між установками

$$L = \Gamma_{\text{пламбада}}$$

Або:

$\Gamma_{\text{пламбада}}$ – коефіцієнт найвигіднішої відносної відстані між лампами;

$$\Gamma_{\text{пламбада}} = 2$$

$$L = 2,5 \cdot 2 = 5$$

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже:

$L=5$ м.

Визначте кількість рядів світильників у кімнаті

Або:

B – ширина приміщення, $B=6$ м;

e_{ll} – відстань між стіною та найближчим світильником.

Виходячи з результатів розрахунку, приймаємо ряд ламп.

Кількість ламп визначається за формулою:

Або:

$E_n=200$ люкс – стандартне освітлення;

$K_z=1,3$ – коефіцієнт запасу міцності;

$Z=1,1$ – коефіцієнт нерівномірного освітлення;

$n=1$ – кількість ламп у світильнику;

$F_l=12200$ лм – світловий потік лампи;

η – коефіцієнт використання світлового потоку.

Виходячи з результатів розрахунків, приймаємо дві лампи.

Для інших приміщень розрахунок виконується аналогічним чином.

Отримані результати зведені в таблицю 4.2.РПЗ та відображені на схемі розрахунку та монтажу освітлювальної мережі для станції технічного обслуговування електрообладнання.

Для місцевих жителів:

- 12. Склад фарб та лаків;
- 13 штук для фарбування бака трансформатора;
- 14 кімнат для регенерації оливи та заправки резервуарів оливою;

Ми приймаємо вибухобезпечні світильники WT120C LED40S/840 PSU L1200.

Світильник складається з водонепроникного корпусу, розсіювача та металевої монтажної пластини. Потужність лампи:

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$R_l=18$ Вт.

Матеріал корпусу – полікарбонат, який забезпечує високу стійкість до механічних та хімічних впливів.

Ущільнення з поліуретанової піни забезпечує захист IP65.

Розсіювач виготовлений з прозорого полікарбонату, який не жовтіє від використання та забезпечує світловий потік від 70 до 75% відповідно до технічних характеристик. Його гладка зовнішня поверхня знижує ризик забруднення та полегшує очищення.

Світильники використовуються зі світлодіодними лампами T8 1200 мм 18W/840 G13 1×25, світловий потік:

$\Phi_l=1600$) л.

Цоколь – G13 (стандартний).

На території:

- туалети (16);
- душ (17);
- роздягальня (18);
- вестибюль (1);
- склад (26);
- Аварійне освітлення над центральним проходом;
- інструментальна секція (22);
- кімната відпочинку для персоналу (2);
- електричні панелі (11);

Приймаються світлодіодні лампи GLOBO LC-30W/840-24 G2 O D320 WH 33 від компанії LUMEN.

Це модульний світлодіодний світильник зі світловим потоком 80 лм/Вт та середнім терміном служби 30 000 годин.

Потужність лампи:

$P_{sv}=30$ Вт.

Світловий потік:

					02.02.KP.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Fsv=2400 лм.

Світильники оснащені нерозбірними світлодіодними модулями.

Таблиця 4.2

технічний звіт з освітлення

№, це заплановано.	Назва кімнати (площа кімнати)	Площа поверхні (м2)	Висота над робочою поверхнею (м)	Еннлк	Лампа			Світло				РФАКТБер	Кількість ламп, штук.	Кількість ламп у світильнику
					Тип	ЖКСлм	ВРСБер	Тип	ПБер	Флм	Базовий тип			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Барабан	72	7	20	Світлодіодний GLOBO LC-30W/840-24 G2 O D320 WH 33	2400	30	Світильник містить нерозбірні світлодіодні модулі	30	2400	-	90	3	1
2	Зона відпочинку персоналу	28.8	2	100	Світлодіодний GLOBO LC-30W/840-24 G2 O D320 WH 33	2400	30	Світильник містить нерозбірні світлодіодні модулі	30	2400	-	120	4	1
3	зона обслуговування кран-балки	44	2	150	Світлодіодний OZON LS-100W/740-130 SMD GR 37	13000	100	Світильник містить нерозбірні світлодіодні модулі	100	13000	-	200	2	1
4	Зона приймання та розвантаження	93,5	6.3	75	Світлодіодний OZON LS-100W/740-130 SMD GR 37	13000	100	Світильник містить нерозбірні світлодіодні модулі	100	13000	-	100	1	1

5	Зона демонтажу трансформато рів рів	71, 5	6.3	200	Світлодіод ний OZON LS- 100W/740- 130 SMD GR 37	130 00	10 0	Світильник містить нерозбірні світлодіодні модулі	10 0	130 00	-	60 0	6	1
6	Зона зварювання	24	6.3	200	Світлодіод ний OZON LS- 100W/740- 130 SMD GR 37	130 00	10 0	Світильник містить нерозбірні світлодіодні модулі	10 0	130 00	-	40 0	4	1

4.4. Розробка розрахунку та схеми монтажу освітлювальної мережі

Після визначення кількості ламп, необхідних для кожної кімнати, їх розміщують на плані будівлі відповідно до прийнятої схеми освітлення.

Далі всі світильники групуються за джерелом живлення. На плані також вказується розташування вимикачів у кожній кімнаті.

Кількість груп визначається загальною кількістю світильників у будівлі та характером технологічних процесів, що реалізуються в кожному приміщенні.

4.5. Встановлення освітлювальних приладів

Групи 1 та А.1 монтуються в дротяних лотках типу FC3005 DKS з бічною висотою 30 мм та шириною 50 мм. Елементи підвіски розташовані з кроком 12 м, загалом п'ять підвісок по всій довжині приміщення.

Групи 2, 3 та 4 встановлені в кабель-каналі живлення Flexel Pz 600/100, розташованому вздовж стелі кімнат з 19 по 26. Канал має такі розміри: ширина 600 мм, висота 100 мм.

Групи 5 та 6 встановлюються в сітчастому кабельному лотку SKat 50×50 з висотою бортика 50 мм та шириною основи 50 мм. Опори встановлюються з кроком 10 м, по п'ять на кожен кімнату довжиною 7.

Група 7 також монтується в лоток SKat 50×50 (50×50 мм) з п'ятьма гачками вздовж деталі.

					02.02.KP.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Група 8 встановлена в кабельному лотку SKat 50x50. У кімнатах з 16 по 10 електропроводка прихована під шаром штукатурки. У кімнаті 1 монтаж виконується в кабельних лотках SKat 50x50 з трьома підвісами в кожному тамбурі.

Групи 2.2.0, 2.3.0 та 2.4.0 встановлені в електричному кабельному каналі, закріпленому вздовж стін, та в підлоговому каналі, що прилягає до кімнат 12-15 та 27. Розміри каналу становлять 600 мм завширшки та 250 мм завглибшки. Канал зверху закритий панеллю з листового металу товщиною 8 мм.

4.6. Вибір захисних пристроїв, керування комутаційною апаратурою

Групи освітлення керуються з головного освітлювального щита, встановленого біля електричного щита.

Сервісне та аварійне освітлення підключено до окремого щита аварійного освітлення від SHCAO, який також розташований біля електричного щита.

Групи 2.1.0; 2.2.0; 2.3.0; 2.4.0; 2.5.0 живляться від ввідно-розподільного пристрою ВРУ-04-9-Л.

Керування освітленням у приміщенні, що живиться від загальної групи, здійснюється за допомогою окремих вимикачів, встановлених безпосередньо в приміщенні. Використовуються вимикачі герметичного типу, а також вироби словенської компанії TEM Čatež dd серії MODUL (з однією, двома, трьома, чотирма кнопками та до восьми кнопок).

4.6.1. Вибір освітлювального пульта

Вибір освітлювальної панелі здійснюється з урахуванням наступних вимог:

- о кількість груп, включаючи резервну групу;

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- о номінальні параметри захисних пристроїв, що входять до складу щита;
- о ступінь захисту та спосіб монтажу.

Враховуючи вищезазначені вимоги, у проекті використовуються розподільні щити типу ABB UK500N від ABB, оснащені автоматичними вимикачами ABL SURSUM.

Електричний щит № 1 оснащений моделлю ABB UK512N2, що складається з 12 двополюсних автоматичних вимикачів та одного триполюсного вимикача. Його розміри становлять $335 \times 350 \times 95$ мм.

Панель аварійного освітлення SCHAO також базується на моделі ABB UK512N2 та включає 6 лінійних автоматичних вимикачів і трифазний вимикач типу ABL SURSUM. Габаритні розміри: $335 \times 350 \times 95$ мм.

Результати вибору обладнання записуються в таблицю розрахунку та монтажу для станції технічного обслуговування електрообладнання (аркуш 3 ДП МС).

4.6.2. Вибір захисних пристроїв

Для керування та захисту групи світильників, а також розподільчої мережі від струмів короткого замикання використовуються автоматичні вимикачі ABL SURSUM, що доповнюють електричний щит. Вибір автоматичного вимикача в проекті випускного року зводиться до вибору теплового розчіплювача та класу електромагнітного розчіплення. Номінальний струм автоматичного вимикача вибирається виходячи з наступної умови:

$$B \geq I_r \text{ гр.}$$

де: I_n – номінальний струм автоматичного вимикача, А.

1. Ось вибір машини для групи 4 освітлювальної панелі:

$$P_{gr4} = 462 \text{ О.}$$

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{\text{гр4}} = \frac{1,25 \cdot P_{\text{гр4}}}{0,9 U_{\text{ф}}}$$

де: $P_{\text{гр4}} = 462$ Вт – загальна потужність групи;

$U_{\text{ф}}$ – номінальна фазна напруга, $U_{\text{ф}} = 220$ В.

$$I_{\text{гр4}} = \frac{1,25 \cdot 462}{0,9 \cdot 220} = 2,9 \text{ А}$$

Вибираємо ABL SURSUM B3T2; Вхід = 3 А.

Тепловий струм спрацьовування $I_{\text{тр}} = 1,45 \cdot I_{\text{н}} = 1,45 \cdot 3 = 4,35$ А.

Електромагнітний розчіплювач класу В, кратність 5.

$I_{\text{мр}} \Rightarrow I_{\text{ем}} = 5 \cdot I_{\text{мр}} = 5 \cdot 6 = 30$ А Автоматичний вимикач монтується на DIN-рейку.

Підбір автоматичних вимикачів для інших груп здійснюється аналогічно.

Результати розрахунку записуються в таблицю розрахунку та монтажу для станції технічного обслуговування електрообладнання, аркуш 3 ДП МЗ.

Вибір вхідного автоматичного вимикача.

Струм на вході освітлювального щита визначається за формулою:

$$I_{\text{р.в}} = \frac{\sum P_{\text{гр.д}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}} \cdot 0,9}$$

де: $\sum R_{\text{гр.д}}$ – сумарна потужність діодних ламп, Вт.

Один = 380 В – номінальна напруга мережі чотирипровідної мережі.

$$I_{\text{р.в}} = \frac{3931}{1,73 \cdot 380 \cdot 0,9} = 6,6 \text{ А}$$

Отже, згідно з умовою $I_{\text{н}} \geq I_{\text{р}}$, приймаємо автоматичний вимикач ABL SURSUM B8T4.

$I_{\text{мр}} = 11,6 \text{ А}; I_{\text{ем}} = 5 I_{\text{н}} = 5 \cdot 6 = 30 \text{ А}.$

Автоматичний вимикач монтується на DIN-рейку.

4.7. Вибір марки та визначення перерізу кабелю для освітлювальної мережі

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Площа поперечного перерізу жил кабелю або дроту визначається двома основними умовами:

➤ **Умови нагрівання допустимим безперервним струмом:**

$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{гр}}$

Або:

$I_{\text{доп}}$ – допустимий безперервний струм для вибраного поперечного перерізу та кількості провідників, А;

$I_{\text{гр}}$ – номінальний струм групи, А.

Приклад розрахунку для групи 4

Вважаємо, що площа поперечного перерізу ядер $F = 1,5 \text{ мм}^2$, тоді як допустимий струм становить:

$I_{\text{доп}} = 19 \text{ А.}$

Перевірка першої умови:

$19 \text{ А} > 2,9 \text{ А}$ – умова виконується.

Перевірка другої умови:

$19 \text{ А} > 4,35 \text{ А}$ – умова також виконується.

Тому для цієї групи прийнято кабель $YnKY 3 \times 1,5$.

Для інших груп розрахунок виконується аналогічним чином. Результати записуються в таблицю розрахунку та монтажу для станції технічного обслуговування електрообладнання (аркуш 3 ДП МС).

➤ **вибір вхідного кабелю**

$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{рв}}$

Або:

$I_{\text{доп}}$ – допустимий постійний струм для вибраного поперечного перерізу чотирижильного кабелю, А;

$I_{\text{рв}}$ – номінальний вхідний струм, А.

$I_{\text{рв}} = 6,6 \text{ А.}$

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для площі поперечного перерізу $F = 1,5 \text{ мм}^2$ приймаються такі значення:

$I_{\text{доп}} = 19 \text{ А}$ (для чотирижильного кабелю).

Аудит:

$19 \text{ А} > 6,6 \text{ А}$ — перша умова виконана.

Друга умова також виконується.

Тому прийнято кабель $YnKY 4 \times 1.5$.

Вибір автоматичних вимикачів та кабелів для інших груп здійснюється таким самим чином. Отримані результати записуються в таблицю розрахунку та монтажу для станції обслуговування електрообладнання.

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5

КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ

5.1. Переваги збільшення коефіцієнта потужності

Зниження витрат на електроенергію є однією з головних переваг оптимального регулювання споживання реактивної потужності. Цей економічний ефект досягається за рахунок зниження витрат на реактивну потужність та підвищення загальної енергоефективності електромережі.

Вищезазначені положення базуються на чинних тарифних підходах, що широко використовуються в європейській практиці, які стимулюють споживачів мінімізувати споживання реактивної енергії.

Використання конденсаторів для компенсації реактивної потужності знижує витрати на електроенергію, утримуючи реактивне навантаження в межах, узгоджених з постачальником енергії. У рамках тарифної системи компенсація реактивної потужності розраховується за допомогою показника $\tan \varphi$.

$$\tan \varphi = \frac{Q(\text{квар} \times \text{год})}{P(\text{кВт} \times \text{год})}$$

Або:

(Q) – реактивна енергія, квар·год;

(P) – активна енергія, кВт·год.

Відповідно до умов енергопостачання, постачальник електроенергії не стягує плату за реактивну енергію:

- на рівні, коли його споживання не перевищує 40% від активного споживання енергії ($\tan \varphi = 0,4$) протягом періодів максимального навантаження (зазвичай з 06:00 до 22:00 взимку);
- без обмежень у періоди зниженого навантаження (зима, весна та літо).

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Значення $\tan \varphi = 0,4$ відповідає коефіцієнту потужності приблизно 0,93. Таким чином, за умови підтримки коефіцієнта потужності щонайменше на рівні 0,93 протягом періодів максимального навантаження, споживач практично не несе витрат на реактивну енергію.

Також необхідно враховувати додаткові витрати, пов'язані з придбанням, встановленням та обслуговуванням конденсаторів, а також систем автоматичного керування (у випадку ступінчастої компенсації). Крім того, необхідно враховувати втрати енергії в діелектриках обладнання.

З огляду на ці фактори, іноді економічно доцільно частково компенсувати реактивну потужність, коли певна частина реактивної енергії залишається неоплаченою, але витрати на обладнання мінімальні. Повна компенсація не завжди є найекономічнішим рішенням.

Питання підвищення коефіцієнта потужності слід розглядати як техніко-економічну оптимізаційну задачу, за винятком простих випадків.

технічні та економічні переваги

Збільшення коефіцієнта потужності оптимізує роботу всієї електроенергетичної системи. Це зменшує необхідність завищувати номінальну потужність обладнання, і доцільно встановлювати компенсаційні пристрої якомога ближче до споживачів реактивної потужності.

Зменшення поперечних перерізів кабелів

Покращення коефіцієнта потужності зменшує навантаження на трансформатори, розподільчі пристрої та кабельні лінії, дозволяючи використовувати обладнання меншої потужності, одночасно зменшуючи втрати потужності та падіння напруги в мережі.

Зменшення втрат у кабельних лініях

Втрати потужності в кабелях пропорційні квадрату струму. Наприклад, зменшення струму на 10% призводить до зменшення втрат майже на 20%, що безпосередньо підвищує енергоефективність системи.

Зменшення падіння напруги

					02.02.KP.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Встановлення конденсаторів зменшує або навіть повністю компенсує індуктивну складову струму у верхніх частинах мережі, що призводить до зменшення падіння напруги. У випадках надмірної компенсації напруга на конденсаторі може навіть зрости.

Збільшення пропускної здатності обладнання

Збільшення коефіцієнта потужності навантаження, що постачається трансформатором, зменшує струм, що протікає через нього, що дозволяє підключати додаткові навантаження без необхідності заміни трансформатора на потужнішу модель. У багатьох випадках це рішення виявляється більш економічним, ніж повна модернізація установки.

5.2. Принцип роботи автоматичних конденсаційно-конденсаторних агрегатів

Автоматичні конденсаторні установки призначені для автоматичного регулювання компенсації реактивної потужності та підтримки коефіцієнта потужності в заданих межах з мінімальними відхиленнями.

Ці установки використовуються на об'єктах зі значними та змінними активними та/або реактивними навантаженнями, включаючи:

- на омнібусних шинах головного розподільного щита;
- на клемах силових кабелів, що працюють під значним навантаженням.

Компенсація реактивної потужності зазвичай досягається за допомогою саморегульованих конденсаторних батарей на підшипниках.

Конденсаторна батарея складається з кількох секцій (кадрів), кожна з яких з'єднана окремим контактором. Коли контактор активується, відповідна секція підключається паралельно до вже працюючих кадрів. Таким чином, загальну ємність батареї можна поступово змінювати шляхом поступового вмикання або вимикання кожної секції.

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Роботою установки керує регульовальне реле, яке контролює коефіцієнт потужності електричної мережі. На основі його сигналів підключаються або відключаються необхідні компенсаційні ступені, щоб підтримувати $\cos \varphi$ на заданому рівні в межах встановлених меж похибки.

Важливою умовою правильної роботи є правильне встановлення трансформатора струму, який підключається до однієї з фаз вхідного кабелю, що живить керовані кола.

У цьому проекті використовується програмований контролер реактивної потужності типу BMR (Чеська Республіка), який забезпечує:

- індикація поточного значення реактивної потужності навантаження;
- відображення коефіцієнта потужності всієї установки;
- Автоматичне керування ступенями компенсації.

Мікропроцесор контролера вимірює параметри мережі та може керувати до 18 ступенів компенсації. Пристрій автоматично підключає необхідні конденсаторні батареї, виявляє та відключає несправні компоненти, а також сигналізує про перевантаження, особливо за наявності вищих гармонік.

Контролер оснащений світловим індикатором, який відображає стан кожного ступеня (увімкнено або вимкнено), що дозволяє швидко контролювати роботу системи компенсації реактивної потужності.

5.3. Вибір блоку компенсації конденсаторів та регулятора потужності

Для збільшення коефіцієнта потужності планується конденсаторний компенсаційний пристрій, потужність якого визначається за формулою:

$$Q_{ku} = P_{рв}(\operatorname{tg} \varphi_{рр} - \operatorname{tg} \varphi_{пл})$$

де $\operatorname{tg} \varphi_{рр}$ – тангенс кута зсуву фаз, що відповідає власному коефіцієнту потужності.

$$\cos \varphi_{рр} = 0,785 \Rightarrow \operatorname{tg} \varphi_{рр} = 0,789$$

					02.02.KP.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\tan \varphi_{pl}$ – тангенс кута зсуву фази, що відповідає прогнозованому коефіцієнту потужності

$$\tan \varphi_{pl} = 0,251 \Leftarrow \cos \varphi_{pl} = 0,97$$

$$P_{pv} = 99,65 \text{ кВт}$$

$$Q_{ku} = 99,65(0,789 - 0,251) = 53,61 \text{ кВА}$$

Приймаємо автоматичне встановлення системи компенсації реактивної потужності АКУ 0,4-60-10У3 (380 В; 50 Гц) потужністю 60 кВА, 6 ступенів, з мінімальним кроком 10 кВА. Вартість: 25 000 грн.

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 6

ТЕХНОЛОГІЇ БЕЗПЕКИ. ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА

6.1. Заходи безпеки під час монтажних робіт

Під час монтажних робіт необхідно враховувати, що більшість операцій пов'язані з роботою на висоті, оскільки монтаж освітлювальних приладів виконується на висоті понад 2,5 м, а монтаж кабельних лотків - на висоті понад 6 м.

Персонал, відповідальний за електроустановки, повинен пройти обов'язкове навчання з техніки безпеки для роботи на висоті, а також медичний огляд. Після цього їх реєструють у журналі навчання з техніки безпеки.

Для робіт на висоті використовуйте будівельні риштування, підйомні платформи та драбини, доступні на ринку. Встановлення освітлювальних приладів у зонах 3, 4, 5, 6, 7 та 8, а також на дорогах доріг здійснюється виключно за допомогою підйомних платформ.

Працівники повинні бути оснащені монтажними запобіжними поясами з дійсними перевірочними бирками. Під час роботи з металевими конструкціями обов'язкове використання запобіжного троса, також у справному стані (без пошкоджень, розривів або зносу). Цей трос має бути попередньо закріплений до надійних металевих несучих елементів конструкції. Працівник, який виконує перевірку, повинен знаходитися на землі.

Монтажники, які працюють на висоті або на повітряних робочих платформах, повинні використовувати зручний робочий одяг, що не обмежує рухів, а також інструменти, що зберігаються у спеціальних сумках або поясах.

Під час використання драбин необхідно дотримуватися наступних вимог:

					02.02.KP.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Драхини, встановлені на бетонній основі, повинні бути оснащені гумовими ніжками;
- Драхини, встановлені на землі, повинні бути оснащені загостреними металевими опорами;
- верхня частина драбини повинна надійно спиратися на опорну конструкцію;
- З'єднувати (стикувати) драбини заборонено;
- Забороняється працювати з двох верхніх сходинок;
- максимально допустима робоча висота не повинна перевищувати 1 м від верхнього краю драбини;
- кут встановлення висувної драбини повинен становити від 65° до 75°, з обов'язковим кріпленням у верхній частині;
- Максимальна висота висувних драбин не повинна перевищувати 5 м.

Монтажні роботи виконуються у спеціальному робочому одязі та взутті з жорсткою нековзною підошвою.

Під час використання електроінструменту на драбині максимально дозволена висота становить 2,5 м. Забороняється переміщувати інструмент за шнур живлення.

Перед використанням електроінструмент необхідно зовні оглянути. Ізоляційні компоненти не повинні мати тріщин або пошкоджень. Вимикачі повинні бути оригінальними. Перед використанням інструмент слід перевірити на холостому ходу протягом однієї-двох хвилин.

Під час вантажно-розвантажувальних робіт працівникам забороняється стояти під стрілою автокрана або будь-яким іншим підйомним обладнанням. Під час роботи з металевими виробами та під час стропування необхідно використовувати захисні рукавички. Під час використання ручних інструментів для обробки металу необхідно використовувати захисні окуляри або захисний щиток для обличчя.

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час проведення електромонтажних робіт у приміщеннях необхідно дотримуватися наступних вимог:

а) Отвори в цегляних та бетонних конструкціях свердяться в захисних окулярах. Під час свердління використовуються інструменти (болти, зубила), довжина яких перевищує товщину стіни щонайменше на 20 см;

б) електрифіковані інструменти та обладнання повинні бути справними, а металеві корпуси зварювальних трансформаторів та перетворювачів повинні бути заземлені або занулені;

с) Електродвигуни встановлюються перед підключенням до мережі. Під час встановлення світильників їхні корпуси повинні бути заземлені або занулені відповідно до вимог електробезпеки. Світильники, оснащені електронними пристроями керування, можуть генерувати стрибок напруги під час запуску.

При встановленні електричних розеток обов'язковий заземлювальний контакт, тому до однофазних розеток підключаються три провідники.

Зони обслуговування балок мостових кранів повинні бути обладнані металевими огороженнями висотою не менше 110 см.

6.2. Заходи безпеки під час використання обладнання

Експлуатація існуючих електроустановок повинна здійснюватися з суворим дотриманням вимог охорони праці та техніки безпеки.

Технічне обслуговування освітлювальних приладів у зонах 3, 4, 5, 6, 7 та 8 здійснюється за допомогою балки мостового крана. Висота між балкою та світильниками становить приблизно 1,5 м. На балці мостового крана має бути облаштовано спеціальне робоче місце для електрика, що дозволяє проводити технічне обслуговування освітлювального обладнання.

Будь-які роботи з електроустановками потребують дозволу. Більшість робочих зон класифікуються як зони високого ризику ураження електричним

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

струмом. Тому заборонено працювати з струмоведучими частинами, зокрема замінювати лампочки, без попереднього відключення живлення.

На вимикачах обов'язкові попереджувальні знаки: «Не вмикати – робота триває», «Виконується робота» тощо.

Системи контролю безпеки з використанням датчиків (відеодатчиків, лазерних сканерів та інших пристроїв) можуть використовуватися на певних типах технологічного обладнання для забезпечення автоматичного вимкнення механізмів при наближенні оператора до небезпечної зони. Це особливо актуально для пресів та механізмів з обертовими деталями.

6.3. Пожежна безпека електроустановок

Більшість електрообладнання, що використовується на об'єкті, експлуатується вже 15-20 років, що збільшує ризик виникнення пожеж через знос та часті аварійні ситуації.

Основними причинами пожеж, пов'язаних з електропроводкою, є:

- короткі замикання;
- перевантаження електричних мереж;
- збільшення перехідних опорів на з'єднаннях провідників.

Короткі замикання у внутрішніх мережах найчастіше спричинені пошкодженням ізоляції внаслідок механічного навантаження, старіння матеріалу або впливу агресивних середовищ. Підвищена вологість також відіграє значну роль, що призводить до втрати ізоляційних властивостей.

У разі короткого замикання виникає електрична дуга, яка може запалити горючі матеріали та ще більше поширити вогонь.

Ще одна небезпека полягає в низькій якості контактів на з'єднаннях проводів і кабелів. Згідно зі стандартом ПУЕ, з'єднання провідників повинні мати ізоляцію, еквівалентну ізоляції основного провідника. Це досягається за допомогою обтиску, пайки або спеціальних клем. Обтиск скручуванням

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

заборонено, оскільки це призводить до перегріву, окислення та іскор на контактах, що може спричинити пожежу.

Ще однією пожежною небезпекою є перевантаження електричних мереж. Під час підключення потужних приладів провідники перегріваються, що призводить до погіршення ізоляції та потенційних коротких замикань.

Поширення вогню залежить від вогнестійкості конструкції будівлі та конструктивних рішень, прийнятих під час монтажу. Основними руйнівними факторами є відкритий вогонь, високі температури та дим.

Особливу небезпеку становить утворення чадного газу (CO), який навіть у концентрації близько 0,2% може спричинити важке отруєння протягом 30-60 хвилин, а при 0,7% — призвести до смерті за кілька хвилин.

Заходи щодо запобігання пожежам електропроводки

Аналіз причин пожежі дозволяє зробити висновок, що при правильному монтажі та експлуатації електропроводки займання можна практично виключити.

Для нових електроустановок основні заходи такі:

- використання сертифікованих електромонтажних виробів;
- використання стандартних модульних систем монтажу;
- використання автоматичних захисних пристроїв від коротких замикань та перевантажень.

У разі надзвичайної ситуації правильно підібрані захисні пристрої забезпечують автоматичне відключення пошкодженої ділянки мережі, запобігаючи таким чином перегріву та можливого пожежі.

Важче гарантувати пожежну безпеку в старих електричних системах, які тривалий час працювали з використанням несертифікованих матеріалів. У цих установках особливу увагу необхідно приділяти стану ізоляції та якості з'єднань.

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У ході виконання проєкту було розроблено комплексне інженерне рішення для станції технічного обслуговування енергообладнання мереж 10/0,4 кВ, яке охоплює основні аспекти електропостачання, освітлення, захисту, компенсації реактивної потужності, а також вимоги безпечної експлуатації електроустановок.

У межах роботи сформовано загальну структуру електропостачання об'єкта з урахуванням особливостей виробничих процесів, які передбачають одночасну роботу значної кількості електроприймачів різного призначення. Це дозволило обґрунтувати розрахункові навантаження та підібрати відповідне електротехнічне обладнання, здатне забезпечити надійну та стабільну роботу всієї системи.

Окрему увагу приділено вибору електродвигунів і технологічного обладнання. Підібрані агрегати характеризуються ремонтпридатністю, уніфікацією та можливістю швидкої заміни, що є важливим фактором для зменшення простоїв обладнання та підвищення загальної ефективності роботи станції технічного обслуговування.

Значна частина проєкту присвячена розробці системи електричного освітлення виробничих та допоміжних приміщень. Проведено аналіз сучасних світлотехнічних рішень та обґрунтовано використання енергоефективних світлодіодних джерел світла, які забезпечують необхідний рівень освітленості при мінімальному енергоспоживанні. Застосовано сучасні методи світлотехнічного розрахунку, що дозволило забезпечити відповідність освітлення чинним нормам та вимогам до різних категорій зорових робіт.

У процесі проєктування освітлювальної мережі виконано розрахунок кількості світильників, їх раціональне розміщення у приміщеннях та формування групових ліній живлення. Враховано особливості експлуатації

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обладнання, висоту монтажу, характер виробничих процесів та вимоги до рівномірності освітлення. Це забезпечує не лише нормативні умови праці, але й підвищує енергоефективність системи.

Підібрано сучасне електротехнічне обладнання провідних виробників, включаючи автоматичні вимикачі, розподільчі щити, кабельну продукцію та комутаційні апарати. Проведено розрахунок і вибір захисної апаратури відповідно до струмових навантажень, умов експлуатації та вимог селективності захисту. Це дозволило забезпечити надійний захист електричних мереж від перевантажень, коротких замикань та аварійних режимів.

Важливою частиною роботи стало обґрунтування заходів компенсації реактивної потужності. Запропоновано застосування автоматизованої конденсаторної установки, яка забезпечує підтримання необхідного коефіцієнта потужності, зменшення втрат електроенергії в мережах, зниження навантаження на трансформаторне обладнання та підвищення загальної енергоефективності системи електропостачання.

Окремо розглянуто питання охорони праці під час монтажу та експлуатації електрообладнання. Визначено основні небезпечні фактори, пов'язані з виконанням висотних, електромонтажних та ремонтних робіт. Сформовано комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на зниження ризику ураження електричним струмом, травматизму та аварійних ситуацій.

Також проаналізовано вимоги пожежної безпеки електроустановок. Встановлено основні причини виникнення пожеж в електричних мережах, серед яких короткі замикання, перевантаження та неякісні контактні з'єднання. Запропоновано технічні та організаційні заходи, що дозволяють мінімізувати ризики займання, включаючи правильний вибір кабельно-провідникової продукції, захисної апаратури та дотримання нормативів монтажу.

					02.02.KP.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У цілому виконаний проєкт дозволяє зробити висновок, що застосовані технічні рішення забезпечують підвищення надійності електропостачання, енергоефективності освітлювальних систем, безпеки експлуатації обладнання та відповідають сучасним вимогам до промислових електроустановок.

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Жидецький В.Ц. та ін. Практикум з охорони праці. Львів: Афіша, 2000. 348 с.
2. Кнорринг Г.М. Освітлювальні установки. Москва: Енергоіздат, 1981. 284 с.
3. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення. Київ: Мінрегіонбуд України, 2006.
4. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ). Київ, 2008. 424 с.
5. ДСТУ EN 12464-1:2016. Світло та освітлення робочих місць. Київ: УкрНДНЦ.
6. ДСТУ ІЕС 60364 (серія стандартів). Електроустановки будівель.
7. Корпорація «АСКО-УКРЕМ». Каталог електротехнічної продукції. 2024. URL: <https://www.acko.ua> (дата звернення: 2026).
8. ГК «Світлотек». Світлотехнічне обладнання: каталог продукції. 2024. URL: <https://svitlotek.com> (дата звернення: 2026).
9. АВВ. Низьковольтне електрообладнання: технічний каталог. 2024.
10. Hager Group. Розподільчі щити та системи захисту. Технічна документація, 2024.
11. Schneider Electric. Рішення для компенсації реактивної потужності та автоматизації мереж. 2023.
12. Котеленець Н.Ф., Акімова Н.А., Антонов М.В. Експлуатація та ремонт електричних машин. Київ: Вища школа, 1989. 192 с.
13. Лавріненко Ю.М. Електропривод. Київ: Ліра-К, 2009. 504 с.
14. Олійник В.С. (ред.). Довідник сільського електрика. Київ: Урожай, 1989. 262 с.
15. Демов О.Д. Оптимізація процесів компенсації реактивної потужності в електричних мережах. Вінниця: ВНТУ, 2016. 98 с.

					02.02.КР.2607«С».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

16. IEC 60947. Low-voltage switchgear and controlgear. International Electrotechnical Commission.

17. IEC 61000. Electromagnetic compatibility (EMC). International Electrotechnical Commission.

					02.02.KP.2607«C».2025.10.30.004.ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		