

Міністерство освіти і науки України

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(назва факультету)

Кафедра електричної інженерії

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему:

Розробка системи електропостачання

картоплесховища сільськогосподарського підприємства

Виконав: студент 4 курсу, групи ЕТ-41

спеціальності 141

електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Оболонін О. С.
(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Оробчук Б. Я.
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Коваль В. П.
(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Коваль В. П.
(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль, 2024

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра Електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Коваль В. П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«30» січня 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

студенту Оболоніну Олексію Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка системи електропостачання картоплесховища сільськогосподарського підприємства

Керівник роботи: Оробчук Богдан Ярославович, к.т.н, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «22» січня 2024 року № 4/7-50

2. Термін подання студентом завершеної роботи: червень 2024 року

3. Вихідні дані до роботи: Типова схема електропостачання картоплесховища, параметри споживачів електричної енергії, технічні характеристики наявного обладнання

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Вступ

1. Аналітичний розділ

2. Проектно-конструкторський розділ

3. Розрахунковий розділ

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

Загальні висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Загальний план картоплесховища

2. План силової мережі з нанесенням електрообладнання

3. План освітлювальної мережі

4. Розрахункова схема освітлювальної мережі

5. Розрахункова схема силової мережі

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності та основи хорони праці	Гурик О. Я., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання 30 січня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	14.02.2024	
2	Аналітичний розділ	27.02.2024	
3	Розрахунковий розділ	30.03.2024	
4	Проектно-конструкторський розділ	29.04.2024	
5	Безпека життєдіяльності та основи охорони праці	02.06.2024	
6	Висновки	11.06.2024	
7	Оформлення пояснювальної записки	14.06.2024	
8	Оформлення графічної частини	15.06.2024	

Студент

_____ (підпис)

Оболонін О. С.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Оробчук Б. Я.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Оболонін Олексій Сергійович. Розробка системи електропостачання картоплесховища сільськогосподарського підприємства.

Стор.-70; рис.-11; табл.-16; плакатів-5; джерел-27; додатків-0.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розробка системи електропостачання типового картоплесховища сільськогосподарського підприємства.

В аналітичному розділі проведено огляд літератури згідно тематики кваліфікаційної роботи.

В проектно-конструкторському розділі наведено і описано призначення розробленої установки та її основні характеристики, розроблені системи і алгоритми керування мікрокліматом.

В розрахунковому розділі приведено характеристики об'єкта господарювання, виконано розрахунок і вибір електрообладнання підприємства, виконано розрахунок і вибір системи вентиляції та калориферів, розрахунок і вибір освітлення, вибрані магнітні пускачі та теплові реле.

У четвертому розділі кваліфікаційної роботи розглянуто питання охорони праці та безпеки життєдіяльності при роботі з при роботі з технологічним та електротехнічним устаткуванням на агропромислових підприємствах сільськогосподарської галузі.

Зміст

ВСТУП	7
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1 Принцип системи вентиляції та клімат-контролю картопле- сховища	9
1.2 Технологія зберігання картоплі	9
1.3 Принцип розташування і використання площі	10
1.4 Аналіз сільськогосподарських споживачів в структурі електро- енергетики України	16
2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	17
2.1 Теоретичні відомості	17
2.2 Характеристики основних споживачів картоплесховища	19
2.3 Компенсація реактивної потужності	20
2.4 Розрахунок електричних навантажень окремих електроприймачів	25
2.5 Розробка системи автоматизованого керування мікрокліматом	28
3 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	36
3.1 Розрахунок освітлювальних пристроїв сховища	36
3.2 Вибір магнітних пускачів і теплових реле	50
3.3 Вибір автоматичних вимикачів	53
3.4 Розрахунок площі перетину кабелю	55
3.5 Вибір проводів і кабелів силової мережі	59
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	61
4.1 Охорона праці та техніка безпеки при виконанні робіт з обслу- говуванням діючих електроустановок	61
4.2 Вимоги до працівників під час обслуговування електроустановок	64
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	67
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	68

ВСТУП

Сучасне сільське господарство є ключовою складовою галуззю економіки багатьох країн, включаючи Україну. Забезпечення високої ефективності виробництва та збільшення врожайності є надзвичайно важливим завданням для аграрних підприємств. У цьому контексті ефективне електропостачання стає критичною складовою, що забезпечує функціонування всіх процесів та механізмів сільськогосподарського підприємства.

Цілісний аналіз сучасного стану електропостачання сільськогосподарських підприємств свідчить про наявність проблем та обмежень у цій сфері. Зниження якості та недостатня надійність електромереж, високі витрати на електроенергію та втрати енергії в системах електропостачання є серйозними викликами, які впливають на ефективність сільськогосподарського виробництва.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка системи електропостачання картоплесховища сільськогосподарського підприємства з метою оптимізації енергоефективності та зниження витрат на електроенергію. Для досягнення цієї мети будуть проведені детальні дослідження сучасних технологій електропостачання, а також аналіз поточного стану системи електрозабезпечення типового сільськогосподарського підприємства. На основі цього аналізу будуть запропоновані та розроблені конкретні заходи щодо вдосконалення системи електропостачання, спрямовані на підвищення її надійності, ефективності.[1]

Ця робота має важливе значення для практичної сфери, оскільки високоякісне та ефективне електропостачання є важливим фактором для успішної діяльності сільськогосподарських підприємств. Результати дослідження та розробки, проведені в рамках даної роботи, можуть бути використані для впровадження практичних заходів з покращення систем електропостачання на різних аграрних об'єктах.

Таким чином, цей вступ забезпечує чітке уявлення про актуальність проблеми, мету та завдання дослідження, а також вказує на значення його результатів для практичного застосування.

Покращення систем електропостачання сільськогосподарських підприємств відіграє важливу роль у забезпеченні сталого розвитку сільських територій, збільшенні виробничої потужності та зниженні негативного впливу на довкілля. Необхідність вдосконалення систем електропостачання стає особливо актуальною в умовах постійного зростання тарифів на електроенергію та нестабільності цін на ринку енергоресурсів.

З урахуванням вищезазначених обставин, дана кваліфікаційна робота є актуальним та перспективним напрямком досліджень у сфері енергозабезпечення сільського господарства. Вона спрямована на розробку конкретних рекомендацій та технічних рішень, які мають на меті покращення якості та ефективності електропостачання сільськогосподарських підприємств.

У подальших розділах цієї роботи буде проведений детальний аналіз сучасних методів та технологій електропостачання, визначені основні проблеми та обмеження у цій сфері, а також розроблені конкретні заходи щодо їх вирішення. Досягнення поставлених цілей дозволить значно підвищити ефективність функціонування сільськогосподарських підприємств та забезпечити стабільність їх розвитку в майбутньому.

У подальших розділах роботи буде проведений аналіз наявних технологічних рішень, запропоновані конкретні рекомендації щодо покращення систем електропостачання сільськогосподарських підприємств.

Запровадження ефективних систем електропостачання відкриває широкі можливості для вдосконалення виробничих процесів, впровадження автоматизованих технологій та підвищення якості продукції.[2]

Важливим аспектом дослідження є також аналіз правового та регуляторного середовища, яке впливає на умови функціонування енергетичного сектору агропромислового комплексу. Розгляд рекомендацій щодо вдосконалення систем електропостачання також має враховувати законодавчі та нормативні вимоги, спрямовані на підтримку використання відновлюваних джерел енергії та зменшення викидів забруднюючих речовин.

Наступним важливим кроком є підвищення енергетичної свідомості персоналу сільськогосподарських підприємств через проведення навчальних курсів та тренінгів. Інформування працівників про раціональне використання енергії, впровадження енергозберігаючих практик та методів є ключовими елементами забезпечення успішного впровадження нових технологій енергозабезпечення.

Об'єктом дослідження є система електропостачання картоплесховища сільськогосподарського підприємства.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка надійної та ефективної системи електропостачання картоплесховища сільськогосподарського підприємства.

Отже, під час виконання кваліфікаційної роботи були вирішені такі питання:

- розроблено технологічний план силової мережі
- розроблений план освітлювальної мережі
- розрахункова схема освітлювальної мережі
- структурна схема керування мікрокліматом

Під час виконання теми кваліфікаційної роботи мною було розглянуто загальну характеристику типового об'єкта, виконано розрахунок і вибір системи електроустановок системи вентиляції, освітлювальної системи, а також контролю мікрокліматом. Таж був проведений розрахунок силових навантажень, розрахунок січення кабелів, вибір автоматичних вимикачів. Таким чином, дана дипломна робота має на меті внести свій внесок у вирішення актуальних проблем електропостачання сільськогосподарських підприємств, сприяючи розвитку стійких та ефективних систем енергозабезпечення. Результати цього дослідження можуть бути корисними для фахівців у галузі агробізнесу, наукових співробітників, а також органів влади, які вирішують питання енергозабезпечення та сталого розвитку сільських територій [3].

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Принцип системи вентиляції та клімат-контролю картоплесховища

Типове сховище внутрішньо поділено на відділення, де зберігаються картопля. У підлозі відділень вбудовані вентиляційні канали, через які подається циркуляційне повітря в нанос продукту, що зберігається. Це повітря подається через повітропроводи від припливних вентиляторів.

Верхня частина сховища оснащена тепловими блоками для підігріву верхньої зони. У картоплесховищі передбачені два проїзди для заповнення, чотири виходи, два електрощитові та шість вентиляційних камер. Для контролю температури циркуляційного повітря використовують повітряні клапани. Процес зберігання супроводжується постійним провітрюванням бульб. За допомогою терморегуляторів, датчики яких розташовані у повітропроводах, контролюється температура подаваного повітря [4].

1.2 Технологія зберігання картоплі

В умовах сучасного сільського господарства під час збирання картоплі за допомогою машин неминуче виникають механічні пошкодження бульб.

У системі виробництва картоплі особливо великі втрати виникають при зберіганні, що спричинено кількома причинами. Під час вирощування картоплі на великих площах часто врожай доводиться збирати в негоду. Це призводить до погіршення якості бульб та збільшення втрат під час зберігання.

Часто умови, що захищають від одного виду втрат, сприяють виникненню інших. Наприклад, ефективні методи запобігання проростанню бульб під час зберігання можуть знизити їх стійкість до фітопатогенних мікроорганізмів і призвести до збільшення втрат від інфекційних захворювань. Засоби захисту картоплі від інфекційних хвороб також можуть призвести до функціональних порушень у бульбах, що проявляються, зазвичай, у побурінні тканин.

Зберігання врожаю картоплі не лише є завершальним етапом сільськогосподарського виробництва, але й визначає початок наступного.

Успішність зберігання насінневої картоплі значною мірою впливає на якість майбутнього врожаю. Умови зберігання насінневої картоплі відрізняються від умов зберігання бульб, призначених для харчових цілей. Це потрібно враховувати при виборі температурного режиму зберігання та заходів захисту від проростання бульб під час зберігання. Тому успішно зменшити втрати можна, використовуючи систему організаційних і технічних заходів, спрямованих одночасно проти всіх видів втрат [5].

1.3 Принцип розташування і використання площі

Під час облаштування приміщень забезпечується достатній режим зберігання товарів, створюються необхідні умови праці для персоналу та забезпечується оперативне виконання оперативної роботи складу. При проектуванні та подальшому облаштуванні складських приміщень дотримуються вимог ГОСТу. При технічному плануванні необхідно розглядати можливості підвищення ефективності використання власних площ, враховуючи такі аспекти:

- розташування зон відвантаження та завантаження товару;
- максимальне використання обсягів складських приміщень;
- використання механізації;
- дотримання правил безпеки. Соціально-економічний аспект у розробці

плану овочесховища надає можливість створення додаткових робочих місць і сприяє належному розвитку сільського господарства. Таким чином, дотримуючись всіх наведених нижче рекомендацій, ми зможемо не лише створити нові робочі місця, а й сприяти подальшому економічному розвитку населеного пункту.

Соціально-економічний аспект у розробці плану овочесховища відкриває можливості для створення додаткових робочих місць та сприяє належному розвитку сільського господарства. Як результат, при дотриманні всіх рекомендацій, які будуть надані нижче, ми зможемо забезпечити не лише нові робочі місця, але й сприяти подальшому економічному розвитку населеного пункту.

Зараз прийнято поділяти овочесховища на два типи: універсальні та спеціалізовані. Універсальні сховища призначені для зберігання різних видів коренеплодів, плодів і ягід, тоді як спеціалізовані призначені лише для зберігання одного виду продукту. Овочесховища також можна класифікувати за тривалістю експлуатації на постійні та короткотривалі. Постійні сховища призначені для використання протягом усього року і мають стаціонарні споруди, зазвичай з опаленням та хорошою теплоізоляцією. Короткотривалі сховища використовуються лише на певний час і часто розміщують неподалік від місця збору урожаю, часто це траншеї або бурти.

За конструкційним виконанням сховища бувають безкаркасні (арочного типу) та каркасні. Безкаркасні сховища можуть бути зведені на будь-якій місцевості і мають простий процес монтажу, використовуються спеціальні арочні елементи зі сталі. Вони відрізняються надійністю в експлуатації, міцністю та пожежостійкістю, а також мають високий рівень сейсмічної стійкості. Згідно з положеннями щодо рівня занурення в ґрунт, сховища можуть бути наземними, напівзаглибленими або повністю заглибленими. Заглиблені сховища мають додаткову теплоізоляцію і забезпечуються шаром землі.

За типом вентиляції сховища овочів і картоплі поділяються на спорудження з природною або примусовою вентиляцією.

Забезпечення оптимального температурного режиму в овочесховищах може досягатися за рахунок природних умов, наприклад, за допомогою поглиблення в землю, або шляхом встановлення спеціального кліматичного обладнання. Найбільш ефективним вважається секційне зберігання, коли сховище розділене на автономні секції, що дозволяє зберігати різні види овочів у одній будівлі. Часто використовується зберігання продукції в жорсткій тарі, такі як ящики або контейнери, що спрощує механізацію вантажно-розвантажувальних операцій і зменшує пошкодження та втрати під час зберігання.

Є різні точки зору щодо ефективності та доцільності навалного та тарного зберігання овочів. Великі фруктові-овочеві підприємства у великих містах, де продукцію не лише зберігають, але і обробляють перед реалізацією, можуть

здійснювати ефективнішу механізацію операцій з тарним зберіганням. У сільських господарствах найбільш прийнятними вважають закромний і навальний способи з активною вентиляцією (рис. 1.1).

Овочесховище сприяє єдиному технологічному процесу зберігання овочевої продукції. Основними вимогами є забезпечення нормативних температурних режимів для будь-якого виду овочів і певних режимів вентиляції. Існує декілька способів зберігання картоплі, зокрема в контейнерах. Однак зберігання картоплі в тарі є більш зручним варіантом. Це дозволяє повністю автоматизувати трудомісткі процеси навантаження і вивантаження, полегшує та покращує умови перевезення і забезпечує ефективне збереження картоплі. Ящики слід розміщувати так, щоб забезпечити вільну циркуляцію повітря. Піддони для ящиків установлюються в камері штабелями, а їх висота не повинна перевищувати 5,5 метра.



Рисунок 1.1 - Зберігання картоплі насипом

Контейнери з продукцією як правило розміщуються протилежно напірній стіні, щоб забезпечити зазори що вентилюються між ними. Охолоджене повітря, яке нагнітається через отвори в напірній стіні, розподіляється між контейнерами і охолоджує продукцію. Існують різні схеми охолодження і зберігання з

використанням напірної стіни, такі як з горизонтальними і вертикальними каналами, з нагнітальною і витяжною схемою повітрообміну, з пристроєм демпферів, з додатковими повітроводами, «серпантинна» та «тунельна» схеми.

Переваги зберігання в контейнерах включають:

- забезпечення хорошого вентилявання продуктів;
- можливість зберігання різних видів овочів в одній камері;
- оперативність завантаження і розвантаження продукції;
- легкість переміщення контейнерів за допомогою навантажувача.

Недоліки зберігання в контейнерах включають:

- високу вартість контейнерів;
- необхідність обробки контейнерів щоб уникнути інфекції від попереднього врожаю;
- потребу у додаткових площах для зберігання порожніх контейнерів;
- обмеження зберігання насипом.

При зберіганні в мішках або насипом необхідно враховувати щільність бульб, якість партії і умови вентиляції, і встановлювати максимальну висоту складування не більше 5 метрів.

Переваги зберігання насипом:

- Ефективна сушка овочів після збирання.
- Більше можливостей підтримувати рівномірні температури в усьому сховищі.
- Дешевше у порівнянні з контейнерним способом зберігання.
- Дозволяє найбільш повно використовувати об'єм приміщення.

Недоліки зберігання насипом:

- Вищий відсоток пошкоджених плодів.
- Утруднений контроль і вивіз хворих плодів зі сховища.
- Потреба у забезпеченні гарної вентиляції, що вимагає відсутності залишків бадилля чи сміття в плодах.
- Зовнішні стіни сховища мають бути міцнішими, щоб витримати бічний тиск.

- Підвищені витрати на придбання спеціальної техніки для розвантаження продукції.

Овочесховище, яке ми розглядаємо, є комплексним рішенням для створення сховища овочів з об'ємом 2000 тонн. Воно складається з чотирьох блоків і обладнане для приймання, зберігання овочів, а також передреалізаційною обробкою, включаючи калібрування, сортування та упаковку продукції.

Розробка автоматизації для овочесховища безкаркасного типу є важливим завданням, оскільки цей тип ангарів здобуває все більшу популярність завдяки своїм перевагам. Безкаркасні ангари збираються без внутрішніх каркасів або перегородок, використовуючи гофрований металевий профіль як основний матеріал. Це забезпечує високу швидкість монтажу та знижує вартість будівництва.

Овочесховище безкаркасного типу має свої переваги, зокрема:

1. Швидкий монтаж: завдяки відсутності складних каркасів або перегородок, монтаж таких ангарів відбувається швидко і ефективно.
2. Економічність: використання гофрованого металевого профілю дозволяє знизити витрати на будівництво порівняно з традиційними каркасними ангарами.
3. Універсальність: безкаркасні ангари можуть бути використані для різних цілей, включаючи овочесховища, склади, фермерські комплекси тощо.
4. Простота обслуговування: відсутність складних конструкцій спрощує обслуговування та ремонт будівель.

Розробка автоматизації для таких овочесховищ може значно полегшити процеси зберігання і обробки овочів, забезпечуючи оптимальні умови зберігання та підтримки необхідних температурних режимів. Така автоматизація може включати системи контролю та регулювання температури, вентиляції, освітлення, а також системи моніторингу та управління процесами зберігання.

Відмінні риси:

- Мінімальні терміни зведення;

- Економічна привабливість безкаркасного будівництва (немає необхідності в капітальному фундаменті, великому числі фахівців, важкій спецтехніці, не потрібна обов'язкова зовнішня і внутрішня обробка). Термін служби не менше 50 років;

- Стійкість до корозійних процесів завдяки оцинкованому покриттю і відсутності отворів для кріплення, від яких зазвичай починається корозія;

- Можливість будівництва на будь-яких ґрунтах і в важкодоступних місцях. Зведення безкаркасних ангарів можливе протягом усього року;

- Можливість виконання як в холодному, так і в утепленому вигляді.

Відмінні риси:

- Мінімальні терміни зведення;

- Економічна привабливість безкаркасного будівництва (немає необхідності в капітальному фундаменті, великому числі фахівців, важкій спецтехніці, не потрібна обов'язкова зовнішня і внутрішня обробка). Термін служби не менше 50 років;

- Стійкість до корозійних процесів завдяки оцинкованому покриттю і відсутності отворів для кріплення, від яких зазвичай починається корозія;

- Можливість будівництва на будь-яких ґрунтах і в важкодоступних місцях. Зведення безкаркасних ангарів можливе протягом усього року;

- Можливість виконання як в холодному, так і в утепленому вигляді.

Проблема відсутності доступного за ціною обладнання для зберігання овочів є науково-технічною проблемою, яка потребує уваги та вирішення. У сучасному світі автоматизація швидко розвивається і впроваджується в різні галузі, включаючи сільське господарство. Автоматизовані системи можуть допомогти оптимізувати процеси зберігання овочів, зменшити витрати та покращити умови праці працівників.

Метою кваліфікаційної роботи є дослідження основних видів овочесховищ, аналіз їхнього ефективного планування та розробка рекомендацій щодо впровадження автоматизованих систем зберігання овочів. Це дозволить

підвищити продуктивність, забезпечити якість збереження продукції та оптимізувати використання ресурсів.

Для розв'язання цієї проблеми можна провести дослідження ринку обладнання для зберігання овочів, вивчити існуючі технології та принципи роботи автоматизованих систем. Потім можна розробити концепцію автоматизованої системи зберігання овочів, яка відповідатиме потребам сучасного сільського господарства та буде економічно ефективною. Дослідження в цій області може допомогти вирішити проблему відсутності доступного за ціною обладнання для зберігання овочів і сприяти подальшому розвитку сільського господарства [6].

1.4 Аналіз сільськогосподарських споживачів в структурі електроенергетики України

Сільське господарство є одним із значних споживачів електроенергії, хоча його частка у загальних споживачів електроенергії, хоча його частка у загальному споживанні електроенергії не є найвищою порівняно з промисловістю та побутовим сектором.

Сільськогосподарські споживачі електроенергії включають різні види господарств, такі як:

1. Тваринницькі ферми
2. Зерносховища та картоплесховища
3. Теплиці
4. Системи зрошення та водопостачання
5. Підприємства з переробки сільськогосподарської продукції

Кожен з цих споживачів має свої специфічні вимоги до електропостачання, які залежать від обсягів виробництва, технологій, що використовуються, та кліматичних умов.

2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Теоретичні відомості

Структурна схема є вихідним пунктом при проектуванні, що використовується для опису складу системи в ескізному вигляді. Вона встановлює основні функціональні частини виробу, їх взаємозв'язки та призначення. Для більш детального опису автоматизованої системи керування застосовуються різні схеми та їх модифікації. Загальний план картоплесховища показано на рис. 2.1.

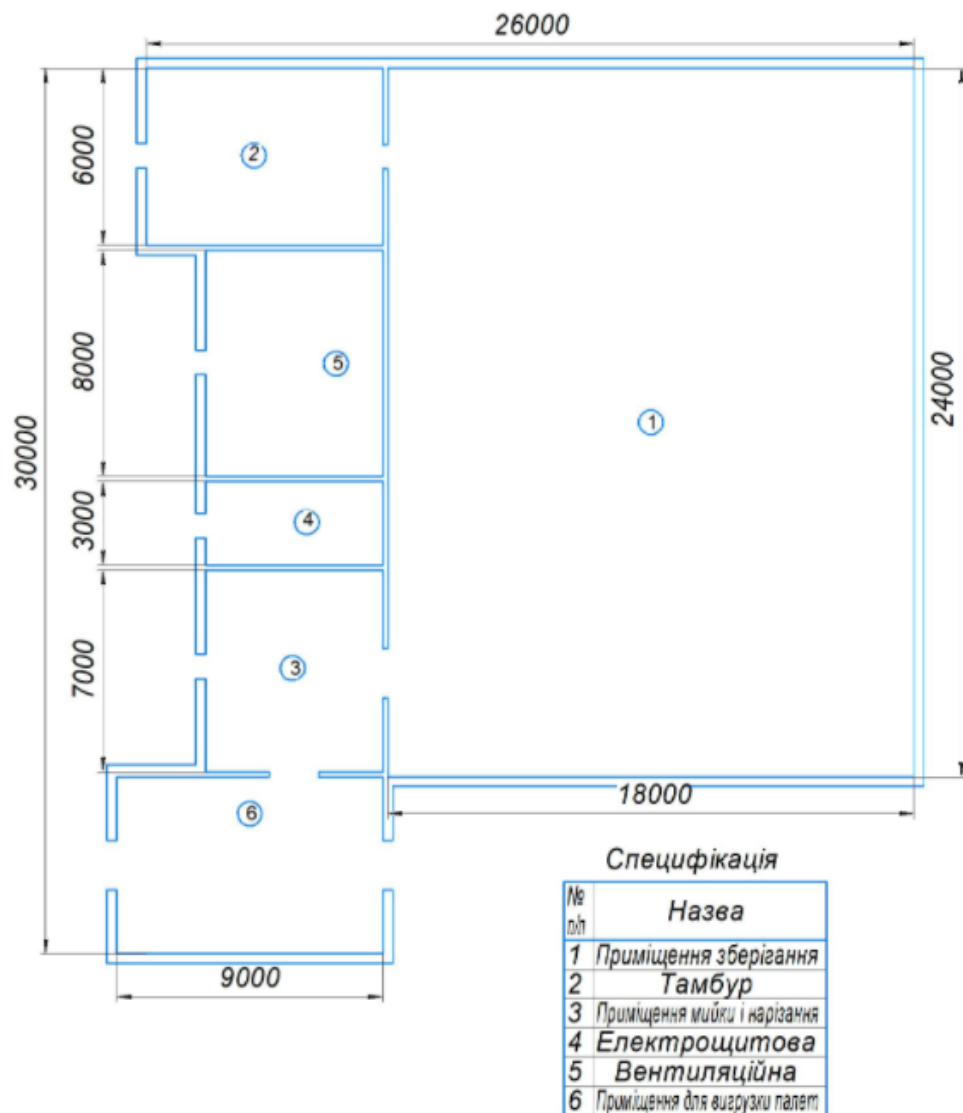


Рисунок 2.1 - Загальний план картоплесховища

Для більш детального опису автоматизованої системи керування застосовуються різні схеми та їх модифікації. Функціональна схема автоматизації є одним із ключових проектних документів, що визначає функціональну структуру та обсяг автоматизації технологічних установок та окремих агрегатів промислового об'єкта. Ця схема відображає технологічне обладнання, комунікації, органи управління та засоби автоматизації з підписами, що вказують зв'язки між ними.

Принципова електрична схема автоматизації визначає повний склад електричної частини системи та зв'язки між її елементами, надаючи детальне уявлення про принципи роботи системи. Ці схеми є основою для розробки інших креслень та використовуються при налагодженні та експлуатації систем автоматизації. Вони розробляються на основі технічного завдання та рішень, прийнятих у функціональній схемі автоматизації. На таких схемах зображені елементні схеми управління, регулювання, блокування, захисту і сигналізації, а також інші елементи системи.

У промислових холодильниках використовується одиниця – тона охолодження (ТО). Вона еквівалентна швидкості теплообміну, необхідної для виробництва 1 тони льоду при 0°C (273.16 K) з води при 0°C (273.16 K) протягом одного дня.

$$1TR = \frac{[(1000\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}) \cdot (80\text{k} \cdot \text{cal} \cdot \text{kg}^{-1})]}{24 \cdot \text{h} \cdot \text{d}^{-1} \cdot 60\text{min} \cdot \text{h}^{-1}} = 55.5\text{k} \cdot \text{cal} \cdot \text{min}^{-1} \quad (2.1)$$

Швидкість руху повітря над продуктами збільшує втрату води, тому в більшості холодних камер для довготривалого зберігання обмін повітрям модернізується, щоб зберегти втрату води мінімальною протягом періоду зберігання. Зниження температури продуктів за таких умов буде повільним, і швидкість дихання буде знижуватись повільно [7].

2.2 Характеристики основних споживачів картоплесховища

Важливим аспектом для розуміння і подальшого розрахунку є графічне представлення розміщення силового обладнання що представлено на рис. 2.2.

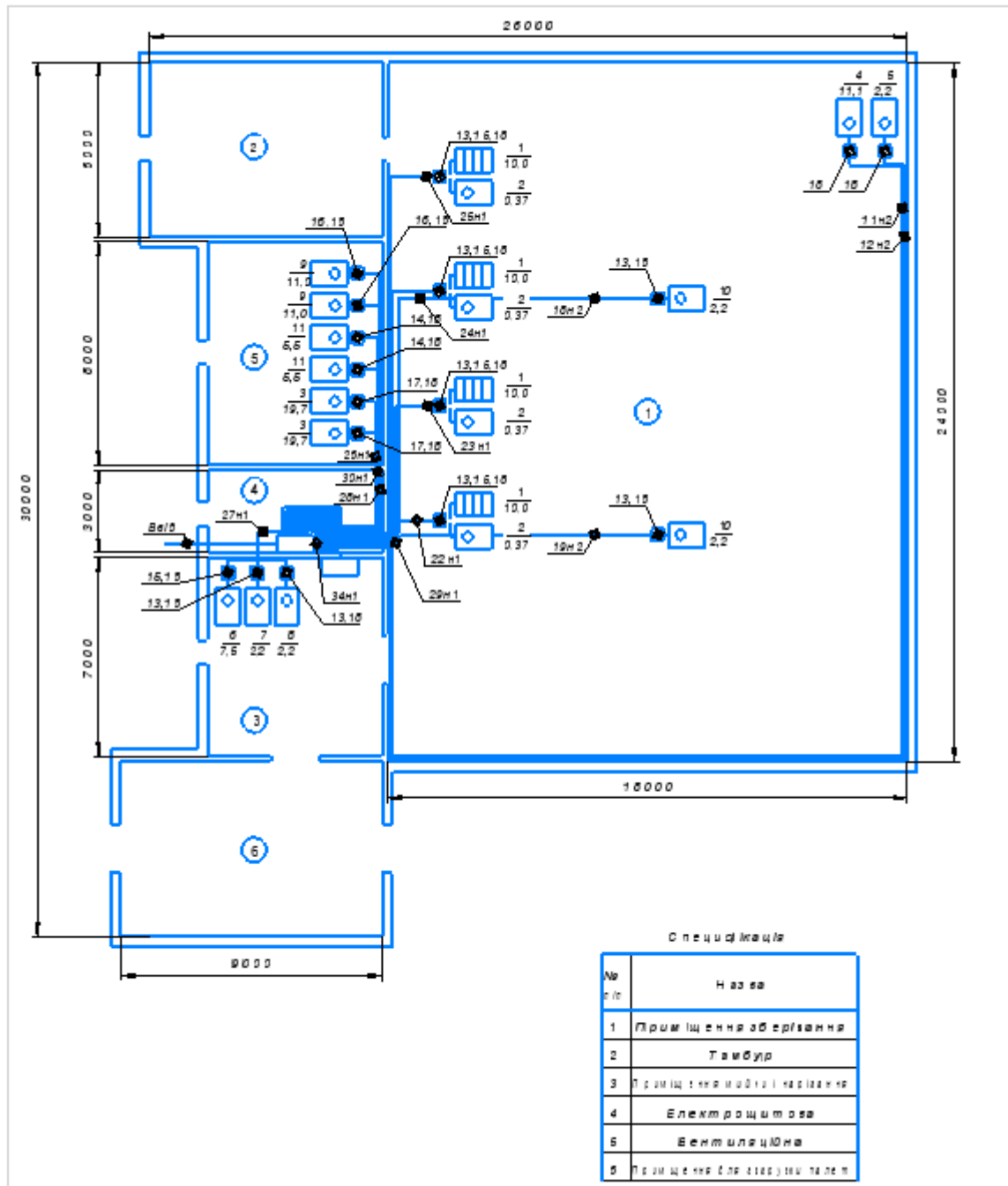


Рисунок 2.2 - План силового обладнання картоплесховища

1. Розрахунки для вибору площі перерізу провідників на кожне коло. Вибір діаметра або розміру необхідного провідника для певного застосування визначається трьома основними аспектами:

- 1) Потрібний струм для навантаження.
- 2) Перевірка на допустимий падіння напруги.
- 3) Перевірка на короткі замикання.

2. *Розрахунок захисних пристроїв.* У зв'язку з наявністю ризику встановлення пристроїв захисту в промислових установках від перенапруг, що викликаються короткими замиканнями або перевантаженнями, є необхідним. Ці пристрої захисту захищають не лише установку, а й людей загалом. Аспекти, які потрібно враховувати при виборі цих пристроїв, є [8, 9]:

- перевірка того, що магнітний вимикач не вимикається під час транзисторних явищ;
- вибір вимикача за номінальним струмом;
- селективність;
- координація захистів;
- перевірка за кривою пошкодження провідника.

Вибір трансформаторів. При виборі трансформаторів необхідно врахувати наступне: якщо на систему не накладаються спеціальні умови, краще вибрати один трансформатор замість двох, або більше для задоволення певного рівня навантаження.

Серед можливих варіантів розглядається використання високоефективних трансформаторів, що доступні на ринку.

Ефективнішим варіантом краще використовувати трифазні трансформатори, ніж групи однофазних трансформаторів або незбалансовані банки.

Необхідно оцінити умови якості енергії в мережі і можливе гармонічне спотворення навантаження, яке живиться.

2.3 Компенсація реактивної потужності

Основною причиною компенсації реактивної енергії або покращення коефіцієнта потужності (fp) в промисловості є економічні вигоди, оскільки підвищення коефіцієнта потужності дозволяє уникнути сплати штрафу з боку

Електроенергетичного Союзу (UNE) за цей показник. Тому в даній роботі розглядається пропозиція можливості отримання бонусу за досягнення коефіцієнта потужності в межах від 0,92 до 0,96, здійснюючи розміщення банку конденсаторів централізовано, безпосередньо на шину загального розподільного щита установки. Централізована компенсація має такі переваги :

- більш ефективного використання потужності конденсаторів;
- краще регулювання напруги в електричній системі;
- адаптація потужності батареї конденсаторів згідно з поточними вимогами.

Номінальний струм у трифазному режимі роботи:

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_l \cdot \cos \varphi} \quad (2.2)$$

У формулах використовуються такі терміни:

- I_n - номінальний струм кола, в А;
- P - потужність, в Вт;
- U_f - проста напруга, в В;
- U_l - складена напруга, в В;
- $\cos(\varphi)$ - коефіцієнт потужності.

Падіння напруги у трифазному режимі роботи.

Відкидаючи в цьому випадку також термін реактивності та не перевищуючи 0,5 % від номінальної напруги, падіння напруги виражається формулою:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot R \cdot I_n \cdot \cos \varphi, \quad (2.3)$$

де $R = \rho \cdot \frac{L}{S}$

Опірність провідника приймає наступні значення:

Алюміній $\rho = \frac{1}{35}$

У формулах використовуються такі терміни:

- I_n - номінальний струм кола, в А
- P - потужність, в Вт
- $\cos(\varphi)$ - коефіцієнт потужності

- S - перетин у мм²;
- L - довжина в м;
- ρ - опірність провідника в Ом • мм²/м.

Струм короткого замикання:

$$\text{між фазами } I_{cc} = \frac{U_f}{2 \cdot Z_t}.$$

У формулах використовуються такі терміни:

- Ul - складена напруга, в В;
- Uf - проста напруга, в В;
- Zt - загальний імпеданс в точці короткого замикання в мОм;
- I_{cc} - інтенсивність короткого замикання в кА.

Загальний імпеданс в точці короткого замикання отримується з загального опору і загальної реактивності всіх елементів мережі до точки короткого замикання:

$$Z_f = \sqrt{R_t^2 + X_t^2}$$

де $R_t = R_l + R_2 + R_n$ - загальний опір в точці короткого замикання;

$X_t = X_l + X_2 + X_n$ - загальна реактивність в точці короткого замикання.

Протиударні пристрої повинні мати потужність відключення, яка перевищує або дорівнює передбаченій інтенсивності короткого замикання в точці їх встановлення, і повинні діяти протягом такого часу, щоб температура, досягнута проводами, не перевищувала максимально допустиму для провідника.

Для того, щоб виконати цю останню умову, крива спрацювання автоматичних вимикачів повинна бути нижче теплової кривої провідника, тому має виконуватися наступна умова:

$$0,01 \leq 0,1 \text{ с,}$$

де $I^2 \cdot t \leq C \cdot \Delta T \cdot S^2$,

I - постійна інтенсивність короткого замикання, в А;

t - час відключення, в с\$

C - константа, що залежить від типу матеріалу;

ΔT - надмірна температура кабелю в °С;

S - перетин в мм².

Також слід враховувати мінімальну інтенсивність короткого замикання, визначену для короткого замикання фаза - нейтраль та на кінці лінії або досліджуваного кола [10].

Це значення потрібне для визначення того, залишиться чи захищений провідник на всій своїй довжині в разі короткого замикання, оскільки це обов'язкова умова, щоб ця інтенсивність була більшою або рівною інтенсивності електромагнітного відпуская. У разі використання плавких вставок для захисту від короткого замикання їх потужність плавких вставок повинна бути менша за інтенсивність, яку може витримати кабель без пошкоджень, за час, необхідний для їхнього спрацювання. У будь-якому випадку цей час завжди буде менше 5 секунд.

Диверсифікація обов'язків на сільськогосподарському підприємстві є запорукою професійності і галузевої професійності підприємства (рис. 2.3).

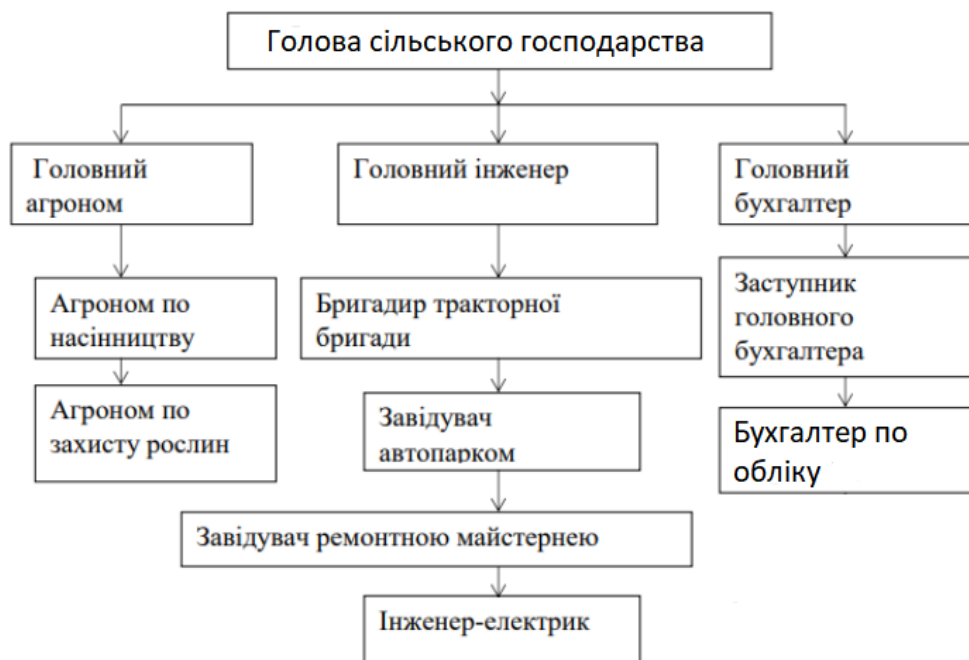


Рисунок 2.3 - Модель керування сільськогосподарського підприємства

З цього рисунку видно, що на типовому сільськогосподарському підприємстві можна виділити 3 основні підрозділи :

1. Аграрний
2. Інженерно-виробничий
3. Фінансово-адміністративний

Всі вони підпорядковуються голові сільського господарства.

Схему надійності, а також похідних приведено на рис. 2.4.



Рисунок 2.4 - Схема похідних надійності

Зі схеми похідних надійності видно, що для будь якого електроустаткування важливими параметрами що визначають надійність є:

1. Безвідмовність-це здатність пристрою або системи виконувати свої функції без виникнення відмов упродовж певного періоду часу за встановлених умов експлуатації.

2. Довговічність-це здатність пристрою або системи зберігати працездатність і функціональність протягом тривалого періоду часу до моменту коли стане необхідним суттєвий ремонт або заміна.

3. Ремонтовність (ремонтпридатність) - це здатність пристрою або системи піддаватися технічному обслуговуванню, ремонту та відновленню з мінімальними витратами часу, зусиль і ресурсів.

4. Збережність - це здатність пристрою або системи зберігати свої технічні характеристики та працездатність протягом часу зберігання до введення в експлуатацію [11].

2.4 Розрахунок електричних навантажень окремих електроприймачів

Перед розрахунком внутрішньої силової мережі розміщуються споживачі на плані приміщення відповідно до розміщення технологічного обладнання. Розміщуються шафи управління та розподільчі шафи, складається розрахункова схема силової мережі (рис. 1.2).

На прикладі електродвигуна калориферної установки проведемо розрахунок навантажень:

$$P_n = 0,37 \text{ кВт}; n = 1365 \text{ об / хв}; 4A63B4,$$

$$P_n = 0,37 \text{ кВт}, h_n = 68\%, \cos j = 0,69, i_{II} = 5.$$

Активну розрахункову потужність (P_p , Вт), що споживається електродвигуном з мережі, визначаємо за рівнянням:

$$P_p = \frac{k_z * P_n}{\eta_z} \quad (2.1)$$

де k_z — коефіцієнт завантаження;

P_n — номінальна потужність електродвигуна;

η_z — ККД при відповідному завантаженні двигуна.

$$P_p = \frac{370 \cdot 0.8}{0.68} = 435 \text{ Вт},$$

Розрахункове значення повної потужності S_p , ВА визначається за формулою

$$S_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \phi \quad (2.2)$$

$$S_p = 435 \cdot 1,049 = 631 \text{ ВА}$$

Розрахункове значення реактивної потужності Q_p , ВАР визначається за формулою:

$$Q_p = \sqrt{P_p^2 - S_p^2} \quad (2.3)$$

$$Q_p = \sqrt{435^2 - 631^2} = 457 \text{ ВАР.}$$

Номінальне значення струму (I_n , А) електродвигуна:

$$I_n = \frac{P_n \cdot 10^{-3}}{\sqrt{3} \cdot U_l \cdot \eta_n \cdot \cos \phi} \quad (2.4)$$

де P_n - номінальна потужність;

U_l - лінійна напруга;

η_n - номінальний ККД ;

$$I_n = \frac{370}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.68 \cdot 0.69} = 0,827$$

Розраховане значення струму (I_p , А) електродвигуна

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_l} \quad (2.5)$$

$$I_p = \frac{631}{\sqrt{3} \cdot 380} = 0,958 \text{ А.}$$

Пусковий струм електродвигуна розраховується з урахуванням кратності пускового струму

$$I_n = i_n \cdot I_n \quad (2.6)$$

де i_n - кратність пускового струму.

$$I_n = 5 \cdot 0,827 = 4,134 \text{ А.}$$

Розрахункову схему силової мережі представлено на рис. 2.5, а результати розрахунків для інших електроприймачів зведено в табл. 2.4

Таблиця 2.4 Зведені данні електричних навантажень окремих електроприймачів

Номінальні параметри							Розраховані значення					
Тип	P_H , кВт	n_H , об/хв	I_H , А	η_H , %	$\cos \varphi_i$	\cos	i_H	k_3	tgj_i	P_p , кВт	I_p , А	I_n , А
ВНЕ-10	10	-	15,25	98	-	-	-	1	-	10,00	15,35	
AIP 63B4	0,38	1346	0,84	67	0,68		5	0,8	1,05	0,44	0,96	4,14
ВНЕ-10	10	-	15,45	98	-	-	-	1	-	10,00	15,35	
AIP 63B4	0,37	1346	0,84	67	0,68		5	0,8	1,05	0,44	0,96	4,14
ВНЕ-10	10	-	15,45	98	-	-	-	1	-	10,00	15,35	
AIP 63B4	0,37	1346	0,84	67	0,68		5	0,8	1,05	0,44	0,96	4,14
ВНЕ-10	10	-	15,25	98	-	-	-	1	-	10,00	15,35	
AIP 63B4	0,37	1346	0,84	67	0,68		5	0,8	1,05	0,44	0,96	4,14
ФХ-100	19,7	-	31,82	93,4	0,94		-	0,5	0,33	10,43	31,71	
ФХ-100	19,7	-	31,82	93,4	0,94		-	0,5	0,33	10,43	31,71	
ТЗК-30	11,1	-	23,51	71	0,78		-	0,5	0,78	7,71	23,42	
ТПК-30	2,2	-	4,39	74	0,80		-	0,5	0,72	1,47	4,46	
4A132S4 У3	7,5	1464	13,10	86,5	0,85		7,5	0,6	0,59	5,14	9,09	97,66
AIP 100L6	2,2	945	4,11	80,5	0,73		6	0,4	0,91	1,08	2,22	24,6
4A90L4 У3	2,2	1421	4,17	81	0,82		6	0,7	0,67	1,92	3,52	25,06
AIP132M4	11	1433	18,89	87,5	0,84		7,5	0,8	0,62	9,94	17,77	141,65
AIP132M4	11	1433	18,89	87,5	0,84		7,5	0,8	0,62	9,94	17,77	141,65
AIP100L6	2,2	943	4,11	80,5	0,73		6	0,8	0,91	2,16	4,43	24,6
AIP100L6	2,2	943	4,11	80,5	0,73		6	0,8	0,91	2,16	4,43	24,6
4A132S6 У3	5,5	961	9,79	84	0,81		7	0,8	0,75	5,18	9,83	68,81
4A132S6 У3	5,5	961	9,79	84	0,81		7	0,8	0,75	5,18	9,83	68,81

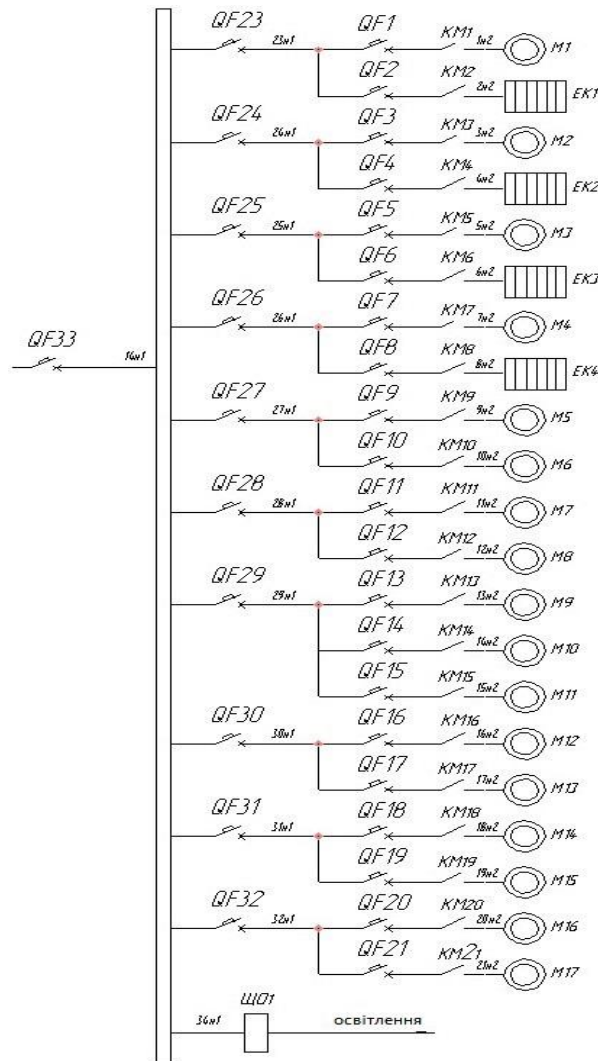


Рисунок 2.5 - розрахункова схема силової мережі

З табл. 2.4 видно, що основними споживачами у дані схемі є калориферні установки та холодильні установки, а також електродвигуни вентиляторів [12, 13].

2.5 Розробка системи автоматизованого керування мікрокліматом

Для контролю мікроклімату в приміщенні встановлюється датчик температури і датчик вологості. Відбувається опитування датчика температури і датчика вологості, їхні значення виводяться на екран ЕОМ. Регулювання температури здійснюється за допомогою заслінки, яка перекриває подачу зовнішнього повітря, систем вентиляторів, електрокалориферних установок та зволожувача повітря. Графічна модель АСКМ представлена на рис. 2.6.

- вмикається вентилятор;
- якщо температура в насипі більше 4°C , вмикається холодильна машина;
- якщо температура в насипі менше 4°C , вмикається холодильна машина.

Режим зберігання:

- вмикається вентилятор;
 - якщо вологість в насипі менша 85°C , вмикається зволожувач;
 - якщо вологість в насипі більше 95°C , вмикається зволожувач;
 - якщо температура навколишнього повітря менше -6°C закривається заслонка;
 - якщо температура навколишнього повітря більше -6°C відкривається заслонка;
 - якщо температура насипу більше 4°C , вмикається холодильна машина;
 - якщо температура в насипі менше 4°C , вмикається холодильна машина;
 - якщо температура в насипі менше 2°C , вмикається х калорифер;
 - якщо температура в насипі більше 2°C , вмикається х калорифер;
- Зовнішній алгоритм для режиму просушування, охолодження і зберігання представлені на рис. 2.7...2.9.

У якості модуля вводу приймаємо модуль вводу аналоговий OWEN MBA8 - восьмиканальний універсальний вимірювальний модуль вводу для розподільчих мереж керування в мережі RS-485.

Модуль може використовуватися в якості модуля розширення входів для OWEN ПЛК, або програмований контролер інших виробників.

Модуль вводу MBA8 працює в мережі RS-485 при наявності в ній “майстра”, при цьому сам MBA8 не є “майстром” мережі.

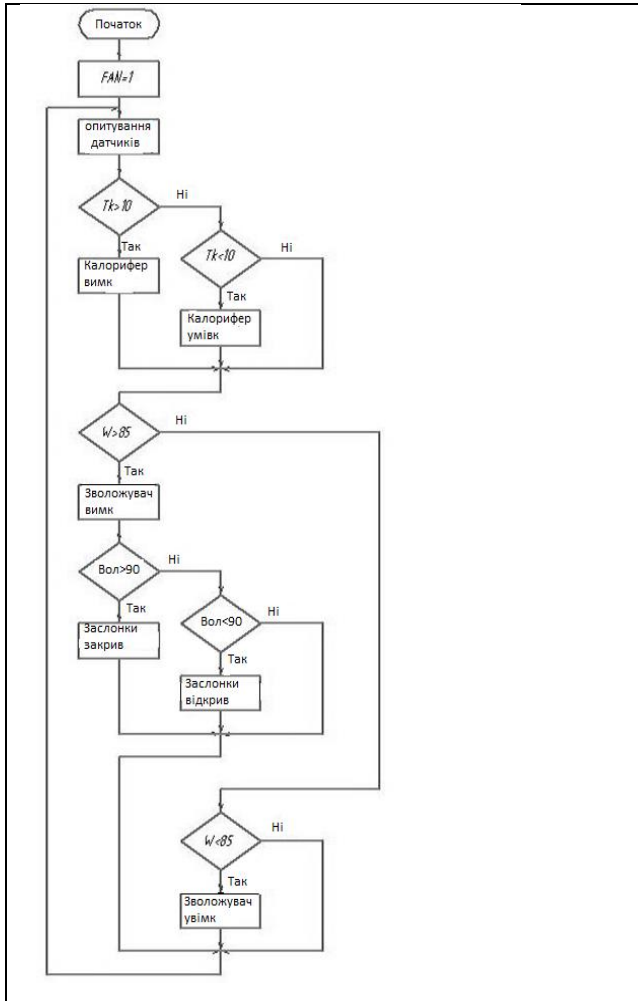


Рисунок 2.7 - Зовнішній алгоритм режиму просушування

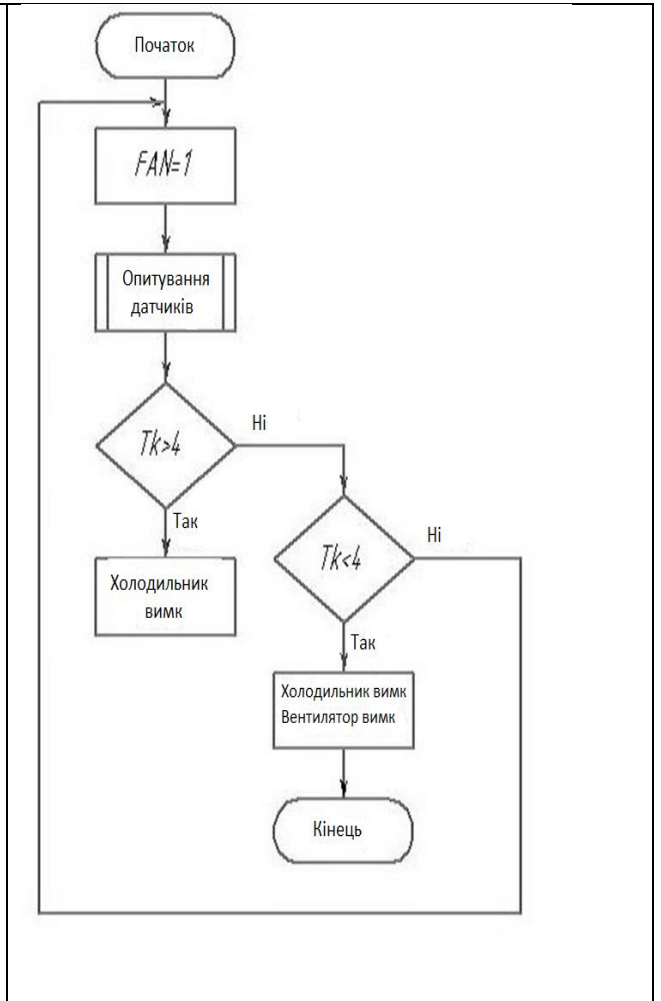


Рисунок 2.8 - Зовнішній алгоритм для режиму охолодження

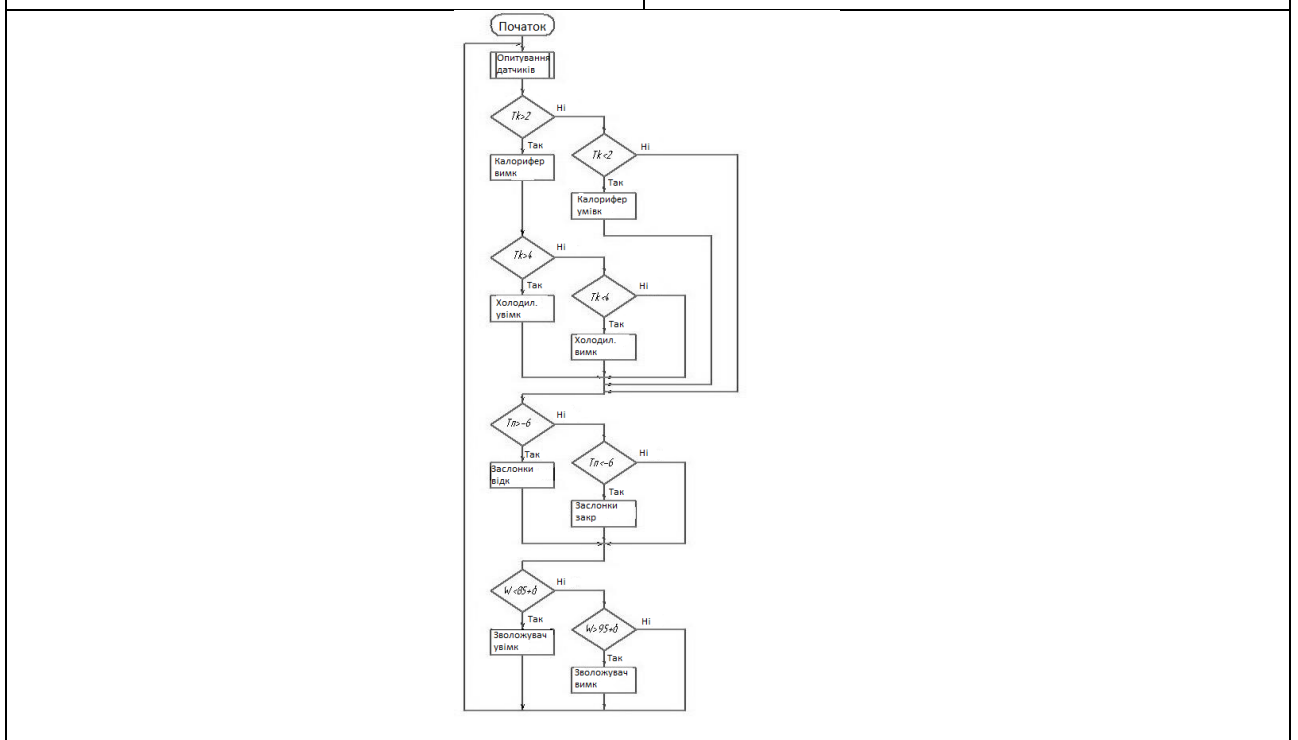


Рисунок 2.9 - Зовнішній алгоритм для режиму зберігання

Основні функції модуля вводу:

- вісім універсальних входів для підключення широкого спектру датчиків температури, тиску, вологості, витрати, рівня і інших фізичних величин;
- цифрова фільтрація і корекція вхідних сигналів, масштабування показів датчиків з уніфікованим вихідним сигналом (активних датчиків);
- передача вимірних значень по інтерфейсу RS-485;
- підтримка поширених протоколів Modbus (ASCII, RTU), DCON, OWEN;
- безкоштовна програма "Конфігуратор МВА8";
- заводостійкий завдяки імпульсному джерелу живлення 90...264В з частотою 47...63Гц.

В якості модуля виводу приймається модуль виводу керуючий OWEN MBK8 - восьмиканальний модуль керування виконуючими механізмами для розподілених систем в мережі RS-485 (протоколи OWEN, Modbus, DCON).

Модуль може використовувати:

- в якості віддаленого блоку вихідних пристроїв для SCADA-системи або програмованих контролерів (OWEN ПЛК або інші);
- для смарт керування виконуючими механізмами.

MBK8 працює в мережі RS-485 при наявності в ній "майстра", при цьому сам MBK8 не є "майстром" мережі.

Основні функції OWEN MBK8:

- до 8 каналів керування різними механізмами;
- 8 вбудованих вихідних елементів з можливістю розширення до 16 шляхів підключення 8-канального модуля дискретних вихідних елементів OWEN MP1;
- безпосереднє керування за сигналом SCADA-системи або програмованого контролера (ШІМ з високою точністю, ON/OFF);
- можливість інтелектуального керування виконавчими механізмами;
- генерація керуючого ШІМ-сигналу заданої скважності (або аналогового сигналу) за розрахунковою потужністю, отриманою з мережі RS-485 від ПІД-регулятора або його моделі в SCADA-системі;

- керування складними системами ІМ, наприклад, системою «нагривач - холодильник», групою ТЕНів, системами дискретної сигналізації тощо;
- контроль перебування у заданих мережах значення фізичної величини, що надходить в мережі RS-485;
- автоматичний перехід ІМ в аварійний режим роботи при порушенні мережевого обміну;
- підтримка поширених протоколів Modbus (ASCII, RTU), DCON, OWEN;
- безкоштовна програма “КОНФІГУРАТОР МВК8”;
- конфігурування приладу на ПК;
- реєстрація стану вихідних елементів (скважності ШІМ або вихідного струму/напруги);
- заводостійкість завдяки імпульсному джерелу живлення 90...264В з частотою 47...63 Гц.

Також в АСКТП використовується модуль розширення вихідних елементів OWEN MP1.

Модуль MP1 має два режими експлуатації:

1) Збільшення кількості дискретних виходів, приладів (при підключенні через інтерфейс MP1):

- ПЛК63;
- ПЛК73;
- МВК8;
- ТРМ133М;
- ТРМ132М;

2) Підсилення сигналу приладів, з вихідним транзисторним ключем n-p-n типу, наприклад OWEN МПР51.

Основні функції:

- збільшення кількості вихідних вище перерахованих приладів;
- використання в якості блоку силових вихідних елементів для приладів, які мають на виході транзисторних ключів n-p-n типу, наприклад OWEN МПР51;
- Дискретних вихідних елементів в різних комбінацій;

- реле 4А 220В;
- транзисторні оптопари 400мА 60В;
- симісторні оптопари 0.5А 250В;
- для керування твердотілим реле 4...6В 50мА.

Датчиком температури навколишнього повітря був вибраний ДТС3005-РТ100.В2.

Датчик OWEN ДТС3005-РТ1000.В2 призначений для вимірювання температури навколишнього повітря або повітря всередині будівель.

Встановлюється на плоску поверхню стіни.

Для підключення кабелю в корпусі передбачений отвір, який закривається заглушкою. Технічні характеристики датчика передбачені в табл. 2.5.

Таблиця 2.5 Технічні характеристики ДТС3005-РТ1000.В2

Температура середовища	-50...+120 °С
Погрішність	(0,3+0,005t) °С
Тип сенсора	Pt1000 PCA1.2010.10L
Схема підключення	двопровідна
Степінь захисту	IP54

Датчик OWEN ДТС3014-РТ1000.В2.50/2 призначений для вимірювання температури води в контурах нагрівання (у захисній гільзі) і виміру температури повітря.

Датчик має занурену частину (гільзу) довжиною 50 мм і з'єднувальний кабель довжиною 2 м. Його технічні характеристики наведені в табл. 2.6.

Ємнісний датчик вологості серії НІН-4000-003 від компанії Honeywell побудований на основі термореактивного полімеру і відрізняється високою надійністю і діапазоном вимірювання вологості від 0...100% з точністю не гірше $\pm 2\%$, при цьому розмах вихідної напруги у всьому діапазоні складає 1.0...4.0 В. Це дозволяє підключати пристрій безпосередньо до мікроконтролера з вбудованим АЦП [14]. Технічні дані датчика представлені в таблиці 2.7

Таблиця 2.6 - Технічні характеристики ДТС3014-РТ1000.В2.50/2

Температура середовища	-50...+120 °C
Погрішність	(0,3+0,005 t) °C
Двожина:	
– гільзи (погружні частини)	50 мм
– кабельний вивід	2 м
Тип сенсору	Pt1000 PCA1.2010.10L
Матеріал захисної арматури	12X18H10T
Схема підключення	двохпровідна
Матеріал кабеля	силіконовий кабель AWG24x2 (стійкий до зовнішнього впливу)
Степінь захисту	IP67

Таблиця 2.7 - Технічні характеристики НІН-4000-003

Параметр	Значення
Діапазон напруженості живлення постійного, В	+4,0...5,8
Напруга живлення постійне номінальне, В	+5
Потужність споживаного струму при U.ном., мА	...0,2
Діапазон вимірної вологості, %	0...100
Час перетворення, с	...15
Температура експлуатації, °C	-40...+85
Відносна вологість експлуатації, %	0...100
Гарантійний термін експлуатації	12 місяців
Вага в упаковці, г	100

Таким чином, обрані датчики і система керування мікрокліматом задовільняють вимогам для типового сільськогосподарського об'єкту, а отже є доцільними для використання у даній роботі [15].

3 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

3.1 Розрахунок освітлювальних пристроїв сховища

Габаритні розміри приміщення, характеристика поверхонь і категорії за умовами навколишнього середовища наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 Характеристика приміщення

Назва приміщення	Розміри				Категорія приміщення по умовах навколишнього середовища	Коефіцієнти відбивання, %		
	A, м	B, м	H, м	S, м ²		$\rho_{\text{п}}$	$\rho_{\text{с}}$	$\rho_{\text{р}}$
1. Приміщення зберігання	24	18	4.8	432	Сире	30	30	10
2. Тамбур	8	6	3	48	Сире	50	30	10
3. Приміщення мийки і нарізання	6	6	3	36	Сире	30	30	10
4. Електрощитова	6	3	3	18	Сухе	50	30	10
5. Вентиляційна	8	6	3	48	Сухе	30	30	10
6. Приміщення для розвантажування палет	9	6	3	54	Сире	30	30	10

Правильно спроектована освітлювальна установка повинна забезпечувати оптимальна освітлення робочих поверхонь при найменших витратах на електроенергію. При розробці світлотехнічної частини проектів освітлювальної установки дотримуються наступної послідовності розгляду основних питань: вибирається джерело світла, система і вид освітлення, нормовану освітленість і коефіцієнт запасу, освітленість приладу (тип світильників); розміщуються світильники в освітлювальному просторі; визначається сила і кількість джерел світла, встановлених у світильнику. У всіх приміщеннях приймається компактні люмінесцентні лампи.

Розрізняють дві відмінні системи: загального та комбінованого освітлення. Система комбінованого освітлення характеризується наявністю місцевих

світильників і застосовується, коли необхідно створити освітленість робочої поверхні 200 лк і більше. Незалежно від прийнятої системи, загальне освітлення може бути виконане з рівномірним або локалізованим розміщенням світильників.

Розрізняють наступні види штучного освітлення: робоче, аварійне, евакуаційне та охоронне. У всіх приміщеннях приймається робоче освітлення з загальною, рівномірною системою освітлення.

При експлуатації освітлювальної установки, освітленість на робочих місцях зменшується. Зменшення освітленості в розрахунках встановленої потужності джерел світла враховується коефіцієнтом запасу k_3 , значення якого залежить від наявності пилу, диму та кіптяви в робочій зоні приміщення, від конструкції світильників, типу джерел світла та періодичності чисток світильників. Галузеві норми рекомендують для сільськогосподарських підприємств, будівель і споруд приймати коефіцієнт запасу для ламп розжарювання – 1,15, а для газорозрядних ламп – 1,3. Результати вибору приведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 Зведені данні вибору нормованої освітленості і коефіцієнту запасу

Назва приміщення	Тип джерела світла	Вид освітлення	Нормована площа, E_{min}	E_{min} , лк	k_3
1. Приміщення зберігання	КЛЛ	Робоче	Г-0	20	1,15
2. Тамбур	КЛЛ	Робоче	Г-0	50	1,15
3. Приміщення мийки і нарізання	КЛЛ	Робоче	Г-0	150	1,15
4. Електрощитова	КЛЛ	Робоче	В-1,5	50	1,15
5. Вентиляційна	КЛЛ	Робоче	Г-0,8	20	1,15
6. Приміщення для вивантаження палет	КЛЛ	Робоче	Г-0	30	1,15

Всі освітлювальні прилади прийнято ділити на три основні групи: освітлювальні прилади ближньої дії (до 20...30 м) - світильники, комплектні освітлювальні пристрої на базі на основі щілинних плоских світловодів та світильники дальньої дії (більше 30 м) - прожектори.

Усі світильники відрізняються один від одного характером світлорозподілу, формою кривої сили світла, типорозміром джерела, ступенем захисту від пилу та води, способом живлення джерел і цільовим призначенням, яке враховує можливість роботи в екстремальних умовах експлуатації.

В основу класифікації світильників за світлорозподілом покладено два незалежні ознаки - співвідношення світлових потоків, що випромінюються світильником у нижню та верхню півсфери навколишнього простору, і форма кривої сили світла. Також усі світильники прийнято поділяти на п'ять класів залежно від того, яку частку всього світлового потоку світильника становить потік у нижню півсферу. Це світильники прямого світла (П), переважно прямого світла (Н), розсіяного (Р), переважно відбитого (В). Також встановлені 7 типів кривих сили світла: концентрична (К), глибока (Г), косинусна (Д), півширока (Л), широка (Ш), рівномірна (М), синусна (С).[16]

Чим вище приміщення, тим з більш концентрованими кривими сили світла рекомендується вибирати тип світильника. У тому випадку, якщо освітленість нормується у вертикальній площині, то доцільно використовувати світильники розсіяного типу світлорозподілу з широкою або напівширокою силою світла.

Вибір типів світильника для приміщення сховища зведени в табл. 3.3.

При рівномірному розміщенню світильники розподіляють по куткам прямокутника або вершинах ромба з урахуванням доступу до світильника з метою його обслуговування. Виконаємо розрахунок розміщення світильників на прикладі приміщення для зберігання. Відстань між світильниками в ряді L_A , м, а відстань між рядами світильників L_B , м, рахується за формулою:

$$L_{A,B} = \lambda_c \cdot H_p \quad (3.1)$$

де λ_c — світлотехнічна найвигідніша відстань, м;

H_p — розрахована висота встановлення світильника, м;

Таблиця 3.3 - Характеристика світильників

Назва приміщення	Тип світильника	Кількість ламп	Потужність джерел світла, Вт	Клас світлорозподілу	Тип кривої сили світла	ККД світильника, %	Степінь захисту
1. Приміщення зберігання	СПП01	1	50	П	Д	65	IP54
2. Тамбур	НСП20	1	100	Н	М	77	IP52
3. Приміщення мийки і нарізання	НСП11	1	100	Н	М	77	IP52
4. Електрощитова	НСП03	1	60	Р	М	60	IP54
5. Вентиляційна	НСП11	1	100	Н	М	77	IP52
6. Приміщення для вивантаження палет	НСП11	1	100	Н	М	77	IP52

Розрахункова висота встановлення світильника розраховується за формулою:

$$H_p = H_0 - h_n - h_p, \quad (3.2)$$

де H_0 — висота приміщення, м;

h_n — висота підвісу світильника, м;

h_p — висота розміщення над підлогою розрахованої поверхні, м;

$$H_p = 4,8 - 0,3 - 0 = 4,5 \text{ м.}$$

Знаючи розрахункову висоту світильника, визначається відстань між світильниками в ряді і між рядами

$$L_{A,B} = 1,45 \cdot 4,5 = 6,525 \text{ м.}$$

Відстань від стіни до першого світильника $\ell_{A,0}$, м, визначається за формулою:

$$\ell'_A = 0,5 \cdot L_{A,B} = 0,5 \cdot 6,525 = 3,2625 \text{ м,}$$

Кількість світильників у ряді А визначається за формулою :

$$N'_A = \frac{A - 2\ell'_A}{L'_A} + 1 \quad (3.3)$$

де A — довжина приміщення, м;

ℓ'_A — відстань від стіни до першого світильника, м;

$$N'_A = \frac{24 - 2 \cdot 3,2625}{6,525} + 1 = 3,68 \text{шт},$$

Кількість світильників в ряді В визначається за формулою:

$$N'_B = \frac{B - 2\ell'_B}{L'_B} + 1 \quad (3.4)$$

Де: B - довжина приміщення, м.

$$N'_B = \frac{18 - 2 \cdot 3,2625}{6,52} + 1 = 2,76 \text{шт},$$

Отримані данні N_A , N_B заокруглюються до цілих значень $N_A=4$ шт, а $N_B=3$ шт.

Загальна кількість світильників:

$$N_\Sigma = N_A \cdot N_B \quad (3.5)$$

$$N_\Sigma = 4 \cdot 3 = 12 \text{шт}.$$

Тоді відстань між світильниками в ряді:

$$L_A = \frac{A}{N_A}, \quad L_A = \frac{A}{N_A}, \quad (3.6)$$

$$L_A = \frac{24}{4} = 6 \text{м}.$$

Визначимо відстань між рядами світильників:

$$L_B = \frac{B}{N_B} \quad (3.7)$$

$$L_B = \frac{18}{3} = 6 \text{м}.$$

Визначимо відстань від стіни до першого світильника:

$$\ell_A = 0,5 \cdot L_A \quad (3.8)$$

$$\ell_A = 0,5 \cdot 6 = 3 \text{м}.$$

Результати розрахунку розміщення світильників в інших приміщеннях зводимо в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 - Розміщення світильників на плані приміщення

Назва приміщення	A, м	B, м	H ₀ м	h _c , м	h _p , м	H _p , м	λ, м	L' _{A,B} , м	N ₁ шт	N ₂ шт	L _A , м	l _A , м
1. Приміщення зберігання	24	18	4,8	0,3	0	4,5	1,45	6,53	4	3	6	3
2. Тамбур	8	6	3	0,3	0	2,7	1,65	4,45	2	1	6	3
3. Приміщення мийки і нарізання	6	7	3	0,3	0,8	1,9	1,65	3,14	2	2	3,5	1,75
4. Електрощитова	6	3	3	0,3	0,5	2,2	1,65	3,63	1	1	3	1,5
5. Вентиляційна	8	6	3	0,3	0	2,7	1,65	4,46	2	1	6	3
6. Приміщення для вивантаження палет	9	6	3	0,3	0	2,7	1,65	4,46	2	1	6	3

Розрахуємо число і потужність джерел світла методом коефіцієнту використання світлового потоку освітлювальної установки. Даний метод застосовується при розрахунку загального рівномірного освітлення горизонтальної поверхні в приміщенні при відсутності великих предметів, що можуть давати затемнення і з урахуванням відбити від стіни і стелі світлових потоків [17].

Визначаємо індекс приміщення:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p (A + B)} \quad (3.9)$$

$$i = \frac{18 \times 24}{4.5 \times 42} = 2,28.$$

Розрахований світловий потік кожної лампи Φ_p розрахункової освітлювальної установки визначається за формулою:

$$\Phi_p = \frac{E_{min} k_3 S_z}{n_c N_\Sigma \eta} \quad (3.10)$$

де E_{min} - нормована освітленість, лк;

k_3 - коефіцієнт запасу;

S - площа освітлювального приміщення, м²;

z - коефіцієнт мінімальної освітленості (при розрахунку освітлення від світильника з лампами розжарювання, ДРЛ, ДРІ, ДНаТ $z = 1.15$, з люмінесцентними лампами $z = 1.1$, а для всіх світильників відбиваючого світла $z = 1.0$);

n_c - число ламп в світильнику, шт;

N_Σ - загальна кількість світильників в приміщенні, шт;

η - коефіцієнт використання світлового потоку в частках одиниці.

$$\Phi_p = \frac{20 \cdot 1,15 \cdot 432}{1 \cdot 12 \cdot 0,43} = 1925.$$

Вибираємо лампи Long Life Spiral 35Вт E27 2700К $\Phi_{л} = 2100$.

Перевіримо відхилення від розрахованого значення

$$0,9\Phi_p \leq \Phi_{л} \leq 1,2\Phi_p \quad (3.11)$$

$$1890 \text{ лм} < 2100 \text{ лм} < 2300 \text{ лм}.$$

Умова виконується. Вибираємо світильники РПП01 з лампами Long Life Spiral 35Вт E27 2700К

Визначимо усталену потужність:

$$P_\Sigma = P_n \times N \quad (3.12)$$

$$P_\Sigma = 35 \times 12 = 420 \text{ Вт}$$

Розрахуємо освітлення для тамбуру методом коефіцієнту використання. Визначимо індексу приміщення:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p(A + B)} = \frac{8 \times 6}{2,7 \times 14} = 1,27$$

Розрахунок світлового потоку кожної лампи

$$\Phi_p = \frac{50 \cdot 1,15 \cdot 48}{1 \cdot 2 \cdot 0,536} = 2574$$

Вибираємо лампи Long Life Spiral 45 Вт E27 2700К $\Phi_{л} = 2700$

Перевіримо відхилення від розрахункового значення

$$0,9\Phi_p \leq \Phi_l \leq 1,2\Phi_p$$

$$2430\text{лм} < 2700\text{ лм} < 3240\text{ лм}$$

Розраховуємо освітлення для приміщення для мийки і нарізання картоплі методом коефіцієнту використання.

Визначаємо індекс приміщення:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p(A + B)} = \frac{6 \times 6}{1,9 \times 12} = 1,58$$

Розраховуємо світловий потік кожної лампи

$$\Phi_p = \frac{150 \cdot 1,15 \cdot 48}{1 \cdot 4 \cdot 0,568} = 3644$$

Вибираємо лампи 4U 55Вт E27 4200К $\Phi_l=3150$

Перевіряємо відхилення від розрахункового значення

$$0,9\Phi_p \leq \Phi_l \leq 1,2\Phi_p$$

$$2835\text{ лм} < 3150\text{ лм} < 3780\text{лм}$$

Розраховується освітлення для вентиляційної камери методом коефіцієнту використання.

Визначаємо індекс приміщення:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p(A + B)} = \frac{8 \times 6}{2,2 \times 14} = 1,56$$

Розрахунковий світловий потік кожної лампи

$$\Phi_p = \frac{20 \cdot 1,15 \cdot 48}{1 \cdot 2 \cdot 0,317} = 1741$$

Вибираємо лампи 3U 30Вт E27 2700К $\Phi=1860$

Перевіримо відхилення від розрахункового значення

$$0,9\Phi_p \leq \Phi_l \leq 1,2\Phi_p$$

$$1674\text{ лм} < 1860\text{ лм} < 2232\text{ лм}$$

Розраховуються освітлення для приміщення для вивантаження палет методом коефіцієнту використання.

Визначаємо індекс приміщення

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p(A+B)} = \frac{9 \times 6}{2,7 \times 15} = 1,33$$

Розрахунковий світловий потік кожної лампи

$$\Phi_p = \frac{30 \cdot 1,15 \cdot 54}{1 \cdot 2 \cdot 0,394} = 2364$$

Вибираємо лампи Long Life Spiral 24Вт E27 2700К $\Phi=1320$

Перевіримо відхилення від розрахункового значення

$$0,9\Phi_p \leq \Phi_l \leq 1,2\Phi_p$$

$$1188 \text{ лм} < 1320 \text{ лм} < 1584 \text{ лм}$$

Розраховується освітлення для електрощитової точковим методом

$$d_1 = l_g - l_{щ} \quad (3.13)$$

де d_1 - відстань від щитка до світильника, м;

l_g - відстань від стіни до світильника, м;

$l_{щ}$ - товщина щитка, м;

$$d_1 = 3 - 0,4 = 2,6 \text{ м}$$

За кривими сили світла визначається умовна горизонтальна освітленість:

$$e_r = 24 \text{ лк}, (H_p = 3 \text{ м})$$

Горизонтальну освітленість перераховуємо по формулі:

$$e_B = e_r \frac{d_1}{H_p} \quad (3.14)$$

$$e_B = 24 \cdot \frac{2,6}{3} = 20,8 \text{ лк}$$

Світловий потік, що вимагається від джерела світла визначається з наступного виразу:

$$\Phi_p = \frac{1000 \cdot E_n \cdot k_3}{\mu \cdot e_B} \quad (3.15)$$

де E_n - нормована освітленість, лк;

k_3 - коефіцієнт запасу;

μ - коефіцієнт додаткової освітленості.

$$\Phi_p = \frac{1000 \cdot 50 \cdot 1,15}{1,1 \cdot 20,8} = 2513$$

Вибираємо лампу Long Life Spiral 45Вт E27 2700К $\Phi=2700$.

Приймаємо для живлення джерел світла у всіх приміщеннях систему живлення 380/220В. На групових лініях приймаємо однофазну трипровідну систему живлення (1ф+0+N), а на ділянці від ввідного ящика до освітлювального щитка - трифазну чотирипровідну систему (3ф+0).

З урахуванням вищевикладеного, приймаємо для освітлювальної проводки у всіх приміщеннях кабель ВВГнг.

Проводка виконується по стінах, траси повинні бути найкоротшими. Для подальших розрахунків складаємо спрощену розрахункову схему (рис. 3.1) освітлювальної мережі.

Проводку розміщуємо на висоті 1,5 м, вимикачі – 1,3 м. Спрощена розрахункова схема приведена на рис. 3.1.

Перетин провідників освітлювальної мережі повинні забезпечувати:

- достатню механічну стійкість;
- проходження струму навантаження без перегріву понад допустиму температуру;
- необхідний рівень напруги у джерела світла;
- спрацювання захисних апаратів при коротких замиканнях;

Достатня механічна міцність необхідна, щоб під час експлуатації і монтажу не було понаднормових провисань і обривів проводів. Найменше допустиме сичення проводів по механічній міцності складають: для мідних проводів 1 мм^2 , для алюмінієвих проводів 2 мм^2 . [18]

При тросовому прокладанні провідників в залежності від навантаження сталеві троси варто приймати діаметром 1.95...6.5 мм; катанку - діаметром 5.5...8.0 мм.

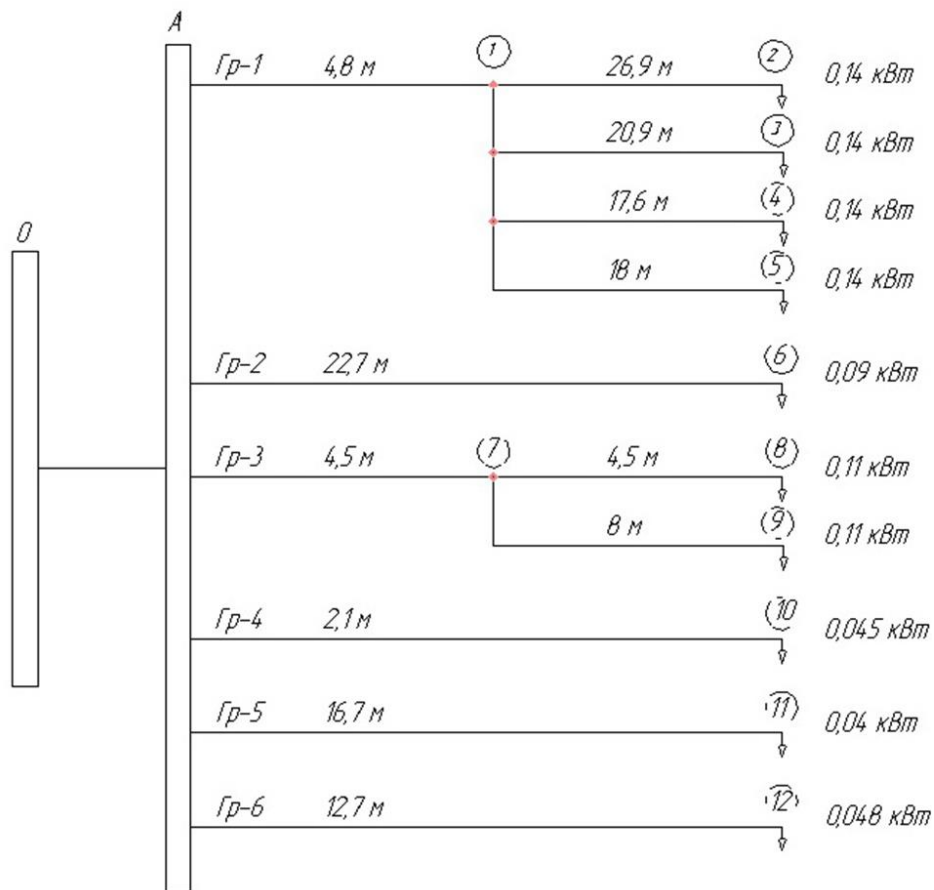


Рисунок 3.1 - Спрощена розрахункова схема освітлювальної мережі

Найважливішою умовою при проектуванні освітлювальних мереж є забезпечення у лампи необхідного рівня напруження. Для цих цілей виконується розрахунок мережі по втраті напруги. Допускається втрата напруги в освітлювальній мережі 2.5%. Відповідно до цього визначається попереднє значення перерізу на ділянці розподільчої мережі:

$$S = \frac{\Sigma M + \Sigma \alpha m}{\Delta U \cdot C}, \quad (3.16)$$

де ΣM - сума моментів на ділянці розподільчої мережі і ділянках з такою ж кількістю проводів, які споживаються від ділянки розподільчої мережі, $\text{кВт} \cdot \text{м}$;

m - моменти на ділянці мережі, на яких кількість проводів відрізняється від вілянки розподільчої мережі, $\text{кВт} \cdot \text{м}$;

α - поправочний коефіцієнт $\alpha=1.85$;

C - коефіцієнт, який враховує матеріал жили проводу або кабеля, систему живлення і рівень навантаження.

Момент на i -тій ділянці розраховується за формулою:

$$M_i = P_i l_i \quad (3.17)$$

де P_i - навантаження на i -тій ділянці;

l_i - довжина i -тої ділянки.

Розраховуємо моменти навантаження і заносимо їх в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 Розрахунок моментів навантаження на ділянку мережі

№ Ділянки	P, кВт	L, м	M, кВт·м
A-1	0,56	4,8	2,688
1-2	0,14	26,9	3,766
1-3	0,14	20,9	2,926
1-4	0,14	17,6	2,464
1-5	0,14	18	2,520
Мгр-1	-	-	14,364
A-6	0,09	22,7	2,043
Мгр-2	-	-	2,043
A-7	0,22	4,5	0,990
7-8	0,11	4,5	0,495
7-9	0,11	8	0,880
Мгр-3	-	-	2,365
A-10	0,045	2,1	0,095
Мгр-4	-	-	0,095
A-11	0,04	16,7	0,668
Мгр-5	-	-	0,668
A-12	0,048	12,7	0,609
Мгр-6	-	-	0,609
0-A	-	-	0,025

Розрахунок попереднього перерізу провідника на ділянці 0-A:

$$S' = \frac{4.514 + 1,85 \cdot 20,144}{44 \cdot 2,5} = 0,37 \text{ мм}^2$$

Приймаємо $S_{0-A} = 1,5 \text{ мм}^2$.

Втрати напруги на i -тій ділянці визначається за формулою:

$$\Delta U_i = \frac{M_i}{C_i S_i} \quad (3.18)$$

Тоді, втрати напруги на ділянці 0-A складуть:

$$\Delta U_{O-A} = \frac{M_{A-1}}{CS_{A-1}} = \frac{4,514}{44 \cdot 1,5} = 0,068\%$$

Величина залишкових втрат в груповій мережі складає

$$U_{ocm} = \Delta U_{\partial on} - \Delta U_{O-A} \quad (3.19)$$

$$U_{ocm} = 2,5 - 0,068 = 2,43\%$$

Визначаємо січення головних ділянок групової мережі по формулі:

$$S_i = \frac{M_i}{C_i \Delta U_{ocm}} \quad (3.20)$$

Визначимо розрахункове значення площі перетину кабелю для найбільш навантаженої групи номер 1:

$$S'_{4poz} = \frac{14,36}{12 \cdot 2,5} = 0,48 \text{ мм}^2$$

Приймаємо $S_{1poz} = 1,5 \text{ мм}^2$.

Оскільки інші групи менш навантажені, також приймаємо $S = 1,5 \text{ мм}^2$.

Проведемо розрахунки для інших ділянок і зведемо результати в табл. 3.6.

Таблиця 3.6 - Розрахунок січення кабелів по ділянках і втрати напруги на ділянках освітлювальної мережі

Ділянка	Довжин а ділянки, l, м	Навантаження Ділянки, P, кВт	Момент навантажен ня, M, кВт· м	Коефіцієнт який залежить від напруги мережі, C	S, мм ²	ΔU_0 , %
A-1	0,56	4,8	2,69	12	1,5	0,149
1-2	0,14	26,9	3,77	12	1,5	0,209
1-3	0,14	20,9	2,93	12	1,5	0,163
1-4	0,14	17,6	2,46	12	1,5	0,137
1-5	0,14	18	2,52	12	1,5	0,140
A-6	0,09	22,7	2,04	12	1,5	0,114
A-7	0,22	4,5	0,99	12	1,5	0,055
7-8	0,11	4,5	0,49	12	1,5	0,028
7-9	0,11	8,0	0,88	12	1,5	0,049
A-10	0,05	2,1	0,09	12	1,5	0,005
A-11	0,04	16,7	0,67	12	1,5	0,037
A-12	0,05	12,7	0,61	12	1,5	0,034

З табл. 2.6 видно, що максимальні втрати напруги на ділянці складають $\Delta U_{\max} = 0.21\%$, що менше допустимого значення 2.5%, тобто вибір перетину кабелю виконано вірно.

Перевірка виконується за двома умовами:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{роз}}, \quad (3.21)$$

$$I_{\text{доп}} \geq k_{\text{за}} \cdot I_{\text{за}}, \quad (3.22)$$

де $I_{\text{роз}}$ - розрахунковий струм на ділянці, А;

$I_{\text{за}}$ - струм захисного апарату, А;

$k_{\text{за}}$ - коефіцієнт апаратного захисту

Для трифазної мережі розрахунковий струм на ділянці визначається за формулою:

$$I_{\text{роз}} = \frac{P}{\sqrt{3}U_{\text{л}} \cos \phi} \quad (3.23)$$

Для однофазної мережі струм ділянки рівний:

$$I_{\text{роз}} = \frac{P}{U_{\text{л}} \cos \phi} \quad (3.24)$$

Коефіцієнт потужності КЛЛ $\cos \phi_{\text{КЛЛ}} = 1$.

Розрахунки зведемо в табл. 3.7.

Таблиця 3.7 Перевірка вибраного сичення проводів і кабелів за тривалим допустимим струмом і вибір вставок теплових роз'єднувачів

Ділянка мережі	P, Вт	cosφ	I _{роз} , А	k	k·I _{роз} , А	I _{ном. роз} , А	k _{за}	Марка кабелю	I _{доп.} , А
О-А	1003	1	1,6	1	1,6	2,0	0,8	ВВГнг 4×1,5	22
1гр	560	1	0,9	1	0,9	1,0	0,8	ВВГнг 3×1,5	19
2гр	90	1	0,1	1	0,1	0,3	0,8	ВВГнг 3×1,5	19
3гр	220	1	0,3	1	0,3	0,4	0,8	ВВГнг 3×1,5	19
4гр	45	1	0,1	1	0,1	0,3	0,8	ВВГнг 3×1,5	19
5гр	40	1	0,1	1	0,1	0,3	0,8	ВВГнг 3×1,5	19
6гр	48	1	0,1	1	0,1	0,3	0,8	ВВГнг 3×1,5	19

З таблиці видно, що умови виконуються для всіх ділянок освітлювальної мережі [18].

3.2 Вибір магнітних пускатів і теплових реле

Магнітні пускаті вибираються за наступними умовами:

$$U_{н.а} \geq U_{н.у}; I_{н.а} \geq I_{н.у}; I_{н.тр} \geq I_{р.у} \quad (3.25)$$

Споживач М6:

$U_{н.у}=380\text{В}$, $I_{н.у}=0.96\text{А}$, $I_{р.у}=0.73\text{А}$.

Вибираємо магнітний пускач типу КМЕ0910: $U_{н.а}=660$, $I_{н.а}=9\text{А}$

Вибираємо теплове реле типу РТЕ-1314: $U_{н.а}=660$, $I_{н.т}=9...13\text{А}$

Перевірка:

$$U_{н.а}=660 \geq U_{н.у}=380\text{В};$$

$$I_{н.а}=9 \geq I_{н.у}=0.96\text{А};$$

$$I_{н.т}=13 \geq I_{р.у}=0.73\text{А};$$

Споживач М8:

$U_{н.у}=380\text{В}$, $I_{н.у}=0.96\text{А}$, $I_{р.у}=0.73\text{А}$.

Вибираємо магнітний пускач типу КМЕ0910: $U_{н.а}=660$, $I_{н.а}=9\text{А}$

Вибираємо теплове реле типу РТЕ-1314: $U_{н.а}=660$, $I_{н.т}=9...13\text{А}$

Перевірка:

$$U_{н.а}=660 \geq U_{н.у}=380\text{В};$$

$$I_{н.а}=9 \geq I_{н.у}=0.96\text{А};$$

$$I_{н.т}=13 \geq I_{р.у}=0.73\text{А}$$

Споживач М9:

$U_{н.у}=380\text{В}$, $I_{н.у}=31.7\text{А}$, $I_{р.у}=28.7\text{А}$.

Вибираємо магнітний пускач типу КМЕ4011: $U_{н.а}=660$, $I_{н.а}=40\text{А}$

Вибираємо теплове реле типу РТЕ-2355: $U_{н.а}=660$, $I_{н.т}=23...55\text{А}$

Перевірка:

$$U_{н.а}=660 \geq U_{н.у}=380\text{В};$$

$$I_{н.а}=40 \geq I_{н.у}=28,7\text{А};$$

$$I_{н.тр}=55 \geq I_{р.у}=31,7\text{А};$$

Споживач М12:

$$U_{н.у.}=380В, I_{н.у.}=2,22А, I_{р.у.}=2,32А.$$

Вибираємо магнітний пускач типу КМЕ0910: $U_{н.а.}=660, I_{н.а.}=9А$

Вибираємо теплове реле типу РТЕ-1314: $U_{н.а.}=660, I_{н.т.}=9...13А$

Перевірка:

$$U_{н.а.}=660 \geq U_{н.у.}=380В;$$

$$I_{н.а.}=9 \geq I_{н.у.}=2,22А;$$

$$I_{н.т.}=13 \geq I_{р.у.}=2,32А;$$

Споживач М13:

$$U_{н.у.}=380В, I_{н.у.}=3,52А, I_{р.у.}=3,52А.$$

Вибираємо магнітний пускач КМЕ0910: $U_{н.а.}=660, I_{н.а.}=9А$

Вибираємо теплове реле типу РТЕ-1314: $U_{н.а.}=660, I_{н.т.}=9...13А$

Перевірка:

$$U_{н.а.}=660 \geq U_{н.у.}=380В;$$

$$I_{н.а.}=9 \geq I_{н.у.}=3,52А;$$

$$I_{н.т.}=13 \geq I_{р.у.}=3,52А;$$

Споживач М14:

$$U_{н.у.}=380В, I_{н.у.}=17,8А, I_{р.у.}=17,8А.$$

Вибираємо магнітний пускач типу КМЕ2510: $U_{н.а.}=660, I_{н.а.}=25А$

Вибираємо теплове реле типу РТЕ-1322: $U_{н.а.}=660, I_{н.т.}=13...22А$

Перевірка:

$$U_{н.а.}=660 \geq U_{н.у.}=380В;$$

$$I_{н.а.}=22 \geq I_{н.у.}=17,8А;$$

$$I_{н.т.}=25 \geq I_{р.у.}=17,8А;$$

Споживач М15:

$$U_{н.у.}=380В, I_{н.у.}=9,8А, I_{р.у.}=9,8А.$$

Вибираємо магнітний пускач типу КМЕ2510: $U_{н.а.}=660, I_{н.а.}=25А$

Вибираємо теплове реле типу РТЕ-1322: $U_{н.а.}=660, I_{н.т.}=13...22А$

Перевірка:

$$U_{н.а.}=660 \geq U_{н.у.}=380В;$$

$$I_{н.а.}=22 \geq I_{н.у.}=17,8А;$$

$$I_{н.тр.}=25 \geq I_{р.у.}=17,8А;$$

Аналогічним чином розрахуємо інші пускачі і теплові реле, а отримані дані зводимо в табл. 3.8.

Таблицю 3.8 - Результати вибору магнітних пускачів

Позначення	I_p , А	Тип пускача	I_a , А	Тип теплового реле
КМ 1	15,35	КМЕ1810	25	РТЕ1321
КМ 2	0,96	КМЕ0910	10	РТЕ1314
КМ 3	15,35	КМЕ1810	25	РТЕ1321
КМ 4	0,96	КМЕ0910	10	РТЕ1314
КМ 5	15,35	КМЕ1810	25	РТЕ1321
КМ 6	0,96	КМЕ0910	10	РТЕ1314
КМ 7	15,35	КМЕ1810	25	РТЕ1321
КМ 8	0,96	КМЕ0910	10	РТЕ1314
КМ 9	31,71	КМЕ4011	40	РТЕ2355
КМ 10	31,71	КМЕ4011	40	РТЕ2355
КМ 11	9,09	КМЕ1810	16	РТЕ1321
КМ 12	2,22	КМЕ0910	10	РТЕ1314
КМ 13	3,52	КМЕ0910	10	РТЕ1314
КМ 14	17,77	КМЕ2510	25	РТЕ1322
КМ 15	17,77	КМЕ2510	25	РТЕ1322
КМ 16	4,43	КМЕ0910	10	РТЕ1314
КМ 17	4,43	КМЕ0910	10	РТЕ1314
КМ 18	9,83	КМЕ1210	16	РТЕ1316
КМ 19	9,83	КМЕ1210	16	РТЕ1316

З таблиці видно, що всі умови для магнітних пускачів виконуються.[19, 20, 21]

3.3 Вибір автоматичних вимикачів

В якості захисних апаратів від короткого замикання застосовуються автоматичні вимикачі і запобіжники.

Вибір автоматичних вимикачів проводиться за умовами:

$$\begin{aligned} U_{н.а.} &\geq U_{н.у.}; \\ I_{н.а.} &\geq I_{р.у.}; \\ I_{н.роз} &\geq I_{р.у.}; \\ I_{н.св} &\geq k_n I_{max}; \end{aligned} \quad (3.26)$$

де $I_{н.роз}$ і $I_{н.св}$ - номінальне значення струму розмикача автоматичного вимикача і спрацювання відсічки, А;

k_n - коефіцієнт надійності;

I_{max} - максимальний струм в мережі, який живить споживача, А.

$$I_{max} = I_{п\ нб} + \sum I_{нi} \quad (3.27)$$

де $I_{п\ нб}$ - пусковий струм електродвигуна найбільшої потужності в групі електродвигунів, А;

$\sum I_{нi}$ - сума номінальних струмів електродвигунів, працюючих одночасно в момент вмикання електродвигуна найбільшої потужності, А.

Споживач М1:

$$U_{н.у.} = 380\text{В}, I_{р.у.} = 15,3\text{А}, k_n = 2,1.$$

Вибираємо автоматичний вимикач типу АВ 51Г25:

$$U_{н.а.} = 415\text{В}, I_{н.роз} = 25\text{А}, I_{н.а.} = 280\text{А}$$

Перевірка:

$$U_{н.а.} = 415 \geq U_{н.у.} = 380\text{В};$$

$$I_{н.а.} = 280 \geq I_{р.у.} = 15,3\text{А};$$

$$I_{н.роз} = 25 \geq I_{р.у.} = 15,3\text{А};$$

$$I_{н.с.о.} = k_{с.о.} \cdot I_{н.роз} = 20 \cdot 10 = 200 \geq k_n \cdot I_{max} = 2 \cdot 51,7 = 103,4 \text{ А}.$$

Аналогічним чином розраховуємо вимикачі для інших потреб, а результати розрахунків зводимо в табл. 3.9.

Таблиця 3.9 - Результати вибору автоматичних вимикачів

Ділянка мережі	I_p, A	$I_{пик}, A$	K_H	$K_H I_{пик}, A$	Позначення	Тип	$I_{на}, A$	I_R, A	I_i/I_R	I_i, A
1н2	15,3	-	2,1	-	QF1	AB51Г25	25	20	14	280
2н2	0,96	4,13	2,1	8,68	QF2	AB51Г25	25	1	14	14
3н2	15,3	-	2,1	-	QF3	AB51Г25	25	20	14	280
4н2	0,96	4,13	2,1	8,68	QF4	AB51Г25	25	1	14	14
5н2	15,3	-	2,1	-	QF5	AB51Г25	25	20	14	280
6н2	0,96	4,13	2,1	8,68	QF6	AB51Г25	25	1	14	14
7н2	15,3	-	2,1	-	QF7	AB51Г25	25	20	14	280
8н2	0,96	4,13	2,1	8,68	QF8	AB51Г25	25	1	14	14
9н2	31,7	-	2,1	-	QF9	AB51Г31	25	40	14	560
10н2	31,7	-	2,1	-	QF10	AB51Г31	25	40	14	560
11н2	23,4	-	2,1	-	QF11	AB51Г25	25	25	14	350
12н2	4,46	-	2,1	-	QF12	AB51Г25	25	5	14	70
13н2	9,09	97,67	2,1	205,11	QF13	AB51Г25	25	10	14	140
14н2	2,22	24,61	2,1	51,68	QF14	AB51Г25	25	3,15	14	44,1
15н2	3,52	25,07	2,1	52,65	QF15	AB51Г25	25	4	14	56
16н2	17,8	141,6 3	2,1	297,43	QF16	AB51Г25	25	20	14	280
17н2	17,8	141,6 3	2,1	297,43	QF17	AB51Г25	25	20	14	280
18н2	4,43	24,61	2,1	51,68	QF18	AB51Г25	25	5	14	70
19н2	4,43	24,61	2,1	51,68	QF19	AB51Г25	25	5	14	70
20н2	9,83	68,82	2,1	144,52	QF20	AB51Г25	25	12,5	14	175
21н2	9,83	68,82	2,1	144,52	QF21	AB51Г25	25	12,5	14	175
22н1	16,3	-	2,1	-	QF22	AB51Г25	25	20	14	280
23н1	16,3	-	2,1	-	QF23	AB51Г25	25	20	14	280
24н1	16,3	-	2,1	-	QF24	AB51Г25	25	20	14	280
25н1	16,3	-	2,1	-	QF25	AB51Г25	25	20	14	280

Продовження таблиці 3.9

26н1	63,4	-	2,1	-	QF26	AB51Г31	100	80	14	1120
27н1	14,8	-	2,1	-	QF27	AB51Г25	25	16	14	224
28н1	35,5	-	2,1	-	QF28	AB51Г25	100	40	14	560
29н1	8,87	-	2,1	-	QF29	AB51Г25	25	10	14	140
30н1	19,7	-	2,1	-	QF30	AB51Г25	25	25	14	350
31н1	2,27	2,27	2,1	4,767	QF31	AB51Г25	25	2,5	14	35

Вибрані пускачі, приведені в табл. 3.9, є доцільними для цієї мережі [22, 23].

3.4 Розрахунок площі перетину кабелю

Площу перетину провідників вибирають:

- за механічною міцністю;
- за умовами теплового нагрівання;
- за умовами погодження із захисними апаратами;
- за втратами напруги;
- за термічною стійкістю до струмів короткого замикання.

Проводи і кабелі внутрішньої електричної мережі напругою до 1000 В повинні бути обрані таким чином, щоб температура проводу при тривалому протіканні робочого струму навантаження не перевищувала гранично допустиму (для проводів і кабелів з гумовою, поліхлорвініловою та пластмасовою ізоляцією $t_d = +65^\circ\text{C}$, для кабелів з паперовою ізоляцією напругою до 3кВ $t_d = +80^\circ\text{C}$). Переріз провідника також повинен бути погоджений із захисними апаратами, щоб при протіканні по провіднику струму, який нагріває його вище допустимої температури, провідник був відключений захисним апаратом (плавким запобіжником, автоматичним вимикачем тощо),

Відповідно перетини проводів і кабелів вибирають:

- за допустимим розрахунковим струмом нагрівання:

$$I_{ДДП} \geq \frac{I_p}{k_{прокл} \cdot k_t} \quad (3.28)$$

- за умовами захисту січення проводу або кабелю апаратів захисту:

$$I_{\text{ДДП}} \geq \frac{k_3 \cdot I_{3,a}}{k_{\text{прокл}} \cdot k_t} \quad (3.29)$$

де $I_{\text{д}}$ - довготривалий допустимий струм на провідник або кабель;

$I_{\text{р}}$ - розрахунковий струм навантаження, А;

$I_{3,a}$ - струм захисного апарату, А;

$k_{\text{прокл}}$ - поправочний коефіцієнт на число кабелів які лежать поряд;

k_t - поправочний коефіцієнт на фактичну температуру середовища;

k_3 - коефіцієнт захисту.

Результати отриманих розрахунків зведемо в табл. 3.10.

Таблиця 3.10 - Зведені данні розрахунку площі перетину кабелю

Ділянка мережі	$I_{\text{р}}, \text{А}$	Захисний апарат	$I_{3,a}, \text{А}$	k_3	$k_3 I_{3,a}, \text{А}$	$k_{\text{прокл}}$	k_t	$\frac{I_{\text{р}}}{k_{\text{прокл}} \cdot k_t}$	$\frac{k_3 I_{3,a}}{k_{\text{прокл}} \cdot k_t}$ $\frac{k_{\text{с}} I_{\text{с}à}}{k_{\text{і}ò} \cdot k_t}$
1н2	15,35	QF1	20	0,8	16	1	1,075	14,28	14,88
2н2	0,96	QF2	1	0,8	0,8	1	1,075	0,89	0,744
3н2	15,35	QF3	20	0,8	16	1	1,075	14,28	14,88
4н2	0,96	QF4	1	0,8	0,8	1	1,075	0,89	0,744
5н2	15,35	QF5	20	0,8	16	1	1,075	14,28	14,88
6н2	0,96	QF6	1	0,8	0,8	1	1,075	0,89	0,744
7н2	15,35	QF7	20	0,8	16	1	1,075	14,28	14,88
8н2	0,96	QF8	1	0,8	0,8	1	1,075	0,89	0,744
9н2	31,71	QF9	40	0,8	32	1	1,075	29,49	29,77
10н2	31,71	QF10	40	0,8	32	1	1,075	29,49	29,77
11н2	23,42	QF11	25	0,8	20	1	1,075	21,79	18,61
12н2	4,46	QF12	5	0,8	4	1	1,075	4,15	3,72
13н2	9,09	QF13	10	0,8	8	1	1,075	8,45	7,44

Продовження таблиці 3.10

14н2	2,22	QF14	3,15	0,8	2,52	1	1,075	2,06	2,34
15н2	3,52	QF15	4	0,8	3,2	1	1,075	3,28	2,98
16н2	17,77	QF16	20	0,8	16	1	1,075	16,53	14,88
17н2	17,77	QF17	20	0,8	16	1	1,075	16,53	14,88
18н2	4,43	QF18	5	0,8	4	1	1,075	4,12	3,72
19н2	4,43	QF19	5	0,8	4	1	1,075	4,12	3,72
20н2	9,83	QF20	12,5	0,8	10	1	1,075	9,15	9,30
21н2	9,83	QF21	12,5	0,8	10	1	1,075	9,145	9,30
22н1	16,31	QF23	20	0,8	16	1	1,075	15,17	14,88
23н1	16,31	QF24	20	0,8	16	1	1,075	15,17	14,88
24н1	16,31	QF25	20	0,8	16	1	1,075	15,17	14,88
25н1	16,31	QF26	20	0,8	16	1	1,075	15,17	14,88
26н1	63,41	QF27	80	0,8	64	1	1,075	58,99	59,54
27н1	14,83	QF29	16	0,8	12,8	1	1,075	13,79	11,91
28н1	35,55	QF30	40	0,8	32	1	1,075	33,07	29,77
29н1	8,87	QF31	10	0,8	8	1	1,075	8,25	7,44
30н1	19,66	QF32	25	0,8	20	1	1,075	18,29	18,61
31н1	2,27	QF34	2,5	0,8	2	1	1,075	2,11	1,86

Вибрані проводи перевіряються за втратами напруги. Втрати напруги у внутрішній силовій мережі розраховуємо за формулою:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot (r_0 \cdot \cos \phi + x_0 \cdot \sin \phi) \quad (3.30)$$

де l - довжина лінії, км;

r_0, x_0 - питомий активний і реактивний опір провідників, Ом/км.

$$\Delta U \% = \frac{\Delta U}{U_H} \cdot 100\% \quad (3.31)$$

Отримані результати розрахунків втрат напруги на ділянках мережі заносимо в табл. 3.11.

Таблиця 3.11 Результати розрахунків втрат напруги

Ділянка мережі	P_p , кВт	Q_p , кВАр	l , м	r_0 , Ом/км	r , Ом	x_0 Ом/км	x , Ом	ΔU_i , %
1н2	10,000	0,000	4	14,896	0,060	0,113	0,00045	0,413
2н2	0,435	0,457	4	14,896	0,060	0,113	0,00045	0,018
3н2	10,000	0,000	4	14,896	0,060	0,113	0,00045	0,413
4н2	0,435	0,457	4	14,896	0,060	0,113	0,00045	0,018
5н2	10,000	0,000	4	14,896	0,060	0,113	0,00045	0,413
6н2	0,435	0,457	4	14,896	0,060	0,113	0,00045	0,018
7н2	10,000	0,000	4	14,896	0,060	0,113	0,00045	0,413
8н2	0,435	0,457	4	14,896	0,060	0,113	0,00045	0,018
9н2	10,434	0,000	4	5,600	0,022	0,095	0,00038	0,162
10н2	10,434	0,000	4	5,600	0,022	0,095	0,00038	0,162
11н2	7,708	0,000	4	14,896	0,060	0,095	0,00038	0,318
12н2	1,467	0,000	4	14,896	0,060	0,113	0,00045	0,061
13н2	5,143	3,052	4	14,896	0,060	0,113	0,00045	0,213
14н2	1,080	0,981	4	14,896	0,060	0,113	0,00045	0,045
15н2	1,925	1,294	4	14,896	0,060	0,113	0,00045	0,080
16н2	9,944	6,162	4	14,896	0,060	0,113	0,00045	0,412
17н2	9,944	6,162	4	14,896	0,060	0,113	0,00045	0,412
18н2	2,160	1,963	4	14,896	0,060	0,113	0,00045	0,090
19н2	2,160	1,963	4	14,896	0,060	0,113	0,00045	0,090
20н2	5,176	3,882	4	14,896	0,060	0,113	0,00045	0,215
21н2	5,176	3,882	4	14,896	0,060	0,113	0,00045	0,215
22н1	10,435	0,457	17	14,896	0,247	0,113	0,00188	1,788
23н1	10,435	0,457	12	14,896	0,179	0,113	0,00136	1,292
24н1	10,435	0,457	7	14,896	0,104	0,113	0,00079	0,754
25н1	10,435	0,457	7	14,896	0,104	0,113	0,00079	0,754
26н1	20,869	0,000	10	2,000	0,013	0,081	0,00053	0,188
27н1	8,148	5,327	4	14,896	0,060	0,113	0,00045	0,338
28н1	19,887	12,325	14	5,600	0,078	0,095	0,00133	1,091
29н1	4,319	3,926	26	14,896	0,387	0,113	0,00294	1,166
30н1	0,200	0,000	10	14,896	0,149	0,113	0,00113	0,021
31н1	0,863	1,863	3	14,896	0,045	0,113	0,00034	0,027

З таблиці 3.11 видно, що втрати напруги на ділянці мережі не перевищують допустимих значень.

3.5 Вибір проводів і кабелів силової мережі

Кабелі силової мережі вибираємо, виходячи з площі перетину кабелю.

Прийmemo всі кабелі типу ВВГнг. Так як основне навантаження - трифазна мережа з глухо заземленою нейтраллю, то кількість проводів в кабелі рівне трьом, а там де необхідне заземлення - чотирьом.

Данні про вибір провідників зводимо в табл. 3.12.

Таблиця 3.12 Типи кабелів на ділянці мережі

Ділянка мережі	I_p, A	Захисний апарат	I_{3a}, A	k_3	$k_3 I_{3a}, A$	$k_{прок}, л$	k_t	$\frac{I_p}{k_{np} \cdot k_t}$	$\frac{I_p}{k_{np} \cdot k_t}$	$\frac{k_3 I_{3a}}{k_{np} \cdot k_t}$	Кабель		
											тип	К-сть жил і січення	$I_{дп}, A$
1н2	15,35	QF1	20	0,8	16	1	1,075	14,28	14,88	ВВГнг	4х1,5	21	
2н2	0,96	QF2	1	0,8	0,8	1	1,075	0,89	0,744	ВВГнг	4х1,5	21	
3н2	15,35	QF3	20	0,8	16	1	1,075	14,28	14,88	ВВГнг	4х1,5	21	
4н2	0,96	QF4	1	0,8	0,8	1	1,075	0,89	0,744	ВВГнг	4х1,5	21	
5н2	15,35	QF5	20	0,8	16	1	1,075	14,28	14,88	ВВГнг	4х1,5	21	
6н2	0,96	QF6	1	0,8	0,8	1	1,075	0,89	0,744	ВВГнг	4х1,5	21	
7н2	15,35	QF7	20	0,8	16	1	1,075	14,28	14,88	ВВГнг	4х1,5	21	
8н2	0,96	QF8	1	0,8	0,8	1	1,075	0,89	0,744	ВВГнг	4х1,5	21	
9н2	31,71	QF9	40	0,8	32	1	1,075	29,49	29,77	ВВГнг	4х4	37	
10н2	31,71	QF10	40	0,8	32	1	1,075	29,49	29,77	ВВГнг	4х4	37	
11н2	23,42	QF11	25	0,8	20	1	1,075	21,79	18,61	ВВГнг	4х1,5	21	
12н2	4,46	QF12	5	0,8	4	1	1,075	4,15	3,72	ВВГнг	4х1,5	21	
13н2	9,09	QF13	10	0,8	8	1	1,075	8,45	7,44	ВВГнг	4х1,5	21	
14н2	2,22	QF14	3,15	0,8	2,52	1	1,075	2,06	2,34	ВВГнг	4х1,5	21	
15н2	3,52	QF15	4	0,8	3,2	1	1,075	3,28	2,98	ВВГнг	4х1,5	21	
16н2	17,77	QF16	20	0,8	16	1	1,075	16,53	14,88	ВВГнг	4х1,5	21	
17н2	17,77	QF17	20	0,8	16	1	1,075	16,53	14,88	ВВГнг	4х1,5	21	
18н2	4,43	QF18	5	0,8	4	1	1,075	4,12	3,72	ВВГнг	4х1,5	21	

Продовження таблиці 3.12

19н2	4,43	QF19	5	0,8	4	1	1,075	4,12	3,72	ВВГнг	4х1,5	21
20н2	9,83	QF20	12,5	0,8	10	1	1,075	9,15	9,30	ВВГнг	4х1,5	21
21н2	9,83	QF21	12,5	0,8	10	1	1,075	9,145	9,30	ВВГнг	4х1,5	21
22н1	16,31	QF23	20	0,8	16	1	1,075	15,17	14,88	ВВГнг	5х1,5	19
23н1	16,31	QF24	20	0,8	16	1	1,075	15,17	14,88	ВВГнг	5х1,5	19
24н1	16,31	QF25	20	0,8	16	1	1,075	15,17	14,88	ВВГнг	5х1,5	19
25н1	16,31	QF26	20	0,8	16	1	1,075	15,17	14,88	ВВГнг	5х1,5	19
26н1	63,41	QF27	80	0,8	64	1	1,075	58,99	59,54	ВВГнг	5х10	61
27н1	14,83	QF29	16	0,8	12,8	1	1,075	13,79	11,91	ВВГнг	5х1,5	19
28н1	35,55	QF30	40	0,8	32	1	1,075	33,07	29,77	ВВГнг	5х4	34
29н1	8,87	QF31	10	0,8	8	1	1,075	8,25	7,44	ВВГнг	5х1,5	19
30н1	19,66	QF32	25	0,8	20	1	1,075	18,29	18,61	ВВГнг	5х1,5	19
31н1	2,27	QF34	2,5	0,8	2	1	1,075	2,11	1,86	ВВГнг	5х1,5	19

Таким чином, вибрані типи кабелів і також їх перерізи є задовільними, базуючись на типовому об'єкті дослідження [24].

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Охорона праці та техніка безпеки при виконанні робіт з обслуговуванням діючих електроустановок

Електрообладнання та електроустановки при використанні та зберіганні піддаються впливу різних експлуатаційних факторів, в результаті чого зношуються і старіють. Через зношеність і старіння збільшується небезпека появи відмов, що призводять до порушення працездатності виробу. Зазвичай виникнення відмови передуює поява несправностей, обумовлених зміною характеристик пристрою, відхиленням від нормальних режимів їх використання.

Безперебійність електропостачання споживачів досягається впровадженням різних схем автоматики та електромеханіки. У силу цього значно підвищуються вимоги до кваліфікації працівників міських електромереж. Одним з основних елементів цих мереж є підстанції. У процесі виробничого навчання учні - майбутні інженери-електрики та електромонтери - повинні міцно засвоїти широке коло спеціальних питань:

- призначення різних об'єктів будівництва;
- шляхи і засоби механізації і індустріалізації виробництва електромонтажних робіт;
- конструкцію і принцип роботи верстатів, апаратів, машин, інструментів і пристосувань, що використовуються електромонтером;
- властивості і застосування основних електротехнічних і будівельних матеріалів;
- основну проектну документацію, електротехнічні креслення і схеми;
- організацію робочого місця, техніку безпеки і першу допомогу, виробничу санітарію і протипожежні заходи;

- основи економіки організації і планування будівництва і виробництва електромонтажних робіт.

Крім того, вони повинні придбати основні професійні навички:

- правильно виконувати основні технологічні операції при спорудженні електричних мереж, монтажі електрообладнання та апаратури;

- виконувати необхідний ремонт, наладку і регулювання електроустановок напругою до 1 кВ (і вище);

- вибирати необхідні для монтажу і ремонту матеріали і вироби, проводити розрахунки і складати схеми нескладних електроустановок.

Техніка безпеки. Роботи в діючих електроустановках повинні виконуватися відповідно до міжгалузевими правил з охорони праці (правила безпеки) при експлуатації електроустановок споживачів (Міжгалузеві ПОТ (ПБ)).

Ремонт електроустаткування виконують за нарядом з повним відключенням напруги та накладанням заземлення.

Ремонтна бригада складається не менше ніж з двох електрослюсарів, один з яких (виконавець робіт) повинен мати IV кваліфікаційну групу з техніки безпеки, а другий - не нижче II групи.

До початку робіт роблять всебічне відключення електроустаткування, що підлягає ремонту, і в місцях, звідки може бути подана напруга, вивішують забороняють плакати.

Перед початком робіт перевіряють відсутність напруги, і устаткування заземлюють включенням стаціонарних роз'єднувачів заземлення або переносного, на місці робіт вивішують плакати «Заземлено» і «Працювати тут». Після закінчення робіт видаляють людей, знімають плакати, заземлення і виробляють включення.

Роботи переносним інструментом. Ремонтно-монтажні роботи в електроустановках доводиться вести в умовах заземлених металевих конструкцій, струмопровідних підлог, значною вологості, що становить підвищену

небезпеку для працюючих. До роботи з електроінструментом допускаються особи, які пройшли виробниче навчання і мають II кваліфікаційну групу при експлуатації електроустановок споживачів.

Електроінструмент повинен швидко включатися в електромережу та відключатися від неї і мати недоступні для випадкового дотику струмоведучі частини. Напруга живлення електроінструменту має бути не вище 220 В при роботі в приміщеннях без підвищеної небезпеки і не вище 50 В у приміщеннях з підвищеною небезпекою і поза приміщеннями. Допускається застосовувати електроінструмент напругою до 220 В, але при надійному заземленні корпусу інструменту і наявності захисних засобів – діелектричних рукавичок, калош, килимків. В особливо небезпечних приміщеннях напруга має бути не вище 50 В з обов'язковим застосуванням захисних засобів. Перед початком роботи з електроінструментом необхідно застібнути рукави.

У електроінструменту і переносних світильників не рідше одного разу на місяць перевіряють мегомметром відсутність замикань на корпус, обриву заземлюючого проводу і стан ізоляції проводів.

Електрозварювальні роботи. При ремонті устаткування виникає необхідність проведення нескладних електрозварювальних робіт, таких, як ремонт контуру заземлення, монтаж сітчастих огорож і т. д. Недотримання спеціальних правил виконання електрозварювальних робіт може призвести до ураження електричним струмом, отриманню опіків від дуги і бризок розплавленого металу, впливу електричної дуги на очі, а так само виникнення пожежі.

Тому до зварювальних робіт допускаються особи, які пройшли спеціальне навчання і мають групу з техніки безпеки не нижче II [25].

4.2 Вимоги до працівників під час обслуговування електроустановок

Порядок навчання і перевірки знань працівників має бути відповідним галузевим положенням про навчання, інструктаж і перевірку знань працівників з питань охорони праці, узгодженого з Держнаглядом охорони праці, а також вимогам до електротехнічного розрахунку, які містяться в ПТЕ.

Первинний (під час прийняття на роботу) і періодичний (протягом трудової діяльності) медичний огляд працівників здійснюється згідно з Положенням про медичний огляд працівників певних категорій, затвердженим наказом Міністерства охорони здоров'я від 31.03.94 N45, зареєстрований в Міністерстві юстиції 21.06 .94 за N 136/345.

Працівники, які обслуговують електроустановки, зобов'язані знати ці правила відповідно до займаної посади чи роботою, яку вони виконують, і мати відповідну групу з електробезпеки згідно з такими вимогами:

1) для одержання групи I, незалежно від посади і професії, необхідно пройти інструктаж з електробезпеки під час роботи в даній електроустановці з оформленням в журналі реєстрації інструктажів з питань охорони праці.

Інструктаж з електробезпеки на I групу має здійснювати особа, відповідальна за електрогосподарство, або, за його письмовим розпорядженням, особа зі складу електротехнічних працівників з групою III.

Мінімальний стаж роботи в електроустановках і видання посвідчень працівникам з групою I не вимагаються;

2) особам молодше 18 років, не дозволяється присвоювати групу вище II;

3) для присвоєння чергової групи з електробезпеки необхідно мати мінімальний стаж роботи в електроустановках з попередньою групою, зазначеній у додатку 1 цих правил;

4) для одержання груп II-III працівники мають:

а) чітко усвідомлювати небезпеку, пов'язану з роботою в електроустановках;

б) знати і вміти застосовувати на практиці ці та інші правила безпеки в обсязі, потрібному для роботи, яка виконується;

в) знати будову і пристрій електроустановок;

г) уміти практично надавати першу допомогу постраждалим у разі нещасних випадків, в тому числі застосовувати способи штучного дихання і зовнішнього масажу серця;

5) для одержання груп IV-V додатково необхідно знати компонування електроустановок і уміти організувати безпечне проведення робіт, уміти навчити працівників інших груп правилам безпеки та надання першої допомоги потерпілим від електричного струму.

б) для одержання групи V необхідно також розуміти, чим викликані вимоги пунктів правил безпечної експлуатації електроустановок.

Працівникові, який пройшов перевірку знань правил, видається посвідчення, яке він зобов'язаний мати при собі під час роботи.

Посвідчення про перевірку знань працівника є документом, який засвідчує право на самостійну роботу в електроустановках на зазначеній посаді за фахом.

Посвідчення про перевірку знань видається працівникові комісією з перевірки знань підприємства, організації після перевірки знань і є дійсним тільки після внесення відповідних записів.

Під час виконання службових обов'язків працівник повинен мати з собою посвідчення про перевірку знань. За відсутності посвідчення, або за наявності посвідчення з простроченими термінами перевірки знань, працівник до роботи не допускається.

Посвідчення про перевірку знань підлягає заміні у випадку зміни посади або за відсутності місця для записів.

Посвідчення про перевірку знань вилучається у працівника комісією з перевірки знань в разі незадовільних знань, керівником структурного підрозділу - в разі закінчення терміну дії медичного огляду.

Забороняється допускати до роботи в електроустановках осіб, які не пройшли навчання та перевірку знань цих правил.

Ті працівники, зайняті виконанням спеціальних видів робіт, до яких висуваються додаткові вимоги безпеки, повинні бути навчені безпечному виконанню таких робіт і мати відповідний запис про це у посвідченні перевірки знань з питань охорони праці.

Перелік робіт з підвищеною небезпекою затверджується керівництвом підприємства.

Перевірка знань технології робіт (правила експлуатації, виробничі інструкції) може здійснюватися Держенергонаглядом окремо від перевірки знань з безпечної експлуатації електроустановок, в цьому випадку робиться окремий запис в журналі.

Забороняється допускати до роботи працівників з ознаками алкогольного або наркотичного сп'яніння, а також з явними ознаками захворювання.

Забороняється виконання розпоряджень та завдань, що суперечать вимогам цих правил. Кожен працівник особисто відповідає за свої дії в частині дотримання вимог цих правил.

У разі якщо працівник самостійно не в змозі вжити дієві заходи щодо усунення виявлених ним порушень правил, він зобов'язаний негайно повідомити про це безпосереднього керівника, а в разі його відсутності керівника вищого рівня.

У разі нещасних випадків з людьми зняття напруги для звільнення потерпілого від дії електричного струму має бути виконано негайно, без попереднього дозволу.

Працівники, які порушили вимоги цих правил, усуваються від роботи і несуть відповідальність (дисциплінарну, адміністративну, кримінальну) згідно з чинним законодавством [29, 30].

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи було виконано розрахунок електропостачання картоплесховища сільськогосподарського підприємства на основі типового підприємства. У ході роботи був проведений аналіз типових об'єктів. На їх основі був розроблений план картоплесховища, план освітлення картоплесховища, проведено розрахунок освітлення, силових навантажень, перетин кабелів. Також були обрані автоматичні вимикачі та теплові реле.

Після проведення розрахунків були отримані наступні результати:

1. Як освітлювальні пристрої були обрані компактні люмінесцентні лампи (КЛЛ), вид освітлення - робоче.
2. Вибрані магнітні пускачі КМЕ різних типів, а також теплові реле РТЕ.
3. Вибрані автоматичні вимикачі для захисту мережі від коротких замикань типу АВ51Г25 та АВ51Г31
4. Тип кабелів вибраний ВВГнг з $I_{дп} = 19...61$ А на різних ділянках мережі та кількості і січення жил.

З урахуванням вище перерахованих результатів, дана кваліфікаційна робота може використовуватися для фахівців у галузі агробізнесу та наукових співробітників.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Маліновський А.А., Хохулін Б.К. “Основи електропостачання”, Національний університет “Львівська політехніка”, 2005.
2. Маліновський А.А., Хохулін Б.К. “Основи електроенергетики та електропостачання”. Підручник - Львів. Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2007.
3. В.В. Принц, В.М. Цимбалістий Електричні мережі. Монтаж, обслуговування та ремонт Львів :Оріяна - Нова, 2003р
4. М.С. Сегеда “Електричні мережі та системи”. Підручник - Львів. Видавництво Національний університет
5. Зорін В.В., Штогрін Є.А., Буйний Р.О. Електричні мережі та
6. Системи: навчальний посібник для студентів вищ. техн. навч. закл.– Ніжин ТОВ “Видавництво”Аспект-поліграф”, 2011. – 248 с.
7. Кідиба В.П. Релейний захист електроенергетичних систем: Підручник. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2013. – 533 с. – ISBN
8. Релейний захист і автоматика в системах електропостачання [Текст] навч. посібник для студ.електротехнічних спец. вищ. навч. закладів України П.П.Говоров [та ін.] ; Харківська держ. академія міського господарства. — К. :[б.в.], 1996. — 228 с.
9. Буряк В. М. Експлуатація електрообладнання систем електропостачання [Текст] : навч. посіб. [для студ. електротехн. спец. вищ. навч. закл.] / В.М.Буряк. — 2-ге вид., переробл. та випр. — Х. : Тимченко, 2008.
10. Оробчук Б., Гудзь В. Компенсація реактивної потужності в системі електропостачання // Актуальні питання розвитку агропромислового комплексу. ВП НУБІП України «Бережанський агротехнічний інститут».- Бережани, 2016 р.
11. Ковальчук І.В.. Вибір головної схеми електричних з’єднань розподільчих пристроїв. /І.В. Ковальчук, Н.А. Куземко, І.М. Сисак// Матеріали XI міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів.

Актуальні задачі сучасних технологій – Тернопіль 7-8 грудня 2022. — Т : ТНТУ, 2022. – с.78-79.

12. Електродвигун АІР132М4 . Режим доступу:<http://surl.li/umewz>

13. Електродвигун АІР4АА63В. Режим доступу:<http://surl.li/umeys>

14. Механізація та електрифікація сільського господарства [Текст] : міжвідом. темат. наук. зб. / Укр. акад. аграр. наук; Нац. наук. центр "Інститут механізації та електрифікації сільського господарства"; редкол.: Я.С. Гуков (відп. ред.) та ін. - Глеваха : Вип. 94. - 2010. - 620 с.

15. Тарасенко М. Ways to save fuel and energy resources in daily graft / М. Тарасенко, К. Козак // Вісник Тернопільського національного технічного університету. – 2017. – №1 (85). – С. 101-108.

16. Король О.М. Міжнародні і національні пріоритети енергозбереження в сільськогосподарському виробництві // Зовнішня торгівля: економіка, фінанси, право.-К.-№6, 2010.- с.45-51

17. ДБН В 2.2-3:2018 Заклади освіти.-: Мінрегіонвугілля України, 2018. – 73-75 с.

18. Оробчук Б., Іванків А. Адаптивна система керування режимами електропостачання // Актуальні питання розвитку агропромислового комплексу. ВП НУБІП України «Бережанський агротехнічний інститут». - Бережани, 2016 р.

19. Оробчук Б., Братковський Н., Семенюк В. Дослідження перехідних процесів при замиканнях на землю // VI Міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» - Тернопіль, ТНТУ ім. І. Пулюя, 2017 р.

20. Шестеренко В.Є. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств. Вінниця, 2004р

21. Оробчук Б., Терновий В. Підвищення надійності роботи силового обладнання підстанцій. Актуальні питання розвитку агропромислового комплексу. ВП НУБІП України «Бережанський агротехнічний інститут». - Бережани, 2017 р.

22. ПУЕ - Правила улаштування електроустановок (перше переглянуте, перероблене, доповнене та адаптоване до умов України видання)/ Наказ від 21.07.2017 № 476 Про затвердження Правил улаштування електроустановок.

23. Козлов В. Д. Електричні апарати. Вимірювальні, контрольні та захисні апарати : посібник / В. Д. Козлов, С. В. Єнчев. – К. : НАУ, 2007. – 72 с.

24. Орбчук Б., Гоцуляк Ю. Підвищення надійності електропостачання сільськогосподарських споживачів // Конференція Актуальні питання розвитку агропромислового комплексу. ВП НУБІП України «Бережанський агротехнічний інститут». Бережани – 2016, С. 89

25. Методичні вказівки до практич. заняття №10 з дисц. "Безпека життєдіяльності, основи охорони праці" "Психічні властивості і процеси особистості" . — Тернопіль : ТНТУ , 2022 — 26 с.

26. Закон України "Про захист людини від надзвичайних ситуацій техногенного та природного походження", ВРУ, № 1809 – 111. – К., 2000.

27. Основи охорони праці: підручник для студентів вищих навчальних закладів // За ред. д.т.н., проф. М.П. Гандзюка - К.: Каравела, 2003. - 408 с