

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет  
будівництва, транспорту та  
енергетики

Кафедра електротехнічних  
систем та енергетичного  
менеджменту

**ОСНОВИ МОНТАЖУ ТА  
ЕКСПЛУАТАЦІЇ  
ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ**

*методичні рекомендації до виконання самостійної роботи  
здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі  
спеціальності G3 Електрична інженерія  
для денної та заочної форми навчання*

Кропивницький  
2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет  
будівництва, транспорту та  
енергетики

Кафедра електротехнічних  
систем та енергетичного  
менеджменту

**ОСНОВИ МОНТАЖУ ТА  
ЕКСПЛУАТАЦІЇ  
ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ**

*методичні рекомендації до виконання самостійної роботи  
здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі  
спеціальності G3 Електрична інженерія  
для денної та заочної форми навчання*

Затвердженона засіданні кафедри  
електротехнічних систем та  
енергетичного менеджменту  
Протокол № 11 від 08.01.2026 р.

Кропивницький  
2026

Основи монтажу та експлуатації електрообладнання : методичні рекомендації до виконання самот. роботи здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спец. G3 Електрична інженерія / уклад.: Р. В. Телюта, О. А. Козловський, Ю. М. Пархоменко, А. В. Телюта. Кропивницький : ЦНТУ, 2026. 104 с.

Укладачі: Р.В. Телюта – доц., к.т.н., доц. каф. ЕТС та ЕМ,  
О.А. Козловський – доц., к.т.н., доц. каф. ЕТС та ЕМ,  
Ю.М. Пархоменко – доц., к.т.н., доцент кафедри АВП ЦНТУ  
А.В. Телюта, викладач спец. дисциплін, Кропивницький аграрний фаховий коледж,

Рецензент: О.К. Дідик – доцент, к.т.н., завідувач кафедри АВП ЦНТУ.

© Р.В.Телюта,  
О.А. Козловський,  
Ю.М. Пархоменко,  
А.В.Телюта, 2026  
© Центральноукраїнський  
національний технічний  
університет, 2026

## Зміст

	Вступ.	5
1	Мета та завдання освітньої компоненти	6
2	Інформаційне забезпечення освітньої компоненти	8
2.1	Організація монтажу електроустаткування.	8
2.2	Організація експлуатації електроустаткування	10
2.3	Монтаж та експлуатація ПЛ електропередачі	12
2.3.1	Монтаж повітряних ліній	12
2.3.2	Експлуатація і ремонт ПЛ.	15
2.4.	Монтаж та експлуатація трансформаторних підстанцій.	17
2.4.1	Монтаж силових трансформаторів.	17
2.4.2	Експлуатація і ремонт ТП.	20
2.5.	Монтаж та експлуатація розподільних пристроїв.	23
2.5.1	Монтаж комплектних розподільних пристроїв.	23
2.5.2	Експлуатація РП напругою понад 1000 В	25
2.6.	Монтаж та експлуатація кабельних ліній.	28
2.6.1	Монтаж кабельних ліній напругою до 35 кВ	28
2.6.2	Експлуатація КЛ	30
2.7.	Монтаж та експлуатація електроприводів.	32
2.7.1	Монтаж засобів автоматизації, пристроїв керування та захисту.	32
2.7.2	Монтаж електроприводів.	34
2.7.3	Експлуатація розподільних пристроїв та захисної апаратури напругою до 1000 В.	36
2.7.4	Експлуатація електроприводів.	39
3	Методичні поради щодо організації самостійного навчання	42
4	Політика дисципліни	46
5	Система поточного й підсумкового оцінювання знань	48
6	Тематика контрольних робіт для студентів заочної та дистанційної форм навчання	51
6.1	Питання для виконання теоретичного завдання контрольної роботи.	51
6.2	Методичні вказівки до виконання практичних завдань контрольної роботи.	55
	Рекомендована література	104

## Вступ

Ефективність функціонування сучасного промислового комплексу та життєдіяльність суспільства безпосередньо залежать від надійності та якості роботи систем електропостачання. Електрообладнання є складним технологічним фундаментом, стан якого визначає енергетичну безпеку та економічну стабільність підприємств. Будь-яка відмова в системі може спричинити розлад складних технологічних процесів, значні матеріальні збитки та загрозу життю людей.

Сьогодні галузь електричної інженерії переживає етап цифрової трансформації. Впровадження інтелектуальних мереж (Smart Grid), мікропроцесорних пристроїв захисту, вакуумної комутаційної техніки та систем моніторингу в режимі реального часу вимагає від майбутнього бакалавра не лише знання класичних методів монтажу, а й розуміння принципів роботи сучасної мікроелектронної та комп'ютерної техніки.

Науково-технічний прогрес супроводжується постійним оновленням нормативної бази. Сучасний фахівець повинен вільно орієнтуватися у державних та галузевих стандартах (ДСТУ), гармонізованих із європейськими нормами (IEC/EN), що є запорукою успішної інтеграції української енергетики до світового співтовариства. Якісне виконання електромонтажних робіт, грамотна експлуатація та своєчасна діагностика за технічним станом є ключовими чинниками забезпечення надійності обладнання протягом усього терміну його служби.

Дані методичні рекомендації покликані допомогти здобувачу вищої освіти в організації самостійної роботи, поглибленні теоретичних знань та набутті практичних навичок, необхідних для успішної професійної діяльності в галузі електричної інженерії.

Самостійна робота є фундаментом вивчення даної дисципліни. Навчальний матеріал структурований за модульним принципом, що дозволяє студенту послідовно заглиблюватися в кожен модуль. Ефективне засвоєння курсу передбачає систематичне конспектування основних положень рекомендованої літератури.

## 1. Мета та завдання освітньої компоненти

*Метою* вивчення освітньої компоненти «Основи монтажу та експлуатації електрообладнання» є формування у майбутніх бакалаврів системи професійних знань та практичних навичок щодо організації та проведення монтажних, пусконаладжувальних робіт, а також забезпечення ефективної та безпечної експлуатації електрообладнання систем електропостачання та електроспоживання на основі діючої нормативної документації.

*Предметом* вивчення є технологічні процеси монтажу, технічного обслуговування, діагностування та ремонту електротехнічного обладнання і мереж.

*Завданнями вивчення дисципліни є:*

- закріплення теоретичних знань щодо конструктивних особливостей сучасного електрообладнання;
- вивчення актуальної нормативно-технічної бази (ПУЕ, ПТЕЕС, ПБЕЕС та відповідних ДСТУ);
- ознайомлення з новітніми технологіями виконання електромонтажних робіт та засобами механізації;
- набуття навичок вибору електрообладнання та пускозахисної апаратури;
- опанування методів профілактичних випробувань та технічної діагностики стану ізоляції і контактних з'єднань;
- формування вміння вести експлуатаційну та проектно-кошторисну документацію.

У результаті вивчення дисципліни здобувач повинен:

*Знати:*

- класифікацію електроустановок та вимоги до приміщень, де вони розміщуються;
- правила монтажу та умови експлуатації повітряних і кабельних ліній, силових трансформаторів та електричних машин;
- обсяги та норми випробувань електрообладнання;
- організаційні та технічні заходи безпеки при роботі в електроустановках.

*Вміти:*

- здійснювати технічний нагляд за якістю електромонтажних робіт;
- проводити пусконаладжувальні роботи та випробування основних видів електрообладнання;
- виконувати монтаж систем заземлення, занулення та блискавкозахисту;
- користуватися сучасними контрольно-вимірними приладами, інструментами та тепловізійними засобами діагностики;
- організовувати ефективну систему технічного обслуговування (ТО) та ремонту з мінімальними матеріальними витратами.

*Соціальні навички (Soft-skills):*

Професійна комунікація: здатність здійснювати технічний інструктаж персоналу, ефективно пояснювати технічні рішення та презентувати проекти модернізації електрообладнання.

Проектна взаємодія: вміння працювати в команді під час виконання комплексних монтажних чи пусконаладжувальних робіт.

Громадянська відповідальність: небайдуже ставлення до енергетичної безпеки та професійна відповідальність за якість виконання робіт, що впливають на суспільну безпеку.

## **2. Інформаційне забезпечення освітньої компоненти**

### **2.1 Організація монтажу електроустаткування.**

#### *Теоретичні відомості*

Електромонтажні роботи (ЕМР) є складним комплексом інженерних та технічних заходів, що виконуються при будівництві нових, а також реконструкції чи технічному переозброєнні діючих енергетичних об'єктів.

1. Правові та договірні засади виконання робіт Монтаж електроустаткування здійснюється в межах договору будівельного підряду. Основні суб'єкти процесу:

- Замовник (Інвестор): юридична особа, яка забезпечує фінансування та створює умови для роботи.
- Підрядник: спеціалізована електромонтажна організація, що має відповідну ліцензію та сертифікати якості.
- Субпідрядник: організація, що залучається для виконання вузькоспеціалізованих завдань (наприклад, пусконаладження мікропроцесорних систем РЗА).

Основним правовим документом є Договір підряду, який визначає терміни, вартість та обсяги робіт. Роботи виконуються суворо за проектно-кошторисною документацією, що відповідає вимогам ПУЕ, ПТЕЕС та ДСТУ.

2. Етапи організації електромонтажних робіт Для забезпечення безперервності та якості, процес монтажу поділяється на три стадії:

1. Інженерно-технічна підготовка: Вивчення проекту, розробка Проекту виробництва електромонтажних робіт (ПВЕР), погодження графіків постачання обладнання.
2. Організаційна стадія: Приймання об'єкта від будівельників. Перевірка готовності приміщень, наявності фундаментів, кабельних каналів, ніш та закладних деталей.
3. Матеріально-технічне забезпечення: Комплектація об'єкта обладнанням, інструментами, механізмами та засобами захисту.
3. Індустріалізація та стадійність монтажу Сучасний підхід передбачає максимальне використання вузлів заводської готовності. Монтаж проводиться у дві стадії:

Перша стадія: Виконується одночасно з будівельними роботами. Включає встановлення закладних деталей, монтаж опорних конструкцій, прокладання прихованої електропроводки та монтаж мережі заземлення.

Друга стадія: Встановлення укрупнених блоків обладнання (КТП, щитів), прокладання кабелів, підключення та випробування.

4. Пусконаладжувальні роботи (ПНР) ПНР є завершальним етапом монтажу і включають перевірку, налаштування та випробування обладнання для виходу на проектні режими.

Етапи ПНР: від підготовчого (розробка програми випробувань) до комплексного опробування обладнання під навантаженням.

Діагностика: Особлива увага приділяється перевірці систем захисту та автоматики, зокрема на базі сучасних контролерів (Siemens, ABB, Schneider Electric).

5. Приймання в експлуатацію та контроль якості

- Вхідний контроль: Перевірка комплектності та стану обладнання, що надходить на майданчик.

- Технічний нагляд: Постійний контроль з боку Замовника за дотриманням норм і термінів.

- Комісійне приймання: Робота робочої та приймальної комісії. Оформлення актів готовності об'єкта та передача його на баланс експлуатуючої організації.

6. Особливості робіт у діючих електроустановках Монтаж при реконструкції вимагає суворого дотримання заходів безпеки: оформлення акта-допуску та наряду-допуску, створення видимих розривів кола, встановлення огорожень та плакатів, що перешкоджають помилковій подачі напруги в зону робіт.

*Література:* [1-9]

*Питання для самоконтролю*

1. Загальні принципи проведення електромонтажних робіт.
2. Організація електромонтажних робіт.
3. Планування електромонтажних робіт.
4. Підготовка до виробництва електромонтажних робіт.
5. Охорона праці при виконанні електромонтажних робіт.

6. Індустріалізація і механізація електромонтажних робіт.
7. Пусконаладжувальні роботи при електромонтажних роботах.

## **2.2. Організація експлуатації електроустаткування.**

Експлуатація електроустаткування - це стадія його життєвого циклу, на якій реалізуються, підтримуються та відновлюються його технічні характеристики. Головною метою експлуатації є забезпечення надійного, безперебійного та безпечного електропостачання при мінімальних витратах ресурсів.

### *1. Персонал енергетичної служби*

Експлуатацію здійснює підготовлений персонал, який поділяється на групи:

- Адміністративно-технічний: керівники та фахівці, які організовують технічне та оперативне обслуговування, ремонтні та монтажні роботи.
- Оперативний: здійснює оперативне управління (огляди, перемикання, підготовку робочих місць, допуск до роботи).
- Ремонтний: виконує технічне обслуговування, ремонт, монтаж та налагодження обладнання.
- Оперативно-ремонтний: спеціально навчений персонал, який поєднує функції оперативного та ремонтного.

### *2. Система планово-попереджувальних ремонтів (ППР)*

Основою експлуатації в Україні є система ППР, що включає комплекс організаційних та технічних заходів:

- Міжремонтне обслуговування: повсякденний догляд, чищення, контроль нагріву контактів, усунення дрібних дефектів без зупинки процесу.
- Поточний ремонт (ПР): ремонт для забезпечення працездатності (заміна швидкозношуваних деталей, регулювання).
- Капітальний ремонт (КР): повне розбирання, заміна або відновлення будь-яких частин (включаючи базові) для повного відновлення ресурсу.

Сучасна тенденція передбачає поступовий перехід від жорсткого графіка ППР до обслуговування за технічним станом, що базується на результатах діагностики.

### *3. Надійність та технічний стан обладнання*

Надійність - комплексна властивість, що характеризується:

1. Безвідмовністю: здатність працювати безперервно протягом певного часу.

2. Довговічністю: здатність зберігати працездатність до граничного стану.

3. Ремонтпридатністю: пристосованість до виявлення та усунення несправностей.

4. Збереженістю: здатність зберігати властивості під час транспортування та зберігання.

Технічні стани обладнання:

*Справний*: відповідає всім вимогам документації.

*Працездатний*: параметри, що відповідають за виконання функцій, у межах норми (можливі дрібні дефекти, що не заважають роботі).

*Непрацездатний (Відмова)*: значення хоча б одного параметра не дозволяє виконувати задані функції.

### *4. Технічна документація на підприємстві*

Для ефективного управління електрогосподарством на кожному рівні має бути відповідний пакет документів:

- Загальнооб'єктна: генплан комунікацій, акти приймання, виконавчі схеми, паспорти обладнання.
- Цехова: журнали обліку обладнання, описи повітряних та кабельних ліній, інструкції з охорони праці.
- На робочому місці (підстанції): оперативний журнал, кабельний журнал, схема фактичних з'єднань, журнал дефектів, наряди-допуски.

### *5. Приймання об'єктів в експлуатацію*

Після монтажу та налагодження об'єкт проходить перевірку двома комісіями:

1. Робоча комісія: створюється замовником. Перевіряє відповідність проєкту, якість монтажу та результати випробувань. Складає акт про готовність.

2. Державна (Приймальна) комісія: підтверджує готовність об'єкта до випуску продукції, безпеку умов праці та захист довкілля. Тільки після підписання фінального акта об'єкт вважається введеним в експлуатацію.

*Література:* [1-9]

*Питання для самоконтролю*

1. Дайте визначення терміну «експлуатація електроустаткування».
2. Приймання об'єкту в експлуатацію.
3. Загальні відомості про експлуатацію устаткування.
4. На які категорії поділяється електротехнічний персонал за функціональними обов'язками?
5. Система планово-попереджувальних ремонтів і ТО електроустановок.
6. У чому полягає сутність системи планово-попереджувальних ремонтів (ППР)?
7. Яка різниця між поточним та капітальним ремонтом?
8. Назвіть основні показники надійності відновлюваних електротехнічних пристроїв.
9. Зв'язок експлуатації і надійності устаткування.
10. Експлуатаційна технічна документація.
11. Які документи повинні обов'язково знаходитися безпосередньо на робочому місці оперативного персоналу?
12. Порядок приймання в експлуатацію знову змонтованих електроустановок.

## **2.3. Монтаж та експлуатація повітряних ліній електропередачі.**

### **2.3.1 Монтаж повітряних ліній (ПЛ)**

Спорудження повітряних ліній електропередачі є багатоетапним процесом, що потребує чіткої інженерної підготовки та використання спеціалізованих механізмів.

### *1. Підготовчі роботи та пікетаж*

До початку будівельно-монтажних робіт мають бути виконані:

Юридичне оформлення: отримання дозволів на землевідведення, порубку лісу (просіки) та роботу в охоронних зонах.

Інженерна підготовка: влаштування під'їзних шляхів, тимчасових баз зберігання та розчищення траси.

Виробничий пікетаж: розбивка траси на місцевості з установкою пікетів, що позначають центри майбутніх опор згідно з проектом.

### *2. Збирання та встановлення опор*

Технологія монтажу залежить від матеріалу опор:

- Дерев'яні опори: зазвичай з'єднуються із залізобетонними приставками (пасинками) за допомогою дротяних бандажів (м'який дріт Ø4–6 мм) або сталевих хомутів.
- Залізобетонні опори: на них монтуються сталеві траверси. Для ПЛ до 10 кВ використовують штирьові ізолятори (армуються на штирі через поліетиленові ковпачки), для ПЛ 35 кВ і вище - підвісні гірлянди.
- Металеві опори: збираються з окремих елементів на болтових з'єднаннях із подальшим відновленням антикорозійного покриття.
- Фундаменти: Металеві опори встановлюють на залізобетонні підніжники або палі. Залізобетонні та дерев'яні опори встановлюють безпосередньо в ґрунт у котловани, розроблені буровими машинами.

### *3. Монтаж проводів та тросів*

Монтаж виконується в межах анкерного прольоту і складається з розкатування, натягування та кріплення.

Особливості роботи з різними типами проводів:

1. Неізольовані проводи (алюмінієві, сталеалюмінієві): Розкатуються за допомогою тягових механізмів (тракторів) через монтажні ролики.

2. Ізольовані проводи (СП): Потребують особливої обережності. Використовується технологія «під тяжінням» із застосуванням троса-

лідера та розкатувальних пристроїв із гальмами, щоб запобігти пошкодженню ізоляції об ґрунт чи конструкції.

З'єднання проводів: Виконують болтовими, пресованими або автоматичними (цанговими) затискачами. Для СІП напругою вище 1 кВ момент затягування болтів обов'язково контролюється динамометричним ключем.

#### *4. Регулювання стріли провисання*

Натягування проводу здійснюється лебідками. Важливим етапом є вивірка стріли провисання - вертикальної відстані між найнижчою точкою проводу та прямою, що з'єднує точки підвісу. Регулювання проводиться за монтажними графіками (таблицями) з урахуванням марки проводу, довжини прольоту та фактичної температури повітря.

#### *5. Кріплення проводів до ізоляторів*

На анкерних опорах: Використовується жорстке кріплення за допомогою натяжних затискачів (болтових або клинових). Для СІП до 1 кВ застосовують анкерні затискачі, що фіксують несучу нульову жилу.

На проміжних опорах: Виконується підтримувальне кріплення. На штирьових ізоляторах - в'язкою дротом, на підвісних - у підтримувальних затискачах.

Відгалуження: Для ліній СІП виконуються без зняття ізоляції за допомогою спеціальних проколюючих затискачів.

#### *6. Грозозахист та заземлення*

- Троси: Монтуються аналогічно проводам. На лініях 220 кВ і вище троси підвішуються через ізолятори, шунтовані іскровими проміжками.
- Розрядники: Трубчасті розрядники встановлюють під кутом 15° до горизонталі відкритим кінцем донизу для запобігання накопиченню вологи.
- Заземлення: Виконується для повторного заземлення нульового проводу (PEN-провідника), захисту від грозових перенапруг та заземлення обладнання на опорах. Особлива увага приділяється кінцевим опорам та відгалуженням до будівель із масовим перебуванням людей.

*Література: [1-9]*

*Питання для самоконтролю*

1. Підготовчі роботи перед монтажем ПЛ.
2. Які основні операції включає підготовчий етап будівництва ПЛ?
3. Зборка і установка опор.
4. Опишіть технологію з'єднання дерев'яних стійок із залізобетонними приставками.
5. Монтаж проводів і грозозахисних тросів.
6. Яка головна особливість розкатування ізольованих проводів (СП) порівняно з голими?
7. Що таке стріла провисання і які чинники впливають на її величину під час монтажу?
8. Як здійснюється відгалуження від магістральної лінії СП до споживача?
9. Монтаж трубчастих розрядників і заземлюючих пристроїв.

### **2.3.2 Експлуатація і ремонт ПЛ.**

Після завершення монтажу або капітального ремонту ПЛ обов'язково проходить процедуру приймання в експлуатацію комісією. Основними критеріями є відповідність проекту, рівномірність навантаження фаз та дотримання габаритів (відстані від проводів до землі та об'єктів).

#### *1. Технічне обслуговування та огляди ПЛ*

Технічне обслуговування (ТО) базується на системі періодичних оглядів, що дозволяють візуально контролювати стан траси та елементів лінії.

Види оглядів:

- Планові (денні): обхід лінії по всій довжині не рідше 1 разу на рік.
- Верхові: огляди з підйомом на опору. Проводяться на ПЛ 35 кВ і вище не рідше 1 разу на 10 років (для ліній, що експлуатуються понад 20 років - кожні 5 років).
- Нічні: для виявлення коронування, іскріння в контактах та перекриття ізоляції.

- Позачергові: проводяться після стихійних лих (ожеледь, буревій, паводок) або після автоматичного відключення лінії релейним захистом (якщо АПВ не було успішним).

### *2. Контроль технічного стану елементів*

В процесі експлуатації проводяться інструментальні вимірювання:

- Опори: контроль відхилення від вертикалі (допустимо від 1:100 до 1:200 залежно від матеріалу) та стану бетону. Тріщини понад 0,3 мм підлягають герметизації, а за наявності наскрізних тріщин - посиленню або заміні опори.
- Проводи: вимірювання стріл провисання (відхилення не більше 5% від проекту) та контроль габаритів до землі.
- Ізолятори: контроль опору (не менше 300 МОм для фарфорових ізоляторів) та розподілу напруги по гірлянді за допомогою вимірювальних штанг.
- Заземлення: вимірювання опору заземлювальних пристроїв та перевірка цілісності спусків.

### *3. Ремонтні роботи*

Система ремонтів ПЛЛ поділяється на поточні та капітальні.

Поточний ремонт (ПР): включає чищення ізоляторів, підтяжку болтових з'єднань, виправлення окремих опор, заміну пошкоджених в'язок та ремонт ізоляції СП термоусадковими манжетами.

Капітальний ремонт (КР): передбачає повну перетяжку проводів, заміну пошкодженої арматури, виправлення або заміну до 50% опор, антикорозійне фарбування металоконструкцій.

Періодичність капітальних ремонтів:

- На дерев'яних опорах - раз на 5 років.
- На залізобетонних та металевих - раз на 10 років.

### *4. Безпека при експлуатації*

Враховуючи підвищену небезпеку, персонал повинен:

1. Мати відповідну групу з електробезпеки (не нижче II для членів бригади та IV для керівників робіт).
2. Пройти навчання методам надання першої допомоги при ураженні струмом.

3. Чітко ідентифікувати опори за номерами та позначеннями ланцюгів.

4. Виконувати роботи в діючих установках виключно за нарядом-допуском з виконанням усіх технічних заходів безпеки (вимкнення, перевірка відсутності напруги, заземлення).

*Література:* [1-9]

*Питання для самоконтролю*

1. Які основні операції включає підготовчий етап будівництва ПЛ?
2. Приймання повітряних ліній в експлуатацію.
3. Огляди повітряних ліній.
4. Опишіть технологію з'єднання дерев'яних стійок із залізобетонними приставками.
5. Яка головна особливість розкатування ізольованих проводів (СП) порівняно з голими?
6. Що таке стріла провисання і які чинники впливають на її величину під час монтажу?
7. Як здійснюється відгалуження від магістральної лінії СП до споживача?
8. Профілактичні вимірювання і випробування ПЛ.
9. Обслуговування ПЛ.
10. Ремонт повітряних ліній.
11. Охорона праці при експлуатації і ремонті ПЛ 0,38-20 кВ.

## **2.4. Монтаж та експлуатація трансформаторних підстанцій.**

### **2.4.1 Монтаж силових трансформаторів.**

Монтаж підстанцій - це комплексний процес, що поєднує будівельні, такелажні та прецизійні електромонтажні роботи.

#### *1. Підготовчі та загальнобудівельні роботи*

До початку монтажу мають бути готові під'їзні шляхи, здатні витримати вагу важкої техніки, та споруджені фундаменти.

Для КТП: готується бетонна площадка або стійки УСО. Фундамент має бути висотою не менше 0,4 м від рівня землі.

Для потужних трансформаторів: перевіряється наявність анкерів для тягових пристроїв та фундаментів під домкрати. Маслоприймач повинен мати гравійну засипку для запобігання пожежам при витіканні масла.

## *2. Транспортування та розвантаження*

Трансформатори до 1600 кВА поставляються у зібраному вигляді та залитими маслом.

Більш потужні агрегати можуть поставлятися без масла (заповнені сухим повітрям або азотом) та з демонтованими вузлами (радіатори, розширювачі, вводи).

Важливо: Переміщення корпусів КТП та трансформаторів виконується суворо у вертикальному положенні.

## *3. Стадії монтажу КТП*

Монтажні роботи зазвичай виконуються у дві стадії:

Перша стадія: Встановлення опорних конструкцій, монтаж внутрішнього контуру заземлення, перевірка закладних елементів.

Друга стадія: Встановлення шаф РУ та трансформатора на напрямні швелери. Монтаж внутрішніх зв'язків, встановлення ізоляторів, розрядників та запобіжників.

## *4. Монтаж та ревізія активної частини*

Згідно з сучасними нормами (ДСТУ, ДБН), монтаж трансформатора проводиться без ревізії активної частини, якщо не було порушено умов транспортування. Ревізія (підйом "дзвона" або виймання сердечника) проводиться лише при підозрі на внутрішні пошкодження і включає:

Перевірку болтових кріплень та підпресовування обмоток.

Перевірку схеми заземлення магнітопроводу.

Промивання сухою трансформаторною оливою перед герметизацією.

## *5. Монтаж системи охолодження та допоміжних вузлів*

- Охолодження: Радіатори та блоки (тип М, Д, ДЦ) монтуються за допомогою фланцевих з'єднань з використанням маслостійких прокладок.

- Вузи: Встановлюються вводи, розширювач із покажчиком рівня масла, газове реле та термосифонний фільтр.

- Доливка масла: Проводиться при температурі не нижче +10°C. Масло повинно бути "сухим" (пройти лабораторні випробування).

#### *6. Вторинна комутація та прилади*

Монтаж кіл керування, захисту та обліку:

- Прилади встановлюються суворо вертикально.
- Кабельні проходи герметизуються.
- Проводи та жили маркуються бирками згідно з кабельним журналом та схемами проекту.

#### *7. Випробування та введення в експлуатацію*

Перед першим вмиканням проводяться:

1. Вимірювання опору ізоляції та тангенса кута діелектричних втрат.

2. Перевірка коефіцієнта трансформації та групи з'єднання обмоток.

3. Випробування масла (на пробіях та хімічний аналіз).

4. Перевірка роботи пристрою регулювання напруги (РПН).

Перше включення: Здійснюється не раніше ніж через 12 годин після заливки масла, "поштовхом" на номінальну напругу на 30 хвилин. При цьому газовий захист тимчасово переводиться на відключення.

#### *8. Техніка безпеки*

Забороняється піднімати роз'єднувачі за ножі або ізолятори.

Всі виводи на час монтажу мають бути закорочені та заземлені.

Роботи на висоті та випробування підвищеною напругою потребують оформлення наряду-допуску та видалення сторонніх осіб із зони робіт.

*Література:* [1-9]

#### *Питання для самоконтролю*

1. Призначення та основна характеристика трансформаторних підстанцій.
2. Монтаж комплектної трансформаторної підстанції.
3. Конструкція та робота комплектної трансформаторної підстанції.
4. Встановлення комплектної трансформаторної підстанції.
5. опишіть дві стадії монтажу обладнання підстанцій.

6. Які вимоги висуваються до фундаменту під КТП та маслоприймача силового трансформатора?
7. Конструкція фундаменту та опорних конструкцій.
8. Послідовність монтажу КТП.
9. Встановлення силового трансформатора.
10. Які основні вузли монтуються одночасно з системою охолодження трансформатора?
11. У яких випадках обов'язково проводиться ревізія активної частини трансформатора?
12. Технологія монтажу вторинних кіл КТП.
13. Монтаж роз'єднувача та приводу.
14. Монтаж заземлювальних пристроїв.
15. Підготовка КТП до здачі в експлуатацію.
16. Назвіть умови, за яких трансформатор необхідно негайно відключити під час першого пробного вмикання.
17. Техніка безпеки при монтажі КТП.
18. Які заходи безпеки є обов'язковими при виконанні такелажних робіт із трансформатором?

#### **2.4.2 Експлуатація і ремонт ТП.**

Експлуатація ТП включає комплекс заходів з нагляду, обслуговування та проведення планових ремонтів для забезпечення безперебійного електропостачання споживачів.

##### *1. Приймання ТП в експлуатацію*

При введенні підстанції в роботу приймальна комісія перевіряє:

Маркування та безпеку: наявність попереджувальних плакатів на дверях камер, нумерацію на баках трансформаторів, чіткі написи на ключах та кнопках управління.

Технічні параметри: рівень масла (не нижче контрольних позначок), наявність термометрів та амперметрів.

Газовий захист: правильність нахилу кришки трансформатора (не менше 1%) у напрямку газового реле для вільного виходу газів.

Оснащення: наявність на ПС затверджених схем, аптечки, вогнегасників, запасу запобіжників та комплекту захисних засобів (діелектричні рукавички, боти, штанги).

## *2. Технічне обслуговування (ТО)*

ТО силових трансформаторів проводиться з періодичністю 12 місяців і включає:

Зовнішній огляд: перевірка цілісності ізоляторів, відсутності течі масла, стану заземлення та кольору силікагелю у повітроосушнику (зміна кольору з блакитного на рожевий свідчить про зволоження).

Очищення: видалення пилу та бруду з бака та ізоляторів.

Контроль з'єднань: перевірка нагріву контактів та цілісності вторинних кіл.

Облік: запис показань приладів та контроль навантаження.

Важливо: Огляд трансформаторів одноосібно може проводити лише оперативний або спеціально допущений адміністративно-технічний персонал.

## *3. Типові пошкодження трансформаторів*

Знання причин відмов дозволяє ефективно планувати ремонтні роботи:

1. Ізоляція: зволоження масла, тепловий знос через перевантаження, механічні пошкодження при коротких замиканнях.

2. Магнітопровід: "пожежа сталі" через порушення ізоляції між листами або стяжними шпильками.

3. Перемикальні пристрої (ПБВ/РПН): обгорання контактів, заклинювання механізмів.

4. Вводи: тріщини фарфору, течі через незадовільне ущільнення, зволоження паперової основи.

## *4. Система ремонтів (поточний та капітальний)*

Поточний ремонт (ПР): Проводиться з відключенням (для трансформаторів без РПН - раз на 2 роки, з РПН - щорічно). Включає усунення дрібних дефектів, відбір проб масла, чищення охолоджувачів та вимірювання опору ізоляції ( $R_{60}/R_{15}$ ).

Капітальний ремонт (КР):

- Для трансформаторів 6–10 кВ - за потреби.

- Для головних трансформаторів 35–110 кВ - перший КР через 8 років після введення, далі - за результатами діагностики.

Включає виймання активної частини, її промивання, підпресовування обмоток, ремонт системи охолодження та повну заміну або регенерацію масла.

#### *5. Контроль стану трансформаторного масла*

Масло виконує функції ізоляції та охолодження. Його стан перевіряють за трьома обсягами:

1. Електрична міцність: визначення пробивної напруги (кВ).
2. Скорочений аналіз: кислотне число, температура спалаху, наявність вологи та механічних домішок.
3. Повний аналіз: додатково визначається тангенс кута діелектричних втрат ( $tg\delta$ ) та стабільність проти окислення.

#### *6. Випробування після ремонту*

Перед включенням трансформатора в роботу обов'язково проводять:

- Вимірювання опору обмоток постійному струму (мостовим методом).
- Перевірку коефіцієнта трансформації та групи з'єднань.
- Випробування ізоляції підвищеною напругою промислової частоти протягом 1 хвилини.

Пробне включення: 3–5-кратне ввімкнення "поштовхом" на номінальну напругу на холостий хід для перевірки відсутності ненормальних шумів та вібрацій.

*Література: [1-9]*

#### *Питання для самоконтролю*

1. Приймання в експлуатацію трансформаторних підстанцій.
2. Основні вимоги до трансформаторів.
3. Режими роботи трансформаторів.
4. Випробування трансформаторів, підготовка їх до вмикання.
5. Експлуатація силових трансформаторів.
6. Огляди трансформаторів.
7. Технічне обслуговування трансформаторів.

8. Приймання трансформаторів у ремонт.
9. Пошкодження силових трансформаторів, їх ознаки і причини.
10. Поточний ремонт трансформаторів.
11. Капітальний ремонт трансформаторів.
12. Несправності КТП і способи їх усунення.
13. Експлуатація трансформаторних масел.
14. Вимоги до масел, випробування масел, що експлуатуються.
15. Очищення, сушіння і регенерація трансформаторних масел.
16. Випробування трансформатора після ремонту.
17. Охорона праці при монтажі і експлуатації ТП.

## **2.5. Монтаж та експлуатація розподільних пристроїв.**

### **2.5.1 Монтаж комплектних розподільних пристроїв.**

Комплектні розподільні пристрої внутрішньої та зовнішньої установки (КРУ та КРУЗ) постачаються заводами-виробниками у вигляді готових шаф (осередків) з вмонтованим обладнанням, що значно скорочує терміни монтажу.

#### *1. Етапи монтажу КРУ*

Процес монтажу традиційно поділяється на дві стадії:

Перша стадія (будівельна): Виконується підготовка приміщення: влаштування кабельних каналів, отворів у стінах, монтаж опорних конструкцій (швелерів). Поверхні опорних рам мають бути вивірені суворо по горизонталі. Стикі конструкцій зварюються з використанням сталевих накладок для забезпечення надійного зв'язку з контуром заземлення.

Друга стадія (електромонтажна): Встановлення шаф на підготовлені основи, з'єднання збірних шин та монтаж між шафових зв'язків вторинних кіл. Головна операція — перевірка збігу роз'єднувальних контактів первинних і вторинних кіл шляхом пробного вкочування візків.

#### *2. Монтаж комутаційних апаратів та шин*

Вимикачі та роз'єднувачі: Встановлюються на опорні конструкції з вивіркою по вертикалі та горизонталі. Особлива увага приділяється одночасності замикання полюсів роз'єднувачів та надійності механічних блокувань (унеможливлення ввімкнення заземлювальних ножів при ввімкнених головних ножах і навпаки).

Жорстка ошиновка: Зазвичай виконується алюмінієвими шинами. З'єднання проводять зварюванням (в аргоні) або болтами. При болтовому з'єднанні обов'язково використовують тарілчасті пружини (шайби) для стабілізації контактної тиску при температурних коливаннях.

Гнучка ошиновка: Виконується сталю-алюмінієвими проводами. Стріли провисання не повинні відхилятися від проектних більш ніж на  $\pm 5\%$ .

### *3. Монтаж вторинних кіл та вимірювальних пристроїв*

Вторинна комуताція: Проводи об'єднують у джгути (потоки). Для кіл захисту та вимірювання використовують мідні проводи перерізом не менше  $1,5 \text{ мм}^2$ . Маркування наноситься на обидва кінці провідника. Для пошуку потрібного проводу в джгуті використовують метод «продзвонювання».

Трансформатори напруги та струму: Первинні та вторинні обмотки на час монтажу мають бути закорочені та заземлені для запобігання появи небезпечного потенціалу.

### *4. Облаштування заземлювального пристрою (ЗП)*

Зовнішній контур: Складається з вертикальних електродів ( $L = 3,5 \text{ м}$ ) та горизонтальних з'єднувальних смуг, що закладаються в траншею на глибину  $0,7\text{--}0,8 \text{ м}$ . В РУ закритого типу створюється заземлювальна сітка для вирівнювання потенціалів.

Внутрішня магістраль: Заземлювальна шина кріпиться до стін на висоті  $0,4\text{--}0,6 \text{ м}$  від підлоги та фарбується смугами жовтого і зеленого кольору, що чергуються.

### *5. Випробування та пусконаладження*

Перед введенням в експлуатацію проводять наступні перевірки:

1. Механічні випробування: 4–5-кратне вкочування візка для перевірки роботи шторок, фіксаторів та блокувань.

2. Вимірювання перехідного опору контактів: Проводиться мікроомметром. Значення для первинних роз'єднувальних контактів (ламелей) нормуються залежно від номінального струму (наприклад,  $50 \text{ мкОм}$  для  $1000 \text{ А}$ ).

3. Контроль ізоляції: Опір ізоляції первинних ланцюгів має бути не нижче  $100 \text{ МОм}$  (мегомметр  $2500 \text{ В}$ ).

4. Випробування підвищеною напругою: Проводиться протягом 1 хвилини. Для обладнання 10 кВ випробувальна напруга становить 42 кВ (керамічна ізоляція).

*Література:* [1-9]

*Питання для самоконтролю*

1. Устаткування комплектних розподільних пристроїв внутрішньої установки.
2. Комплектні розподільні пристрої зовнішньої установки.
3. Технологія монтажу комплектних розподільних пристроїв внутрішньої установки.
4. Технологія монтажу комплектних розподільних пристроїв зовнішньої установки.
5. Шини розподільних пристроїв.
6. Монтаж ізоляторів РП.
7. Комутаційні апарати в РП.
8. Вимірювальні трансформатори, апарати захисту від перенапружень, конденсаторні установки.
9. Заземлюючі пристрої в комплектних розподільчих пристроях.
10. Монтаж комплектних розподільних пристроїв.
11. Технологія монтажу вторинних ланцюгів КРП.
12. Безпека праці при монтажі і експлуатації РП.

### **2.5.2 Експлуатація розподільчих пристроїв (РП) напругою понад 1000В.**

Розподільний пристрій є найбільш відповідальною ланкою підстанції. Його надійна робота залежить від суворого дотримання графіків оглядів, контролю стану ізоляції та контактних з'єднань.

#### *1. Організація оглядів РП*

Періодичність оглядів встановлюється залежно від типу обслуговування об'єкта:

- З постійним чергуванням персоналу: не рідше 1 разу на добу (додатково 1 раз на місяць у темний час доби для виявлення коронування та розрядів).
- Без постійного персоналу: не рідше 1 разу на місяць.

Під час огляду контролюють: рівень та температуру оливи, стан ізоляторів (тріщини, забруднення), положення комутаційних апаратів, цілісність заземлювальних провідників та наявність засобів захисту. У елегазових РП (КРПЕ) додатково перевіряють тиск та вологість елегаза.

### *2. Експлуатація ошиновки та контактних з'єднань*

Особлива увага приділяється болтовим з'єднанням, перехідний опір яких може зростати через окислення.

Ознаки перегріву: потемніння поверхні, іскріння, випаровування вологи під час дощу.

Методи контролю: вимірювання перехідного опору мікроомметром або дистанційний контроль температури за допомогою тепловізорів та пірометрів.

Зварні з'єднання: вважаються найбільш надійними та не потребують частого обслуговування (допускається непровар шва не більше 10% довжини).

### *3. Експлуатація комутаційних апаратів*

- Вимикачі: У масляних моделях контролюють рівень та колір оливи; у вакуумних та елегазових — цілісність камер та тиск газу. Позачергові огляди проводять після кожного вимкнення струму короткого замикання (КЗ).

- Роз'єднувачі: Контролюють щільність прилягання контактів. Полюси повинні замикатися одночасно, без ударів та перекосів. Контакти періодично зачищають та змащують технічним вазеліном.

### *4. Вимірювальні трансформатори та допоміжне обладнання*

- Трансформатори струму (ТС): Критично важливою є перевірка заземлення вторинних обмоток. Обрив вторинного кола ТС під навантаженням категорично заборонений, оскільки це призводить до появи небезпечної для життя напруги та виходу ТС із ладу.

- Конденсаторні установки (КУ): Перевіряють на відсутність здуття корпусів та течі просочувальної рідини. Перед обслуговуванням відключеної КУ обов'язково проводиться контрольний розряд кожної банки спеціальною штангою.

- Захист від перенапруг (РВ, ОПН): Перевіряють герметичність (відсутність тріщин у фарфорі) та стан реєстраторів спрацьовування.

### *5. Система планово-попереджувальних ремонтів (ППР)*

- Поточний ремонт (ПР): Включає часткове розбирання апаратів, чищення, регулювання ходу рухомих частин, заміну оливи та змащування механізмів приводу.

- Капітальний ремонт (КР): Повне розбирання виробу, заміна зношених деталей (контактів, дугогасних камер), модернізація вузлів.

*Періодичність КР:* масляні вимикачі - 1 раз на 6 років; роз'єднувачі - 1 раз на 4 роки.

### *6. Норми випробувань ізоляції*

Опір основної ізоляції (мегомметр 2500 В):

- Для обладнання до 10 кВ - не менше 300 МОм.

- Для 20–150 кВ - не менше 1000 МОм.

- Вторинні кола (мегомметр 1000 В) - не менше 1 МОм.

### *7. Заходи безпеки*

1. Роботи проводяться за нарядом-допуском.

2. Допуск бригади здійснює черговий персонал після перевірки виконання технічних заходів (вимкнення, заземлення, вивішування плакатів).

3. При роботі на вимикачах слід блокувати привід, щоб унеможливити випадкове самовільне ввімкнення.

### *Література: [1-9]*

### *Питання для самоконтролю*

1. Загальні вимоги, прийнятно-здавальні випробування РП.

2. Профілактичні випробування електрообладнання.

3. Огляди РП і догляд за електрообладнанням.

4. Оперативні перемикання в установках напругою вищою ніж 1кВ.

5. Експлуатація основного електрообладнання РП.

6. Види, обсяг і строки ремонту РП.

7. Підготовчі операції та організація ремонту РП.

## **2.6. Монтаж та експлуатація кабельних ліній.**

### **2.6.1 Монтаж кабельних ліній напругою до 35 кВ**

Монтаж КЛ вимагає суворого дотримання технологічних радіусів вигину та зусиль натягу, щоб запобігти пошкодженню ізоляції та оболонки.

#### *1. Підготовчі роботи*

Постачання: Кабель постачається на барабанах (будівельна довжина від 200 до 2000 м). Розвантаження виконується автокранами або кабельними транспортерами.

Вхідний контроль: Перевірка цілісності барабана, наявності герметичних кап (закладок) на обох кінцях кабелю та відсутності зовнішніх пошкоджень.

Дозвільна документація: Оформлення дозволу на розкопки та погодження перетинів з іншими підземними комунікаціями (газопроводи, водопровід, зв'язок).

#### *2. Прокладання кабелю в земляній траншеї*

Це найбільш економічний спосіб монтажу.

Глибина: Не менше 0,7 м (до 20 кВ) та 1,0 м (35 кВ). Під дорогами та площами - завжди 1,0 м.

Технологія: На дно траншеї вкладається «подушка» з дрібної землі або піску. Кабель укладається «змійкою» (запас 1–2%) для компенсації зміщень ґрунту.

Захист: Зверху кабель засипається шаром землі, на який вкладається червона цегла (для ліній до 35 кВ) або залізобетонні плити (для 35 кВ). Використання сигнальної стрічки дозволяється як додатковий захід.

Зусилля натягу: Контролюється динамометром. Для кабелів зі зшитого поліетилену (ЗПЕ) натяг за мідну жилу не повинен перевищувати 50 S Н/мм<sup>2</sup>, за алюмінієву - 30 S Н/мм<sup>2</sup>.

#### *3. Прокладання у блоках та кабельних спорудах*

Кабельні блоки: Використовуються у місцях великого скупчення комунікацій або під дорогами. Блоки мають мати ухил 0,2% у бік колодязів для стоку води.

Споруди (тунелі, канали, естакади): Застосовуються при кількості кабелів понад 20. У каналах кабелі напругою до 1 кВ розташовують над кабелями вищої напруги.

Кріплення: Кабелі перерізом від 25 мм<sup>2</sup> кріпляться на консолях з кроком не більше 1 м.

#### *4. Монтаж кабельних муфт*

Для підключення до обладнання використовують кінцеві муфти, для з'єднання відрізків - сполучні.

Оброблення кабелю: Послідовне видалення шарів (броні, оболонки, екрана, ізоляції) згідно з технологічною картою.

Термоусаджувальні муфти: Найпопулярніший тип. Принцип заснований на «пам'яті форми» полімерів. Усадка деталей проводиться пальником або феном при температурі 120–150 °С.

Муфти холодної усадки: Не потребують нагріву. Муфта змонтована на розтяжному корді, який витягується, дозволяючи муфті щільно стиснути кабель.

#### *5. Випробування та здача в експлуатацію*

Після завершення монтажу проводять:

1. Перевірку цілісності жил та фазування (відповідність кольорів/фаз на обох кінцях).
2. Вимірювання опору ізоляції (мегомметром 2500 В).
3. Випробування підвищеною напругою випрямленого струму (для ліній з паперовою ізоляцією) або наднизькою частотою (VLF) для кабелів із ЗПЕ.
4. Складання виконавчого креслення траси з прив'язкою муфт до стаціонарних орієнтирів.

*Література:* [1-9]

#### *Питання для самоконтролю*

1. Підготовчі роботи перед монтажем кабельної лінії.
2. Прокладення кабелів в земляній траншеї.
3. Прокладення кабелів у блоках.
4. Прокладення кабелів в кабельних спорудах.
5. Відкрите прокладення кабелів у виробничих приміщеннях.

6. Монтаж кабельних муфт.
7. Приймання кабельної лінії в експлуатацію.

### **2.6.2 Експлуатація КЛ.**

Надійна робота кабельних мереж забезпечується систематичним наглядом за станом трас, контролем навантаження та своєчасним проведенням профілактичних випробувань.

#### *1. Нагляд за кабельними трасами*

Кожна КЛ повинна мати технічний паспорт та виконавче креслення траси.

Маркування: Усі кабелі позначаються бирками. Форма бирки вказує на тип кабелю:

Кругла - для ліній понад 1000 В;

Прямокутна - для ліній до 1000 В;

Трикутна - для контрольних кабелів.

Охоронна зона: Для КЛ у землі встановлюється охоронна зона - по 1 метру з кожного боку від крайніх кабелів. Будь-які розкопки в цій зоні без дозволу експлуатуючої організації заборонені.

Контроль навантаження: Навантаження кабелів перевіряють не рідше 2 разів на рік. Систематичні перевантаження скорочують термін служби ізоляції. У аварійних режимах допускається перевантаження на 15–30% терміном до 5 діб.

#### *2. Технічні огляди*

Періодичність оглядів залежить від способу прокладання:

- У землі - не рідше 1 разу на 3 місяці.
- Відкрито (у цехах, на естакадах) - не рідше 1 разу на 6 місяців.
- Позачергові огляди проводяться після злив, паводків або автоматичного вимкнення лінії захистом.

При оглядах у тунелях та колекторах обов'язково перевіряється відсутність газів за допомогою газоаналізатора, стан вентиляції та засобів пожежогасіння.

#### *3. Контроль стану ізоляції*

Основним методом є вимірювання опору ізоляції мегомметром:

Для КЛ до 1 кВ - опір має бути не менше 0,5 МОм.

Для КЛ понад 1 кВ - значення не нормується, але контролюється струм витoku та його несиметрія за фазами під час випробувань підвищеною напругою.

#### *4. Методи визначення місць пошкодження кабелю*

Пошук місця пошкодження поділяється на два етапи: визначення зони (відносні методи) та точне локалізування на місцевості (абсолютні методи).

Відносні методи (визначення відстані до місця дефекту):

1. Імпульсний метод: вимірювання часу пробігу імпульсу до місця пошкодження та назад.

2. Петльовий метод: заснований на принципі моста постійного струму (потребує наявності хоча б однієї цілої жили).

3. Метод коливального розряду: використовується для пошуку "запливаючих" пробів.

4. Ємнісний метод: застосовується при обриві жил.

Абсолютні методи (точне знаходження на трасі):

1. Акустичний метод: фіксація звукових ударів (іскрових розрядів) у місці пошкодження за допомогою наземного приймача.

2. Індукційний метод: фіксація змін електромагнітного поля над кабелем, по якому пропускають струм звукової частоти.

#### *5. Ремонтні роботи*

Поточний ремонт: усунення дрібних дефектів, виявлених при оглядах, фарбування конструкцій, заміна маркувальних бирок.

Капітальний ремонт: перекладання ділянок кабелю, заміна дефектних муфт, вибіркове розкриття траншей для оцінки стану броні та оболонки.

Важливо: Розкопки в місцях проходження кабелів на глибині понад 0,4 м ведуться виключно вручну лопатами з великою обережністю.

#### *6. Заходи безпеки*

1. Роботи виконуються за нарядом-допуском бригадою не менше ніж з двох осіб.

2. Перед розрізанням кабелю або розкриттям муфти необхідно переконатися у відсутності напруги за допомогою спеціального проколювача з ізолюючою штангою.

3. При роботі в колодязях та тунелях обов'язкова перевірка на наявність небезпечних газів (метану, чадного газу).

*Література:* [1-9]

*Питання для самоконтролю*

1. Огляди КЛ.
2. Експлуатація КЛ.
3. Профілактичні випробування КЛ.
4. Визначення місць пошкодження КЛ.
5. Ремонт кабельних ліній.
6. Охорона праці при роботі з кабельними лініями.

## **2.7. Монтаж та експлуатація електроприводів.**

### **2.7.1 Монтаж засобів автоматизації, пристроїв керування та захисту.**

Монтаж систем автоматизації та керування електроприводами виконується у дві стадії. На першій стадії готуються траси та опорні конструкції, на другій - проводиться встановлення щитів, прокладання проводки та індивідуальні випробування систем.

#### *1. Організація проводки в щитах та шафах*

Електрична проводка всередині щитів виконується мідними проводами, що прокладаються джгутами (відкрито) або в пластмасових коробах.

Вимоги до джгутів: Проводи не повинні переплітатися. Кріплення до конструкцій виконується бандажами з кроком не більше 200 мм. На поворотах бандажі ставляться на відстані 50–55 мм до і після вигину.

Компенсатори: При переході джгута з нерухомого корпусу на рухомі дверцята обов'язково передбачається компенсатор, що працює на скручування.

Заповнення коробів: Коефіцієнт заповнення пластмасових коробів не повинен перевищувати 0,45.

#### *2. Комутаційна апаратура та пристрої керування*

Сучасний монтаж передбачає використання уніфікованих кріплень, зокрема 35-мм DIN-рейок, що значно пришвидшує встановлення апаратів.

Автоматичні вимикачі та ПЗВ: Встановлюються на DIN-рейку. Монтаж проводиться тільки при відсутності напруги. Опір ізоляції кіл повинен бути не менше 10 МОм.

Магнітні пускачі та контактори: Призначені для дистанційного керування двигунами. Можуть доукомплектовуватися пневматичними приставками для витримки часу (0,1–180 с) та обмежувачами перенапруг (ОПН).

Органи керування (Кнопки та індикатори): Встановлюються в стандартні отвори Ø22,3 мм. Кнопкові пости серії ПКЕ та світлосигнальні індикатори дозволяють оперативно керувати станом привода та візуалізувати його роботу.

### *3. Пристрої захисту*

Електротеплові реле (РТТ, РТЛ): Захищають двигун від тривалих перевантажень. Робоче положення - суворо вертикальне (допустиме відхилення 10–15°).

Запобіжники: Встановлюються в будь-якому положенні, крім "під площиною кріплення". Підключення на великі струми (від 31,5 А) виконується тільки мідними шинами або кабелями.

### *4. Монтаж шаф та щитів керування*

Кліматичні умови: Температура в приміщенні під час монтажу має бути не нижче +5°C. Всі оздоблювальні та брудні будівельні роботи мають бути завершені.

Ергономіка розміщення:

- Сигнальна апаратура та показуючі прилади: 800–2100 мм від підлоги.
- Органи керування (кнопки, перемикачі): 700–1600 мм.

Заземлення: Шафи, що живляться напругою понад 42 В, підлягають обов'язковому заземленню. Використання робочого нульового проводу як заземлювального провідника в мережах з однофазною напругою заборонено.

### *5. Маркування та приєднання*

Якість експлуатації залежить від чіткості маркування. Використовуються сучасні системи (наприклад, *GrafoPlast*), де маркувальні елементи захищені прозорим пластиком від пилу та мастил.

Запас проводу: Кінці жил повинні мати запас по довжині для можливості повторного перепідключення.

Переріз жил: Для мідних проводів вторинної комутації - не менше 1,5 мм<sup>2</sup> (під гвинт) або 0,5 мм<sup>2</sup> (під паяння).

*Література: [1-9]*

*Питання для самоконтролю*

1. Призначення та класифікація електричних апаратів, станцій керування, щитів і пультів керування.
2. Розмітка місць установки апаратури, ревізії електроапаратів.
3. Виконання електропроводок всередині шаф та щитків керування.
4. Маркування проводів та кабелів.
5. Монтаж комутаційних та ручних апаратів.
6. Монтаж апаратів захисту.
7. Монтаж засобів автоматизації.

### **2.7.2 Монтаж електроприводів.**

Монтаж електричних машин є завершальним і одним із найвідповідальніших етапів створення електропривода. Технологія робіт залежить від потужності машини та виду її постачання (у зібраному чи розібраному вигляді).

#### *1. Підготовка та встановлення на фундамент*

- Приймання фундаменту: Перевіряється відповідність габаритів проекту, відсутність тріщин та правильність розміщення анкерних болтів. Двигун встановлюють на фундамент не раніше ніж через 10–15 днів після його заливки.

- Такелаж: Для машин масою понад 100 кг обов'язково передбачаються вантажопідіймальні пристрої.

- Розміщення: Ширина проходів для обслуговування між корпусами двигунів повинна бути не менше 1 м. Відстань від корпусу до стіни — не менше 0,3 м (для малих машин) або 0,6 м (для двигунів заввишки понад 1 м).

#### *2. Підготовка двигуна до монтажу*

Перед встановленням необхідно:

1. Очищення: Видалити консерваційне мастило з робочого кінця вала.

2. Контроль ізоляції: Виміряти опір ізоляції мегомметром (500 В). Для двигунів до 1000 В опір має бути не менше 0,5 МОм. Якщо значення нижче - двигун підлягає сушінню.

3. Перевірка обертання: Вручну переконатися у вільному обертанні ротора.

4. Насадка деталей: Шківи, муфти або шестерні насаджують на вал за допомогою гвинтових пристосувань. Категорично заборонено наносити прямі удари молотком по валу, щоб не пошкодити підшипники.

### *3. З'єднання валів та центрування*

Надійність роботи привода залежить від співвісності валів двигуна та робочої машини.

- Види з'єднань: Жорсткі муфти (фланцеві), еластичні (втулково-пальцеві), пасові або зубчасті передачі.

- Центрування: Виконується за допомогою центрувальних скоб та щупів. Виміри проводять у чотирьох точках через кожні 90°.

- Для еластичних муфт (3000 об/хв) допустима різниця зазорів - не більше 0,08 мм.

- Кількість регульовальних прокладок під лапами двигуна не повинна перевищувати чотирьох.

### *4. Сушіння обмоток (за необхідності)*

Якщо ізоляція відволожилася, застосовують такі методи сушіння:

- Зовнішнє нагрівання: Електронагрівачами або гарячим повітрям (температура повітря не вище 90°C).

- Струмом від стороннього джерела: Пропускання постійного або змінного струму через обмотки (не більше 0,7  $I_{ном}$ ).

- Індукційний метод: Нагрівання за рахунок втрат у сталі статора.

Сушіння вважається закінченим, якщо опір ізоляції залишається стабільним протягом 3 годин при сталій температурі.

### *5. Підключення до мережі та заземлення*

- Заземлення (занулення): Корпус двигуна з'єднується з нульовим захисним провідником. Використання послідовного заземлення кількох

машин заборонено - кожна одиниця обладнання підключається окремим відгалуженням.

- Гнучкі вводи: Якщо двигун встановлено на віброізоляторах, підключення кабелем має виконуватися з використанням гнучких мідних жил.

#### *6. Пускові випробування*

1. Пробний пуск (вхолосту): Двигун вмикають "поштовхом" для перевірки напрямку обертання та відсутності сторонніх шумів. Робота вхолосту триває 1 годину.

2. Випробування під навантаженням: Триває 3 години. Контролюється вібрація та температура підшипників (не більше 95°C) і обмоток.

3. Вібрація: Амплітуда вібрації не повинна перевищувати 0,05 мм (для 3000 об/хв) або 0,1 мм (для 1500 об/хв).

*Література:* [1-9]

#### *Питання для самоконтролю*

1. Поняття електроприводу.
2. Вимоги до монтажу електродвигунів.
3. Підготування електродвигунів до монтажу.
4. Монтаж електродвигуна на опорну основу.
5. Підготовка фундаменту.
6. Установка двигуна на опорну основу.
7. Способи передачі обертального руху від ЕД до РМ.
8. Вивіряння положення валів ЕД та робочої машини.

### **2.7.3 Експлуатація розподільних пристроїв та захисної апаратури напругою до 1000 В.**

Головним завданням експлуатації є забезпечення безперебійної роботи електроприводів та захист мереж від аварійних режимів.

#### *1. Організація оглядів та ТО*

Огляди РП до 1000 В проводяться черговим персоналом (з групою допуску не нижче III).

- При огляді контролюють: цілісність корпусів, відсутність перегріву контактів (зміна кольору шин), цілість пломб на лічильниках та реле, стан заземлення.

- Технічне обслуговування (ТО): проводиться з відключенням напруги. Включає очищення від пилу (продування стисненим повітрям), підтяжку гвинтів, змащування рухомих частин технічним вазеліном та перевірку чіткості спрацювання апаратів вручну.

#### *2. Експлуатація та ремонт комутаційної апаратури*

- Рубильники: Перевіряють одночасність входження ножів у губки та щільність контакту. При ТО підгорілі місця зачищають напилком.

- Магнітні пускачі: Особливу увагу приділяють стану котушки (відсутність темних плям перегріву) та одночасності замикання силових контактів.

- Автоматичні вимикачі: Якщо товщина металокерамічних накладок на контактах становить менше 0,5 мм - апарат підлягає заміні.

#### *3. Захисна апаратура: Теплові реле та запобіжники*

- Теплові реле: Не рекомендується розбирати без потреби. Контролюють відповідність нагрівального елемента струму двигуна. Перевіряють роботу важеля повернення - він має вільно рухатися під дією пружини.

- Запобіжники: Перевіряють відсутність тріщин на патронах та відповідність плавкої вставки розрахунковому струму. У кварцових запобіжниках пісок має бути сухим та чистим (фракція 0,5–1 мм).

#### *4. Типові несправності апаратів керування*

1. Перегрів котушок: часто виникає через заклинювання магнітної системи у розімкненому стані (струм у цей момент у 10-15 разів вищий за номінальний).

2. Вібрація (гудіння): причиною є бруд на поверхнях стику магнітопроводу або пошкодження короткозамкненого витка на осерді.

3. Обгорання контактів: виникає при недостатньому натисканні пружин або при занадто високій частоті вмикань.

#### *5. Ремонт та маркування РП*

Капітальний ремонт (КР) проводиться не рідше ніж раз на 3 роки, поточний (ПР) - не рідше 1 разу на рік.

- Маркування шин: Згідно зі стандартами, фази фарбують у кольори: А - жовтий, В - зелений, С - червоний.

- Контактні з'єднання: Якість прилягання перевіряють щупом 0,02 мм. Опір ізоляції після ремонту має бути не менше 0,5 МОм.

*6. Заходи безпеки при роботі в мережах до 1000 В*

Роботи поділяються на три категорії:

1. З повним зняттям напруги: Накладання заземлень або встановлення ізоляційних прокладок між ножами рубильників.

2. Часткове зняття напруги: Огородження ділянок, що залишаються під напругою.

3. Без зняття напруги: Допускається як виняток (наприклад, чищення апаратури). Виконується двома особами в діелектричних рукавичках, стоячи на ізолюючій основі.

Заміна запобіжників: дозволяється під напругою (але при знятому навантаженні) в захисних окулярах та діелектричних рукавичках.

*Література: [1-9]*

*Питання для самоконтролю*

1. Обсяг і норми випробувань ПЗРА напругою до 1000 В.
2. Експлуатація розподільних пристроїв, пускової і захисної апаратури напругою до 1000 В.
3. Технічного обслуговування розподільних пристроїв, пускової і захисної апаратури напругою до 1000 В.
4. Охорона праці під час експлуатації апаратури.
5. Пошкодження пускової та захисної апаратури напругою до 1000В.
6. Поточний ремонт пускової, захисної та регулювальної апаратури.
7. Строки і обсяг ремонту розподільних пристроїв напругою до 1000 В.
8. Післяремонтні випробування розподільних пристроїв напругою до 1000 В.
9. Охорона праці під час ремонту пускової, захисної та регулювальної апаратури.

## 2.7.4 Експлуатація електроприводів.

Експлуатація електроприводів - це комплекс заходів, спрямованих на підтримання працездатності електродвигунів та пускозахисної апаратури протягом усього терміну їх служби.

### 1. Приймання електродвигунів в експлуатацію

Перед введенням змонтованого двигуна в роботу проводиться ретельний огляд:

- Зовнішній огляд: перевірка відповідності паспортних даних проекту, відсутність механічних пошкоджень корпусу, коробки виводів та вентилятора.
- Механічна частина: перевірка вільного обертання вала від руки (відсутність заїдань та сторонніх звуків).
- Електрична частина: контроль опору ізоляції (не менше 0,5 МОм), перевірка схеми з'єднання обмоток («зірка» або «трикутник») та надійності заземлення.
- Маркування: наявність стрілок, що вказують напрямок обертання на двигуні та механізмі.

### 2. Аналіз відмов та їх причини

Відмова - це повна або часткова втрата працездатності обладнання. У сільському господарстві (АПК) структура відмов двигунів є наступною:

- За типом пошкодження: 90% - міжвиткові замикання, 6% - пробій міжфазної ізоляції, 4% - пробій на корпус.
- За вузлами: 92–95% - пошкодження обмоток, 5–8% - вихід із ладу підшипників.
- Причини аварій: 50% - незадовільний захист (робота на двох фазах, перевантаження);
  - 35% - технологічні (якість виготовлення/ремонт);
  - 15% - конструкційні недоліки.

### 3. Захист електродвигунів

Захисні пристрої повинні реагувати на основні аварійні режими: обрив фази (40–50% аварій), заклинювання ротора (20–25%) та технологічні перевантаження.

- Класифікація захисту: струмовий, тепловий, температурний (терморезистори усередині обмоток), фазовий та комплексний.

#### *4. Технічне обслуговування (ТО) та огляди*

ТО проводиться без демонтажу машини безпосередньо на місці встановлення.

- Щодобове обслуговування: очищення корпусу, контроль нагріву підшипників, перевірка затяжки болтів та надійності заземлення.
- Періодичне ТО: контроль стану щіткового механізму (для двигунів із фазним ротором), перевірка та поповнення мастила в підшипниках (на 2/3 об'єму камери).

#### *5. Ремонт електричних машин*

Система ППР передбачає два види ремонту:

- Поточний ремонт (ПР): 1 раз на 6–12 місяців. Включає розбирання машини, чищення, промивання підшипників, просочування та сушіння обмоток.
- Капітальний ремонт (КР): 1 раз на 4–6 років. Передбачає повну заміну обмоток та, за потреби, ремонт вала ротора.

#### *6. Методи дефектації обмоток*

Для виявлення несправностей у розібраній машині використовують:

1. Метод контрольної лампи (омметра): для пошуку обривів та замикань на корпус.
2. Метод симетрії струмів: виявлення виткових замикань (у режимі ХХ) або обривів стержнів ротора (у режимі КЗ).
3. Метод електромагніта («апарата Єлізарова»): сталева пластинка вібрає над пазом із короткозамкненою котушкою.

#### *7. Приймально-здавальні випробування*

Після монтажу чи ремонту проводять:

- Вимірювання опору ізоляції: мегомметр 1000 В для статора (не менше 0,5 МОм).
- Випробування на ХХ: тривалість не менше 1 години (контроль вібрації та шумів).
- Вимірювання вібрації: допустима амплітуда для двигунів 1500 об/хв - 100 мкм, для 3000 об/хв - 50 мкм.

#### *8. Техніка безпеки*

1. Всі роботи проводяться при повному знятті напруги, знятих запобіжниках та вивішених плакатах «Не вмикати - працюють люди!».

2. Перед розбиранням слід переконатися, що механізм не може привести вал двигуна в рух (блокування).

3. Забороняється працювати в одязі із заковченими рукавами. При роботі з колектором, що обертається, рукави мають бути застебнуті.

*Література: [1-9]*

*Питання для самоконтролю*

1. Приймання в експлуатацію електричних двигунів.
2. Підготовка до пуску та пуск асинхронних електродвигунів.
3. Несправності, що виникають у процесі експлуатації електродвигунів.
4. Сучасні способи захисту електродвигунів від аварійних режимів.
5. Технічне обслуговування електродвигунів.
6. Способи сушіння ізоляції обмоток електричних машин.
7. Безпека праці при обслуговуванні електродвигунів.
8. Види ремонтів електричних двигунів і строки їх проведення.
9. Обсяг поточного і капітального ремонтів.
10. Приймання електродвигунів в ремонт.
11. Розбирання електричних двигунів і виявлення несправностей.
12. Випробування електричних двигунів після ремонту.
13. Охорона праці під час експлуатації електродвигунів.

### **3. Методичні поради щодо організації самостійного навчання**

Обов'язковим елементом успішного засвоєння навчального матеріалу освітньої компоненти «Основи монтажу та експлуатації електрообладнання» є систематична самостійна робота здобувачів. Вона є основним засобом опанування навчального матеріалу у час, вільний від аудиторних занять (лекцій та лабораторних робіт).

#### *3.1. Основні види самостійної роботи студента (СРС)*

Для ефективного формування фахових компетентностей здобувачі повинні зосередити увагу на таких видах діяльності:

- Опрацювання лекційного матеріалу: доопрацювання конспектів, вивчення тезових положень.
- Робота з літературою: вивчення рекомендацій українських та зарубіжних вчених, актуальних ДСТУ, ПУЕ та технічних каталогів виробників.
- Підготовка до лабораторних занять: опрацювання теоретичного базису та методичних вказівок.
- Індивідуальні завдання: виконання розрахунково-графічних робіт або підготовка доповідей за сучасними напрямками енергетики.
- Самоконтроль: перевірка власних знань за допомогою контрольних запитань та тестів.
- Підготовка до контрольних заходів: систематизація знань перед поточним та підсумковим контролем (іспитом).

Перелік питань для самостійної роботи.

Виконання контрольної роботи студентами заочної форми навчання – 30 год.

#### *3.2. Робота над лекційним матеріалом*

Лекція є початковою ланкою, що визначає зміст і обсяг подальшої самостійної роботи. Процес опанування знань починається з конспектування. Якісний конспект - це не дослівний запис, а короткий тезовий виклад головних положень, схем та алгоритмів монтажу.

Поради щодо роботи з конспектом:

1. Актуалізація: Перед кожною новою лекцією слід переглянути матеріал попередньої.

2. Поглиблення: Питання, які винесені викладачем на самостійне опрацювання, потребують обов'язкового доповнення конспекту даними з підручників чи нормативних документів.

3. Зв'язок з практикою: Використовуйте конспект як опорний матеріал під час підготовки до лабораторних робіт.

#### Теми для опрацювання лекційного матеріалу

№ з/п	Назва теми
1	Загальні принципи проведення електромонтажних робіт. Індустріалізація і механізація електромонтажних робіт. Підготовка до виробництва електромонтажних робіт.
2	Загальні відомості про експлуатацію устаткування. Зв'язок експлуатації і надійності устаткування. Технічна документація.
3	Підготовчі роботи перед монтажем ПЛ. Монтаж трубчастих розрядників і заземлюючих пристроїв. Огляди повітряних ліній. Обслуговування повітряних ліній.
4	Призначення та основна характеристика транс. підстанцій. Конструкція та робота комплектної трансформаторної підстанції. Підготовка КТП до здачі в експлуатацію. Експлуатація і ремонт ТП. Основні вимоги до трансформаторів. Режими роботи трансформаторів. Вимоги до трансформаторного масла. Очищення, сушіння і регенерація трансформаторного масла.
5	Устаткування комплектних розподільних пристроїв внутрішньої установки. Комплектні розподільні пристрої зовнішньої установки. Вимірювальні трансформатори, апарати захисту від перенапружень, конденсаторні установки. Загальні вимоги, прийнятно-здавальні випробування. Оперативні перемикання в установках напругою вищою ніж 1 кВ.

6	Підготовчі роботи перед монтажем кабельних ліній. Монтаж кабельних муфт. Огляди кабельних ліній. Визначення місць пошкодження КЛ.
7	Призначення та класифікація електричних апаратів, станцій керування, щитів і пультів керування. Монтаж засобів автоматизації. Поняття електроприводу. Способи передачі обертального руху від електродвигуна до робочої машини. Експлуатація розподільних пристроїв, пускової і захисної апаратури напругою до 1000 В. Сучасні способи захисту електродвигунів від аварійних режимів. Безпека праці при обслуговуванні електродвигунів. Розбирання електричних двигунів і виявлення несправностей.

### 3.3. Підготовка до лабораторних занять

Лабораторні заняття є ключовим етапом набуття практичних навичок роботи з електрообладнанням. Самостійна підготовка до них є обов'язковою і включає:

- Теоретичну самопідготовку: вивчення принципів дії апаратів та схем їх ввімкнення.
- Роботу з методичними вказівками: ознайомлення з порядком виконання роботи та вимогами безпеки.
- Підготовку відповідей: опрацювання контрольних запитань, наведених у методичних рекомендаціях до кожної теми.

#### Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми
1	Монтаж та експлуатація арматури СІП
2	Визначення опору заземлюючих пристроїв
3	Монтаж та експлуатація пускозахисної апаратури
4	Монтаж та експлуатація електродвигуна

### *3.4. Консультативна підтримка*

У разі виникнення труднощів під час самостійного вивчення складних питань (наприклад, налаштування мікропроцесорних реле чи складних схем керування), здобувач має право отримати консультацію викладача. Консультації проводяться на кафедрі Електротехнічних систем та енергетичного менеджменту згідно із затвердженим графіком.

Рационально організована самостійна робота не лише забезпечує успішне складання іспиту, а й формує навички безперервного професійного самовдосконалення, що є критично важливим для інженера в сучасних умовах швидкого розвитку технологій.

#### 4. Політика дисципліни

Організація освітнього процесу в межах дисципліни «Основи монтажу та експлуатації електрообладнання» ґрунтується на принципах взаємної поваги, відповідальності та неухильного дотримання нормативної бази Центральноукраїнського національного технічного університету.

##### 4.1. Академічна доброчесність та етика

Здобувачі вищої освіти зобов'язані дотримуватися «Кодексу академічної доброчесності ЦНТУ».

Етичні норми передбачають:

- Самостійність: виконання індивідуальних завдань, розрахунків та звітів з лабораторних робіт має бути результатом особистої праці здобувача.
- Недопустимість плагіату: використання чужих ідей, текстів чи результатів досліджень без належного посилання на джерело суворо заборонено.
- Відповідальність: усвідомлення, що порушення норм доброчесності призводить до анулювання результатів контрольних заходів та може стати підставою для відрахування.

##### 4.2. Режим відвідування та поведінка на заняттях

Підготовка інженера-електрика потребує безперервності навчання, тому:

- **Обов'язковість:** Відвідування лекцій та лабораторних занять є обов'язковим. Лабораторний практикум передбачає роботу з реальним або симульованим обладнанням, що не може бути повноцінно замінене самостійним вивченням.
- **Дисципліна:** Запізнення на заняття є проявом неповаги до академічної спільноти та порушенням робочого ритму. Під час занять мобільні пристрої мають використовуватися виключно з навчальною метою за дозволом викладача.
- **Відпрацювання:** Пропущені з поважних причин заняття повинні бути відпрацьовані згідно з графіком консультацій кафедри, але не пізніше ніж за тиждень до початку екзаменаційної сесії.

#### *4.3. Терміни та контроль виконання завдань*

- Дедайлнн: Вчасне подання звітів та виконання тематичних завдань є критерієм оцінювання професійної відповідальності майбутнього фахівця. Завдання, подані з порушенням встановлених термінів без поважних причин, не оцінюються або оцінюються зі знижувальним коефіцієнтом.
- Рубіжний контроль: Проводиться з метою діагностики знань на ключових етапах вивчення дисципліни згідно з «Положенням про рубіжний контроль ЦНТУ».

#### *4.4. Позааудиторна та наукова активність*

Освітня компонента заохочує вихід за межі стандартної програми. Здобувачі мають можливість:

- Брати участь у науково-практичних конференціях, фахових форумах та круглих столах.
- Відвідувати виїзні заняття на базі сучасних енергетичних підприємств регіону.
- Долучатися до обговорення інноваційних методів експлуатації електрообладнання під час зустрічей зі стейкхолдерами.

#### *4.5. Нормативно-правова база*

Діяльність усіх учасників освітнього процесу регламентується такими документами ЦНТУ:

1. Положення про організацію освітнього процесу.
  2. Положення про систему забезпечення якості освітньої діяльності та якості вищої освіти.
  3. Положення про дотримання академічної доброчесності науково-педагогічними працівниками та здобувачами.
  4. Положення про критерії оцінювання знань здобувачів.
  5. Положення про порядок вивчення вибіркового дисциплін.
- Дотримання цієї політики забезпечує прозорість оцінювання знань та високу якість професійної підготовки бакалавра з електричної інженерії.

## **5. Система поточного й підсумкового оцінювання знань**

Оцінювання результатів навчання здобувачів базується на комплексному підході, що поєднує різноманітні методи викладання та багатокритеріальну систему контролю якості знань.

### *5.1. Методи навчання*

Під час вивчення дисципліни використовуються методи, що стимулюють активну пізнавальну діяльність:

- За джерелами знань: словесні (лекція, пояснення, інструктаж), наочні (демонстрація макетів апаратів, ілюстрація схем монтажу) та практичні (лабораторні роботи, розв'язання експлуатаційних задач).
- За логікою пізнання: аналітико-синтетичний та індуктивно-дедуктивний підходи до аналізу роботи електроустановок.
- За рівнем творчої активності: проблемний виклад матеріалу, частково-пошуковий та дослідницький методи під час проведення діагностики обладнання.

### *5.2. Види та методи контролю*

Система контролю включає:

1. Самоконтроль: самооцінка за допомогою контрольних запитань до кожної теми.

2. Вхідний контроль: діагностика базових знань на початку курсу для корекції навчального плану.

3. Поточний контроль: оцінювання підготовки до лабораторних робіт, усних виступів, доповнень та ведення опорного конспекту.

4. Семестровий контроль (залік):

5. підсумкова атестація, що визначає рівень засвоєння всієї програми.

### *5.3. Розподіл балів та шкала оцінювання*

Рейтинг із дисципліни визначається за 100-бальною шкалою.

Схема нарахування балів:

- Поточна робота (60 балів): розподіляється між трьома змістовими модулями (по 20 балів кожен), що включають тестування, захист лабораторних робіт та самостійну роботу.

Шкала відповідності балів:

Сума балів	Оцінка ECTS	Оцінка (національна)	Характеристика знань здобувача
90–100	A	Відмінно	Навчальний матеріал відтворюється в повному обсязі; відповідь правильна, обґрунтована та логічна. Здобувач активно працює весь курс, глибоко володіє теорією, вміє аргументовано викладати власну позицію. Практичні завдання виконуються як за алгоритмом, так і за самостійно розробленим планом з аналізом похибок.
82–89	B	Дуже добре	Достатньо повне володіння матеріалом, обґрунтований виклад з висновками. Здобувач активно працює, вміє аналізувати факти та події. Самостійно монтує обладнання під час лабораторних робіт, виконує їх у повному обсязі та акуратно оформлює звіт. Допускаються окремі несуттєві неточності.
74–81	C	Добре	Здобувач відтворює значну частину матеріалу, але при викладанні не вистачає глибини та аргументації. Вміє зіставити та систематизувати інформацію СРС під керівництвом викладача. Лабораторні роботи виконує правильно, але з незначними зауваженнями до оформлення чи аналізу результатів.
64–73	D	Задовільно	Відтворення основних положень на рівні запам'ятовування без достатнього розуміння суті. На заняттях пасивний, відповіді неповні. Самостійну роботу розуміє, але допускає грубі помилки. Лабораторні роботи виконує тільки за зразком (інструкцією) або з допомогою викладача.

60–63	Е	Достатньо	Засвоєно лише окремі питання програми. Здобувач не вміє вільно самостійно викласти зміст більшості тем. Виконано лише окремі завдання рубіжного контролю. Практичні вміння сформовані на мінімальному рівні, необхідному для виконання елементарних операцій.
менше 60	FX	Незадовільно	Матеріал засвоєно фрагментарно, відповіді неправильні або безсистемні. Відсутнє розуміння основної суті питань. Більшість завдань СРС не виконано. Під час лабораторних занять не робить самостійних висновків, порушує послідовність виконання роботи. Потребує повторного складання.

#### 5.4. Критерії поточного оцінювання (додаткові бали)

Окрім основних робіт, здобувач може підвищити рейтинг за рахунок активності:

- Доповнення та аналіз (1–2 бали): за глибокий системний аналіз виступу колег та виявлення нових ідей.
- Конструктивні запитання (0,5–1 бал): за запитання, що поглиблюють розгляд ключових проблем теми.
- Ведення опорного конспекту (0,5–1 бал): оцінюється власноручне ведення, повнота та творче доопрацювання лекційного матеріалу.

#### 5.5. Умови допуску до підсумкового контролю

Здобувач допускається до екзамену за умови виконання обов'язкового мінімуму:

1. Наявність 5 захищених лабораторних робіт.
2. Ведення особистого опорного конспекту лекцій.
3. Успішне проходження тестів змістових модулів.
4. Наявність позитивного поточного рейтингу (не менше 35 балів).

Відсутність письмових робіт або їх неподання до початку сесії робить допуск до підсумкового контролю неможливим.

## **6. Тематика контрольних робіт для студентів заочної та дистанційної форм навчання**

### **6.1 Питання для виконання теоретичного завдання контрольної роботи.**

1. Загальні принципи проведення електромонтажних робіт.
2. Організація електромонтажних робіт.
3. Планування електромонтажних робіт.
4. Підготовка до виробництва електромонтажних робіт.
5. Охорона праці при виконанні електромонтажних робіт.
6. Індустріалізація і механізація електромонтажних робіт.
7. Пусконаладжувальні роботи при електромонтажних роботах.
8. Приймання об'єкту в експлуатацію.
9. Загальні відомості про експлуатацію устаткування.
10. Система планово-попереджувальних ремонтів і ТО електроустановок.
11. Зв'язок експлуатації і надійності устаткування.
12. Експлуатаційна технічна документація.
13. Порядок приймання в експлуатацію знову змонтованих електроустановок.
14. Підготовчі роботи перед монтажем ПЛ.
15. Зборка і установка опор.
16. Монтаж проводів і грозозахисних тросів.
17. Монтаж трубчастих розрядників і заземлюючих пристроїв.
18. Приймання повітряних ліній в експлуатацію.
19. Огляди повітряних ліній.
20. Профілактичні вимірювання і випробування ПЛ.
21. Обслуговування ПЛ.
22. Ремонт повітряних ліній.
23. Безпека праці при експлуатації і ремонті ПЛ 0,38-20 кВ.
24. Призначення та основна характеристика трансформаторних підстанцій.
25. Монтаж комплектної трансформаторної підстанції.
26. Конструкція та робота КТП.
27. Встановлення комплектної трансформаторної підстанції.
28. Конструкція фундаменту та опорних конструкцій.

29. Послідовність монтажу КТП.
30. Встановлення силового трансформатора.
31. Технологія монтажу вторинних кіл КТП.
32. Монтаж роз'єднувача та приводу.
33. Монтаж заземлювальних пристроїв.
34. Підготовка КТП до здачі в експлуатацію.
35. Техніка безпеки при монтажі КТП.
36. Приймання в експлуатацію трансформаторних підстанцій.
37. Основні вимоги до трансформаторів.
38. Режими роботи трансформаторів.
39. Випробування трансформаторів, підготовка їх до вмикання.
40. Експлуатація силових трансформаторів.
41. Огляди трансформаторів.
42. Технічне обслуговування трансформаторів.
43. Приймання трансформаторів у ремонт.
44. Пошкодження силових трансформаторів, їх ознаки і причини.
45. Поточний ремонт трансформаторів.
46. Капітальний ремонт трансформаторів.
47. Несправності КТП і способи їх усунення.
48. Експлуатація трансформаторних олив.
49. Вимоги до олив, випробування олив, що експлуатуються.
50. Очищення, сушіння і регенерація трансформаторних олив.
51. Випробування трансформатора після ремонту.
52. Безпека праці при монтажі і експлуатації ТП.
53. Устаткування комплектних розподільних пристроїв внутрішньої установки.
54. Комплектні розподільні пристрої зовнішньої установки.
55. Технологія монтажу комплектних розподільних пристроїв внутрішньої установки.
56. Технологія монтажу комплектних розподільних пристроїв зовнішньої установки.
57. Шини розподільних пристроїв.
58. Монтаж ізоляторів РП.
59. Комутаційні апарати в РП.
60. Вимірювальні трансформатори, апарати захисту від
61. перенапружень, конденсаторні установки.

62. Заземляючі пристрої в комплектних розподільчих пристроях.
63. Монтаж комплектних розподільних пристроїв.
64. Технологія монтажу вторинних ланцюгів КРП.
65. Безпека праці при монтажі і експлуатації РП.
66. Загальні вимоги, приймально-здавальні випробування РП.
67. Профілактичні випробування електрообладнання.
68. Огляди РП і догляд за електрообладнанням.
69. Оперативні перемикання в установках напругою вищою ніж 1кВ.
70. Експлуатація основного електрообладнання РП.
71. Види, обсяг і строки ремонту РП.
72. Підготовчі операції та організація ремонту РП.
73. Підготовчі роботи перед монтажем кабельної лінії.
74. Прокладення кабелів в земляній траншеї.
75. Прокладення кабелів у блоках.
76. Прокладення кабелів в кабельних спорудах.
77. Відкрите прокладення кабелів у виробничих приміщеннях.
78. Монтаж кабельних муфт.
79. Приймання кабельної лінії в експлуатацію.
80. Огляди КЛ.
81. Експлуатація КЛ.
82. Профілактичні випробування КЛ.
83. Визначення місць пошкодження КЛ.
84. Ремонт кабельних ліній.
85. Безпека праці при роботі з кабельними лініями.
86. Призначення та класифікація електричних апаратів, станцій керування, щитів і пультів керування.
87. Розмітка місць установки апаратури, ревізія електроапаратів.
88. Виконання електропроводок всередині шаф та щитків керування.
89. Маркування проводів та кабелів.
90. Монтаж комутаційних та ручних апаратів.
91. Монтаж апаратів захисту.
92. Монтаж засобів автоматизації.
93. Поняття електроприводу.
94. Вимоги до монтажу електродвигунів.
95. Підготування електродвигунів до монтажу.

96. Монтаж електродвигуна на опорну основу.
97. Підготовка фундаменту.
98. Установка двигуна на опорну основу.
99. Способи передачі обертального руху від електродвигуна до РМ.
100. Вивірення положення валів електродвигуна та РМ.
101. Обсяг і норми випробувань ПЗРА напругою до 1000 В.
102. Експлуатація розподільних пристроїв, пускової і захисної апаратури напругою до 1000 В.
103. Технічного обслуговування розподільних пристроїв, пускової і захисної апаратури напругою до 1000 В.
104. Безпека праці під час експлуатації апаратури.
105. Пошкодження пускової та захисної апаратури напругою до 1000 В.
106. Поточний ремонт пускової, захисної та регулювальної апаратури.
107. Строки і обсяг ремонту розподільних пристроїв напругою до 1000 В.
108. Післяремонтні випробування розподільних пристроїв напругою до 1000 В.
109. Безпека праці під час ремонту пускової, захисної та регулювальної апаратури.
110. Приймання в експлуатацію електричних двигунів.
111. Підготовка до пуску та пуск асинхронних електродвигунів.
112. Несправності, що виникають у процесі експлуатації електродвигунів.
113. Сучасні способи захисту електродвигунів від аварійних режимів.
114. Технічне обслуговування електродвигунів.
115. Способи сушіння ізоляції обмоток електричних машин.
116. Безпека праці при обслуговуванні електродвигунів.
117. Види ремонтів електричних двигунів і строки їх проведення.
118. Обсяг поточного і капітального ремонтів.
119. Приймання електродвигунів в ремонт.
120. Розбирання електричних двигунів і виявлення несправностей.
121. Випробування електричних двигунів після ремонту.
122. Безпека праці під час випробування електродвигунів.

## **6.2 Методичні вказівки до виконання практичних завдань контрольної роботи.**

Контрольні завдання містять питання для виконання теоретичного завдання контрольної роботи з їх розподілом по варіантам, які наведені в табл. 6.1 та дві задачі практичного характеру, що відбивають основні розділи курсу. Для студентів заочної форми навчання індивідуальне завдання є контрольним завданням.

При виконанні контрольних робіт необхідно керуватися наступними вимогами: завдання має бути оформлене відповідно до нормативних документів; відповіді на питання давати чітко, коротко, вичерпно; однотипні розрахунки мають бути зведені в таблиці; в ході виконання завдання приводити посилання на літературу.

### *Завдання 1.*

Скласти графік планово-запобіжного ремонту електрообладнання ПЗРЕ для даного об'єкта. Вихідні данні наведені в табл. 8.2 де приведені час роботи на добу та рік, середовище в якому експлуатується електрообладнання та його перелік і номенклатура.

Варіанти розподіляються: остання та передостання цифри залікової книги це номер приміщення та варіанту.

Розшифровка умовних позначень електродвигуна:

$$\frac{x}{1} - \frac{x}{2} - \frac{x}{3} \quad 6.1$$

1. – серія електродвигуна: 1 – АИР ; 2 – АО-2; 4 – 4АМ.
2. – кількість обертів: 2 – 3000 об/хв.; 4 – 1500 об/хв.; 6 – 1000 об/хв.; 8 – 750 об/хв.
3. – кількість електродвигунів зазначеної серії і потужності.

### *Короткі методичні вказівки.*

Електрообладнання, що використовується на підприємствах – це значна частина основних фондів підприємств. Від його безперебійної і надійної роботи залежить об'єм виробництва продукції, зниження її собівартості. В процесі експлуатації електрообладнання зношуються і руйнуються окремі частини, вузли і деталі, погіршуються економічні показники. Відновлення цих показників здійснюється шляхом обслуговування та ремонту.

Таблиця 6.1 - Розподіл контрольних питань за варіантами.

Передостання цифра шифру	Остання цифра шифру									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,50,100	2,51,101	3,52,102	4,53,103	5,54,104	6,55,105	7,56,106	8,57,107	9,58,108	10,59,109
1	11,60,110	12,61,111	13,62,112	14,63,113	15,64,114	16,65,115	17,66,116	18,67,117	19,68,118	20,69,119
2	21,70,120	22,71,121	1,23,72	2,24,73	3,25,74	4,26,75	5,27,76	6,28,77	7,29,78	8,30,79
3	8,31,80	9,32,81	10,33,82	11,34,83	12,35,84	13,36,85	14,37,86	15,38,87	16,39,88	17,40,89
4	18,41,90	19,42,91	20,43,92	21,44,93	22,45,94	23,46,95	24,47,96	25,48,97	26,49,98	27,41,99
5	1,55,102	2,54,103	3,53,104	4,52,101	5,51,100	6,59,109	7,58,108	8,56,106	9,50,107	10,57,105
6	11,69,115	12,68,114	13,67,113	14,66,112	15,65,111	16,64,110	17,63,119	18,62,118	19,61,117	20,60,116
7	21,75,91	23,74,92	25,73,93	27,72,94	29,71,121	20,70,120	22,76,95	24,77,96	26,78,97	28,79,98
8	38,88,99	39,87,100	30,89,101	31,86,102	37,85,103	36,84,104	32,83,105	33,82,106	35,81,107	34,80,108
9	45,99,109	46,98,110	47,97,111	48,96,112	49,95,113	44,94,114	43,93,115	42,92,116	41,91,117	40,90,119

Таблиця 6.2- Вихідні дані.

№ п п	Електрообладнання	Характеристика	Один виміру	Приміщення			
				1	2	3	4
				Телятник	Корівник	Кормоцех	Свинарник
1	Час на добу		год.	8	10	8	8
2	Час на рік		міс	12	10	12	12
3	Середовище		–	6	6	5,2	6
4	Віддаль від ПТОРЕ	L	км	1,6	1,8	1,1	1,1
5	Ел. двигуни	0,25 кВт	шт.				
6	–"	0,37 кВт	шт.				1-6-8
7	–"	0,55 кВт	шт.		2-2-12		
8	–"	0,8 кВт	шт.	1-6-2			
9	–"	1,1 кВт	шт.	4-4-4	4-4-2	1-2-1	4-4-4
10	–"	1,5 кВт	шт.	2-6-6	4-4-4		4-6-4
11	–"	2,2 кВт	шт.		4-4-4	1-2-1	
12	–"	3,0 кВт	шт.		4-6-2		
13	–"	4,0 кВт	шт.	4-4-8			4-4-4
14	–"	5,5 кВт	шт.		4-6-2	1-2-1	
15	–"	7,5 кВт	шт.				
16	–"	10 кВт	шт.				
17	–"	15 кВт	шт.				
18	–"	17 кВт	шт.				
19	–"	22 кВт	шт.				
20	–"	30 кВт	шт.				
21	Автомати	До 50 А	шт.	12	24	4	26
22	М. пускач	До 25 А	шт.	20	40	6	38
23	Силові щити	На 4 гр.	шт.	2	4	1	4
24	Щит освітлен	На 4 гр.	шт.	1	4	1	2
25	Зварюв.трансф	до 160 А	шт.				
26	Ел.водонагрів	до 200 л	шт.		2		
27	Світільники з ламп розж	До 2 ламп	шт.	80	144	28	88
28	Світільники ламп люмін	До 2 ламп	шт.	60	24		14
29	Проводка тросова	АТРГ	км	0,7	1,8		1
30	Пров.кабелю	АНРГ	км	1,4	1,4	0,3	1,2
31	Схована проводка	АППВ	км	0,6	0,4	0,2	0,4

продовження таблиці 6.2

№ п п	Приміщення					
	5	6	7	8	9	10
	Свинарник маточник	Вівчарня	Ферма ВРХ	Пташник	Млин	Олійня
1	8	8	10	8	8	8
2	12	10	12	10	6	12
3	6	6	6	6	4,1	4,1
4	1	1,5	1,8	2,5	1,5	1,4
5						
6				4-2-1		
7	4-2-4	4-6-5	2-2-12	4-4-1		
8						
9	4-4-2		4-4-4	2-6-8	4-6-4	
10		4-4-2	4-4-4			4-4-2
11		4-4-1	4-4-6	4-4-2	4-4-2	4-2-1
12			4-6-4	4-6-2		4-4-1
13	1-4-2					4-6-2
14			4-6-2			4-6-1
15		4-4-1			4-6-2	
16					1-2-1	
17						
18						
19						
20						
21	8	14	28	16	2	5
22	12	19	52	20	7	10
23	2	2	4	2	1	2
24	1	2	2	1	1	1
25						
26	1					
27	50	70	130	61	8	10
28	5	9	230	9		
29	0,3	0,9	2,4	0,8		
30	0,3	0,7	2,2	0,5	0,1	0,1
31	0,3	0,4	0,6	0,2	0,1	0,1

продовження таблиці 6.2

№ п п	Приміщення					
	11	12	13	14	15	16
	Пташник	Кормоцех	Інкуба торій	Яйцесклад	Кузня	Адмін. будівля
1	8	8	8	8	8	8
2	12	12	12	12	12	12
3	6	5,2	1	1	2	2
4	2,2	2,3	2,5	2,5	1,3	0,7
5						
6	4-2-1		4-2-6	4-2-1		
7	4-4-1			4-4-1	2-2-1	4-6-1
8		2-4-1	4-6-1		1-2-1	
9	4-6-8	4-4-2	1-2-1	2-6-4	4-4-1	4-6-1
10		4-4-2	4-4-1		4-4-1	
11				4-4-2	4-4-1	
12	4-4-2	1-4-2			4-4-1	
13	4-4-2	2-6-1			4-6-1	
14		4-6-1				
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21	14	10	9	11	8	2
22	18	14	12	12	12	4
23	2	2	2	2	1	1
24	1	1	1	1	1	1
25						
26						
27	60	40	50	30	9	10
28	10			10		5
29	0,4	0,1		0,1		
30	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1
31	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

продовження таблиці 6.2

№ п п	Приміщення					
	17	18	19	20	21	22
	КЗС-20	ЗАВ-20	Зерно- склад	Зернотік	Млин	Олійня
1	10	10	8	10	8	8
2	6	6	6	6	6	12
3	4,1	4,1	4,1	5,4	4,1	4,1
4	1	0,9	0,7	0,7	1,5	1,4
5						
6						
7				4-4-1		
8						
9	2-4-1	4-4-2		4-4-1	4-6-4	
10	4-6-3	4-6-2	2-8-1			4-4-2
11		4-4-2		1-4-1	4-4-2	4-2-1
12	4-2-2	1-6-1	4-8-2	4-8-1		4-4-1
13	1-6-3			2-4-1		4-6-2
14	2-4-2	4-4-1	1-6-2			4-6-1
15			4-8-1	1-4-1	4-6-2	
16					1-2-1	
17	1-6-1	4-6-1				
18						
19						
20						
21	12	9	8	8	2	5
22	24	18	12	12	7	10
23	2	2	1	1		1
24	1	1	1	1	1	1
25					1	1
26						
27	35	30	36	36	8	10
28						
29			0,3	0,3		
30	0,4	0,3	0,5	0,5	0,1	0,1
31	0,1		0,1	0,1	0,1	0,1

продовження таблиці 6.2

№ п п	Приміщення					
	23	24	25	26	27	28
	Майстерня с/г техніки	Гаражі	Авторактор на бригада	Овоче- сховище	Їдальня	Водонасос установка
1	8	8	8	8	8	8
2	12	12	12	12	12	12
3	2	2	2	3	2	2
4	0,1	0,3	0,4	0,5	0,5	1,6
5						
6					4-4-2	
7	4-4-1				1-4-2	
8	1-4-1	4-4-1	2-4-1			
9			1-4-1		2-4-2	
10			4-4-1	4-4-1		
11	2-4-1	4-4-1	2-4-1		4-4-1	
12			4-4-1			
13			4-4-1			4-4-1
14	4-4-1					
15				4-8-1		
16						
17						
18						
19						
20						
21	8	4	9	2	7	1
22	12	7	13	3	14	4
23	2	1	2	1	1	1
24	1	1	1	1	1	
25	1		1			
26		1				
27	21	16	42	10	15	4
28	22				10	
29	0,3					
30	0,3	0,1	0,2	0,1	0,1	0,3
31	0,15	0,2	0,2	0,1		

Надійність і довговічність роботи електрообладнання в умовах експлуатації забезпечується своєчасним і якісним проведенням технічного обслуговування (ТО) і поточного ремонту (ПР), які виконує обслуговуючий персонал господарства. Задачі персоналу і порядок виконання робіт визначені Правилами технічної експлуатації електроустановок і посадовими інструкціями.

Надійність електрообладнання – здатність виконувати задані функції, зберігати свої експлуатаційні показники (продуктивність та ін.) в заданих межах на протязі необхідного проміжку часу. На підвищення надійності роботи електрообладнання впливає введення системи планово-запобіжного ремонту електрообладнання (ПЗРЕ).

Система ПЗРЕ це сукупність організаційно-технічних заходів по плануванню, підготовці, організації, проведенню контролю і обліку необхідних видів робіт і забезпеченню безпечної роботи електроустановок при мінімальних експлуатаційних затратах. Також система ПЗРЕ це сукупність організаційно-технічних заходів по догляду, обслуговуванню і ремонту електрообладнання, що проводяться профілактично по заздалегідь складеному плану, з метою безвідмовної його роботи.

Відповідно до ГОСТ 18322-78 у процесі експлуатації виробів передбачають два види профілактичних заходів: технічне обслуговування і ремонт.

Технічне обслуговування (ТО) включає комплекс операцій щодо підтримки роботоздатності або справності обладнання при застосуванні за призначенням, зберіганні та транспортуванні. Існує кілька видів технічного обслуговування: регламентоване, з періодичним і безперервним контролем. Технічне обслуговування виконують електромонтери електротехнічної служби підприємства. В його обсяг входять операції з перевірки якості заземлення, ступеня нагріву (корпусу, контактних кілець, підшипників), центровки приводу, наявності ненормальних шумів. При необхідності регулюють електрообладнання та його пускозахисну апаратуру, вимірювальні прилади, виявляють і усувають дрібні несправності.

Цією ж системою передбачають два види ремонту електрообладнання: поточний та капітальний.

Поточний ремонт (ПР) виконують для забезпечення або відновлення роботоздатності виробу, він включає заміну або відновлення окремих деталей. Поточний ремонт можна провадити на місці установлення електрообладнання або пункті технічного обслуговування (у ремонтній майстерні). Це основний вид профілактичного ремонту, який забезпечує довговічність, безвідмовність електрообладнання засобів автоматизації, їх підтримування у роботоздатному стані до наступного планового ремонту. Під час ПР обладнання очищають від пилу і бруду, перевіряють, замінюють швидкозношені частини та налагоджують їх. До обсягу ПР електричних машин входять операції ТО, демонтаж, транспортування, дефектування, розбирання обладнання та його ремонт (крім ремонту базових збірних одиниць, наприклад обмоток та ін.).

Капітальний ремонт (КР) виконують для відновлення і повного або близького до повного відновлення ресурсу виробу із заміною або відновленням будь-яких його частин, включаючи базові. У ремонтній практиці можливі: капітальний ремонт без внесення до конструкції електрообладнання суттєвих змін; капітальний ремонт з модернізацією, що передбачає проведення додаткових робіт по заміні конструкцій з метою поліпшення експлуатаційних якостей електрообладнання. Ці види ремонтів провадять у спеціалізованих електроремонтних майстернях, цехах або на заводах.

Система технічного обслуговування і ремонту характеризується циклами технічного обслуговування та ремонтним, а також трудомісткістю і вартістю.

Періодичність ТО (ремонту) - це інтервал часу або наробка між даним видом ТО (ремонту) і наступним таким же видом або іншим більшої складності.

Трудомісткість ТО або ремонту визначається трудовими затратами на проведення одного технічного обслуговування або ремонту даного виду. Сумарна трудомісткість на проведення технічних обслуговувань або ремонтів за певний період експлуатації протягом року це трудові затрати на проведення всіх ТО і ремонтів.

За річною трудомісткістю робіт з ТО і ремонту електрообладнання визначається чисельність та структура інженерно-

технічних робітників ЕТС підприємства. З цією метою використовуються умовні одиниці, які являють собою відношення усередненої річної трудомісткості ТО і ремонту різних видів електрообладнання до річної трудомісткості ТО і ремонту базової електроустановки, прийнятої за еталон.

Основним документом, що регламентує роботу по експлуатації електрообладнання є річний графік ТО, СО, ПР і КР. Графік складає інженер-електрик і затверджує керівник господарства. Для розробки графіка необхідно проаналізувати стан обладнання, визначити періодичність ТО і ПР, визначити річне число обслуговувань і затрати робочого часу. На основі річного графіка складають квартальний графік. В задачу електроремонтного підприємства входить не тільки ремонт і відновлення працездатності агрегату чи машини, а й його модернізація.

Складання графіка ТО слід починати з об'єктів сезонного використання. Це дозволяє полегшити роботу під час розподілу тижневих затрат праці рівномірно на весь рік.

За інтервал часу прийнятий місяць. Це дає змогу легко визначити об'єм роботи за річним графіком на місяць і рік, а також дозволяє відмовитися від розробки квартальних і місячних графіків виконання ТО і ремонту електрообладнання.

Під час планування робіт з ТО і ремонту електрообладнання, КВПіА необхідно, щоб навантаження електромонтерів щотижневе і щомісячне було рівномірне. Слід при цьому на кожен тиждень і місяць резервувати приблизно 20% загального тижневого і місячного фонду робочого часу на виконання оперативних і дрібномонтажних робіт.

Складаючи графік, потрібно враховувати основні вимоги: кількість обслуговувань і ремонтів на рік повинна відповідати нормам ПЗРЕ. Трудомісткість запланованих робіт на місяць повинна бути такою, щоб можна було її виконати наявним складом електромонтерів (не більше 173,1 люд.-год на місяць для одного електромонтера).

Чіткої методики для складання місячних, квартальних графіків немає. Бажано виключати з графіка вихідні та святкові дні. Потім визначити періодичність технічного обслуговування електродвигунів упродовж всього місяця чи кварталу. При збільшенні періодичності технічні обслуговування двигунів і пускозахисної апаратури бажано

виконувати разом, щоб кількість вимикань основного устаткування була найменшою, продування, очищення та зміну мастила у підшипник слід поєднувати з плановими і технічними обслуговуваннями. Обсяг робіт на день повинен бути такий, щоб їх міг виконати закріплений за об'єктом електромонтер.

Енергоспоживання підприємств представлені великою кількістю різноманітного обладнання, електроустановок і споруд (лінії електропередачі, трансформаторні підстанції, електродвигуни, пускозахисна апаратура, апаратура керування, капітальне будівництво, силові та освітлювальні проводки тощо).

Обладнання групують за номенклатурою і типажем, одиницею вимірювання, кількістю, числом годин роботи за добу і роками, умовами оточуючого середовища результати заносимо в табл. 6.14 в графу 1-5,7.

Коефіцієнт сезонності визначають діленням кількості місяців роботи обладнання в рік на 12, записують до табл. 6.14 в графу 6.

$$K_c = \frac{M}{12} \quad 6.2$$

де М – кількість місяців роботи електрообладнання на рік.

По кожній групі електрообладнання, пускозахисної і пускорегулюючої апаратури, КВПіА, за нормами ПЗРЕ розраховують річну кількість ТО, СО, ПР і КР залежно від типу обладнання, місця установки і часу використання його протягом доби, з урахуванням коефіцієнта сезонності. Кількість профілактичних обслуговувань ТО, СО, ПР і КР на одиницю виду обладнання розраховують діленням 12 місяців на відповідний норматив.

Річна кількість профілактичних заходів визначається з кожного виду обслуговування і ремонту з урахуванням умов експлуатації і за часом використання: години роботи на добу (коефіцієнт екстенсивності  $K_{ек}$ ) і місяці роботи за рік (коефіцієнт сезонності  $K_c$ ).

Періодичність проведення ТО і ремонту одиниці електрообладнання визначають згідно з нормативами, наведеними в системі ПЗРЕ табл. 6.3-6.6.

Таблиця 6.3 - Періодичність ТО, ПР і КР внутрішніх електропроводок, силових збірок та освітлювальних щитків.

Електрообладнання	Приміщення	Періодичність, місяців		
		ТО	ПР	КР
Електропроводка, яка прокладена кабелем у трубах, коробах, лотках, на стінах, фермах	Сухі і вологі	6	24	180
	Запилені і вологі	6	24	120
	Особливо вологі з хімічно активним середовищем	4	18	96
Електропроводка, яка виконана ізольованими проводами в трубах, коробах, лотках, на стінах, фермах	Сухі і вологі	4	18	96
	Запилені та вологі	4	18	60
	Особливо вологі з хімічно активним середовищем	3	12	42
Схована проводка мережі освітлення	Всі види приміщень	6	24	120
Силові зборки та щитки освітлення	Сухі, вологі, запилені і вологі	3	24	-
	Особливо вологі з хімічно активним середовищем	1,5	12	-

Таблиця 6.4 - Періодичність ТО і ПР електродвигунів.

Місце встановлення електродвигунів	Тип і призначення приміщень	Тип електродвигунів	Періодичність, місяців	
			ТО	ПР
1	2	3	4	5
У приміщеннях: сухих та вологих (вологість до 75 %)	Гаражі, майстерні, котельні, цехи з переробки плодів та овочів	A02,4AM АИР	3	24
Сирих (вологість тривалий час перевищує 75 %)	Цехи з переробки продуктів. Пункти післяжнивної обробки зерна	A02, 4AM АИР	3	24
Запилених (вологість до 98%, температура від -40 °С, до +45 °С запиленість до 240 г/м <sup>3</sup> )	Млини, елеватори, комбикормові, заводи, зерносклади	A02, 4A, АИР	1,5	18

продовження таблиці 6.6.

1	2	3	4	5
Особливо сирих(вологість перевищує 98%)	Сараї, неопалювальні склади, Кормоприготувальні цехи тваринницьких ферм та комплексів Доїльні зали, молочні, відділення Насосні відділення та відділення для миття обладнання молочних ферм Мийні відділення цехів з переробки плодів. Парники, теплиці	A02	1,5	24
		4АМ,АИР	3	24
		A02	1,5	18
		4АМ,АИР	3	24
		A02	1	9
		4АМ,АИР	2	18
		A02	1,5	18
		4АМ,	3	24
		АИР		
		A02	1,5	18
Особливо сирих з хімічно активним середовищем (вологість 80-100%, вміст аміаку 2-140 мг/м <sup>3</sup> , сірководню - 10-90 мг/м <sup>3</sup> , вуглекислого газу 0,03 - 0,88%)	Гваринницькі та птахівничі приміщення, склади мінеральних добрив, приміщення для протравлення насіння	A02	1,5	18
		4А, АИР	3	24
На відкритому повітрі або під навісом		A02	1	12
		4А, АИР	1,5	24

Таблиця 6.5 - Періодичність ТО і ПР пускозахисних апаратів.

Місце встановлення апаратів	Періодичність, місяців	
	ТО	ПР
У сухих і вологих приміщеннях	3	24
У вологих і запиленних приміщеннях	2	18
У приміщеннях особливо вологих та з хімічно активним середовищем	1	12
На відкритому повітрі і під навісом	1	12

Таблиця 6.6 - Періодичність ТО і ПР світлотехнічного обладнання.

Світлотехнічне обладнання та опромінювачі	Періодичність, місяців	
	ТО	ПР
Світильники для сухих і вологих приміщень	6	24
Світильники для вологих і особливо вологих приміщень	3	24
Світильники та опромінювачі для вологих і особливо вологих приміщень з хімічно активним середовищем	3	12
Опромінювачі тепличні	6	12

Залежно від місця установки й умов експлуатації електроустаткування поділяють на зовнішнє, що зберігається на відкритому повітрі або під навісом, та усередині помешкання. Умови експлуатації усередині помешкання характеризуються категорією помешкання: сухі, вологі, пильні, особливо сирі з хімічно активним середовищем, пожежо- і вибухонебезпечні табл. 8.7 , категорію приміщень записують до табл. 6.14 в графу 7.

Таблиця 6.7 - Класифікація сільськогосподарських приміщень за умовами оточуючого середовища

№	Категорія та характеристика	Тип та призначення приміщень	Перелік машин
1	2	3	4
1	Сухі відносна вологість до 60% температура до 30°C.	Контори, червоні куточки, школа, лікарня, житлові будинки, гуртожиток, інкубаторій, склад з опаленням, допоміжні приміщення у майстернях	Вентилятори, сушильні шафи, електрообігрівні прилади
2	Вологі відносна вологість 60...70%. але не більше 75%.	Гаражі, зали, їдальні, котельні, майстерні, кухні житла, склади без опалення, горище, підвал	Верстат, насос, вентилятор, теплогенератор

продовження таблиці 6.7

1	2	3	4
3	<i>Сири</i> відносна вологість тривало перевищує 75%	Овочесховище, цех з переробки плодів і овочів та продуктів тваринництва і післяживної обробки зерна, тваринницькі ферми і комплекси (корівники, свинарники, телятники, пташники, конюшні) з установками мікроклімату	Насоси, транспортери, агрегати для сортування овочів, кормодробарки, маслоробні машини, сепаратори. АВМ, КЗС, вентилятори,
4.1	<i>Пильні</i> відносна вологість до 98%, температура - 40 ... +40 °С	Млини, елеватори, комбікормові заводи, зерносклади	Транспортери, вентилятори, зерноочисні агрегати, зерносушарки, змішувачі.
4.2	запиленість до 240 г/м <sup>3</sup>		Зернодробарки, молотарки, преси
5.1	<i>Дуже сири</i> відносна вологість перевищує 98%	Парники і теплиці, сараї без опалення, силосні та сінажні башти, мийні відділення, майстерні та молочні ферми, цехи з переробки плодів і овочів, лазні, пральні.	Транспортери, вентилятори, насоси, машини для миття плодів, електрофрези, електромагніти
5.2		Кормоцехи тваринницьких ферм і комплексів	Дозатори, змішувачі, транспортери подрібнювачі кормів
5.3		Доїльні зали молочних відділень	Молочні насоси, сепаратори, вакуумнасоси, пастеризатори
5.4		На відкритому повітрі, або під навісом	
6	<i>Дуже сири з хімічно-активним середовищем</i> , відносна вологість 80....100%, вміст агресивних газів: аміак, сірководень, вуглекислий газ	Тваринницькі приміщення (корівники, свинарники, телятники, пташники, конюшні) без мікроклімату, склади мінеральних добрив, приміщення для протруювання насіння	Кормороздавач, дозатор, транспортер, насос, вентилятор, обладнання кліткових батарей, подрібнювач мінеральних добрив, протруювач насіння

Річна кількість профілактичних заходів визначається з кожного виду обслуговування і ремонту з урахуванням умов експлуатації і за часом використання: години роботи на добу (коефіцієнт екстенсивності  $K_{ек}$ ) і місяці роботи за рік (коефіцієнт сезонності  $K_c$ ) для електродвигунів чи електроустановок. Результати розрахунків кількості ТО, СО, ПР і КР записують до табл. 6.14 в графі 8, 10, 12, 14.

$$N'_{TO} = \frac{M}{T_{TO} \cdot K_{ек}} \quad 6.3$$

$$N'_{ПР} = \frac{M}{T_{ПР} \cdot K_{ек}} \quad 6.4$$

де  $T_{TO}$  – періодичність ТО;  $T_{ПР}$  – періодичність ПР.

Кількість сезонних обслуговувань приймають  $N'_{CO} = 2$  рази віднімаючи від кількості  $N'_{TO}$  на рік, перед початком експлуатації встановленого електрообладнання і після.

Загальну кількість обслуговувань і ремонтів на рік для групи електродвигунів чи електроустановок. Загальну кількість обслуговувань і ремонтів визначають множенням кількості обладнання на число обслуговувань, записують у графі 9, 11, 13, 15.

$$N_{mo} = n \cdot N'_{mo} \quad 6.5$$

$$N_{np} = n \cdot N'_{np} \quad 6.6$$

де  $n$  – кількість електродвигунів чи електроустановок по виробничих приміщеннях.

Трудомісткість технічного обслуговування або поточного ремонту визначається трудовими затратами на проведення одного технічного обслуговування (ТО) або поточного ремонту (ПР) цього виду електрообладнання. Норми з кожного виду обладнання на проведення ТО і ПР наведені в системі ПЗРЕ.

Річні затрати праці для кожного типу устаткування і виду робіт з урахуванням умов експлуатації наведені в системі ПЗРЕ. Затрати праці на проведення ТО, СО і ремонту одиниці електрообладнання визначають згідно з нормативами, наведеними в системі ПЗРЕ табл. 6.8-6.13, після вибору їх записують в графі 16-19 табл. 6.14.

Втрати на роботи, пов'язані з підготовкою до збереження і розконсервації устаткування, оцінюють як на технічне обслуговування

відповідного типу устаткування, збільшені на 15% (поправочний коефіцієнт 1,15). У графу 20 слід ввести поправочний коефіцієнт 1,15, якщо обладнанню потрібно зробити сезонне обслуговування.

Таблиця 6.8 - Трудомісткість ТО і ПР електродвигунів.

Тип електродвигуна	Частота обертання, хв. <sup>-1</sup>	Вид роботи	Трудомісткість, люд.-год, при потужності електродвигуна, кВт								
			до 1	до 3	до 5,5	до 11	до 22,5	до 40	до 55	до 75	до 100
З короткозамкненим ротором	Всі частоти	ТО	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0
З фазним ротором	Теж	ТО	-	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1
З короткозамкненим ротором	750	ПР	4,1	4,6	5,1	5,8	6,6	8,1	14,4	18,0	21,6
	1000		4,0	4,4	5,0	5,6	6,3	7,7	13,2	16,5	19,8
	1500		3,9	4,3	4,8	5,4	6,0	7,4	12,0	15,0	18,0
	3000		3,7	4,1	4,5	5,1	5,6	7,0	9,6	12,0	14,0
З фазним ротором	750	ПР	-	5,5	6,1	7,1	8,0	10,0	18,7	23,4	28,0
	1000		-	5,2	5,8	6,7	7,6	9,4	17,2	21,4	25,7
	1500		-	5,0	5,5	6,4	7,1	8,9	15,6	19,5	23,4
	3000		-	4,7	5,2	5,9	6,6	8,2	12,5	15,6	18,7

Таблиця 6.9 - Трудомісткість ТО і ПР пускозахисної апаратури.

Вид апарата	Трудомісткість робіт на один апарат, люд.-год	
	ТО	ПР
1	2	3
Електромагнітні пускачі з номінальним струмом, А:		
до 3	0,21	1,36
до 10	0,26	1,51
25	0,28	1,58
50	0,30	1,81
100	0,30	2,10
150	0,35	2,10
Автоматичні вимикачі триполюсні з номінальним струмом, А		
до 50	0,25	1,76
100	0,30	2,0
200	0,35	2,5
600	0,35	2,5

продовження таблиці 6.9.

1	2	3
Контактори	0,4	2,5
Сигнальна апаратура	0,05	-
Кнопки керування	0,02	-
Електротеплові реле без перевірки і налагодження:		
однополюсні	0,18	0,50
двополюсні	0,20	0,65
триполюсні	0,25	0,85
Те саме з перевіркою та налагодженням:		
однополюсні	0,85	1,2
двополюсні	1,10	1,65
триполюсні	1,40	1,9
Універсальні перемикачі з кількістю секцій:		
до 4	0,2	0,70
8	0,3	0,75
Пакетні вимикачі	0,15	0,45
Рубильники триполюсні з номінальним струмом, А:		
до 100	0,20	0,8
250	0,24	0,8
400	0,31	1,0
600	0,36	1,2
Запобіжники	0,07	0,2
Затискачі комутаційні на 10 затискачів	0,03	-

Таблиця 6.10 - Трудомісткість ТО і ПР освітлювальних щитків.

Щитки освітлювальні і з кількістю груп	Трудомісткість, люд.-год		Щитки освітлювальні і з кількістю груп	Трудомісткість, люд.-год	
	ТО	ПР		ТО	ПР
2	0,2	3	8	0,44	6,6
3	0,24	3,6	9	0,48	7,2
4	0,23	4,2	10	0,52	7,8
5	0,32	4,8	12	0,6	9
6	0,36	5,4	14	0,68	10,2
7	0,4	6	16	0,76	11,4

Таблиця 6.11 Трудомісткість ТО і ПР силових збірок.

Силові зборки з увідним рубильником та кількістю груп	Трудомісткість, люд.-год		Силові зборки з увідним рубильником та кількістю груп	Трудомісткість, люд.-год	
	ТО	ПР		ТО	ПР
4	0,36	5,4	8	0,6	9
5	0,42	6,3	10	0,7	10,5
6	0,48	7,2	12	0,8	12
7	0,54	8,1			

Таблиця 6.12 - Трудомісткість ТО і ПР світлотехнічного обладнання.

Електрообладнання	Трудомісткість, люд.-год	
	ТО	ПР
Світильники для сухих і вологих приміщень: - з лампами розжарювання; - з газорозрядними лампами.	0,1 0,13	0,25 0,3
Світильники і опромінювачі для вологих і особливо вологих приміщень з хімічно активним середовищем: - з лампами розжарювання; - з газорозрядними лампами	0,15 0,2	0,4 0,5
Опромінювачі тепличні з газорозрядними лампами високого тиску	0,5	1

Таблиця 6.13 - Трудомісткість ТО, ПР і КР внутрішніх електропроводок.

Електропроводка	Площа поперечного перерізу, м <sup>2</sup>	Особливості виконання проводки	Трудомісткість, люд.-год		
			ТО	ПР	КР
1	2	3	4	5	6
Кабельні електропроводки в мережах напругою до 1 кВ	4 - 10 16 - 50 70 - 95	У прохідних каналах	1,2 1,4 1,6	18 21 24	75 87 100
довжиною 1000м: силові кабелі ААБ, ААБГ (три- і чотирижильні) та ін.;	4 - 10 16 - 50 70 - 95	У непрохідних каналах і на стінах висотою до 2,5 м	1,6 1,8 2,0	24 27 30	100 112 125
	4 - 10 16 - 50 70 - 95	На стінах висотою понад 2,5 м	1,8 2,2 2,4	27 33 36	112 137 150

продовження таблиці 6.13.

1	2	3	4	5	6
контрольні кабелі;	(4 - 14)х1,5		1,2	18	75
	(19 - 30)х1,5		1,4	21	87
	37х1,5		1,6	24	100
	(4 - 8)х2,5		1,2	18	75
	(10 - 30)х2,5		1,4	21	87
	37х2,5		1,6	24	100
	(4 - 14)х1,5	У непрохідних каналах і на стінах висотою 2,5м	1,6	24	100
	(19 - 30)х1,5		1,8	27	112
	37х1,5		2,0	30	123
	(4 - 8)х2,5		1,6	24	100
(10 - 30)х2,5		1,8	27	112	
37х2,5		2,0	30	125	
(4 - 14)х1,5	На стінах висотою понад 2,5 м	1,8	27	112	
(19 - 30)х1,5		2,2	33	137	
37х1,5		2,4	36	150	
(10 - 30)х2,5		1,8	27	112	
37х2,5		2,0	30	125	
	(4 - 14)х1,5	На стінах висотою понад 2,5 м	1,8	27	112
	(19 - 30)х1,5		2,2	33	137
	37х1,5		2,4	36	150
	(4 - 8)х2,5		1,8	27	172
(10 - 30)х2,5		2,2	33	137	
37х2,5		2,4	36	150	
КВРГ	(4 - 24)х1,5	У прохідних каналах	1,2	18	75
	(4 - 24)х1,5	У непрохідних каналах і на стінах висотою до 2,5 м	1,6	24	100
	(4 - 24)х1,5	На стінах висотою понад 2,5 м	1,8	27	112
КНРГ	(30 - 37)х1,5	У прохідних каналах	1,4	24	87
	(4 - 19)х2,5		1,2	18	75
	(24 - 37)х2,5		1,4	21	87
	(30 - 37)х1,5	У непрохідних каналах і на стінах висотою до 2,5 м	1,8	27	112
	(4 - 19)х2,5		1,6	24	100
	(24 - 37)х2,5		1,8	27	112
	(30 - 37)х1,5	На стінах висотою понад 2,5 м	2,2	33	137
	(4 - 19)х2,5		2,4	36	150
	(24 - 37)х2,5		2,2	33	137

продовження таблиці 6.13.

1	2	3	4	5	6
КАБГ	(7 - 8)х1,5	У прохідних каналах	1,2	18	75
	(7 - 8)х1,5	У непрохідних каналах і на стінах висотою до 2,5м	1,6	24	100
	(7 - 8)х1,5	На стінах висотою понад 2,5 м	1,8	27	112
КАБ	(10 - 37)х1,5		1,4	21	87
	(5 - 8)х2,5		1,2	18	75
	(10 - 24)х2,5		1,4	21	87
	(30 - 37)х2,5		1,6	24	100
	(10 - 37)х1,5	У непрохідних каналах і на стінах висотою до 2,5 м	1,8	27	112
	(5 - 8)х2,5		1,6	24	100
	(10 - 24)х2,5		1,8	27	112
	(30 - 37)х2,5		2,0	30	125
	(10 - 37)х1,5	На стінах висотою понад 2,5 м	2,2	33	137
	(5 - 8)х2,5		1,8	27	112
(10 - 24)х2,5		2,2	33	137	
(30 - 37)х2,5		2,4	36	150	
Електропроводка, яка виконана проводами в мережах напругою до 1 кВ довжиною 1000м:	2,5	На дерев'яних опорах	3,4	51	212
	6		3,8	57	237
	2,5	На різних опорах, крім дерев'яних	5,6	84	350
	6		6	90	375
	2,5	На кріпленнях з роликами (по 2 в лінії)	8	100	500
	6		9	135	562
	2,5	На кріпленнях з роликами (по 3 в лінії)	10	150	625
	6		12	180	750
провід на гаках з ізоляторами;	16	На дерев'яних опорах	3,6	54	225
	35		4,4	66	275
	70		5,4	81	337
	6	На різних опорах крім дерев'яних	4,2	63	262
	10		4,8	72	300
	16		4,8	72	300
	35		5,2	78	325
	70		6,8	102	425
	120		7,6	114	475

продовження таблиці 6.13.

1	2	3	4	5	6
провода на якорях і напівякорях з ізоляторами;	2,5	На дерев'яних опорах 2 в лінії	6,8	102	425
	6		8	120	500
	2,5	Те саме, 3 в лінії	10	150	625
	6		12	180	750
	2,5	На бетонних опорах 2 в лінії	9	135	562
	6		10	150	625
	2,5	Те саме, 3 в лінії	15	225	937
	6		17	255	1062
2,5	Поперек ферм 2 в лінії	2,4	36	150	
6		4,8	72	300	
2,5	Те саме, 3 в лінії	3,8	57	237	
6		4,4	66	275	
2,5	Уздовж ферм 2 в лінії	7,4	111	462	
6		8	120	500	
провід марки АТРГ три- і чотирижильний	6	На тросі	4,5	45	187
	2,5	Те саме	4,2	66	262
	6		4,2	66	262
Кабелі марок ВРГ, НРГ	10		4,6	69	287
	16		5,0	75	312
	16		5,0	75	312
Провід ізолюваний	16	У лотках або коробах	0,9	13,5	56
	35		1,1	16,5	68
	70		1,3	19,5	81
	110		2	30	125
Кабелі марок СРГ АСРГ, ВРГ, НРГ або АНРГ	2,5	З кріпленням накладними скобками	13	195	812
	6		14	210	875
	10		14,4	216	900
Шнур освітлювальний АППВ,ППВ,АПН	2,5	Відкрита проводка	4,8	72	300
	6		5,2	78	325
	2,5	Закрита проводка	3,6	54	225
	6		4	60	250
Провід одно- або багатожильний у спільній оболонці	2,5	Проводи в сталевих трубах	1,2	18	75
	6		1,4	21	87
	10 - 16		1,8	27	112
	35		2,6	39	162
	70		2,8	42	175
120	3,2	48	200		

продовження таблиці 6.13.

1	2	3	4	5	6
Провід одножильний	2,5	Те саме, 2 в лінії	1,7	25,6	106
	6		2	30	125
	10 - 16		3,2	48	200
	35		3,8	57	237
	70		4,4	66	275
	120		4,8	72	300
	2,5	Те саме, 3 в лінії	2,2	33	137
	6		2,6	39	162
	10 - 16		3,8	57	237
	35		6	90	375
	70		7,2	108	450
	120		8,4	126	525
	2,5	Те саме, 4 в лінії	2,8	42	175
	6		3,2	48	200
	10 - 16		4,8	72	300
	35		6	90	375
	70		7,2	108	450
	120		8,4	126	525

Загальні витрати праці на ТО, СО і ремонт для групи електродвигунів чи електроустановок визначають множенням кількості обслуговувань на норматив з урахуванням поправочного коефіцієнту для СО. Результати заносять відповідно в графи 21-24 табл. 6.14.

$$Z_{то} = Z'_{то} \cdot N_{то} \quad 6.7$$

$$Z_{пр} = Z'_{пр} \cdot N_{пр} \quad 6.8$$

Сумарні річні затрати праці визначаються як сума загальних витрат праці на ТО, СО, ПР і КР графи 21-24 і заноситься в графу 25 табл. 6.14.

В графах 26-29 наводяться дані затрат праці на один вид робіт ТО, СО, ПР і КР які визначаються відношенням сумарних річних затрат праці даного виду робіт графи 21-24 до кількості запобіжних заходів даного виду робіт графи 8, 10, 12, 14.

В графах 30-41 виставляються запобіжні заходи у вигляді (ТО,СО,ПР,КР) в залежності від кількості запобіжних заходів графи 8,10,12,14 та періодичності проведення даних видів робіт.

Річний графік ПЗРЕ виконується в табл. 6.14.

Таблиця 6.14 - Графік планово-запобіжного ремонту електрообладнання.

Обладнання, апаратура, проводка	Одиниця виміру	Кількість	За часом використання		Коефіцієнт	Середовище			Кількість запобіжних заходів на рік						Затрати праці на одиницю люди-год.			
			На добу, годин	На рік, місяць		ТО	СО	Разом	ТО	СО	Разом	ТО	СО	Разом	ТО	СО	Разом	КР
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
<i>Майстерня - 1 приміщення</i>																		
4АМ,1500об/хв,0,5 шт	шт	2	0,44	0,88	8	12	4	8				0,5	1		0,4			4,3
АІР,1500об/хв,1,1 шт	шт	1	0,61	0,61	8	12	4	4				0,5	0,5		0,4			4,3
АО2,1500 об/хв,3к шт	шт	5	0,61	3,05	8	12	4	20				0,5	2,5		0,4			4,3
4АМ,1500об/хв,7,5 шт	шт	4	0,61	2,44	8	12	4	16				0,5	2		0,5			4,8
4АМ,1500об/хв,10 шт	шт	1	0,61	0,61	8	12	4	4				0,5	0,5		0,5			4,8
4АМ,3000 об/хв,30 шт	шт	1	0,61	0,61	8	12	4	4				0,5	0,5		0,6			5,4
Автомати до 50 А шт	шт	12			8	12	4	48				0,5	6		0,25			1,76
М. пускач до 25 А шт	шт	24			8	12	4	96				0,5	12		0,28			1,68
Силові щити 4 гр шт	шт	2			8	12	4	8				0,5	1		0,36			5,4
Щити освт. на 6 гр шт	шт	1			8	12	4	4				0,5	0,5		0,36			5,4
Зварювальні т-ри шт	шт	1	0,99	0,99	8	12	4	4				0,5	0,5		0,2			8
Світильники з ЛР шт	шт	45	0,07	2,925	8	12	2	90				0,5	22,5		0,1			0,25
Світильники з ЛЛ шт	шт	15	0,09	1,29	8	12	2	30				0,5	7,5		0,13			0,3
Пров. трос. АТРГ км	км	0,6			8	12	3	1,8				0,67	0,402	0,13	0,08	4,5		45
Проводка каб АНР км	км	0,8			8	12	2	1,6				0,5	0,4	0,07	0,05	14		210
Схована АППВ км	км	0,4			8	12	2	0,8				0,5	0,2	0,1	0,04	3,6		54
Разом				13,405											115			195
																		69,93

Продовження таблиці 6.14

Лопавочний коефіцієнт	Загальні затрати праці люд.-год				Інші затрати праці				Затрати праці на одне люд.-год.				Кількість запобіжних заходів на рік													
	ТО	СО	ПР	КР	ТО	СО	ПР	КР	ТО	СО	ПР	КР	Сячн	Лютя	Березн	Квітн	Травн	Червен	Липен	Серпн	Вересн	Жовтен	Листоп	Грудн		
																									ТО	ТО
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41					
<i>Майстерня - 1 приміщення</i>																										
1	3,2		4,3		7,5	0,80		4,3		ТО	ПР		ТО			ТО						ТО				
1	1,6		2,15		3,75	0,40		2,15			ТО	ПР		ТО			ТО						ТО			
1	8		10,8		18,75	2,00		10,75				ТО	ПР		ТО			ТО						ТО		
1	8		9,6		17,6	2,00		9,6					ТО			ТО	ПР							ТО		
1	2		2,4		4,4	0,50		2,4					ТО			ТО	ПР							ТО		
1	2,4		2,7		5,1	0,60		2,7								ТО	ПР							ТО		
1	12		10,6		22,56	3,00		10,56					ТО				ТО	ПР						ТО		
1	26,9		20,2		47,04	6,72		20,16						ТО			ТО	ПР						ТО		
1	2,88		5,4		8,28	0,72		5,4						ТО			ТО	ПР						ТО		
1	1,44		2,7		4,14	0,36		2,7						ТО			ТО	ПР						ТО		
1	0,8		4		4,8	0,20		4						ТО			ТО	ПР						ТО		
1	9		5,63		14,62	4,50		5,625						ПР			ТО	ПР						ТО		
1	3,9		2,25		6,15	1,95		2,25									ТО	ПР						ТО		
1	8,1		18,1		40,21	2,70		18,09	14,02								ТО	ПР						ТО		
1	22,4		84		153,3	11,20		84	46,9	9							ПР	ПР						ТО		
1	2,88		10,8		22,68	1,44		10,8	9									ТО	ПР					ТО		
					Зго=	115,4								17,36	10,52	4,76	10,66	9,77	6,02	17,36	7,82	4,76	10,66	9,77	6,02	
					Зпр=	195,4								5,625	6,55	20,24	21,55	93,6	2,4	2,7	10,56	20,16	5,4	2,7	4	
					Зкр=	69,92								0	0	0	0	0	0	0	0	14,02	46,9	9	0	0

## **Завдання 2.**

### **Короткі методичні вказівки.**

Для внутрішніх мереж, виконаних ізольованими провідниками, основним критерієм під час вибору перерізу є нагрівання провідників та ізоляції, при цьому повніша зберігатись нормальна робота мережі (температура ізоляції та контактних з'єднань не повинна перевищувати допустиму). Під час вибору захисних апаратів необхідно, порівнюючи паспортні значення технічних даних із розрахунковими значеннями параметрів мережі (за певними умовами вибору), вибрати такі, за яких захист не буде спрацьовувати за нормальних режимів роботи мережі.

При протіканні по проводу електричного струму він нагрівається до температури, при якій кількість теплоти, яку одержує провід дорівнює кількості теплоти, яка віддається його поверхнею у навколишнє середовище. Температура провода не повинна перевищувати [1,9]: 70 °C – для неізольованих проводів; 55 °C – для проводів із звичайною гумовою ізоляцією; 65 °C – для проводів із гумовою теплостійкою ізоляцією; 70 °C – для проводів із полівінілхлоридною ізоляцією. Для кабелів із паперовою ізоляцією в металевій оболонці: 80 °C – при напрузі 3 кВ; 65 °C – при 6 кВ; 60 °C – при 10 кВ; 50 °C – при 20 та 35 кВ.

При розрахунках необхідно визначити струм, який можна пропустити через провід при заданих умовах, так щоб його температура не перевищила допустиму.

При коротких замиканнях або при перевантаженнях, коли струм в проводі перевищує номінальні значення, проводка повинна автоматично відключатися, інакше може загорітися ізоляція. Для автоматичного відключення проводки при перевищенні встановлених значень струму застосовують апарати захисту – плавкі запобіжники, автоматичні вимикачі та ін. Якщо проводка захищена запобіжниками або автоматами, то розрахунок електричної мережі починають з вибору апаратів захисту.

Номінальний струм плавкої вставки ( $I_e, A$ ) - максимальний струм, при якому вставка не перегорає. Номінальний струм теплового розчіплювача ( $I_{\text{тп}}, A$ ) - максимальний струм, при якому розчіплювач не спрацьовує. Струм спрацювання електромагнітного розчіплювача ( $I_{\text{св}}$ ,

A) - мінімальний струм, при якому розчіплювач спрацьовує. Допустимий тривалий струм ( $I_{доп}, A$ ) - струм півгодинної тривалості, який нагріває провідники мережі до допустимої температури. Допустима температура ( $t_{доп}, ^\circ C$ ) для ізольованих провідників – температура, за якої провідники та ізоляція зберігають свої механічні та діелектричні властивості. Селективність (вибірність) захисту – здатність захисту відключати тільки пошкоджену ділянку мережі.

*Вибір перерізу проводів та кабелів, які захищаються плавкими запобіжниками, за допустимим нагріванням.*

Плавкі запобіжники вибирають за наступними параметрами:

1. За номінальною напругою:

$$U_{нзп} \geq U_{нмер} \cdot \quad (6.9)$$

де  $U_{нмер}$  – номінальна напруга мережі, В.

2. За номінальним струмом плавкої вставки.

Плавка вставка запобіжника для захисту окремого струмоприймача вибирається більшою із двох умов:

$$\text{– умова 1} \quad I_e \geq I_p, \quad (6.10)$$

де  $I_p$  – тривалий робочий струм лінії, А;

Для електродвигуна:

$$I_p = \kappa_3 \cdot I_n = \kappa_3 \cdot \frac{P_n}{\sqrt{3}U_n \cdot \cos \varphi_n \cdot \eta_n}, \quad (6.11)$$

де  $\kappa_3$  – коефіцієнт завантаження.

$P_n$  – номінальна потужність електродвигуна, кВт;

$U_n$  – номінальна напруга мережі, кВ;

$\cos \varphi_n$  – коефіцієнт потужності при номінальному завантаженні;

$\eta_n$  – к.к.д. електродвигуна при номінальному завантаженні.

Для освітлювального навантаження:

$$I_p = \frac{P_l}{\sqrt{3}U_n}, \quad (6.12)$$

де  $P_l$  – освітлювальне навантаження лінії, кВт.

$$\text{– умова 2} \quad I_e \geq \frac{I_{\max}}{\alpha}, \quad (6.13)$$

де  $I_{\max}$  – максимальний струм лінії обумовлений запуском електродвигуна, А.

$\alpha$  – коефіцієнт, що враховує умови пуску електродвигунів;  $\alpha = 2,5$  при легкому пуску (5...10с),  $\alpha = 1,6...2,0$  при тяжкому пуску електродвигуна (до 40с).

Для лінії, що живить один електродвигун:

$$I_{\max} = I_{\text{пуск}} = \kappa_i \cdot I_n, \quad (6.14)$$

де  $\kappa_i$  – кратність пускового струму електродвигуна.

Для мережі, яка живить групу струмоприймачів умова 1 (6.10) записується так:

$$I_\sigma \geq k_0 \cdot \sum I_{pi}, \quad (6.15)$$

де  $k_0$  – коефіцієнт одночасності табл. 6.15.

Таблиця 6.15 - Значення коефіцієнта одночасності

Кількість споживачів	1	2...3	4...5	6...7	8...10	11...15	16...20	21...30
$k_0$	1	0,85...0,8	0,75	0,7	0,65	0,6	0,55	0,5

Для групи струмоприймачів, серед яких є електродвигуни:

$$I_{\max} = k_0 \cdot \sum I_{p(n-1)} + I_{нб} \quad (6.16)$$

де  $I_{нб}$  – пусковий струм одного електродвигуна, під час пуску якого максимальний струм в лінії буде найбільшим, А;

$\sum I_{p(n-1)}$  – сума тривалих робочих струмів інших споживачів, без врахування електродвигуна із найбільшим пусковим струмом, А.

Тоді умова 2 (6.13) буде мати вигляд:

$$I_\sigma \geq \frac{k_0 \cdot \sum I_{p(n-1)} + I_{нб}}{\alpha} \quad (6.17)$$

Захист є селективним (вибірним), якщо під час встановлення захисних апаратів на двох або більше послідовних ділянках номінальний струм плавкої вставки або струм розчіплювача автомата кожної наступної ділянки (у напрямі до джерела живлення) більший від струму попереднього захисного апарата.

Після того, як визначили номінальний струм плавкої вставки вибирають відповідний йому переріз провода. Вибір перерізу провода залежить від того чи буде він захищатися плавкою вставкою лише від короткого замикання чи й від перевантаження.

Від перевантаження необхідно захищати:

- всі мережі у вибухонебезпечних приміщеннях;
- освітлювальні мережі в житлових та суспільних приміщеннях, в торгових та службово-побутових приміщеннях виробничих підприємств та в пожежонебезпечних зонах;
- мережі будь-якого призначення виконані проводами із горючою ізоляцією, які прокладені відкрито;
- силові мережі промислових підприємств, житлових, громадських і торговельних приміщень, в яких за умовами технологічного процесу або режиму роботи можуть виникнути тривалі перевантаження.

Якщо мережу необхідно захистити від короткого замикання та перевантаження, то допустимий струм проводів з полівінілхлоридною, гумовою та аналогічною ізоляцією визначається так:

$$I_{\text{доп}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{г}}, \quad (6.18)$$

де  $I_{\text{доп}}$  – допустимий струм проводу, А.

Для кабелів з паперовою ізоляцією допускається:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{г}}. \quad (6.19)$$

Якщо проводку необхідно захищати лише від струмів КЗ, тоді:

$$I_{\text{доп}} \geq 0,33 \cdot I_{\text{г}}. \quad (6.20)$$

За значенням допустимого розрахункового струму та способу прокладки проводу за таблицями ПУЕ визначають значення допустимого табличного струму та відповідний йому стандартний переріз проводу або кабелю [4.5.7]. Допустимі струми проводів і кабелів наведені для температури повітря  $+25^{\circ}\text{C}$  та температури землі  $+15^{\circ}\text{C}$ .

Вибраний провід перевіряють на тривалий робочий струм мережі:

$$I_{\text{доп}} \geq I_p, \quad \text{або} \quad I_{\text{табл}} k_t \geq I_p \quad (6.21)$$

де  $k_t$  – поправочний температурний коефіцієнт.

Переріз нульового проводу повинен становити не менше 50% від перерізу фазного проводу (може бути нижчим на одну ступень).

*Вибір перерізу проводів та кабелів, які захищаються автоматами, за допустимим нагріванням.*

Автоматичний вимикач вибирають за наступними умовами:

- тип автомата,
- за номінальною напругою автомата:

$$U_{н.авт} \geq U_{н.мер}. \quad (6.22)$$

- за номінальним струмом автомата:

$$I_{н.авт} \geq I_p. \quad (6.23)$$

- за номінальним струмом теплового розчіплювача автомата:

$$I_{н т.р.} \geq 1,25 I_p. \quad (6.24)$$

– за струмом спрацювання електромагнітного розчіплювача (відсічки):

$$I_{с.ем.р.} \geq 1,25 I_{\max}. \quad (6.25)$$

$I_{\max}$  визначається за формулами (8.14) або (8.16).

$$I_{с.ем.р.} = k_{відс} I_{н т.р.} \quad (6.26)$$

де  $k_{відс}$  – кратність відсічки (паспортна характеристика).

При захисті проводки від перенавантажень та коротких замикань згідно із ПУЕ [1] необхідно виконувати наступні умови:

1) при захисті автоматами, які мають лише електромагнітний розчіплювач, допустимий струм проводів із полівінілхлоридною та гумовою ізоляцією визначають за умовою:

$$I_{дон} \geq 1,25 \cdot I_{y.a}, \quad (6.27)$$

де  $I_{y.a}$  – струм уставки автоматичного вимикача, А.

2) при захисті автоматами, які мають лише електромагнітний розчіплювач і працюють у вибухобезпечних виробничих приміщеннях, допустимий струм проводів із полівінілхлоридною та гумовою ізоляцією допускається визначати за умовою:

$$I_{дон} = I_{y.a} \quad (6.28)$$

Умову (6.28) необхідно також виконувати у наступних випадках:

- для кабелів з паперовою ізоляцією, які захищаються автоматами лише із електромагнітним розчіплювачем;
- для провідників усіх марок та вимикачів з нерегульованими тепловими розчіплювачами, з відсічкою або без неї;
- для проводів із полівінілхлоридною та гумовою ізоляцією з вимикачами які мають регульований тепловий розчіплювач.

3) для кабелів із паперовою ізоляцією та ізоляцією із вулканізованого поліетилену, які захищаються вимикачами із регульованим тепловим розчіплювачем допустимий струм визначають за умовою:

$$I_{\text{доп}} = 0,8 I_{y.a} . \quad (6.29)$$

На відгалуженнях до електродвигунів з короткозамкненим ротором у вибухобезпечних зонах необхідно виконувати умову:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{н.дв}} , \quad (6.30)$$

а у вибухонебезпечних зонах:

$$I_{\text{доп}} \geq 1,25 I_{\text{н.дв}} . \quad (6.31)$$

Якщо проводку необхідно захищати тільки від коротких замикань, то допустимий струм проводів визначають за наступними умовами:

- для автоматів з тепловим не регульованим розчіплювачем:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{н.т.р}} ; \quad (6.32)$$

- для автоматів з тепловими регульованим розчіплювачем:

$$I_{\text{доп}} \geq 0,8 \cdot I_{\text{н.т.р}} ; \quad (6.33)$$

- для автоматів які мають лише електромагнітний розчіплювач:

$$I_{\text{доп}} \geq 0,22 \cdot I_{\text{с.ем.р.}} , \quad (6.34)$$

Вибраний переріз проводів повинен задовольняти умови (8.21):

$$I_{\text{доп}} \geq I_p , \quad \text{або} \quad I_{\text{табл}} k_t \geq I_p .$$

Для відгалужень до електродвигунів:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{н.дв}} , \quad \text{або} \quad I_{\text{табл}} k_t \geq I_{\text{н.дв}} .$$

Вибрані захисні апарати повинні бути перевірені за умовами чутливості за наступними співвідношеннями:

Для плавких запобіжників та автоматів з тепловим розчіплювачем

$$\frac{I_{\kappa}^{(1)}}{I_{\theta}} \geq 3, \quad \frac{I_{\kappa}^{(1)}}{I_{н.т.р.}} \geq 3. \quad (6.35)$$

Для автоматів з електромагнітним розчіплювачем:

$$\frac{I_{\kappa}^{(1)}}{I_{с.ем.р.}} \geq 1,25 \dots 1,4 \quad (6.36)$$

1,25 – для  $I_{н.а.} > 100 \text{ A}$ ; 1,4 для  $I_{н.а.} \leq 100 \text{ A}$ .

Переріз проводів вибирають залежно від виду захисту за допустимим струмом. Кожному значенню  $I_{дон}$  відповідає значення перерізу провідника з урахуванням способу прокладання провідників, їх кількості та марки (матеріалу ізоляції та жил). Таблиці із значеннями допустимого струму табл. 6.19 складені для стандартних температур середовища (+15°C для землі та води; +25°C для повітря), якщо температура середовища відрізняється від стандартної, враховують поправочний температурний коефіцієнт  $K_n$  табл. 6.18.

### **Приклад виконання завдання 2.**

Вибрати запобіжники, автоматичні вимикачі з комбінованими розчіплювачами та перерізи провідників внутрішньої мережі напругою 380/220 В (рис. 6.1).

Лінія  $PЦ1 - PЦ2$  виконана кабелем  $АСБ$  з алюмінієвими жилами та паперовою ізоляцією, прокладеними у землі. Лінії від  $PЦ$  до двигунів виконані в трубах проводом  $АПВ$ , освітлювальна мережа виконана проводом  $АПВВ$  відкрито. Всі споживачі можуть працювати одночасно ( $k_o = 1$ ), Лінія  $PЦ2 - PЦ3$  прокладена в трубі в середовищі з  $t_{nc} = +30 \text{ }^\circ\text{C}$ , інші лінії - за стандартної температури середовища. Прийняти для лінії  $PЦ2 - PЦ3$  допустиму температуру жил  $t_{дон} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$ .

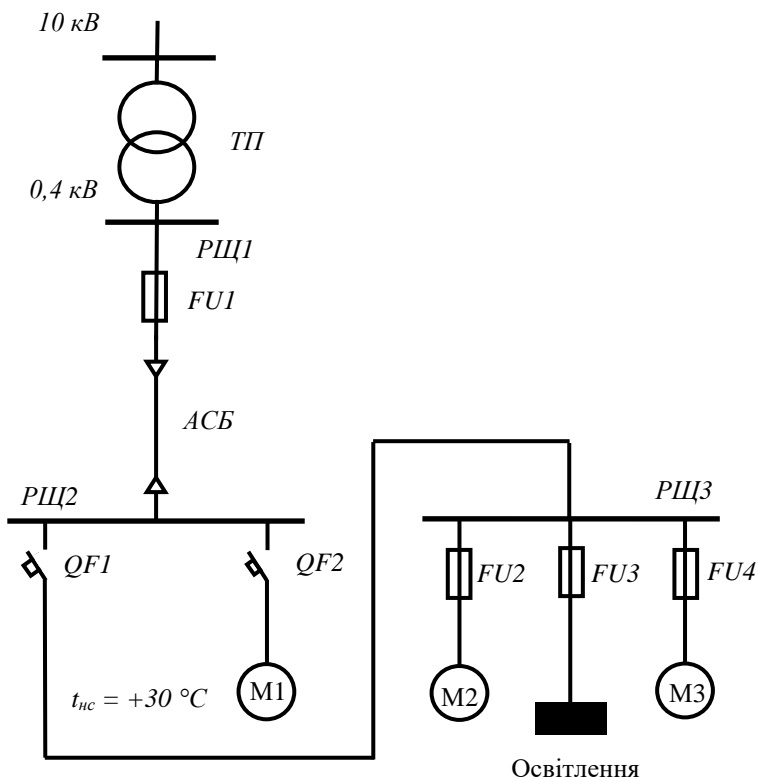


Рисунок 6.1 - Розрахункова електрична схема.

*Вихідні дані:*

- для двигуна M1 -  $P_n = 4,5 \text{ кВт}$ ;  $\kappa_i = 6,0$ ;  $\kappa_3 = 1$ ;  $\eta = 0,8$ ;  $\cos\varphi = 0,75$ ;
- для двигуна M2 -  $P_n = 10 \text{ кВт}$ ;  $\kappa_i = 7,5$ ;  $\kappa_3 = 0,9$ ;  $\eta = 0,9$ ;  $\cos\varphi = 0,85$ ;
- для двигуна M3 -  $P_n = 7,5 \text{ кВт}$ ;  $\kappa_i = 6,5$ ;  $\kappa_3 = 1$ ;  $\eta = 0,85$ ;  $\cos\varphi = 0,7$ ;
- магістраль освітлення -  $P_n = 6 \text{ кВт}$ .

*Розв'язання*

1. Розраховуємо номінальні, пускові та робочі струми двигунів та лінії освітлення.

*Номінальний струм*

$$I_H = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\varphi \cdot \eta},$$

де  $P_n$  – номінальна потужність, кВт;  
 $U_n$  – номінальна напруга, кВ;  
 $\eta$  – коефіцієнт корисної дії;  
 $\cos\varphi$  – коефіцієнт активної потужності.

$$I_{H1} = \frac{4,5}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,8 \cdot 0,75} = 11,5 \text{ A};$$

$$I_{H2} = \frac{10}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,9 \cdot 0,85} = 20 \text{ A};$$

$$I_{H3} = \frac{7,5}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,85 \cdot 0,7} = 19,2 \text{ A};$$

$$I_{осв} = \frac{6}{1,73 \cdot 0,38} = 9,09 \text{ A}.$$

*Пусковий струм двигуна*

$$I_{пуск} = \kappa_i \cdot I_n,$$

де  $\kappa_i$  - кратність пускового струму двигуна;  
 $I_n$  - номінальний струм двигуна, А.

$$I_{пуск1} = 6,0 \cdot 11,5 = 69 \text{ A};$$

$$I_{пуск2} = 7,5 \cdot 20 = 150 \text{ A};$$

$$I_{пуск3} = 6,5 \cdot 19,2 = 124,8 \text{ A}.$$

*Робочий струм двигуна*

$$I_p = \kappa_z \cdot I_n,$$

де  $\kappa_z$  - коефіцієнт завантаження двигуна.

$$I_{p1} = 1 \cdot 11,5 = 11,5 \text{ A};$$

$$I_{p2} = 0,9 \cdot 20 = 18 \text{ A};$$

$$I_{p3} = 1 \cdot 19,2 = 19,2 \text{ A}.$$

*Для освітлювальної мережі*

$$I_{p.осв} = I_{осв} = 9,09 \text{ A}.$$

2. Розраховуємо робочі струми ліній, що живлять розподільні щити.

$$I_e = k_o \cdot \sum_i^n I_{pi},$$

де  $k_o$  - коефіцієнт одночасності;

$I_{pi}$  - робочий струм споживача, що живиться з відповідного щита,

А.

Лінія РЩ2-РЩ3

$$I_{pmax} = 1 \cdot (18 + 19,2 + 9,09) = 46,29 \text{ А.}$$

Лінія РЩ1-РЩ2

$$I_{pmax} = 1 \cdot (18 + 19,2 + 9,09 + 11,5) = 57,79 \text{ А.}$$

3. Вибираємо плавкі вставки запобіжників:

• для захисту одиночних двигунів ( $M2$ ,  $M3$ ) вибираємо номінальні струми вставок запобіжників за умовами:

$$I_g \geq I_p \quad \text{та} \quad I_g \geq \frac{I_n}{\alpha};$$

• для захисту лінії освітлення за умовою:

$$I_g \geq I_{p.осв};$$

• для захисту лінії, що живить РЩ2 за умовою:

$$I_g \geq k_o \cdot \sum_i^{n-1} I_{pi} + \frac{I_{нб}}{\alpha},$$

де  $I_p$ ,  $I_n$  – робочий та пусковий струми двигуна А;

$I_{нб}$  – пусковий струм найбільш потужного двигуна, що живиться від щита, А;

$\alpha$  - коефіцієнт умов пуску ( $\alpha = 2,5$  – для легкого пуску,  $\alpha = 2$  – для важкого пуску).

Запобіжник FU2 для захисту лінії РЩ3-М2

$$I_g \geq I_{p2} = 18 \text{ А,}$$

$$I_g \geq \frac{I_{n2}}{\alpha} = \frac{150}{2} = 75 \text{ А.}$$

Вибираємо з табл. 8.16 запобіжник ПР2-100-80 зі стандартною плавкою вставкою  $I_g = 80 \text{ А}$ .

Запобіжник FU3 для захисту мережі освітлення

$$I_g \geq I_{p.осв} = 9,09 \text{ А.}$$

Вибираємо запобіжник ПР2-15-10 із  $I_g = 10 \text{ А}$ .

Запобіжник FU4 для захисту лінії РЩ3-М3

$$I_g \geq I_{p3} = 19,2 \text{ А,}$$

$$I_{\epsilon} \geq \frac{I_{n3}}{\alpha} = \frac{124,8}{2,5} = 49,92 \text{ A.}$$

Таблиця 6.16 - Характеристики плавких вставок запобіжників, розрахованих на напругу до 1 кВ

Тип запобіжника	Номинальний струм патрона, А	Номинальний струм плавкої вставки, А
ПН2	100	30, 40, 50, 60, 80, 100
	250	100, 120, 150, 200, 225, 250
	400	200, 250, 300, 350, 400
	600	300, 400, 500, 600
НПР	100	60, 80, 100
	200	100, 125, 160, 200
НПН2	15	6, 10, 15
	60	15, 20, 25, 35, 45, 60
ПРС	6	2, 4, 6
	20	10, 16, 20
	63	25, 40, 63
ПР2	15	6, 10, 15
	60	15, 20, 25, 35, 60
	100	60, 80, 100
	200	100, 125, 160, 200
	350	200, 225, 260, 300, 350
	600	350, 450, 500, 600

Вибираємо запобіжник *ПР2-60-60* із вставкою  $I_{\epsilon} = 60 \text{ A}$ .  
Запобіжник *FU1* для захисту лінії *РЦ1-РЦ2*

$$I_{\epsilon} \geq k_o \cdot (I_{p.осв} + I_{p3} + I_{p1}) + \frac{I_{n2}}{\alpha} = 1 \cdot (9,09 + 11,5 + 19,2) + \frac{150}{2} = 114,79 \text{ A}$$

Вибираємо запобіжник *ПР2-200-125* із вставкою  $I_{\epsilon} = 125 \text{ A}$ .

4. Вибираємо автоматичні вимикачі з комбінованими розчіплювачами.

Автоматичний вимикач *QF2* для лінії *РЦ2-М1*:

- струм теплового розчіплювача

$$I_{um} \geq k_{um} \cdot I_{p1} = 1,1 \cdot 11,5 = 12,65 \text{ A.}$$

Вибираємо з табл. 8.17 стандартні значення:

- номінальний струм теплового розчіплювача

$$I_{нт} = 16 \text{ A} > 12,65 \text{ A.}$$

- струм електромагнітного розчіплювача

$$I_{се} \geq \kappa_{зан} \cdot I_{н1} = 1,25 \cdot 69 = 86,25 \text{ A.}$$

Таблиця 6.17 - Характеристики деяких автоматичних вимикачів серії ВА (ТУ 16.6-1.002-83)

Тип вимикача	Номінальний струм вимикача, А	Номінальний струм теплового розчіплювача $I_{нт}$ , А	$I_{се} > I_{нт}$	Гранична комутаційна здатність, кА
ВА51-25	25	6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25	7; 10	2
ВА51Г25	25	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1;	14	3
ВА51-29	63	6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25;	7; 10	8
ВА51-31	100	16; 20; 25; 31,5; 4,0; 50; 63;	3; 7; 10	8
ВА51Г31	100	16; 20; 25; 31,5; 4,0; 50; 63;	14	8
ВА52Г31	100	16, 20, 25, 31,5; 4,0 50; 63,	14	14
ВА51-33	160	80; 100; 125, 160	10	10
ВА51Г33	160	80; 100; 125; 160	14	10
ВА52Г33	160	80; 100; 125; 160	14	15
ВА51-35	250	160; 200; 250	10	10
ВА51-37	400	250; 320; 400	10	12

Приймаємо стандартний струм спрацювання електромагнітного розчіплювача

$$I_{се} = \kappa_{се} \cdot I_{нт} = 7 \cdot 16 = 86,25 \text{ A.}$$

Вибираємо вимикач ВА 51-25 з  $I_{нт} = 16 \text{ A}$  та  $I_{се} = 112 \text{ A}$  ( $\kappa_{се} = 7$ ).

Автоматичний вимикач QFI для лінії РЩ2-РЩ3:

- струм теплового розчіплювача

$$I_{нт} \geq \kappa_{нт} \cdot k_o (I_{p1} + I_{p.осе} + I_{p3}) = 1,25 \cdot 1 \cdot (18 + 9,09 + 19,2) = 57,8 \text{ A}$$

- стандартний номінальний струм теплового розчіплювача

$$I_{нт} = 63 \text{ A} > 57,8 \text{ A};$$

- струм електромагнітного розчіплювача

$$I_{ce} \geq \kappa_{зан} \cdot (\kappa_o \cdot (I_{p.осв} + I_{p3}) + I_{n2}) = 1,25 \cdot (1 \cdot (9,09 + 19,2) + 150) = 222,86 \text{ A}$$

Приймаємо стандартний струм спрацювання електромагнітного розчіплювача

$$I_{ce} = \kappa_{ce} \cdot I_{нм} = 7 \cdot 16 = 86,25 \text{ A.}$$

Для забезпечення селективної роботи автомата *QF1* і запобіжника в *РЩЗ* з найбільшим струмом вставки (*FU2*,  $I_g = 80 \text{ A}$ ) необхідно вибрати тип автомата *ВА 51-31* з  $I_{нм} 100 \text{ A}$  та  $I_{ce} = 300 \text{ A}$  ( $\kappa_{ce} = 3$ ). Інші апарати задовольняють умову селективності.

5. Вибираємо перерізи провідників за допустимим нагріванням. Для лінії *РЩ2-РЩЗ* вибираємо з табл. 6.18 поправковий коефіцієнт на температуру середовища  $\kappa_n = 0,94$  при  $t_{нс} = 30^\circ\text{C}$ . Для інших ліній  $\kappa_n = 1$ .

*Лінія РЩЗ-М2*

Вибір за нагрівом робочим струмом

$$I_{доп} \geq \frac{I_{p2}}{\kappa_n} = \frac{18}{1} = 18 \text{ A.}$$

Узгодження з захистом (захист двигуна запобіжником тільки від замикань)

$$I_{доп} \geq \frac{\kappa_{доп} I_g}{\kappa_n} = \frac{0,33 \cdot 80}{1} = 26,4 \text{ A.}$$

Вибираємо марку табл. 6.20 та переріз табл. 6.19 провода *АПВ(4x5)* з  $I_{доп} = 27 \text{ A} > 26,4 \text{ A}$  під час прокладання чотирьох проводів в одній трубі табл. 6.21.

*Лінія РЩЗ-освітлення*

За нагрівом

$$I_{доп} \geq I_{p.осв} = 9,09 \text{ A.}$$

Узгодження з захистом (захист запобіжником від перевантажень і замикань)

$$I_{доп} \geq 1,25 \cdot I_g = 1,25 \cdot 10 = 12,5 \text{ A.}$$

Вибираємо провід *2АППВ(2x2,5)* з  $I_{доп} = 21 \text{ A} > 12,5 \text{ A}$  під час відкритого прокладання.

Таблиця 6.18 - Поправочні коефіцієнти на струми для кабелів, неізольованих та ізольованих проводів і шин залежно від фактичної температури середовища.

Стандартна температура землі та повітря, °С	Допустима температура жили, °С	Фактична (позитивна) температура середовища, °С							
		5	10	15	20	25	30	35	40
15	80	1,08	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78
25	80	1,17	1,13	1,09	1,04	1,00	0,95	0,90	0,85
25	70	1,20	1,15	1,11	1,05	1,00	0,94	0,88	0,81
15	65	1,10	1,05	1,00	0,95	0,89	0,84	0,77	0,71
25	65	1,22	1,17	1,12	1,06	1,00	0,94	0,87	0,79
15	60	1,12	1,06	1,00	0,94	0,88	0,82	0,75	0,67
25	60	1,25	1,20	1,13	1,07	1,00	0,93	0,85	0,76
15	55	1,12	1,07	1,00	0,93	0,86	0,79	0,71	0,61
25	55	1,29	1,23	1,15	1,08	1,00	0,91	0,82	0,71
15	50	1,14	1,07	1,00	0,93	0,84	0,76	0,66	0,54
25	50	1,34	1,26	1,18	1,09	1,00	0,89	0,78	0,63

Примітка: У колонці 1 вказана стандартна температура середовища, в якому прокладений провідник. У колонці 2 вказана нормована (допустима) температура жил провідників залежно від виду ізоляції провідника.

Таблиця 6.19 - Тривало допустимі сили струму для проводів з гумовою та полівінілхлоридною ізоляцією і алюмінієвими жилами

Площі поперечного перерізу струмоведучих жил, мм <sup>2</sup>	Сили струму, А, для проводів, прокладених					
	відкрито	в одній трубці				
		двох од-ножиль-них	трьох од-но-жильних	чотирьох од-но-жильних	одного дво-жильного	одного трижи-льного
2	21	19	18	15	17	14
2,5	24	20	19	19	19	16
3	27	24	22	21	22	18
4	32	28	28	23	25	21
5	36	32	30	27	28	24

продовження табл. 6.19

6	39	36	32	30	31	26
8	46	43	40	30	38	32
10	60	50	47	39	42	38
16	75	60	60	55	60	55
25	105	85	80	70	75	65
35	130	100	95	85	95	75
50	165	140	130	120	125	105
70	210	175	165	140	150	135
95	250	215	200	175	190	165
120	295	245	220	200	230	190

Таблиця 6.20 - Проводи та кабелі для внутрішніх електропроводок

Марки	Назви і характеристики виробів	Переважає застосування	Кількість жил	Площа поперечного перерізу, мм <sup>2</sup>
1	2	3	4	5
АПРН	Провід з алюмінієвою жилою, гумовою ізоляцією, в неспалімій гумовій оболонці	Для прокладання у сухих і вологих приміщеннях, пустотних каналах неспалімих будівельних конструкцій, а також на відкритому повітрі	1	2,5-120
ПРН	Те ж, з мідною жилою	Те ж	1	1,5-120
ПРГН	Провід з мідною гнучкою жилою, гумовою ізоляцією, в неспалімій гумовій оболонці	При монтажі і для з'єднання рухомих частин електричних машин в сухих і вологих приміщеннях, а також на відкритому повітрі	1	1,5-120
АПРИ	Провід з алюмінієвими жилами, гумовою ізоляцією, що має захисні властивості	Для відкритого прокладання в сухих і вологих приміщеннях	1	2,5-120
ПРИ	Провід з мідною жилою, гумовою ізоляцією, що має захисні властивості	Для відкритого прокладання в сухих і вологих приміщеннях	1	0,75-120

продовження табл. 6.20.

1	2	3	4	5
ПРГИ	Те ж, з мідною гнучкою жилою	При монтажі і для з'єднання рухомих частин електричних машин в сухих і вологих приміщеннях	1	0,75-120
АППР	Провід з алюмінієвими жилами, гумовою ізоляцією, що не поширює горіння, з роздільною основою	Для прокладання по дерев'яних поверхнях і конструкціях жилих і виробничих с/г приміщеннях, включаючи гваринницькі та птахівницьких приміщень	2;4; 3	2,5-10
АПВ	Провід з алюмінієвою жилою, з полівініл-хлоридною ізоляцією	Для монтаж вторинних кіл, прокладання в трубах, порожнистих каналах неспалимих будівельних конструкцій і для монтажу силових та освітлювальних кіл	1	2,0-120
ПВ1	Те ж, з мідною жилою	Те ж	1	0,5- 95
ПВ2	Те ж, з мідною гнучкою жилою	Для монтажу вторинних кіл, та монтажу, що супроводжується частими згинаннями при схованому і відкритому прокладанні	1	2,0-95
ПВ-3	Провід з мідною жилою, з полівініл-хлоридною ізоляцією, підвищеної гнучкості	Те ж	1	0,5- 95
ПВ-4	Те ж, з мідною жилою, особливо гнучкий	Те ж	1	0,5- 10
АППВ	Провід з алюмінієвими жилами у полівініл-хлоридній ізоляції, плоский з розподільною основою	Для монтаж силових і освітлювальних кіл в машинах і верстатах, відкритого і схованого прокладання під штукатуркою, прокладання в трубах і пустотних каналах неспалимих будівельних конструкцій	2; 3	2-6
ППВ	Те ж, з мідною жилою	Те ж	2; 3	0,75-4

продовження табл. 6.20.

1	2	3	4	5
АРТ	Провід з алюмінієвими жилами, гумовою ізоляцією, несучим тросом	Для прокладання всередині приміщень, в межах, де потрібна підвищена механічна	2 3 4	2,5-4 4-6 4-35
АВТ	Провід з алюмінієвими жилами, ізоляцією з полівініл хлоридного пластику, несучим тросом	Для прокладання зовні (для вводу в житлові будинки та господарські будівлі) в I і II районах за ожеледдю	2,3 4	2,5-4 2,5-16
АВТУ	Те ж, з підсиленням несучим тросом	Те ж, в III і IV районах за ожеледдю	2,3 4	2,5-4 2,5-16
АВТВ	Провід з алюмінієвими жилами, ізоляцією з полівініл хлоридного пластику, несучим тросом для внутрішнього прокладання	Для прокладання всередині приміщень (в том числі тваринницьких) в межах, де потрібна підвищена механічна міцність	2,3 4	2,5-4 2,5-16
АВТВУ	Те ж, з підсиленням несучим тросом	Те ж	2,3 4	2,5-4 2,5-16
АМПВ	Провід установочний з алюмінієвою жилою і полівінілхлоридною ізоляцією	Для монтажу вторинних кіл, прокладання в трубах, пустотних каналах неспалимих будівельних конструкцій і монтажу силових та освітлювальних кіл в машинах і верстатах	1	1,5-10
АМПП В	Те ж, плоский з роздільною основою	Для монтажу силових і освітлювальних кіл в машинах і верстатах і для нерухомого відкритого прокладання	2;3	1,5-6
ВПВ	Провід установочний з мідною жилою, поліетиленовою ізоляцією, в полівінілхлоридній оболонці	Для живлення водозапобнених заглиблених електродвигунів, що тривало працюють у артезіанських скважинах	1	1,5-70
ВПП	Те ж, в поліетиленовій оболонці	Те ж	1	1,5-70

продовження табл. 6.20.

1	2	3	4	5
КГ	Кабель з мідними жилами, гумовою ізоляцією, в гумовій оболонці	При вигинах з радіусом не менше восьми діаметрів кабеля при температурі навколишнього середовища -	1 основна 2 і 3 основні 2 і 3 основні заземлення	2,5-120 0,75-120 0,75-120
КГН	Те ж, в гумовій, стійкій проти дії масла ізоляції, що не поширює горіння	При вигинах з радіусом не менше восьми діаметрів кабеля; якщо на оболонку можуть потрапити дезінфікуючі та агресивні речовини, а також масла; при температурі навколишнь-	1 основна 2 і 3 основні 2 і 3 основні заземлення	2,5-120 0,75-120 0,75-120
КПГ	Кабель з мідними жилами, підвищеної гнучкості, з гумовою ізоляцією, в гумовій оболонці	При вигинах з радіусом не менше п'яти діаметрів кабеля; при температурі навколишнього середовища -50 — +50 <sup>0</sup> С	2 основні 2 і 3 основні і 1 заземлення	0,75-70 0,75-70
КПГН	Кабель з мідними жилами підвищеної гнучкості, гумовою ізоляцією, в гумовій, стійкій проти дії масла оболонці, що не поширює горіння	При вигинах з радіусом не менше п'яти діаметрів кабеля; якщо на оболонку можуть потрапити дезінфікуючі та агресивні речовини, а також масла: при температурі навколишнього середовища -30 — +50 <sup>0</sup> С	3 основні і 1 заземлення 3 основні, 1 заземлення і 1 допоміжна	1,5-10 1,5-10
КПГН	Кабель з мідними жилами підвищеної гнучкості, гумовою ізоляцією, в гумовій, стійкій проти дії масла оболонці, що не поширює горіння	При вигинах з радіусом не менше п'яти діаметрів кабеля; якщо на оболонку можуть потрапити дезінфікуючі та агресивні речовини, а також масла: при температурі навколишнього середовища -30 — +50 <sup>0</sup> С	3 основні і 1 заземлення 3 основні, 1 заземлення і 1 допоміжна	1,5-10 1,5-10

продовження табл. 6.20.

1	2	3	4	5
АВРГ	Кабель з алюмінієвими жилами, гумовою ізоляцією, в полівінілхлоридній оболонці	Для прокладання в приміщеннях, каналах, тунелях при відсутності механічних дій на кабель і наявності агресивних середовищ (кислот, лугів та ін.)	1 2 і 4	4- 300 2,5- 300
ВРГ	Те ж, з мідними жилами	Те ж	1; 2;	1- 240
АНРГ	Кабель з алюмінієвими жилами, гумовою ізоляцією, в гумовій, стійкій проти дії масла оболонці, що не поширює горіння	Для прокладання в приміщеннях, каналах, тунелях при відсутності механічних дій на кабель	1 2 і 4	4- 300 2,5- 300
НРГ	Те ж, з мідними жилами	Те ж	1; 2; 3; 4	1-240
АВР БГ	Кабель з алюмінієвими жилами, гумовою ізоляцією, в полівінілхлоридній оболонці, захисне покриття типу БГ	Для прокладання в приміщеннях, каналах, тунелях, якщо кабель не зазнає значних розтягувальних зусиль	2 3	4-240 2,5- 240
АВР БГ	Кабель з алюмінієвими жилами, гумовою ізоляцією, в полівінілхлоридній оболонці, захисне покриття типу БГ	Для прокладання в приміщеннях, каналах, тунелях, якщо кабель не зазнає значних розтягувальних зусиль	2 3	4-240 2,5- 240
ВРБГ	Те ж, з мідними жилами	Те ж	2; 3	2,5- 185
АВВ Г	Кабель силовий з алюмінієвими жилами, ізоляцією і оболонкою з полівінілхлоридного пластику	Для прокладання в пожежо-небезпечних приміщеннях, каналах і тунелях, у тому числі в умовах агресивного середовища, при відсутності механічних дій на кабель	1; 2; 3 і 4	2,5- 50

Таблиця 6.21 - Види електропроводок і способи прокладки проводів і кабелів залежно від умов навколишнього середовища

Види ропроводки та спосіб прокладання	Категорія приміщення					
	сухі	запилені	вологі	вогкі	особливо вогкі	Особливо вогкі з хім. акт. серед
Відкрито по негорючих конструкціях і безпосередньо по поверхні	АПВ, АППВ, АПРН, АВРГ, АВВГ, АНРГ	АПВ, АППВ, АВРГ, АВВГ, АНРГ, АПВГ	АПВ, АППВ, АПРН, АВРГ, АВВГ, АНРГ	АПВ, АППВ, АПРН, АВРГ, НПРВ, АНРГ	АПВ, АППВ, АПРН, АВРГ, АВВГ, АПРГ	АПВ, АППВ, АВРГ, АВВГ, АПВГ
У вінілплатових і сталевих трубах	АПВ, АПР, АПРВ, АПРТО, АПРН, АППВ	АПВ, АПР, АПРТО, АПВВ	АПВ, АПРН, АПРТО, АППВ	АПВ, АПРВ, АПРН, АПРТО	АПВ, АПРВ, АПРТО, АППВ	АПВ, АРТО, АПРТО, АПРН
На тросах із тросовими проводами	АПВ, АПРН, АПРВ, АРТ, АВТВ, АВРГ, АВВГ, АПВГ	АПВ, АПРН, АРТ, АВТВ, АВРГ, АВВГ, АПВГ	АПВ, АПРН, АРТ, АВТВ, АВРГ, АВВГ, АНРГ	АПВ, АПРВ, АВТВ, АПРН, АРТ, АВВГ, АНВГ	АПВ, АПРН, АРТ, АВТВ, АВРГ, АНРГ, АВВГ	АПВ, АРТ, АВТВ, АВРГ, АНРГ, АВВГ
Сховано по негорючих і погано горючих поверхнях під штукатуркою	АПВ, АППВ	АПВ, АППВ	АПВ, АППВ	АПВ, АППВ	АПВ, АППВ	
У будівельних каналах	АПВ, АПР, АППВ, АПРВ	АПВ, АПР, АППВ, АПРВ	АПВ, АНР, АППВ, АПРВ	АПВ, АППВ,	АПВ, АППВ,	
У вінілплатових і сталевих трубах	АПВ, АПР, АПРН, АПРВ, АПВГ	АПВ, АПР, АПРН, АПРВ, АПВГ	АПВ, АПР, АПРВ, АПВГ	АПВ, АПРТО	АПВ, АПРТО	АПВ, АПРТО

*Лінія РЩЗ-МЗ*

За нагрівом

$$I_{\text{доп}} \geq I_{p3} = 19,2 \text{ A.}$$

Узгодження з захистом (захист запобіжником тільки від коротких замикань)

$$I_{\text{доп}} \geq 0,33 \cdot I_g = 0,33 \cdot 20 = 6,6 \text{ A.}$$

Вибираємо провід АПВ(4х3) з  $I_{\text{доп}} = 21 \text{ A} > 19,2 \text{ A}$  під час прокладання чотирьох одножильних у трубі.

*Лінія РЩ2-М1*

За нагрівом

$$I_{\text{доп}} \geq I_{p1} = 11,5 \text{ A.}$$

Узгодження з захистом (захист автоматом з регульованим тепловим розчіплювачем від коротких замикань і перевантажень)

$$I_{\text{доп}} \geq 0,8 \cdot I_{\text{нт}} = 0,8 \cdot 16 = 12,8 \text{ A.}$$

Вибираємо провід АПВ(4х2,5) з  $I_{\text{доп}} = 19 \text{ A} > 12,8 \text{ A}$  під час прокладання чотирьох проводів у трубі.

*Лінія РЩ2-РЩ3*

За нагрівом

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_{p,\text{max}}}{K_n} = \frac{46,29}{0,94} = 49,24 \text{ A.}$$

Узгодження з захистом (захист автоматом з регульованим тепловим розчіплювачем від коротких замикань і перевантажень)

$$I_{\text{доп}} \geq 0,8 \cdot I_{\text{нт}} = 0,8 \cdot 100 = 80 \text{ A.}$$

Вибираємо провід АПВ(4х35) з  $I_{\text{доп}} = 85 \text{ A} > 80 \text{ A}$  під час прокладання чотирьох проводів у трубі.

*Лінія РЩ1-РЩ2*

За нагрівом

$$I_{\text{доп}} \geq I_{p,\text{max}} = 57,79 \text{ A.}$$

Узгодження з захистом (захист запобіжником від коротких замикань і перевантажень)

$$I_{\text{доп}} \geq 1,25 \cdot I_{p,\text{max}} = 1,25 \cdot 125 = 156,25 \text{ A.}$$

Вибираємо з табл. 8.22, 8.23 чотирижильний кабель до 1 кВ АСБ 3х50+ 1х35 з  $I_{\text{доп}} = 165 \text{ A}$  під час прокладання в землі.

Таблиця 6.22 - Тривало допустимі сили струму для кабелів з алюмінієвими жилами і гумовою або пластмасовою ізоляцією в свинцевій, полівінілхлоридній та гумовій оболонках, броньованих і неброньованих

Площі поперечного перерізу струмоведучих жил, мм <sup>2</sup>	Сили струму, А, для проводів і кабелів.				
	одно	двожильних		трижильних	
	при прокладанні				
	відкрито	відкрито	в землі	відкрито	в землі
2,5	23	21	34	19	29
4	31	29	42	27	38
6	38	38	55	32	46
10	60	55	80	42	70
16	75	70	105	60	90
25	105	90	135	75	115
35	130	105	160	90	140
50	165	135	205	110	175
70	210	165	245	140	210
95	250	200	295	170	255
120	295	230	340	200	295
150	340	270	390	235	-

Таблиця 6.23 - Допустимий довготривалий струм для кабелів до 1 кВ з алюмінієвими жилами, гумовою або пластмасовою ізоляцією в свинцевій, полівінілхлоридній та гумовій оболонках, броньованих і неброньованих, А

Площа перерізу жили, мм <sup>2</sup>	Чотирижильні напругою до 1 кВ	Трижильні на напругу, кВ		
		3	6	10
10	65	75	60	-
16	90	90	80	75
25	115	125	105	90
35	135	145	125	115
50	165	180	155	140
70	200	220	190	165
95	240	260	225	205
120	270	300	260	240

### Завдання для виконання задачі 2.

Вибрати запобіжники, автоматичні вимикачі з комбінованими розчіплювачами та перерізи провідників внутрішньої мережі напругою 380/220 В (рис. 6.1).

Вихідні дані для розв'язку задачі 2 знаходяться в табл. 6.24, 6.25 варіанти розподіляються згідно списку академічної групи.

Лінія РЩ1 – РЩ2 виконана кабелем АСБ з алюмінієвими жилами та паперовою ізоляцією, прокладеними у землі. Лінії від РЩ до двигунів виконані в трубах проводом АПВ, освітлювальна мережа виконана проводом АППВ відкрито. Всі споживачі можуть працювати одночасно ( $k_o = 1$ ), Лінія РЩ2 – РЩ3 прокладена в трубі в середовищі з  $t_{nc} = +30$  °С, інші лінії - за стандартної температури середовища. Прийняти для лінії РЩ2 – РЩ3 допустиму температуру жил  $t_{don} = 70$ °С.

Таблиця 6.24 - Вихідні дані для розв'язку задачі 2.

Варіант	Номер двигуна з таблиці 11.			$P_{осв},$ кВт	$t_{nc}$	$t_{don}$
	М1	М2	М3			
1	1	2	3	11	50	5
2	4	5	6	13	55	10
3	7	8	9	7	60	15
4	10	1	2	10	65	20
5	5	4	3	12	70	25
6	6	7	8	6	80	30
7	1	10	9	8	50	35
8	1	3	5	11	55	40
9	2	4	6	5	60	5
10	3	5	7	4	65	10
11	4	6	8	5	70	15
12	5	7	9	10	80	20
13	6	8	10	8	50	25
14	10	8	6	11	55	30
15	9	7	5	13	60	35
16	8	6	4	7	65	40
17	7	5	3	12	70	5
18	6	4	2	7,5	80	10
19	5	3	1	11	50	15
20	2	3	4	12	55	20
21	5	6	7	14	60	25

продовження табл. 6.24.

22	8	9	10	10	65	30
23	9	8	7	15	70	35
24	6	5	4	16	80	40
25	3	2	1	8	50	15
26	1	5	10	6	55	20
27	2	6	8	9	60	25
28	1	3	7	18	65	30
29	2	4	8	17	70	35
30	9	5	1	16	80	40
$\kappa_3$	1,0	0,9	0,9	1	-	-

Таблиця 6.25 - Технічні дані двигунів з короткозамкнутим ротором.

Номер	Марка двигуна	$P_{ном}$ , кВт	$\kappa_i$	$\eta$ , %	$\cos\varphi$
1	4AM71B2	1,1	5,5	77,5	0,87
2	4AM80A2	1,5	6,5	81,0	0,85
3	4AM80B2	2,2	6,5	83,0	0,87
4	4AM90L2	3,0	6,5	84,5	0,88
5	4AM100S2	4,0	7,5	86,5	0,89
6	4AM100L2	5,5	7,5	87,5	0,91
7	4AM112L2	7,5	7,5	87,5	0,88
8	4AM132M2	11	7,5	88,0	0,90
9	4AM180S2	22	7,5	89,0	0,89
10	4AM80A4	1,1	5,0	75,0	0,81

## Рекомендована література.

1. Правила улаштування електроустановок. ПУЕ. Нова редакція. Станом на 21.07.2017 р. - Х.: «Форт», 2017. - 760 с.
2. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів : Наказ; Мінпаливенерго України від 25.07.2006 № 258. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 25.10.2006 за № 1143/13017.
3. ДНАОП 0.00-1.21-98 Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. – К.: АТ “Київська книжкова фабрика”, 1998. – 380 с
4. Куценко Ю. М., Яковлев В. Ф. Монтаж електрообладнання і системи керування. Київ : Аграрна освіта, 2009. 348 с.
5. Єрмолаєв С. О., Мунтян В. О., Яковлев В. Ф. Експлуатація енергообладнання та засобів автоматизації в системі АПК : підручник / за ред. С. О. Єрмолаєва. Київ : Мета, 2003. 543 с.
6. Експлуатація та монтаж електрообладнання: методичні вказівки для самостійної роботи з навчальної дисципліни «Експлуатація та монтаж електрообладнання» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / [уклад.: Р. В. Телюта, О.А.Козловський, В. В. Зінзура]. - Кропивницький: ЦНТУ, 2018 – 200 с.
7. Монтаж енергообладнання та систем керування. : навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. / М. П. Кунденко та ін. Ч. І. Харків : ХНТУСГ, 2017. 282с.
8. Монтаж та налагоджування електромеханічних пристроїв : навч. посібник / В. В. Грабков та ін. Вінниця : ВНТУ, 2011. 173 с.
9. Монтаж і експлуатація електрообладнання : конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освітньо-професійної програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» галузі знань 14 Електрична інженерія спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка денної та заочної форми навчання / уклад. Ю. В. Грицюк. Луцьк : Луцький НТУ, 2020. 48 с.