

ПРОФЕСІЙНА ОСВІТА



Р.В. Телюта
О.А. Козловський
В.В. Зінзура

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА МОНТАЖ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

ПРОФЕСІЙНА ОСВІТА

Р.В. Телюта
О.А. Козловський
В.В. Зінзура

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА МОНТАЖ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

Методичні вказівки
для самостійної роботи
з навчальної дисципліни «Експлуатація та монтаж
електрообладнання» за напрямком «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»

Кропивницький
ЦНТУ
2018

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.

Укладачі: доцент, к.т.н. Р.В. Телюта,
ст. викл., к.т.н. О.А.Козловський,
доцент, к.т.н. В.В. Зінзура.

Рецензент: проф., д.т.н. С.І. Осадчий.

© Р.В. Телюта, О. А. Козловський, В.В. Зінзура, 2018

РВЛ КНТУ, тиражування, 2018

Передмова.

Електроустаткування - це сукупність електротехнічних пристроїв, призначених для виконання певних функцій. Стан електроустаткування, що виконує функцію електропостачання, багато в чому визначає ефективність основного виробництва. Вихід з ладу (відмова) устаткування системи електропостачання може спричинити небезпеку для життя людей, розлад складного технологічного процесу, масовий недовідпуск продукції і інший матеріальний збиток. Тому основною метою експлуатації електроустаткування є забезпечення необхідного рівня його надійності впродовж терміну служби.

Від якісного виконання електромонтажних робіт залежить рівень надійності устаткування, досягнення ним проектних техніко-економічних показників. Тому роботам по монтажу устаткування повинні передувати інженерна підготовка, а організація, планування і керівництво електромонтажними роботами повинні здійснюватися кваліфікованими інженерно-технічними працівниками.

Монтаж устаткування, його наступна експлуатація виконуються відповідно до проектно-кошторисної документації, галузевих правил, норм, заводських інструкцій і інших нормативно-технічних документів. Фахівець повинен знати нормативно-технічні документи, уміти вести експлуатаційну документацію по електроустаткуванню.

В процесі експлуатації під впливом довкілля і експлуатаційних режимів роботи відбувається поступовий знос устаткування. Підтримка працездатності устаткування здійснюється за рахунок його технічного обслуговування, при якому виконуються періодичні огляди, профілактичні виміри, випробування, діагностування стану устаткування, усуваються виявлені дефекти і несправності. Найбільш дієвим засобом підтримки устаткування в необхідному технічному стані, відновлення працездатності і продовження терміну експлуатації являється своєчасний і якісний ремонт.

Технічне обслуговування і ремонт устаткування вимагають для свого здійснення матеріальних витрат. Фахівець повинен знати системи обслуговування і ремонту устаткування, уміти організувати ефективну систему експлуатації устаткування з найменшими матеріальними витратами.

Загальні положення.

Дисципліна «Експлуатація та монтаж електрообладнання» одна з основних дисциплін, яка базується на вивченому матеріалі попередніх курсів: «Фізика», «Теоретичні основи електротехніки», «Промислова електроніка», «Електричні машини», «Електротехнічні матеріали», «Електричні апарати», «Електричні мережі і системи», «Електрична частина станцій і підстанцій», «Перехідні процеси в системі електропостачання», «Автоматизований електропривод», «Електропостачання промислових підприємств», а також при виконанні курсового і дипломного проєктів за фахом.

Метою вивчення є освоєння основних положень проектування, монтажу та експлуатації електрообладнання систем електропостачання та електроспоживання на основі діючої нормативної документації.

Завдання курсу “Експлуатація та монтаж електрообладнання” закріпити теоретичні знання та придбати практичні навички; ознайомитись з електротехнічними і конструкційними матеріалами, які використовують при виготовленні, монтажу, експлуатації та ремонті електротехнічного обладнання; ознайомитись з практичними технологіями виконання основних електромонтажних та експлуатаційних робіт, ознайомитись із типовими електромонтажними та експлуатаційними пристроями, конструкціями, виробами для монтажу та експлуатації електрообладнання.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати: основні нормативні документи, організацію електромонтажних та експлуатаційних робіт; класифікацію електроустановок, приміщень і електрообладнання; правила виконання монтажу та експлуатації повітряних та кабельних ліній, силового електрообладнання та пускозахисної апаратури; строки, обсяг і норми випробувань електрообладнання; правила безпеки праці при монтажу та експлуатації електрообладнання.

вміти: виконувати монтаж та експлуатацію повітряних та кабельних ліній, силового електрообладнання та пускозахисної апаратури; вибирати силове електрообладнання та апаратуру; виконувати монтаж заземлення та занулення електрообладнання; проводити пусконаладжувальні роботи; проводити весь комплекс робіт з

обслуговування і ремонту електрообладнання; користуватись вимірювальними приладами, пристосуваннями і інструментами, що використовуються під час монтажу, експлуатації і ремонту.

У відповідності з учбовими планами курс «Експлуатація та монтаж електрообладнання» поділяється на години самостійної роботи та години аудиторних занять, що складаються з лекційних та лабораторних занять. Передбачено виконання контрольних робіт на протязі семестру, контрольне тестування знань студентів по курсу, залік по лабораторним роботам та екзамен з дисципліни.

Основна форма вивчення даного курсу це самостійна робота, для полегшення якої матеріал розбитий на окремі теми, питання для самоперевірки і рекомендована література.

Курс рекомендується вивчати послідовно по темах програми. Після ознайомлення зі змістом програми і методичними вказівками слід опрацювати матеріал по вказаній літературі. Деякі питання в одному підручнику можуть викладатися коротко або зовсім бути відсутнім, тому при вивченні курсу необхідно користуватися декількома підручниками. При цьому опрацьовуваний матеріал необхідно обов'язково конспектувати. Якщо виникнуть питання, які неможливо вирішити самостійно, слід звернутися за усною або письмовою консультацією до викладача. Після вивчення матеріалу слід перевірити, чи правильно зрозумілі і чи добре засвоєні найбільш суттєві положення теми. Для цього необхідно відповісти на питання для самоперевірки, приведені у кінці кожної теми.

Вивчаючи курс, студенти виконують лабораторні роботи, мета яких глибше засвоїти теоретичний матеріал і навчитися самостійно робити розрахунки і проводити експерименти. Для підготовки лабораторних робіт користуються методичними вказівками по виконанню лабораторних робіт. Після виконання лабораторних робіт студенти здають залік. При цьому вони повинні знати теоретичні положення, методику проведення дослідів, їх фізичний зміст і практичне значення отриманих результатів.

В процесі вивчення курсу студенти виконують контрольні та тестові роботи. До здачі заліку допускаються студенти які не мають пропуски занять, мають конспект лекцій, вчасно виконали і захистили контрольні, практичні та лабораторні роботи.

Вступ.

Безперервний розвиток економіки обумовлює високі темпи росту об'ємів електромонтажних робіт по спорудженню нових, розширенню, технічному переозброєнню і реконструкції діючих електроустановок та експлуатації існуючого електрообладнання, що передбачає надійність його безвідмовної, довговічної ремонтпридатної роботи і збереженість протягом всього періоду використання.

Науково-технічний прогрес супроводжується кількісними і якісними змінами в області електротехніки і електроенергетики, ростом потужності промислових і сільськогосподарських підприємств, що будуються, вдосконаленням існуючих і появою нових технологічних процесів, підвищенням енергоозброєності підприємств і усе більш широким впровадженням комп'ютеризації і автоматизації із застосуванням мікропроцесорної і мікроелектронної техніки.

Ріст кількості і потужності електроустановок супроводжується вдосконаленням їх конструкцій. Розширюється номенклатура устаткування, що випускається електротехнічною промисловістю, апаратів, приладів, електромонтажних конструкцій і матеріалів. Так широко впроваджуються в електроустановках вакуумні і елегазові вимикачі, антирезонансні трансформатори напруги, обмежувачі перенапружень, пристрої релейного захисту на базі мікропроцесорної техніки, світлодіоди і багато що інше. Застосовуються нові методи індустріального будівництва і виробництва електромонтажних робіт. Періодично переглядаються і вносяться корективи в діючі державні і галузеві стандарти, будівельні і електротехнічні норми і правила.

Стан електроустаткування, що виконує функцію електропостачання, багато в чому визначає ефективність основного виробництва. Вихід з ладу (відмова) устаткування системи електропостачання може спричинити небезпеку для життя людей, розлад складного технологічного процесу, масовий недовідпуск продукції і інший матеріальний збиток. Тому основною метою експлуатації електроустаткування є забезпечення необхідного рівня його надійності впродовж терміну служби.

Від якісного виконання електромонтажних робіт залежить рівень надійності устаткування, досягнення ним проектних техніко-економічних показників. Тому роботам по монтажу устаткування

повинні передувати інженерна підготовка, а організація, планування і керівництво електромонтажними роботами повинні здійснюватися кваліфікованими інженерно-технічними працівниками.

Монтаж устаткування, його наступна експлуатація виконуються відповідно до проектно-кошторисної документації, галузевих правил, норм, заводських інструкцій і інших нормативно-технічних документів. Фахівець повинен знати нормативно-технічні документи, уміти вести експлуатаційну документацію по електроустаткуванню.

В процесі експлуатації під впливом довкілля і експлуатаційних режимів роботи відбувається поступовий знос устаткування. Підтримка працездатності устаткування здійснюється за рахунок його технічного обслуговування, при якому виконуються періодичні огляди, профілактичні виміри, випробування, діагностування стану устаткування, усуваються виявлені дефекти і несправності. Інженер повинен знати методи профілактичних випробувань і діагностики стану електроустаткування.

Найбільш дієвим засобом підтримки устаткування в необхідному технічному стані, відновлення працездатності і продовження терміну експлуатації являється своєчасний і якісний ремонт. Технічне обслуговування і ремонт устаткування вимагають для свого здійснення матеріальних витрат. Фахівець повинен знати системи обслуговування і ремонту устаткування, уміти організувати ефективну систему експлуатації устаткування з найменшими матеріальними витратами.

Усе це пред'являє високі вимоги до підготовки електротехнічних кадрів усіх рівнів кваліфікації.

1. Організація монтажу електроустаткування.

Прочитайте [1], [2], [3], [4] с.7-18; [5] с.5-20; [6] с.12-23, [7] с. 4-19; [8] с.4-49.

Електромонтажні роботи є частиною комплексу будівельних робіт і виконуються у рамках договору будівельного підряду (контракту), відповідно до якого підрядник зобов'язується у встановлений договором термін виконати роботи, а замовник зобов'язується створити підрядникові необхідні умови для виконання

робіт, прийняти їх результат і сплатити виконані роботи.

Замовниками виступають юридичні особи (підприємства, організації), що мають фінансові кошти (інвестори). Підрядниками при проведенні електромонтажних робіт виступають, як правило, електромонтажні організації, незалежно від форм власності, зареєстровані в установленому порядку в податкових органах і такі, що мають ліцензію і інші документи, підтверджувальні легітимність організації і гарантії якості на виконання електромонтажних робіт.

Договір підяду є основним правовим документом, що регламентує взаємини замовника і підрядника. Такий договір іноді полягає на виконання робіт «під ключ». Для виконання комплексу або окремих видів робіт, наприклад пусконаладжувальних робіт, підрядник може притягати інші організації - субпідрядників.

Підрядник планує і здійснює роботи відповідно до проектно-кошторисної документації і договірної ціни, що визначають об'єм, зміст і вартість робіт. Проектна документація повинна відповідати вимогам нормативних документів, що регламентують електромонтажні роботи: Будівельним нормам і правилам (БНіП); Державним стандартам (ДСТУ) в області будівництва; Правилам улаштування електроустановок (ПУЕ); Правилам технічної експлуатації електроустановок споживачів (ПТЕ).

Для перевірки якості устаткування, що поставляється на монтажний майданчик, підрядник здійснює вхідний контроль, оформляє акти приймання устаткування в монтаж або пред'являє претензії до постачальників у випадках порушення вимог до якості устаткування, його ушкодження при транспортуванні. В ході виконання електромонтажних робіт замовник здійснює технічний нагляд за якістю робіт, дотриманням термінів їх виконання, якістю устаткування, що поставляється, його випробуваннями при проведенні пусконаладжувальних робіт.

Після виконання замовником і підрядником усіх зобов'язань за договором здійснюється приймання виконаних робіт.

Організація електромонтажних робіт покладається на підрядника і складається з трьох основних етапів.

На першому інженерно-технічному етапі робиться приймання, перевірка і вивчення проектно-кошторисної документації; у проектній

документації має бути передбачений проект організації будівництва (ПОБ), на основі якого електромонтажною організацією розробляється проект виробництва електромонтажних робіт (ПВЕР).

На другому організаційному етапі виконується приймання від будівельників під монтаж устаткування будівель, споруд, фундаментів, отворів і ніш в конструкціях будівель і споруд; контролюється установка заставних деталей, перевіряється наявність передбачених проектом стаціонарних кран-балок, монтажних візків і талів.

На третьому матеріально-технічному етапі здійснюється забезпечення і комплектація електромонтажних робіт устаткуванням, матеріалами, виробами, монтажними заготівлями; на цьому ж етапі виконується оснащення монтажних робіт механізмами, інструментами, інвентарем і засобами безпечної праці.

Планування є однією з головних функцій управління процесом виробництва будівельних робіт, у тому числі і електромонтажних робіт. Одним із завдань планування є знаходження варіантів раціонального взаємозв'язку етапів виробництва електромонтажних робіт. Важливим моментом планування є взаємна ув'язка робіт в часі за умови безперервності їх виконання, особливо при виробництві робіт в діючих електроустановках.

Найбільш простою формою планування робіт є складання календарного плану-графіку робіт, що є документом, що регламентує постачання в часі устаткування і комплектуючих виробів, потреба в механізмах, машинах, трудових і енергетичних ресурсах, розподіл капітальних вкладень і об'ємів електромонтажних робіт.

Лінійні календарні графіки робіт є консервативними у своєму виконанні і відбивають тільки одну можливу ситуацію ходу робіт. При виникаючих відхиленнях в часі і у взаємозв'язку по чинниках виробництва ця модель має бути скоректована або побудована наново.

При плануванні електромонтажних робіт використовуються мережеві моделі, основними елементами яких є мережеві графіки. Розробка мережевого графіку починається зі встановлення переліку робіт, які необхідно виконати, визначення їх тривалості, раціональної технологічної послідовності і взаємозв'язків між ними.

До початку виробництва електромонтажних робіт на об'єкті мають бути виконані наступні заходи:

- отримана підрядником проектно-технічна документація, затверджена штампом замовника «до виробництва робіт»;

- погоджені між підрядником і підприємствами-постачальниками графік постачання устаткування з урахуванням технологічної послідовності виробництва робіт, перелік складного електроустаткування, що монтується із залученням шеф-монтажного персоналу підприємств-постачальників, умови транспортування до місця монтажу важкого і великогабаритного електроустаткування;

- підготовлені приміщення для розміщення бригад робочих, інженерно-технічних працівників, виробничої бази, а також для складування матеріалів і інструменту;

- здійснено приймання по акту будівельної частини об'єкту під монтаж електроустаткування і виконані передбачені нормами і правилами заходу по охороні праці, протипожежній безпеці, охороні довкілля.

При прийманні устаткування в монтаж робиться його огляд, перевірка комплектності (без розбирання), перевірка наявності і терміну дії гарантій підприємств-виготівників. Результати огляду оформляються відповідним актом.

Електроустаткування при монтажі розкриттю і ревізії не підлягає, за винятком випадків, коли це передбачено державними і галузевими стандартами або технічними умовами, а також випадків тривалого зберігання устаткування з порушенням заводських інструкцій. Деформоване і пошкоджене електроустаткування підлягає монтажу тільки після усунення ушкоджень і дефектів. Електроустаткування, на яке збіг нормативний термін зберігання, вказаний в державних стандартах або технічних умовах, приймається в монтаж тільки після проведення передмонтажної ревізії, виправлення дефектів і випробувань.

Важливим моментом в організації електромонтажних робіт є підготовка і забезпечення безпечних умов праці. Усі підготовчі заходи в цьому плані мають бути закінчені до початку виробництва робіт і прийняті по акту про виконання вимог по охороні праці.

Обов'язки по забезпеченню безпечних умов праці покладаються на підрядника, який розробляє організаційно-технологічну документацію по виконанню робіт (ПВЕР), що містить конкретні

проектні рішення, що визначають технічні засоби і методи робіт, що забезпечують виконання нормативних вимог охорони праці.

Початковими даними для розробки таких рішень є: вимоги нормативних документів і стандартів по охороні праці; типові рішення по забезпеченню вимог охорони праці, довідкові посібники і каталоги засобів захисту працюючих; інструкції заводів-виготівників машин, механізмів, устаткування, матеріалів і конструкцій по забезпеченню охорони праці в процесі їх застосування.

Електромонтажні роботи можуть бути пов'язані як з будівництвом нових об'єктів (нових підстанцій, ліній електропередачі), так і з реконструкцією існуючих. У другому випадку електромонтажні роботи відносяться до робіт, що виконуються в діючих електроустановках.

Електромонтажні роботи в діючих електроустановках, як правило, повинні здійснюватися після зняття напруги з усіх струмоведучих частин, що знаходяться в зоні виробництва робіт, їх від'єднання від діючої частини електроустановки, забезпечення видимих розривів електричного ланцюга і заземлення від'єднаних струмоведучих частин. Зона виробництва робіт має бути відокремлена від діючої частини електроустановки суцільним або сітчастим огорожуванням, що перешкоджає проходу в цю частину монтажному персоналу, мають бути вивішені плакати безпеки.

Виділення для монтажно-ї організації зони виробництва робіт, вжиття заходів по запобіганню помилковій подачі в неї напруги, огорожування від діючої частини з вказівкою місць проходів персоналу і проїзду механізмів повинні оформлятися актом-допуском.

Допуск електромонтажників до робіт в діючих електроустановках повинен здійснюватися персоналом експлуатуючої організації і оформляється письмово з вказівкою складу бригади і групи по електробезпеці кожного члена бригади. Наряд-допуск видається керівникові робіт (виконробові, майстрові, менеджеріві) на термін, необхідний для виконання заданого об'єму робіт. Персонал електромонтажних організацій перед допуском до роботи в діючих електроустановках має бути проінструктований з питань електробезпеки на робочому місці особою, що допускає до роботи, яке зобов'язане здійснювати контроль за виконанням передбачених в

наряді-допуску заходів по забезпеченню безпеки виробництва робіт.

З метою скорочення термінів введення об'єктів в експлуатацію і підвищення якості виконання електромонтажних робіт прагнуть до максимальної індустріалізації і механізації цих робіт, а також до залучення для монтажу електроустаткування висококваліфікованого персоналу підприємств-виготівників.

Під індустріалізацією розуміється попереднє комплектування і зборка електроустаткування з метою підвищення його монтажною готовності. Це досягається шляхом перенесення максимально можливої кількості операцій по монтажу елементів електроустановок з монтажною зони на монтажні заводи і майстерні, оснащені високопродуктивними механізмами. Рівень індустріалізації визначається відношенням об'єму електромонтажних робіт, виконаних за межами монтажною зони, до загального об'єму електромонтажних робіт.

Для підвищення рівня індустріалізації робіт великі монтажні організації, як правило, мають у своєму складі підрозділи, що займаються виготовленням виробів, конструкцій і механізмів, що не випускаються промисловістю серійно.

Індустріальний монтаж складається з двох стадій:

перша стадія включає попередню комплектацію електроустаткування, зборку на заводах і монтажних майстернях розрізненого устаткування, що поставляється, в комплектні блоки і укрупнені вузли з доведенням їх до повної монтажною готовності;

на другій стадії виконується установка комплектних блоків і укрупнених вузлів устаткування, прокладаються силові і освітлювальні мережі і мережі заземлення, здійснюється перевірка правильності монтажу, пуско-налагоджувальні роботи і приймально-здавальні випробування електроустаткування.

Пусконалагоджувальні роботи, супроводжуючі електромонтажні роботи, є комплексом робіт, що включає перевірку, налаштування і випробування електроустаткування з метою забезпечення його проектних параметрів і режимів.

Пусконалагоджувальні роботи здійснюються в чотири етапи.

На першому (підготовчому) етапі підрядник: розробляє (на основі проектною і експлуатаційною документації підприємств-виготівників) робочу програму пусконалагоджувальних робіт, що

включає заходи по охороні праці; передає замовникові зауваження за проектом, виявлені в процесі розробки робочої програми; готує парк виміральної апаратури, випробувального устаткування і пристосувань.

На другому етапі робляться налагоджувальні роботи на панелях управління, захисту і автоматики, що окремо стоять, а також налагоджувальні роботи, поєднані з електромонтажними роботами. Початок пусконалагоджувальних робіт визначається мірою готовності будівельних--монтажних робіт: в електротехнічних приміщеннях мають бути закінчені усі будівельні роботи, включаючи і обробні, закриті усі отвори, колодази і кабельні канали, виконано освітлення, опалювання і вентиляцію, закінчена установка електроустаткування і виконано його заземлення.

На третьому етапі пусконалагоджувальних робіт виконуються індивідуальні випробування електроустаткування, зокрема перевірка і випробування систем охолодження і РПН трансформаторів, пристроїв захисту, автоматики і управління устаткуванням, особливо з новими реле фірм Сіменс і АВВ. Початком цього етапу вважається введення експлуатаційного режиму на цій електроустановці, після чого пусконалагоджувальні роботи повинні відноситися до робіт в діючих електроустановках і виконуватися з оформленням наряду-допуску і дотриманням технічних і організаційних заходів безпеки.

На четвертому етапі пусконалагоджувальних робіт робиться комплексне випробування електроустаткування по затверджених програмах. На цьому етапі виконуються пусконалагоджувальні роботи по налаштуванню взаємодії систем електроустаткування в різних режимах.

В період будівництва об'єкту (лінії електропередачі, підстанції) здійснюється технічний нагляд за виробництвом будівельних, монтажних і налагоджувальних робіт. Цей нагляд забезпечується майбутнім експлуатаційним персоналом (замовником), проектною організацією (авторський нагляд), органами державного нагляду.

Завданням експлуатаційного персоналу на цьому етапі є надання допомоги монтажній організації в частині своєчасного виявлення дефектів, упущень і відступів від проекту.

Після закінчення усіх робіт підрядник повідомляє замовника про

необхідність приймання об'єкту в експлуатацію.

Об'єкт, що пред'являється до приймання в експлуатацію, повинен відповідати вимогам законодавства Російської Федерації, проектній документації, договору підряду (контракту) будівельним, санітарним, екологічним і іншим нормам. Оцінка відповідності об'єкту проекту і вимогам нормативних документів здійснюється приймальною комісією, до складу якої входять представники замовника, підрядника, проектувальників територіальних адміністрацій, органів державного нагляду і інспекції по охороні праці.

Замовник пред'являє приймальній комісії усю необхідну проектну і технічну документацію по об'єкту.

В допомогу приймальній комісії створюється робоча комісія, члени якої роблять детальний огляд об'єкту і складають акти з перерахуванням виявлених дефектів і недоробок по окремих розділах проекту або в цілому по об'єкту.

Після усунення підрядником усіх вказаних робочою комісією недоліків і невідповідностей з проектом складається акт приймання закінченого будівництвом об'єкту (форма N KC-11). На практиці цей акт називається "Актом робочої комісії". Вказаний документ є основою для остаточної оплати усіх виконаних підрядником робіт відповідно до договору підряду (контрактом).

На підставі акту робочої комісії, ознайомлення з технічною документацією, позитивних результатів проведення індивідуальних і комплексних випробувань приймальна комісія визначає готовність об'єкту до здачі в експлуатацію.

Остаточним документом по прийманню і введенню закінченого будівництвом об'єкту є акт приймання закінченого будівництвом об'єкту приймальною комісією (форма N KC-14). Цей акт підписується усіма членами приймальної комісії, кожен з яких несе відповідальність за прийняті комісією рішення в межах своєї компетенції.

Приймальна комісія складає свої повноваження після затвердження акту приймальної комісії замовником. З цієї миті об'єкт переходить у ведення експлуатуючої організації (замовника), яка приймає його баланс і реєструє в установленому порядку право власності на новий об'єкт в місцевих органах виконавчої влади.

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. Організація експлуатації електроустаткування.

Прочитайте [1], [2], [3], [4] с. 192-203; [5] с. 69-96; [6] с. 92-98, [7] с. 4-19; [8] с. 269-312.

2.1 Загальні відомості про експлуатацію устаткування.

Після завершення електромонтажних, пуско-налагоджувальних робіт і приймально-здавальних випробувань починається використання електроустаткування за призначенням в технологічному процесі підприємства, тобто експлуатація цього устаткування.

Під терміном «експлуатація» розуміється стадія життєвого циклу устаткування, на якій реалізуються, підтримуються і відновлюються його технічні характеристики, передбачені проектом і нормативними документами.

Головне завдання експлуатації електрогосподарства промислових підприємств полягає в організації обслуговування електричних мереж і електроустаткування, що виключає виробничі простої через несправність електроустановок, підтримується належна якість електроенергії, що зберігає паспортні параметри електроустаткування впродовж максимального часу при мінімальній витраті електричної енергії і матеріалів.

Енергетична служба зобов'язана забезпечувати надійне, безперебійне і безпечне постачання виробництва усіма видами енергії і енергоносіїв, а також виконання виробничої програми підприємства.

Персонал, що здійснює технічну експлуатацію електроустаткування, підрозділяється: *на адміністративно-технічний*, організуючий технічне обслуговування устаткування, оперативне управління устаткуванням і ремонтні роботи; *оперативний*, здійснюючий технічне обслуговування і оперативне управління (проведення оглядів, оперативних перемикачів, підготовку робочого місця, допуск до роботи, нагляд за працюючими); *ремонтний*, виконуючий усі види робіт по ремонту устаткування електроустановок.

Експлуатаційний персонал повинен мати відповідну виконуваний роботі кваліфікаційну підготовку і групу по електробезпеці.

2.2 Система планово-попереджувальних ремонтів і ТО електроустановок.

На промислових підприємствах експлуатацію електроустановок здійснюють в основному на базі системи планово-запобіжного технічного обслуговування і ремонту (ППТОР).

Суть системи ППТОР полягає в тому, що окрім повсякденному догляду за електроустановками їх через певні проміжки часу піддають плановим профілактичним оглядам, перевіркам, випробуванням і різним видам ремонту.

Тому під (ППР) розуміють весь комплекс організаційно-технічних заходів з догляду, нагляду і ремонту енергообладнання, спрямованих на забезпечення його безаварійної і економічної роботи.

Система ППТОР дозволяє підтримувати нормальні технічні параметри електроустановок, знижувати витрати на ремонт, покращувати технічні характеристики при планових ремонтах в результаті тієї або іншої модернізації.

Система планово-попереджувальних ремонтів (ППРЕ) передбачає класифікацію електрообладнання з точки зору виконання ремонтних робіт і робіт з обслуговування. Класифікація за видами електрообладнання передбачає: розробку типових обсягів ремонтних робіт для кожного виду електрообладнання, структури ремонтного циклу і тривалості міжремонтних періодів; норм простою обладнання в ремонті, норм знижуваних запасів обладнання і запасних частин, норм витрат матеріалів на експлуатаційні потреби, норм витрат купованих запасних частин на ремонт електрообладнання; визначення

трудомісткості ремонтних робіт з усіх видів електрообладнання; планування, підготовку і організацію виробництва ремонтних робіт; забезпечення матеріалами, запасними частинами і організацію їх зберігання; розробку системи оплати праці робітників енергетичної служби; створення виробничої бази, необхідної для проведення робіт.

Таким чином, система планово-попереджувальних ремонтів є основою не тільки для організації обслуговування і ремонтів електрообладнання, але й для розрахунку необхідних при цьому людських і матеріальних ресурсів.

Для реалізації і підтримки необхідних технічних характеристик устаткування проводиться його технічне обслуговування - комплекс робіт, що включає **огляди, міжремонтне обслуговування, профілактичні випробування, діагностування стану устаткування, ремонт, модернізація.**

Огляди устаткування виконуються з метою візуального контролю стану цього устаткування. Розрізняють планові і позачергові огляди устаткування. Періодичність планових оглядів регламентується [1], а також з урахуванням конкретних умов роботи устаткування - місцевими інструкціями.

При **міжремонтному обслуговуванні** електроустаткування виконуються технічні заходи відповідно до рекомендацій завод-виготівника, зокрема чищення ізоляції, заміна мастила в частинах, що труться, а також усуваються виявлені при оглядах дрібні несправності і дефекти устаткування.

В процесі експлуатації відбувається знос устаткування, що супроводжується зміною його технічних характеристик. Огляди далеко не завжди дозволяють виявити технічний стан устаткування і можливість подальшого його використання за призначенням. Зокрема, неможливо візуально оцінити стан ізоляції кабелю, стан масла трансформатора і його твердої ізоляції.

Достовірніша, ніж при оглядах, оцінка технічного стану і можливості подальшого використання устаткування за призначенням здійснюється профілактичними випробуваннями (вимірами параметрів) і діагностуванням стану устаткування.

Об'єм і норми **профілактичних випробувань** регламентуються [ПТЕ], а конкретні терміни цих випробувань визначаються технічним

керівником підприємства (головним енергетиком) з урахуванням рекомендацій заводських інструкцій і місцевих умов експлуатації устаткування.

Основними завданнями **діагностування** устаткування є: визначення виду технічного стану; пошук місця відмови або несправностей; прогнозування технічного стану.

При визначенні виду технічного стану дається укладення про справність (несправності) і працездатність (непрацездатності) устаткування. При прогнозуванні технічного стану дається оцінка залишкового ресурсу і нижня межа вірогідності безвідмовної роботи устаткування для заданого інтервалу часу.

За результатами оглядів, профілактичних випробувань і діагностування устаткування оцінюється необхідність і доцільність його обслуговування і ремонту.

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.**

Системою ПЗРЕсг передбачається технічне обслуговування з періодичним контролем, при якому контроль технічного стану електрообладнання здійснюють за встановленими в ній періодичністю та обсягами.

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.

Ремонт устаткування - це комплекс робіт для підтримки працездатності і необхідних технічних характеристик устаткування шляхом заміни або відновлення зношених або таких, що відмовили елементів з наступним регулюванням, наладкою і випробуваннями устаткування.

За *призначенням* розрізняють *відновний ремонт, реконструкцію і технічне переозброєння*. Відновний ремонт здійснюється без зміни конструкції окремих вузлів і усього пристрою в цілому. Технічні характеристики устаткування залишаються незмінними.

За *об'ємом* робіт відновні ремонти діляться на *поточні і капітальні*.

При *капітальному ремонті* проводиться повне розбирання устаткування із заміною або відновленням будь-яких його частин включаючи базові. При такому ремонті досягається практично повне відновлення ресурсу устаткування.

До *поточних ремонтів* (ПР) відносяться ремонти, що проводяться для забезпечення працездатності устаткування і полягають в заміні або відновленні його окремих частин, наприклад деталей, що швидко зношуються. Ці ремонти проводяться в період між двома капітальними ремонтами. Це основний вид 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 швидкозношувані 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.).

При *реконструкції* робиться зміна конструктивного виконання окремих вузлів, заміна окремих матеріалів при практично незмінних технічних характеристиках устаткування.

При *технічному переозброєнні* деякі вузли і матеріали замінюються досконалішими, технічні характеристики устаткування покращуються.

Для оцінки стану устаткування після проведення ремонтних робіт проводяться випробування, об'єм яких регламентується [1,4].

При експлуатації устаткування відбувається не лише його фізичний, але і моральний знос, обумовлений появою нового устаткування, що характеризується вищими техніко-економічними показниками.

При економічній неефективності відновного ремонту, особливо морально застарілого устаткування, виконується його **утилізація** - остання стадія експлуатації устаткування.

2.3 Зв'язок експлуатації і надійності устаткування.

Процес експлуатації устаткування супроводжується його **зносом** - зміною характеристик під дією довкілля і експлуатаційних режимів роботи.

До дій довкілля відносяться її температура, вологість, забрудненість, хімічна активність, а також сонячна радіація, інтенсивність грозової діяльності, вітер, ожеледь і інші чинники.

У експлуатаційних режимах устаткування піддається робочим навантаженням, систематичним і аварійним перевантаженням, перевантаженням від струмів коротких замикань, дії робочої напруги і перенапружень (грозових, комутаційних, ферорезонансних) і інших чинників.

Перерахований комплекс чинників при їх спільній дії на устаткування призводить до погіршення його характеристик, яке зрештою може привести до відмови устаткування. Під **відмовою** розуміється подія, що полягає у втраті працездатності устаткування, після якого воно не може виконувати свої функції.

Безвідмовна (а в ширшому сенсі надійна) робота устаткування тісно пов'язана з різними сторонами його експлуатації : транспортуванням, зберіганням, умовами і режимами роботи, обслуговуванням, ремонтами. Тому експлуатація має бути організована так, щоб забезпечувалася надійна робота електроустаткування і запобігали можливі негативні наслідки (збитки) при її порушенні.

Під **надійністю** розуміється властивість устаткування виконувати задані функції, зберігаючи в часі значення встановлених експлуатаційних показників в заданих межах, що відповідають заданим режимам, умовам використання, ТО, ремонтів, зберігання й транспортування.

Надійність є однією з властивостей устаткування, яке проявляє себе тільки в процесі експлуатації. Надійність устаткування закладається при його проектуванні, забезпечується при виготовленні і витрачається при експлуатації. Усе устаткування, а тим більше

сукупність електроустановок і систем складаються з великої кількості різних елементів. Ці елементи можна розділити на дві групи: невідновні і відновлювані.

Невідновними є елементи, працездатність яких після відмови відновленню не підлягає (тиристор, лампа розжарювання). Відновлюваними яляються елементи, працездатність яких після відмови підлягає відновленню в процесі експлуатації за рахунок проведення ремонту (трансформатор, лінія електропередачі).

Надійність є комплексною властивістю устаткування, яка залежно від призначення і умов експлуатації характеризується безвідмовністю, довговічністю і збереженістю, а для відновлюваного устаткування - додатково ремонтпридатністю.

Безвідмовність - властивість устаткування безперервно зберігати працездатність впродовж деякого часу. Ця найбільш загальна і найбільш важлива характеристика надійності визначається наступним показниками: вірогідністю безвідмовної роботи; інтенсивністю відмов і напрацюванням повністю (невідновні елементи); параметром потоку відмов і напрацюванням на відмову (відновлювані елементи).

Довговічність - властивість устаткування зберігати працездатність до настання граничного стану. Граничний стан устаткування визначається неможливістю його подальшої експлуатації внаслідок економічної неефективності, вимог безпеки або морального зносу. Досягши граничного стану устаткування підлягає капітальному ремонту або утилізації.

Устаткування може змінювати свої властивості не лише в процесі використання за призначенням, але і при транспортуванні, зберіганні, знаходженні у бездіяльності. У цих умовах характеристикою надійності є **збереженість** - властивість устаткування безперервно зберігати справний і працездатний стан в дорозі та після транспортування і зберігання.

Для планування технічного обслуговування і ремонту устаткування важливою характеристикою надійності являється **ремонтпридатність** - пристосованість устаткування до попередження і виявлення причини виникнення відмов і усунення їх наслідків шляхом проведення ремонту.

З позицій надійності електроустаткування може перебувати в одному з наступних станів: справному, несправному, працездатному або непрацездатному.

Справний стан (справність) - відповідність всім установленим вимогам нормативної або конструкторської документації.

Несправний стан (несправність) - невідповідність хоча б одному із зазначених вимог.

Працездатний стан (працездатність) - відповідність установленим вимогам всіх тих параметрів, які характеризують здатність виконувати задані функції.

Непрацездатний стан (непрацездатність)- невідповідність хоча б одного параметра працездатності встановленим вимогам.

Подія, що складається в порушенні справності, але збереженні працездатності, називають **пошкодженням**.

Дефект – несправність електротехнічного обладнання, при якому не відбувається втрата його працездатності.

Тривалість роботи електроустаткування, виражена в годинниках, роках і т.п., або обсяг виконаної їм роботи, виражений у кіловат-годинах або інших одиницях, називають **наробітком**.

2.4 Експлуатаційна технічна документація.

Важливим чинником організації ефективної експлуатації устаткування є якість і повнота експлуатаційної документації, яка істотно впливає на витрати праці, засобів і часу. Основою такої документації є галузеві нормативні документи: Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів; Правила улаштування електроустановок; Норми випробувань електроустаткування; Міжгалузеві правила по охороні праці при експлуатації електроустановок; ДСТУ, ГОСТ, РД, заводські інструкції по експлуатації і інші документи.

Ці загальні нормативні документи не можуть врахувати усіх специфічних особливостей конкретних об'єктів. Тому на кожному підприємстві окрім галузевих нормативних документів має бути своя технічна документація, що відбиває структуру і специфіку цього підприємства і сприяюча ефективній експлуатації електроустаткування.

Необхідний об'єм технічної документації встановлюється ПТЕ і залежно від структури і потужності підприємства, кількості і складу електроустаткування ділиться на три групи: технічна документація по об'єкту; структурному підрозділу (відділу, цеху, ділянці); робочому місцю.

До першої групи входить наступна основна технічна документація: генеральний план підприємства з нанесеними будівлями, спорудами і підземними комунікаціями; акти наладки, випробувань і приймання електроустановок в експлуатацію; виконавчі робочі схеми електричних з'єднань; технічні паспорти основного електроустаткування; виробничі інструкції з експлуатації електроустановок; посадові інструкції по робочих місцях, включаючи інструкції по охороні праці і інші.

Основна технічна документація в структурному підрозділі (цеху) включає: журнали обліку електроустаткування з вказівкою його технічних даних і інвентарних номерів; виконавчі креслення повітряних і кабельних ліній і заземляючих пристроїв; схеми електропостачання по об'єкту в цілому і по структурних підрозділах; виробничі інструкції з експлуатації електроустановок підрозділу, посадові інструкції, інструкції по охороні праці; списки працівників, що мають право видавати розпорядження, видавати наряди-допуски, допускати до роботи, виконувати оперативні перемикання.

Безпосередньо на робочих місцях (підстанціях, розподільних пристроях) має бути наступна документація: оперативна однолінійна схема електричних з'єднань, на якій відзначається фактичне положення комутаційних апаратів; журнал обліку електроустаткування; кабельний журнал; оперативний журнал; журнал обліку робіт по нарядах і розпорядженнях; листки огляду устаткування; журнал несправностей і дефектів електроустаткування; відомості показань контрольно-вимірювальних приладів; відомості профілактичних випробувань, вимірів і контролю стану устаткування; місячні, річні і багаторічні плани-звіти робіт по обслуговуванню і ремонту устаткування.

2.5 Порядок приймання в експлуатацію змонтованих електроустановок.

Змонтоване електроустаткування і мережі приймають в

експлуатацію державні приймальні комісії. До пред'явлення об'єктів державним комісіям робочі комісії, що призначаються замовником, повинні перевірити відповідність об'єктів і змонтованого устаткування проектам; результати випробувань і комплексної апробації устаткування; підготовленість об'єктів до нормальної експлуатації і випуску продукції, включаючи виконання міроприємств по забезпеченню здорових і безпечних умов праці і захисту природного середовища; якість будівельно-монтажних робіт і прийняти ці об'єкти.

За результатами перевірок складають акт про готовність об'єкту для пред'явлення державної приймальної комісії з встановленої форми. До її складу включаються представники замовника - голови комісії, генерального підрядника, субпідрядних організацій, генерального проектувальника, органів державного санітарного і пожежного нагляду, інспекції енергонагляду, архітектурних управлінь і місцевих державних організацій, технічній інспекції профсоюзів, профспілковій організації замовника.

Державні приймальні комісії приймають закінчені будівництвом об'єкти, підготовлені до експлуатації (укомплектовані експлуатаційними кадрами, забезпечені енергоресурсами, сировиною та ін.), на яких усунені усі недоробки і на встановленому устаткуванні розпочатий випуск продукції. Прийманням в експлуатацію об'єктів оформляється актами, які підписуються головою і усіма членами комісії.

Питання для самоконтролю

1. Приймання об'єкту в експлуатацію.
2. Загальні відомості про експлуатацію устаткування.
3. Система планово-попереджувальних ремонтів і ТО електроустановок.
4. Зв'язок експлуатації і надійності устаткування.
5. Експлуатаційна технічна документація.
6. Порядок приймання в експлуатацію знову змонтованих електроустановок.

3. Монтаж та експлуатація повітряних ліній електропередачі.

3.1 Монтаж повітряних ліній.

Прочитайте [1], [2], [3], [4] с. 98-117; [5] с. 21-36; [6] с. 47-57, 307-313; [7] с. 21-22; [8] с. 182-193.

3.1.1 Підготовчі роботи.

До початку робіт по спорудженню повітряних ліній електропередачі (ПЛ) мають бути виконані наступні роботи: отримані дозволу на ведення робіт по трасі ПЛ, включаючи території лісових масивів і сільськогосподарських угідь; підготовлені тимчасові приміщення для розміщення монтажних бригад і ділянок виконробів; організовані тимчасові бази для складування матеріалів; перевірені стан доріг, мостів і під'їзних шляхів до траси ВЛ, при необхідності споруджені тимчасові під'їзні дороги; розчищена смуга землі уздовж траси, а в лісовій місцевості влаштовані просіки; здійснений передбачений проектом знос будов, що знаходяться на трасі ВЛ або поблизу неї і що перешкоджають виробництву робіт; виконаний виробничий пікетаж - установка уздовж траси ПЛ пікетів, що відмічають майбутні місця установки опор.

3.1.2 Збірка і установка опор.

Збірка опор. Стійки дерев'яних опор з'єднуються в нахльстування із залізобетонними приставками (пасинками). З'єднання приставок з дерев'яною стійкою виконуються за допомогою бандажів із сталевих дроту або сталевих хомутів. Для бандажів застосовується м'який оцинкований дріт діаметром 4 мм або неоцинкований дріт діаметром 5...6 мм. Число витків бандажа приймається рівним: 12 - при діаметрі дроту 4 мм; 10 - при діаметрі дроту 5 мм; 8 - при діаметрі дроту 6 мм.

На залізобетонних опорах ВЛ за допомогою спеціальних хомутів монтуються сталеві траверси. Для ВЛ напругою до 10 кВ ці траверси мають штирі, на які за допомогою поліетиленових ковпачків армуються штирьові ізолятори. Для ВЛ напругою 35 кВ і вище на кінці траверс встановлюються елементи зчіпної арматури для подальшого кріплення

гірлянд підвісних ізоляторів.

Металеві опори поставляються окремими елементами, зборка яких між собою виконується за допомогою болтових з'єднань. Після завершення зборки металевих опор робиться відновлення їх антикорозійного покриття в місцях його ушкодження при транспортуванні і зборці.

Фундаменти опор. Металеві опори встановлюються на залізобетонні фундаменти або палі. Котловани під фундаменти металевих опор розробляються екскаваторами. Заглиблення залізобетонних паль в ґрунт виконується віброударним способом. Глибина заставляння фундаментів або паль повинна відповідати проекту ПЛ.

Одночасно з пристроєм фундаментів виконується монтаж заземлюючих пристроїв - встановлюються штучні вертикальні і горизонтальні заземлювачі. Залізобетонні і дерев'яні опори встановлюються без фундаментів. Котловани для дерев'яних і залізобетонних опор розробляються спеціальними буровими машинами. Діаметр котловану повинен перевищувати нижній діаметр (розмір) стійки опори на 5...10 см Глибина котлованів повинна відповідати проекту ВЛ.

Установка опор. Методи установки опор залежать від їх конструкцій, фундаментів, а також наявності тих або інших підйомних засобів і механізмів. Більшість опор встановлюються за допомогою підйомного крану відповідної вантажопідйомності. Виліт і робочий хід стріли підйому крану повинні забезпечувати повний підйом опори, переміщення її до місця установки і утримання у вертикальному положенні до закріплення опори на фундаменті або в ґрунті.

3.1.3 Монтаж проводів і грозозахисних тросів.

Монтаж проводів (тросів) виконується окремо на кожній ділянці ПЛ, обмеженій двома найближчими анкерними опорами (анкерному прольоті), і складається з наступних основних операцій: розкочування проводів, включаючи їх з'єднання і підйом на опори; натягнення проводів з регулюванням стріли провисання; кріплення проводів до ізоляторів опор.

Перед розкочуванням проводів до опор підвішуються спеціальні

монтажні ролики, на які вивішується провід в процесі розкочування, і по яких виконується наступне натягнення проводу. Розкочування проводів проводиться за допомогою тягового механізму (трактор). Вказана технологія розкочування застосовується для голих (неізолюваних) алюмінієвих і сталєалюмінієвих проводів.

Головною особливістю розкочування ізолюваних проводів є дотримання особливої обережності при монтажі, що не допускає ушкодження ізолюючого покриття. У однієї анкерної опори на розкочувальний пристрій встановлюється барабан з ізолюваним проводом. Цей розкочувальний пристрій має бути оснащений гальмом. У іншій анкерної опори закріплюється розкочувальний механізм з електромеханічною лебідкою і тросом-лідером відповідної довжини.

Для з'єднання ізолюваних проводів застосовуються болтові, пресовані або автоматичні (цангові) затиски. Останні дуже зручні при монтажі, оскільки кінці проводів, що сполучаються, після вставки їх в затиск автоматично заклинюються в затиску, забезпечуючи необхідну міцність закладення.

Натягнення проводів виконують за допомогою тягового механізму (трактори, лебідки). При натягненні проводів необхідно стежити за проходженням через монтажні ролики місць з'єднань проводів, у проїжджих доріг, що перетинаються, мають бути виставлені сигнальніки.

При натягненні *проводів* регулюються їх стріла провисання *тобто* відстань між прямою, що сполучає точки підвісу проводу на опорах і нижчою точкою провисання *проводу*. Регулювання стріли провисання виконується по монтажних графіках відповідно до фактичної температури повітря, маркою *проводу* і завдовжки прольоту.

Кріплення голих проводів на анкерних опорах ПЛ напругою до 1 кВ з штирьовими ізоляторами здійснюється закручуванням проводів так званою «заглушкою». На опорах ПЛ напругою вище 1 кВ із стержневими ізоляторами кріплення проводів виконується петлею, утвореною за допомогою болтового плашечного затискача.

Кріплення проводів на анкерних опорах з підвісними ізоляторами здійснюється за допомогою натяжних затискачів. Затискач за допомогою зчіпної арматури кріпиться до нижнього ізолятора гірлянди. *Провід* в затискачу зтягується притискними плашками за

допомогою U - образних шпильок.

Кріплення ізолюваних проводів на анкерних опорах ПЛ напругою до 1 кВ виконується без ізоляторів за допомогою анкерних затискачів, фіксуючих несучу нульову жилу.

Кріплення ізолюваних проводів на анкерних опорах ПЛ напругою вище 1 кВ виконується через підвісні ізолятори і натяжні болтові затиски. Корпус затиску і притискна плашка виготовляються з алюмінієвого сплаву. Момент затягування болтів затиску нормується і забезпечується динамометричним ключем. Величина моменту вказується на корпусі затиску або в специфікації до нього.

Кріплення голих дротів на проміжних опорах із стержневими ізоляторами здійснюється в'язкою з алюмінієвих проводів. На проміжних опорах з підвісними ізоляторами провід з монтажних роликів перекладається в підтримувальний затискач, прикріплюваний до нижньої частини ізолятора. Провід в затиску затягується притискними плашками за допомогою U - подібних шпильок.

Кріплення ізолюваних проводів на проміжних опорах ПЛ напругою до 1 кВ виконується за допомогою укладання нульової жили СІП в підтримувальний болтовий затискач. Кріплення СІП на проміжних опорах ВЛ напругою вище 1 кВ з штирьовими ізоляторами здійснюється в'язкою проводу до ізолятора.

Відгалуження від лінії з СІП виконуються за допомогою болтових проколюючих затискачів без зняття ізоляції з проводу. Після монтажу відгалуження на затиски встановлюються захисні кожуха, виготовлені із стійкої до атмосферних дій і ультрафіолетового випромінювання пластмаси.

Монтаж грозозахисних тросів аналогічний монтажу проводів. З'єднання тросів виконується, як правило, за допомогою сталевих пресованих з'єднувачів. На ПЛ напругою до 110 кВ кріплення троса до опор виконується за допомогою зчіпної арматури без ізолятора. На ПЛ напругою 220 кВ кріплення троса до усіх опор виконується через підвісний ізолятор, як правило, скляний, шунтований іскровим проміжком. У кожній анкерній ділянці на одній з анкерних опор трос заземляється.

3.1.4 Монтаж трубчастих розрядників і заземлюючих пристроїв.

Трубчасті розрядники кріпляться закритим кінцем до елементів опор під кутом 15° до горизонталі при нижчому розташуванні відкритого кінця. Закритий кінець розрядника з'єднується із заземлюючим спуском на опорі з деревини або з металом опори (сталевою і залізобетонною), що проводить. Довжина зовнішнього іскрового проміжку встановлюється відповідно до проекту ПЛ.

При монтажі ВЛ напругою до 1 кВ виконуються заземлюючі пристрої для повторного заземлення нульового *проводу* (PEN - провідника), захисту від грозових перенапружень, заземлення електроустаткування, встановленого на опорах ВЛ. Повторні заземлення виконуються на кінцевих опорах лінії і опорах з відгалуженнями до введень у будівлі, в яких може бути зосереджена велика кількість людей (школи) або які представляють велику матеріальну цінність (склади). Заземлюючі пристрої захисту від грозових перенапружень поєднуються з повторними заземленнями.

3.2 Експлуатація і ремонт ПЛ.

Прочитайте [1], [2], [3], [4] с. 223-230, 312-315; [5] с. 97-111; [6] с. 115-127, 351-357, [7] с. 90-94; [8] с. 313-324, 367-381.

3.2.1 Приймання повітряних ліній в експлуатацію.

Після спорудження або ремонту ПЛ здійснюється їх приймання в експлуатацію відповідно до правил приймання (СНиП 3-33-76), ПТЕ, а також галузевих правил приймання електричних мереж в експлуатацію, затверджених Міністерством палива і енергетики України. Дозволяється приймати ПЛ окремими ділянками, обмеженими з обох кінців підстанціями, перемикальними пунктами або ділянками, врізаними в діючі лінії. За домовленістю із замовником можуть бути пред'явлені для огляду і перевірки окремі змонтовані анкерні прогони ПЛ до закінчення робіт вздовж лінії.

Безпосередньо перед здаванням ПЛ в експлуатацію перевіряють її технічний стан і відповідність проекту, рівномірність розподілення

навантажень за фазами, відстань до землі. Після усунення всіх недоліків лінія приймається робочою комісією.

3.2.2 Огляди повітряних ліній.

При ТО повітряних ліній періодично проводяться їх *огляди - планові (денні, нічні, верхові і контрольні) та позачергові*. Огляд - це обхід ПЛ з візуальною перевіркою стану траси і усіх елементів ПЛ.

Графік оглядів ПЛ затверджується відповідно до вимог: огляд ВЛ по всій довжині - не рідше за 1 раз в рік; крім ділянки ВЛ, включаючи ділянки, що підлягають ремонту, не рідше за 1 раз в рік повинні оглядатися адміністративно-технічним персоналом; для ВЛ напругою 35 кВ і вище не рідше за 1 раз в 10 років повинні проводитися верхові огляди (огляди з підйомом на опору); для ВЛ напругою 35 кВ і вище, що проходять в зонах з високою мірою забруднення або по відкритій місцевості, а також для ВЛ напругою 35 кВ і вище, експлуатованих 20 і більше років, верхові огляди повинні проводитися не рідше за 1 раз в 5 років; для ПЛ напругою 0,38...20 кВ верхові огляди повинні проводитися при необхідності.

В міру необхідності огляди ПЛ проводяться в *темний* час доби для виявлення коронування і небезпеки перекриття ізоляції і займання дерев'яних опор.

Позачергові огляди ПЛ або їх ділянок повинні проводитися при утворенні на проводах і тросах ожеледі, при розкочуванні проводів, під час льодоходу і розливу річок і після стихійних лих в зоні проходження ПЛ, а також після відключення ПЛ релейним захистом і неспрацюванні АПВ.

Періодичні обходи ПЛ проводяться з метою спостереження за станом лінії і її траси і виявлення несправностей, які можуть бути виявлені при огляді лінії із землі.

При огляді *опор ПЛ* необхідно звернути увагу на їх нахил упоперек і уздовж лінії, просідання ґрунту підстав опор, відсутність в кріпленнях деталей опор болтів і гайок, тріщин зварних швів; визначити стан номерів, умовних найменувань ліній, попереджувальних плакатів по техніці безпеки, кількість і ширину розкриття тріщин залізобетонних опор, послаблення і пошкодження відтяжок опор, наявність на опорах пташиних гнізд.

При огляді **траси ПЛ** слід звертати увагу на наявність дерев, різних предметів (лісоматеріали та ін.), висоту заростей. Особливу небезпеку представляють неузгоджені будівельні і земляні роботи, які робляться під ПЛ і в охоронній зоні, а також роботи по спорудженні і реконструкції ліній електропередачі і ліній зв'язку в цій зоні.

При огляді **проводів і тросів** звертають увагу на наявність обірваних або перегорілих жил, слідів оплавлення і розрегулювання проводів, накидів, втомних руйнувань в місці кріплення проводу, корозії проводів і тросів, несправності петель провода на анкерних опорах.

При огляді **ізоляторів** досліджують наявність слідів перекриття гірлянд і окремих елементів, відхилення від нормального положення підвісних гірлянд уздовж лінії, відсутність замків або шплінтів в гірлянді, ржавість арматури, забрудненість і сколи тарілок ізоляторів, тріщини в шапках ізоляторів, наявність пташиного посліду на гірлянді.

При огляді **арматури** необхідно перевіряти наявність гайок, шплінтів, шайб на деталях арматури, слідів перегрівання на натяжних затискачах і з'єднувачах; відсутність корозії затискачів і арматури, витяг або прослизання проводів в затисках.

При огляді **заземляючих** пристроїв і засобів захисту від атмосферних перенапружень звертають увагу на стан заземляючих спусків на опорі і показників спрацьовування розрядників.

Після **закінчення обходу ПЛ** електромонтер заповнює **листок огляду**, куди заносить усі виявлені дефекти і несправності.

Позачергові (спеціальні) огляди ПЛ електропередачі роблять при виникненні умов, які можуть викликати ушкодження ліній, а також після автоматичних відключень, навіть якщо робота лінії не порушена. До умов, що викликають ушкодження, відносяться: ожеледно - паморозні відкладення, сильний туман, дощ чи мокрий сніг, пожежі на трасі, сильний вітер, розкриття річок і початок льодоходу. Метою позачергових обходів після автоматичного відключення лінії являється визначення місця і причини її відключення, необхідності і об'єму ремонтних робіт.

3.2.3. Профілактичні вимірювання і випробування ПЛ.

При ТО ПЛ періодично проводяться профілактичні перевірки, виміри і випробування.

Опори. Відхилення від вертикального положення металевих, залізобетонних і дерев'яних опор повинно бути не більше 1:200, 1:150 і 1:100 відповідно. Відхилення від горизонталі (нахил) траверс залізобетонних і дерев'яних опор має бути не більше 1:100 і 1:50.

У стійок залізобетонних опор вимірюється ширина розкриття тріщин. Тріщини шириною до 0,3 мм повинні зафарбовуватися вологостійкою фарбою; 0,3...0,6 мм - затиратися полімерцементним розчином. Стійки опор при ширині розкриття тріщин більше 0,3 мм і їх кількості більше двох в одному перерізі мають бути посилені залізобетонним бандажем, а при довжині таких тріщин більше 3 м потрібна заміна опори.

У тросових відтяжках залізобетонних анкерно-кутових опор вимірюється натяг. Вимірний натяг не повинен відрізнятися від проектних значень більш ніж на 20%.

Натяг у відтяжках можна визначити по пружній деформації (прогину) натягнутого сталевго каната, оскільки існує пряма залежність між натягом T і силою P , що викликає прогин f каната: $P = Tf$. Виконані за вказаним принципом вимірювання натягу у відтяжках дозволяють здійснювати виміри з погрішністю, що не перевищує 2%.

Міра зовнішнього або внутрішнього загнивання дерев'яних опор визначається приладами, принцип дії яких заснований на вимірі ходу і зусилля, з яким голка проколює деревну стійку. Межа між здоровою і гнилою частинами деревини визначається по різкій зміні цього зусилля. Деревину, що загнила, голка проколює із зусиллям менше 300 Н.

Проводи і троси. Стріли провисання проводів і тросів повинні відрізнятися від проектних значень не більше ніж на 5%. Відстані від проводів ПЛ до поверхні землі мають бути не менше: 5 м - для ПЛ до 1 кВ з ізолюваними дротами, що самонесущими; 6 м - те ж, але з голими дротами; 6 м - для ВЛ вище 1 кВ з ізолюваними дротами; 7 м - для ПЛ напругою до 110 кВ в населеній місцевості; 6 м - те ж, але в ненаселеній місцевості; 5 м - те ж, але у важкодоступній місцевості; 8

м - для ПЛ напругою 220 кВ в населеній місцевості; 7 м - те ж, але в ненаселеній місцевості; 6 м - те ж, але у важкодоступній місцевості.

У ізольованих проводів визначаються розміри ушкодження ізоляції. Місця незначного ушкодження ізоляції ремонтуються за допомогою термоусаджувальних ремонтних стрічок або манжет. При значних ушкодженнях ізоляції дефектна ділянка вирізується і замінюється новим.

Ізолятори і арматура. Опір одного фарфорового ізолятора гірлянди, виміряний мегаомметром, має бути не менше 300 МОм. Такі виміри можуть виконуватися тільки на відключеній лінії. Без відключення лінії вимірюється розподіл напруги по ізоляторах гірлянди. Для цього використовується вимірювальна ізолююча штанга. Напруга на фарфорових ізоляторах гірлянди складає від 5 до 20 кВ на одному ізоляторі. Найбільша напруга прикладена до ізолятора з боку проводу, а найменша напруга – до ізоляторів в середині гірлянди.

3.2.4. Обслуговування ПЛ.

Система експлуатаційного обслуговування ПЛ включає технічне обслуговування і ремонт.

До *технічного обслуговування* ПЛ відносяться роботи по систематичному і своєчасному збереженню окремих конструкцій і деталей від передчасного зносу шляхом проведення профілактичних вимірів і усунення дрібних ушкоджень і несправностей, а саме: обходи і огляди ПЛ; установка, заміна і огляд трубчастих розрядників; вимір опору з'єднань дротів (болтових, плашечних і болтових перехідних); контроль натягу у відтяжках опор; перевірка і підтяжка болтових з'єднань і гайок анкерних болтів; огляд конструктивних елементів ВЛ при прийманні їх в експлуатацію; спостереження за роботами, що проводяться поблизу лінії електропередачі сторонніми організаціями; заміна окремих елементів ВЛ і виправка окремих опор; виміри і випробування, спрямовані на підвищення рівня їх технічного обслуговування; заходи, пов'язані з охороною ліній; чищення ізоляції; вирубування дерев (загрозливих розростанням у бік ліній на неприпустимі відстані), обрізання суччя на окремих деревах, розчищення ділянок траси від кушів;

3.2.5. Ремонт повітряних ліній.

При ремонтах ПЛ виконується комплекс заходів, спрямованих на підтримку або відновлення первинних експлуатаційних характеристик ПЛ шляхом ремонту або заміни окремих її елементів.

Для ПЛ напругою до 10 кВ структура ремонтного циклу представляє собою чергування поточного і капітального ремонтів. Тривалість ремонтного циклу для ПЛ на дерев'яних опорах складає 5 років, на залізобетонних опорах - 10 років.

Для ПЛ напругою 35 кВ і вище передбачаються тільки капітальні ремонти з періодичністю: не рідше за 1 раз в 5 років для ВЛ на дерев'яних опорах; не рідше за 1 раз в 10 років для ВЛ на залізобетонних і металевих опорах.

Перелік робіт, що відносяться до поточних і капітальних ремонтів ПЛ, встановлюється типовими інструкціями з експлуатації ПЛ.

3.2.6 Типова номенклатура ремонтних робіт при поточному ремонті.

У об'єм роботи по поточному ремонту входять операції ТО і, крім того: ремонт опор, стовпів і підтримувальних конструкцій, заміна пошкоджених ізоляторів, елементів окремих опор, що погнили; видалення іржі на бандажах і хомутах, їх фарбування; відновлення протигнільних обмоток бандажів; перетягування окремих ділянок мережі (при необхідності), вимір опору ізоляції і перевірка стану заземлювача, визначення загнивання деревини; замір мегомметром опору ізоляції лінії на землі і між фазами, визначення падіння напруги або нагріву з'єднувачів, вимір відстаней в місцях перетинів, ревізія і ремонт розрядників, що демонтуються на зимовий час;

3.2.7 Типова номенклатура ремонтних робіт при капітальному ремонті.

У об'єм робіт по капітальному ремонту входять усі операції поточного ремонту і, крім того: верхові перевірки з виїмкою дротів і тросів із затисків, ревізією і заміною некондиційних дротів, тросів, підвісної і відтяжної арматури, повна перетяжка ліній; вимір електричної міцності і часткова заміна фарфорових ізоляторів натяжних і підвісних гірлянд (перший ряд в перший рік експлуатації); вимір опору

з'єднань мідних, алюмінієвих і сталєалюмінієвих дротів, сполучених методом пресування і обтискання, ремонт з'єднань, вибіркова перевірка того, що ржавить металевих підножників з розкриттям підножників, залежно від результатів - виробництво їх забарвлення або осмолення; вимір опорів заземлення опор з вибірковою розкриттям окремих елементів заземлення; перевірка наявності тріщин в залізобетонних опорах і приставках; виправлення і заміна до 50 % опор і їх конструктивних елементів, повне перефарбовування опор і відновлення протигнільних обмазок; проведення встановлених вимірів і випробувань;

3.2.8 Охорона праці при експлуатації і ремонті ПЛ.

Враховуючи підвищену небезпеку проведення робіт на діючих повітряних лініях, дотриманню Правил безпеки надають особливого значення. Кожна ПЛ повинна мати чіткі позначення опор і ланцюгів, де проходить багато ліній електропередачі. Позначення наносяться відповідно до вимог Правил безпеки. Всі особи, які обслуговують лінії електропередач і виконують на них роботи, повинні пройти вступний (загальний) інструктаж при поступленні на роботу та інструктаж з ТБ на лінії із записом у журналі. Працюючі на обслуговуванні і ремонті ПЛ не повинні мати каліцтв і хвороб, що перешкоджають виконанню робіт, а тому зобов'язані проходити медичний огляд при поступленні на роботу, а також періодично - відповідно до правил з техніки безпеки при експлуатації ПЛ. Монтери, що обслуговують лінії електропередачі, повинні пройти навчання методів роботи на робочому місці під керівництвом досвідченого робітника, вивчити правила, а потім пройти перевірку знань у кваліфікаційній комісії й одержати певну кваліфікаційну групу з ПБ. Всі особи, починаючи з групи II, повинні бути практично навчені прийомам звільнення людини, що потрапила під напругу, прийомам надання першої медичної допомоги при ураженнях електричним струмом.

Питання для самоконтролю

1. Підготовчі роботи перед монтажем ПЛ.
2. Зборка і установка опор.

3. Монтаж проводів і грозозахисних тросів.
4. Монтаж трубчастих розрядників і заземлюючих пристроїв.
5. Приймання повітряних ліній в експлуатацію.
6. Огляди повітряних ліній.
7. Профілактичні вимірювання і випробування ПЛ.
8. Обслуговування ПЛ.
9. Ремонт повітряних ліній.
10. Охорона праці при експлуатації і ремонті ПЛ 0,38-20 кВ.

4. Монтаж та експлуатація трансформаторних підстанцій.

4.1 Монтаж силових трансформаторів.

Прочитайте [1], [2], [3], [4] с. 118-168; [5] с. 54-58; [6] с. 58-76, 314-324; [7] с. 56-86; [8] с. 212-237.

4.1.1 Підготовчі роботи.

В ході виконання загально-будівельних робіт готуються під'їзні шляхи до місця установки трансформатора, фундамент під трансформатор і маслоприймач з гравієвою засипкою.

При прийманні фундаментів під трансформатори мають бути перевірена наявність і правильність установки анкерів для кріплення тягових пристроїв при перекочуванні трансформаторів і наявність фундаментів під домкрати для розвороту катків.

В ході підготовчих робіт мають бути підготовлені у необхідній кількості трансформаторне масло, місткості для його зберігання, індикаторний силікагель для термосифонних фільтрів і повітросушників. Трансформатори потужністю до 1600 кВА поставляються повністю зібраними і залитими маслом. Трансформатори більшої потужності залежно від габаритних розмірів і маси поставляються з демонтованими вузлами, залиті маслом або без масла.

Розвантаження трансформатора на монтажному майданчику виконується підйомним краном відповідної вантажопідйомності або за допомогою гідравлічних домкратів. Усі операції по транспортуванню,

розвантаженню і зберіганню трансформатора до його монтажу повинні оформлятися відповідними актами.

4.1.2 Встановлення комплектної трансформаторної підстанції.

4.1.2.1 Конструкція фундаменту та опорних конструкцій.

Будівельно-монтажні роботи. Котловани для фундаментів бурять спеціальними бурильними машинами БКГО, ГБС. Діаметр свердловинних котлованів повинен складати 450 мм. Встановлюють стояки УСО-3А, УСО-4А. При спорудженні фундаменту КТП зрізають рослинний шар ґрунту не менше ніж на 10 см, залишають пісочну основу і вкладають залізобетонні конструкції.

Монтажні роботи ведуться у дві стадії.

На першій стадії електромонтажники контролюють правильність установки будівельниками закладних елементів, які передбачені будівельними кресленнями, та встановлюють згідно з проектом електроустановок конструкції для освітлювальних пунктів, що окремо монтують для панелей захисту і електричних апаратів; виконують монтаж внутрішньої мережі заземлення та приєднують вводи від заземлювачів до заставних конструкцій КТП. Для створення заземлювального контуру підстанції в ґрунт встановлюють вертикальні та горизонтальні заземлювачі.

Привезене на монтажний майданчик обладнання оглядають, виявляючи дефекти, що з'явилися при транспортуванні. Ціле обладнання встановлюють на підготовлений фундамент. При підготовці КТП на монтажному майданчику перевіряють комплектність технічної документації підприємства-виробника, відповідність направляючих під трансформатор (кронштейнів) і при необхідності встановлюють направляючі потрібної конструкції. Стропову КТП без упаковки виконують за відповідні крюки та рами. Переміщення та підйом комплектних камер і КТП завжди виконують у вертикальному положенні згідно з написами "Верх"; "Низ".

4.1.2.2 Послідовність монтажу КТП.

На робоче місце КТП встановлюють на раніше підготовлені при виконанні будівельних робіт основи, закладні частини, опорні рами, вивірювання по рівню на проектній відмітці.

КТП повинна встановлюватися на фундаменті висотою не менше 0,4 м від планованого рівня землі й мати відстань від землі до неогороджених вводів ВН не менше 4,5 м, а до виводів НН - не менше 4 м. КТП встановлюється на бетонну площадку. Відхилення закладних елементів не повинно перевищувати 1 мм на 1 м довжини і 5 мм на всю довжину елемента. Несучі поверхні швелерів приєднують до контуру заземлення смугою із сталі 40х4 мм не менше ніж у двох місцях. Навантаження та вивантаження блоків КТП виконують за допомогою підйомного крану.

Після закріплення КТП на фундаменті встановлюють: низьковольтні ізолятори; прохідні ізолятори 10 кВ; патрони запобіжників серії ПК; високовольтні та низьковольтні розрядники. Після установки всіх необхідних компонентів виконують з'єднання трансформатора з розподільним пристроєм, заземлення корпусів, підключення повітряної лінії 10 кВ, підключення повітряної лінії 0,4 кВ.

На другій стадії монтажних робіт одночасно з роботами на первинних колах виконують монтаж вторинних кіл. В релейних шафах камер КТП встановлюють прилади і апарати захисту, керування, сигналізації, вимірювання і обліку електроенергії, які демонтуються на час транспортування.

Згідно з проектом прокладають, розробляють і підключають контрольні кабелі, кабелі живлення оперативним струмом і кабелі освітлення. Усі проходи кабелів із каналів через відрізки труб ущільнюють бандажками із шпагату та ізоляційної стрічки. Згідно з кабельним журналом на кінці кабелів встановлюють маркувальні бирки з написами. На жили кабелів також ставлять бирки з написами, що відповідають позначенням на схемі.

Електрообладнання РП повинно задовольняти умови роботи як для номінальних режимів, так і для коротких замикань, перенапруг та перевантажень.

4.1.2.3 Встановлення силового трансформатора.

Силовий трансформатор у шафі переміщається на котках по напрямних швелерах. Для виключення переміщення силового трансформатора при експлуатації КТП на напрямних швелерах передбачена установка двох упорів, що фіксують положення діаметрально протилежних котків силового трансформатора. На даху шафи передбачені пристрої для підйому як самої шафи, так і всієї КТП у транспортному положенні.

4.1.3 Монтаж трансформатора.

Трансформатори встановлюються, як правило, безпосередньо на фундамент без кареток (катків) і рейок. Трансформатор встановлюється на фундамент так, щоб його кришка мала підйом у напрямку до розширювача не менше 1%.

Нормативні документи (СНіП, ГОСТ і інші) передбачають монтаж трансформатора без ревізії його активної частини, якщо не порушувалися умови транспортування, розвантаження і зберігання трансформатора.

Ревізія активної частини допускається лише у тому випадку, коли зовнішні ознаки або результати вимірів вказують на можливі внутрішні ушкодження. При ревізії активної частини виконуються: перевірка стану болтових кріплень; підпресовування обмоток; огляд і перевірка стану ізоляції елементів активної частини; перевірка схеми заземлення; перевірка опору ізоляції магнітопровода і його частин.

Після проведення усіх робіт по ревізії активної частини її промивають сухим трансформаторним маслом, встановлюють у бак, після чого ущільнюють усі місця з'єднань кришки з баком (герметизують трансформатор).

4.1.4 Монтаж системи охолодження і окремих вузлів трансформатора.

Трансформатори з природним масляним охолодженням М (ONAN) потужністю до 1600 кВА транспортуються разом з радіаторами охолодження, трансформатори потужністю 2500 кВА і більше - з демонтованими радіаторами. У трансформаторів з примусовою циркуляцією повітря Д (ONAF) і примусовою циркуляцією повітря і

масла ДЦ (OFAF) системи охолодження на час транспортування демонтуються і встановлюються на місці монтажу трансформатора.

Блоки системи охолодження виносного виконання встановлюються на окремих фундаментах по периметру трансформатора і з'єднуються трубами з баком трансформатора.

Одночасно з монтажем системи охолодження монтуються інші вузли, що поставляються окремо від трансформатора: вводи до обмоткам, розширювач з показником рівня масла і повітросушник, вихлопна труба, газове реле, реле рівня масла, термосифонний фільтр, вимірювальні прилади.

При установці вводів особливу увагу звертають на якісне ущільнення місця посадки введення в кришці трансформатора і на забезпечення надійних контактних з'єднань виводів обмоток.

Повітросушник з'єднує надмасляний простір в розширювачі з навколишнім повітрям. Приєднання до трансформатора термосифонного фільтру виконується фланцевими з'єднаннями, розташованими у верхній і нижній частинах бака трансформатора.

Після закінчення монтажу усіх вузлів доливають сухе масло у бак трансформатора із заповненням його системи охолодження і термосифонного фільтру. Температура масла, що заливається, має бути не нижче 10°C. При цьому температура активної частини має бути вище за температуру масла. Масло під тиском подається через вентиль, розташований в нижній частині бака трансформатора.

4.1.5 Технологія монтажу вторинних кіл КТП.

Пристрій вторинної комутації - невід'ємна частина розподільних пристроїв сучасних електричних станцій і підстанцій - призначений для виконання функцій керування апаратурою первинних кіл і захисту електроустаткування. Вторинні пристрої дозволяють вимірювати електричні величини в первинних ланцюгах, виконувати різні види оперативної сигналізації та ін. Монтаж кіл вторинної комутації виконують за схемами, що входять до складу проекту даної установки, на яких умовними позначками зображені окремі елементи вторинної комутації та їхнього зв'язку між собою.

4.1.6 Установка приладів.

Прилади встановлюються і вивіряються таким чином, щоб їхні цоколі розташовувалися на вертикальних площинах, а вертикальні і горизонтальні осі шкал - по відповідних, осях панелі.

Затягування кріпильних болтів ведеться рівномірно, без перевищення необхідного зусилля, щоб не деформувати корпус приладу і не зірвати різьблення на болтах.

У процесі монтажу приладів і кіл вторинної комутації повинні бути зроблені наступні перевірки й іспити: вимір опору ізоляції; визначення правильності приєднання проводу до схеми; визначення полярності вимірювальних трансформаторів; перевірка правильності підключення вимірювальних приладів, приладів сигналізації, релейних приладів, ключів керування та ін.; іспит підвищеною напругою змінного струму.

4.1.7 Монтаж запобіжників.

Перед початком монтажу виконують ревізію та огляд запобіжників. Запобіжник повинен мати цілісність контактних деталей, ізоляторів, арміровки, покажчика спрацювання. Запобіжники монтують на сталевій рамі всередині шафи РУ. Цоколь ізоляторів повинен співпадати по вертикалі із поздовжньою віссю патрона і контактних губок з припуском + 0,5 мм. Встановлені патрони регулюють таким чином, щоб обмежувачі фіксували правильне положення патронів і затримували їх від повздовжнього переміщення. Запобіжники заземлюють, приєднують до фланців опорних ізоляторів, рами або металевої конструкції.

4.1.8 Монтаж роз'єднувача та приводу до нього

Монтаж виконують поетапно: ревізія обладнання; підйом на опорні конструкції і закріплення; перевірка і регулювання основних та сигнальних контактів; одночасна перевірка роботи роз'єднувача та приводу у роботі.

Ревізія - перевіряють стан порцелянових деталей, відсутність тріщин, надколів, надійність кріплення всіх вузлів та деталей, справність контактної системи. **Підйом** - виконують залежно від ваги за

допомогою пересувного штативу або ручного таля. **Кріплення** - за допомогою болтів або штирів.

Роз'єднувач та привід встановлюють таким чином, щоб осьові лінії не відхилялись більше ніж на ± 2 мм. Роботи по встановленню та регулюванню роз'єднувача слід вважати закінченими, якщо привід і вся система передачі працює чітко без затримок, холостий хід не перевищує 5° . Після закінчення монтажу до пуску в експлуатацію контактні частини роз'єднувача змащують технічним вазеліном, обертають папером та закріплюють шпагатом.

4.1.9 Монтаж заземлювальних пристроїв ТП 10/0,4 кВ.

Місце для встановлення заземлювального пристрою вибирається відповідно до проекту з використанням генерального плану, на якому нанесені усі комунікації.

Вертикальний заземлювач конструктивно виконується з вертикальних електродів довжиною 1,5 або 2 метри, які з'єднуються методом зрощування. Для покращення занурення електродів в ґрунт використовується литий наконечник (насадка нижня) підвищеної твердості, що полегшує занурення штанги електродів у ґрунт. Для приєднання заземлювача до мережі заземлення використовується універсальний затискач. За його допомогою можна виконувати приєднання до сталевोї стрічки 40x4 та дроту діаметром 8-10 мм. Для герметизації з'єднання використовується антикорозійна стрічка.

Електроди діаметром 20 мм мають достатню жорсткість, їх занурюють вібромолотом або за допомогою кувалди. Перед занурюванням електродів необхідно підготувати заглиблення в ґрунті на глибину не менше 0,7 метра. Вставити нижню насадку в електрод за допомогою молотка. На верхню частину електрода надіти бойок та виконати занурювання першого електрода.

Далі вставити наступний електрод. При забиванні, під дією ударної сили, відбувається їх зрощування. Занурюють необхідну кількість електродів. Потім вертикальний заземлювач під'єднують до мережі заземлення за допомогою затискача. Для герметизації болтового з'єднання використовується антикорозійна стрічка.

Після завершення робіт необхідно: засипати верхню частину заземлювача з точкою підключення шунту; зафіксувати пристрій для

огляду; накреслити схему змонтованого заземлювального пристрою з прив'язкою до великих стаціонарних орієнтирів; відключити вимірювальні прилади; прибрати робоче місце; документально оформити змонтований заземлювальний пристрій.

4.1.10 Включення трансформатора.

Перед включенням трансформатора проводяться його випробування, вимірювання та перевірки: вимір опору ізоляції обмоток; вимір тангенса кута діелектричних втрат; випробування ізоляції обмоток підвищеною напругою промислової частоти; вимір опору обмоток постійному струму; перевірка коефіцієнта трансформації; перевірка групи з'єднань обмоток; вимір втрат холостого ходу; випробування трансформаторного масла; випробування бака на герметичність; перевірка перемикального пристрою (РПН), пристроїв охолодження і засобів захисту масла. Результати вимірів, випробувань і перевірок оформляються відповідними актами і протоколами.

Перше включення трансформатора під напругу допускається проводити не раніше чим через 12 ч після останньої доливки масла. На час першого пробного включення трансформатора максимальний захист встановлюється з нульовою витримкою часу, сигнальні контакти газового захисту через'єднуються на відключення.

Включення трансформатора роблять поштовхом на номінальну напругу на якийсь час не менше 30 хв для прослуховування трансформатора і спостереження за його станом. При нормальній роботі трансформатора видаваний ним гул має бути помірним і рівномірним. Не повинні прослуховуватися потріскування усередині бака трансформатора.

Трансформатор відключають у разі сильного або нерівномірного гудіння; потріскувань усередині бака трансформатора; ненормально зростаючої температури масла; викиду масла з розширювача або розриву діафрагми вихлопної труби; теча масла і при інших ознаках порушення нормальної роботи.

При задовільних результатах першого включення з трансформатора знімається напруга, змінюється уставка максимального захисту, сигнальні контакти газового захисту через'єднуються на сигнал. Потім кілька разів включають і відключають трансформатор на

номінальну напругу для настроювання диференціального захисту від кидків струму намагнічення.

При задовільних результатах пробних включень трансформатор включається під навантаження і здається в експлуатацію.

4.1.11 Охорона праці при монтажі КТП.

При монтажі КТП необхідно виконувати наступні вимоги техніки безпеки.

Перед початком робіт працівники повинні отримати вичерпний інструктаж керівника про особливості робіт на ТП, а також необхідно переконатись в справності інструменту та пристосувань.

Вивантаження щитів 380/220 В та силових трансформаторів здійснюється за допомогою автокрана з виконанням правил техніки безпеки для навантажувально-розвантажувальних робіт. Працівники що виконують такелажні та навантажувально-розвантажувальні роботи повинні пройти курс навчання правилам виконання цих робіт. Піднімання роз'єднувача на висоту виконується двома працівниками. Піднімання роз'єднувача за ножі, фарфорові ізолятори і тяги забороняється.

Вивідні кінці з високої і низької сторони КТП і трансформатора повинні бути закорочені і приєднані до заземлюючого пристрою.

Під час виконання електрозварювальних робіт працівники, що виконують цю роботу і підтримують зварювальні деталі, повинні закривати очі і лице щитком. Кабель електрозварювального трансформатора повинен бути цілим і неушкодженим, а корпус і вторинна обмотка з'єднуються з заземлюючим пристроєм.

Забороняється підкидання яких-небудь предметів для подачі працівникам, що знаходяться на висоті.

При роботі в сутінках та вночі повинно використовуватись переносне електроосвітлення напругою 12 В від знижувального трансформатора корпус якого приєднаний до заземлюючого пристрою чи спеціального штатного фонарика.

При регулюванні апаратів електрообладнання необхідно враховувати можливість їх дії на зворотній стороні панелей щитів.

Забороняється одночасне ведення робіт на різних по висоті ділянках однієї і тієї ж панелі щита.

При випробуванні підвищеною напругою електрообладнання підстанції необхідно отримати на це письмовий дозвіл від керівника робіт, при цьому всі працівники повинні бути виведенні з робочої зони. Місця що залишилися під напругою огорожуються.

4.2 Експлуатація і ремонт ТП.

Прочитайте [1], [2], [3], [4] с. 230-261, 316-335; [5] с. 123-152; [6] 128-151, 224-254, 358-378, 451-456; [7] с. 127-138, 205-253; [8] с. 343-350, 382-390.

4.2.1. Приймання в експлуатацію трансформаторних підстанцій.

При введенні в експлуатацію трансформаторної підстанції, приймальна комісія контролює наявність: на дверях трансформаторних камер попереджувальних плакатів, що нагадують про небезпеку; на дверях камер і баках силових трансформаторів нумерації; підйому кришки трансформатора, обладнаного газовим захистом, по направленню до газового реле для полегшення проходження газів до реле, а маслопроводу від трансформатора у напрямку до розширювача; газового реле, встановлене горизонтально з боку, зручно для спостереження; у трансформаторних приміщеннях має бути передбачена необхідна освітленість; усі трансформатори мають бути забезпечені термометрами для виміру температури масла і амперметрами для контролю за навантаженням; рівень масла в розширювачі має бути не нижче за контрольних відмітки; усі кнопки, ручки і ключі управління повинні мати написи, що вказують операцію, для якої вони передбачені (включити, відключити, додати, збавити і тому подібне), а сигнальні лампи - написи, що вказують характер сигналу (включити, відключити і тому подібне); жили дротів і кабелів, що приєднуються до затисків, повинні мати запас по довжині; на щиті управління мають бути передбачені запас запобіжників і сигнальних ламп, комплект захисних засобів; наявність набору інструментів, аптечки, вогнегасників, ручних ліхтарів, мегомметра і ключів від усіх

приміщень; на ПС мають бути експлуатаційні схеми електричні з'єднань, затверджені відповідальними за електрогосподарство підприємства.

При прийманні в експлуатацію трансформатори перевіряють трьох - п'ятикратним включенням без навантаження на номінальну напругу. При включенні трансформатора на слух перевіряють його роботу - для виявлення відхилень (наприклад, нерівномірного гудіння). У об'єм перевірок також входить перевірка роботи газового реле, реле рівня масла, манометричних термометрів і їх вторинних ланцюгів, стрілочного маслопоказчика і відсічного клапана. За наявності останніх - справності ланцюгів, вбудованих трансформаторів струму (причому їх вторинні обмотки мають бути замкнуті на прилади або закорочені).

4.2.2 Випробування трансформаторів, підготовка їх до вмикання.

Випробування трансформаторів є прийнятно-здавальні і профілактичні. Прийнятно-здавальні випробування проводять у період монтажу і після нього для перевірки відповідності трансформаторів ГОСТам та ДСТУ і технічним умовам на постачання, перевірки якості обладнання і монтажу для розв'язання питання про можливість введення трансформатора в експлуатацію, зняття характеристик ізоляції, що необхідно в подальшому для оцінки стану трансформатора при експлуатації. Профілактичні випробування в умовах експлуатації проводять, у період поточних або капітальних ремонтів для перевірки стану трансформаторів, які знаходяться в експлуатації, і якості виконання ремонту.

Обсяг прийнятно-здавальних випробувань, передбачених ПУЕ включає такі роботи: визначення умов вмикання трансформаторів; вимірювання характеристик ізоляції; випробування підвищеною напругою промислової частоти ізоляції обмоток разом з вводами та ізоляції доступних стяжних шпильок, пресуючих кілець, ярмових балок (при огляді активної частини); вимірювання опору обмоток постійному струму на всіх відгалуженнях; перевірка коефіцієнта трансформації на всіх ступенях переключення; перевірка групи з'єднання трифазних трансформаторів і полярності виводів

однофазних; вимірювання струму і втрат холостого ходу; перевірка роботи перемикального пристрою і зняття колової діаграми; випробування бака з радіаторами гідравлічним тиском; перевірка системи охолодження; перевірка стану силікагелю; фазування трансформаторів; випробування трансформаторного масла; випробування вмиканням поштовхом на номінальну напругу.

Перед початком випробування необхідно провести зовнішній огляд трансформатора, у процесі якого перевіряють справність бака і радіаторів, стан ізоляторів, рівень масла, цілість рівня скла показника масла, заземлення трансформатора тощо.

4.2.3. Огляди трансформаторів.

При зовнішньому огляді трансформатора перевіряють температуру і рівень масла, його відповідність відміткам на розширювачі або маслопоказнику; чистоту поверхні і цілість ізоляторів; стан кабелів і шин; чистоту поверхні бака; відсутність слідів підтікання масла; справність системи вентиляції у трансформаторному приміщенні, запобіжників, роз'єднувачів, приводів і заземлювачів, цілість дверей, вікон і запорів; відсутність стороннього шуму в трансформаторі; цілість і справність вимірювальних приладів (термосигналізаторів і термометрів, манометрів тощо), газових реле, стан індикаторного силікагелю в повітроосушниках.

Огляд трансформаторів однією людиною може проводитися тільки оперативним персоналом або спеціально допущеним адміністративно-технічним персоналом; іншому електротехнічному персоналу дозволено оглядати трансформатори тільки під наглядом однієї з вищезгаданих осіб. Під час огляду виконання будь-якої роботи забороняється, а при виявленні дефекту, який потребує невідкладного втручання, обхід повинен бути перерваний і робота з усунення дефекту організується з виконанням всіх організаційно-технічних заходів.

4.2.4. ТО трансформаторів.

ТО силових трансформаторів у процесі їх експлуатації повинно проводитись відповідно до вимог діючих директивних документів –

ПТЕ, керівних технічних матеріалів, технічних вказівок, інструкцій з експлуатації, стандартів, технічних умов.

Технічне обслуговування силових трансформаторів повинно проводитись відповідно до вимог директивних документів, ПТЕ, керівних технічних матеріалів, інструкцій з експлуатації. Періодичність проведення технічне обслуговування - 12 міс.

Технічне обслуговування трансформаторів включає: зовнішній огляд; очищення від пилу і бруду; профілактичний контроль стану ізоляції та контактної системи, пристроїв охолодження, регулювання і пожежогасіння; роботи по підтриманню належного стану ізоляційного масла у трансформаторі, в тому числі відновлення якості масла; змащування обертових вузлів; налагодження і перевірка вторинних кіл пристроїв захисту; перевірка високовольних пристроїв захисту (розрядників, прохідних ізоляторів), перемикача кількості витків ВН; перевірка високовольної шафи та низьковольного щита; перевірка будівельної частини, перевірка заземлення (корпуса, нульової шпильки, бака, спуска) і болта заземлення; перевірка герметичності бака, пробки для спускання масла з бака та для спускання масла з розширювача, показника рівня масла, ртутного термометра, труб для охолодження масла, отвір для взяття проби масла.

4.2.5 Приймання трансформаторів у ремонт.

Причиною виведення в ремонт трансформатора є несправності, виявлені під час огляду трансформатора: витікання масла або недостатній рівень його в розширнику; нагрівання вище нормального верхніх шарів масла; ненормальний шум і потріскування всередині трансформатора; різке погіршення якості масла; тріщини на вводах; порушення роботи охолоджувачів або вентиляторів обдування.

Приймаючи в ремонт трансформатор, його оглядають, визначають наявність і якість масла (випробування на пробій і скорочений хімічний аналіз), ознайомлюються з експлуатаційно-технічною документацією про роботу і несправності трансформатора в період експлуатації і з технічними умовами на ремонт, поставленими замовником.

Приймання в ремонт супроводиться оформленням приймально-здавального акта. При цьому заводять картку (формуляр) ремонту або

відомість дефектів, куди записують номер замовлення, паспортні дані трансформатора, вимоги замовника, несправності, виявлені під час огляду і в процесі розбирання, тобто відкривають замовлення. На основі цих даних визначають обсяг ремонту.

Іноді для визначення пошкоджень на місці розбирання або на випробувальній станції підприємства проводять потрібні випробування.

4.2.6. Пошкодження силових трансформаторів.

Під час експлуатації не виключено виникнення різного роду дефектів і несправностей у трансформаторі, які по-різному відображаються на його роботі. Причини пошкоджень полягають у незадовільних умовах експлуатації, неякісному ремонті і монтажі трансформаторів. Типовими є пошкодження ізоляції, магнітопроводів, перемикальних пристроїв, відводів, маслонаповнених і фарфорових вводів.

Пошкодження ізоляції. Головна ізоляція часто пошкоджується через порушення її електричної міцності при зволоженні, а також через дрібні вади; до інтенсивного теплового зносу виткової ізоляції призводить набухання додаткової ізоляції котушок і пов'язане з цим припинення циркуляції масла через часткове або повне перекриття масляних каналів; механічні пошкодження виткової ізоляції нерідко трапляються при к.з. у зовнішній електричній мережі і недостатній електродинамічній стійкості трансформаторів, що само по собі є результатом послаблення запресування обмоток.

Магнітопроводи пошкоджуються через перекриття внаслідок руйнування лакової плівки між листами і спікання листів сталі; при порушенні ізоляції пресувальних шпильок; при виникненні короткозамкнутих контурів, коли окремі елементи магнітопроводу виявляються замкнутими між собою, а також на бак.

Пошкодження перемикальних пристроїв ПБВ відбуваються при порушенні контактів між рухомими контактними кільцями і нерухомими струмоведучими стержнями; пошкодження РПН є причиною порушень у роботі контакторів і перемикачів, заклинювання механізмів контакторів, втрати механічної міцності між сталевими деталями і паперово-бакелітовим валом.

Пошкодження відводів від обмоток до перемикальних пристроїв і вводів зумовлено переважно незадовільним станом контактних з'єднань, а також наближенням гнучких відводів до стінок бака; забрудненням масла механічними домішками, зокрема окислами і частинками металу із системи охолодження.

Пошкодження вводів: маслонаповнених - переважно через зволоження паперової основи, попадання вологи при неякісному ущільненні і при доливанні вводів трансформаторним маслом; фарфорових - через нагрівання контактів у нарізних з'єднаннях струмоведучих шпильок або в місці приєднання зовнішніх шин.

4.2.7 Поточний ремонт трансформаторів.

Планові поточні ремонти передбачають більш ретельні огляди і перевірки, ніж огляди без вимикання. Вони включають також виконання дрібних ремонтних робіт.

Поточні ремонти з відключенням трансформаторів без РПН проводяться не рідше одного разу на два роки, а трансформаторів з РПН - щорічно. При поточному ремонті виконуються в повному об'ємі операції ТО, а також проводиться ретельний огляд і усунення виявлених дефектів, чищення ізоляторів і бака, зливання конденсату з бака, спускання бруду із розширника, масла, перевірка маслопоказників, відбір і перевірка проб масла, перевірка пристроїв захисту масла від старіння і окислення, зміна сорбенту у фільтрах, огляд і чищення охолоджуючих пристроїв, перевірка захистів і розрядників на трансформаторах з РПН, перевірка спускового крана, цілості мембрани вихлопної труби, вимірювання опору ізоляції обмоток мегомметром на напругу 2500 В з визначенням відношення R_{60}/R_{15} . Значення цього відношення не нормується: при температурі верхніх шарів масла 10-30°C відношення R_{60}/R_{15} становить не менше ніж 1,3 для незвожених обмоток і близьке до одиниці для звожених обмоток.

Поточні ремонти трансформаторів суміщають з ремонтом обладнання РП. Підприємства електромереж, як правило, одночасно з випробуваннями ізоляції РП проводять випробування обмоток разом з выводами підвищеною напругою промислової частоти протягом однієї хвилини. При таких випробуваннях у середньому відбраковується приблизно 2 % випробуваних трансформаторів

напругою 6-35 кВ. У більшості випадків, коли необхідний приїзд спеціальної лабораторії для випробування трансформаторів до 1000 кВА, такі випробування економічно не виправдані.

4.2.8 КР трансформаторів.

Для усунення несправностей і попередження аварій трансформатори періодично виводять у капітальний ремонт.

Попереджувальні капітальні ремонти трансформаторів 6-10 кВ проводяться по мірі необхідності. Ремонт цих трансформаторів, як правило, виконується в майстернях або на ремонтних підприємствах і завжди включає заміну масла, ущільнювальних прокладок бака і в 50 відсотках випадків ремонт (заміну) вводів. Обсяг аварійних ремонтів визначається характером пошкоджень трансформаторів.

Попереджувальні капітальні ремонти головних трансформаторів підстанцій 35-110 кВ проводяться перший раз не пізніше, ніж через вісім років після включення в експлуатацію, а в подальшому - по мірі необхідності, залежно від результатів вимірювань і стану трансформаторів. Передбачається, що за вісім років стабілізується усадка ізоляційних деталей вузла кріплення обмоток і необхідне допресування обмоток.

Типовий капітальний ремонт, тобто ремонт без модернізації і без усунення крупних дефектів, не передбачає розбирання активної частини і демонтажу обмоток. Якщо потрібен ремонт трансформатора з розбиранням активної частини, то його виконують згідно з особливими технологічними інструкціями та вказівками і, як правило, на спеціалізованих підприємствах.

У цьому випадку треба попередньо виконати демонтажні роботи: відокремлення ошиновки, кіл вторинної комутації, демонтаж систем пожежогасіння і охолодження, у необхідних випадках - зняття розширника, вводів, зливання масла (повне або часткове) і, якщо потрібно, заміна кришки бака на спеціальну транспортну, для зменшення висоти трансформатора в транспортному положенні. Потім трансформатор транспортують на ремонтну базу.

Власне ремонт починається із розкриття активної частини трансформатора, яке здійснюють вийманням її з бака разом з кришкою; потім активну частину промивають струменем трансформаторного

масла для видалення шламу та інших забруднень. Далі ремонт здійснюється в такій послідовності.

Оглядають і очищують обмотки та виводи, а при необхідності проводять розклинювання шин і відновлення розрахункових зусиль в опресуванні обмоток; перевіряють і ремонтують ізоляцію та кріплення відводів, перевіряють справність доступних запаювань.

Проводять огляд і ремонт перемикача відгалужень та розташованого у спільному баку з активною частиною пристрою переключення під навантаженням (РПН); чищення (при необхідності - заміна) і підтягування контактів; перевірка запаювань, перемичок і всіх механізмів перемикача.

Оглядають і очищують кришку бака, розширювач, запобіжні труби та мембрани (перевіряють їх цілість і справність ущільнень). Ревізують термосифонні і адсорбційні фільтри та повітросушки (із заміною сорбенту і масла в масляних затворах), а також крани і засувки.

Проводять огляд, чищення і ремонт вводів, при необхідності в них замінюють масло або проводять їх повне розбирання. Окремо від трансформатора виконують випробування вводів.

Виконується ремонт системи охолодження: радіаторів або маслоохолодників, насосів, вентиляторів і електродвигунів, маслопроводів і арматури; радіатори (маслоохолодники) ретельно очищають і промивають всередині. Проводять випробування трансформаторного масла з бака, при необхідності виконують сушіння, регенерацію або заміну масла. При потребі виконують сушіння ізоляції активної частини і вмонтованих трансформаторів струму.

Перевіряють пристрої захисту і автоматики трансформатора, контрольно-вимірювальні прилади та пристрої сигналізації, зокрема й ті, що відносяться до системи охолодження, регулювання і пожежогасіння; силові кабелі і струмопроводи, а також кабелі вторинної комутації, газові і струминні реле, реле тиску і рівня масла.

Проводять збирання трансформатора із заміною ущільнень, виконують здавальні випробування, після чого трансформатор доставляють на місце установки і монтують на його власному фундаменті. Після повного збирання трансформатор піддають остаточним випробуванням, ошиновують і включають спочатку на холостий хід, а після фазування - у роботу під навантаженням.

4.2.9 Експлуатація трансформаторного масла.

Експлуатаційні властивості трансформаторного масла визначаються його хімічним складом, що залежить головним чином від якості сировини і застосовуваних засобів його очищення при виготовленні.

Стан трансформаторного масла оцінюється за результатами його випробувань, що залежно від обсягу поділяються на три види: випробування на електричну міцність, що включає визначення пробивної напруги, визначення наявності води, візуально - вміст механічних домішок; скорочений аналіз, що включає, крім названих вище, визначення кислотного числа, вміст водорозчинних кислот, температури спалаху і кольори масла; випробування в обсязі повного аналізу, що включають у себе всі випробування в обсязі скороченого аналізу, а також визначення $\text{tg}\delta$, натрову пробу, стабільність проти окислювання, кількісне визначення вмісту вологи і механічних домішок.

4.2.10 Випробовування трансформатора після ремонту.

При капітальному ремонті без заміни обмоток в обсяг випробувань входить:

Хімічний аналіз і випробування масла з бака трансформатора та вводитів.

Вимірювання стану опору обмоток постійному струму при всіх положеннях перемикача відгалужень. Вимірювання проводиться мостовим методом або методом амперметра-вольтметра. При вимірюваннях другим методом, якщо опори обмоток малі (до 1 Ом і нижчі), проводи кола вольтметра приєднують до затискачів трансформатора безпосередньо.

Вимірювання коефіцієнта трансформації на всіх відгалуженнях. При вимірюванні напруга подається з боку обмотки вищої напруги.

Вимірювання опору ізоляції доступних стяжних болтів, ярмових балок і випробування ізоляції стяжних болтів підвищеною напругою. Величина опору ізоляції не нормується, рекомендоване значення – не менше ніж 10 МОм. Ізоляція стяжних болтів повинна

витримати випробування напругою змінного струму до 2000 В протягом однієї хвилини.[3]

Випробування головної ізоляції підвищеною напругою.

Випробування ізоляції обмоток разом з виводами полягає в прикладанні до кожної з обмоток випробної напруги промислової частоти. Величина напруги вибирається залежно від номінальної напруги обмотки, що випробовується, типу трансформатора, від умов (заводських або експлуатаційних), у яких проводився ремонт, і від того, чи замінювалися обмотки та ізоляція.

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. Конструкція фундаменту та опорних конструкцій.
6. Послідовність монтажу КТП.
7. Встановлення силового трансформатора.
8. Технологія монтажу вторинних кіл КТП.
9. Монтаж роз'єднувача та приводу.
10. Монтаж заземлювальних пристроїв.
11. Підготовка КТП до здачі в експлуатацію.
12. Техніка безпеки при монтажі КТП.
13. Приймання в експлуатацію трансформаторних підстанцій.
14. Основні вимоги до трансформаторів.
15. Режими роботи трансформаторів.
16. Випробування трансформаторів, підготовка їх до вмикання.
17. Експлуатація силових трансформаторів.
18. Огляди трансформаторів.
19. Технічне обслуговування трансформаторів.
20. Приймання трансформаторів у ремонт.
21. Пошкодження силових трансформаторів, їх ознаки і причини.
22. Поточний ремонт трансформаторів.

23. Капітальний ремонт трансформаторів.
24. Несправності КТП і способи їх усунення.
25. Експлуатація трансформаторних масел.
26. Вимоги до масел, випробування масел, що експлуатуються.
27. Очищення, сушіння і регенерація трансформаторних масел.
28. Випробовування трансформатора після ремонту.
29. Охорона праці при монтажі і експлуатації ТП.

5. Монтаж та експлуатація розподільних пристроїв.

5.1 Монтаж комплектних розподільних пристроїв.

Прочитайте [1], [2], [3], [4] с. 118-168; [5] с. 59-68; [6] с. 58-76, 314-324; [7] с. 4-20, 56-88; [8] с. 117-141.

5.1.1 Етапи монтажу комплектних розподільних пристроїв.

Монтаж комплектних РП виконується в два етапи.

На *першому етапі* в ході виконання загально-будівельних робіт влаштовуються передбачені будівельними кресленнями отвори, ніші, кабельні канали, встановлюються заставні деталі і опорні конструкції під устаткування, виконується монтаж заземляючого пристрою і мережі загального освітлення. Поверхні усіх опорних металевих конструкцій для установки устаткування мають бути вивірені по горизонталі. Стики цих конструкцій зварюються за допомогою накладок із смугової сталі для забезпечення безперервності ланцюга заземлення.

На *другому етапі* на опорні конструкції встановлюються комплектні осередки РП, виконуються з'єднання збірних шин, перевіряється збіг роз'єднуючих контактів первинних і вторинних кіл і заземлюючих контактів шляхом повільного уключування візків в робоче положення.

5.1.2 Монтаж комутаційних апаратів.

Комутаційні апарати (вимикачі, роз'єднувачі) поставляються на монтажний майданчик в зібраному виді з комплектом металоконструкцій, що дозволяють робити монтаж апаратів, виключаючи зварювальні роботи.

Вимикачі і роз'єднувачі встановлюються на опорні конструкції (фундамент). Вивіряється вертикальність і горизонтальність установки апарату. На опорну конструкцію встановлюється привід, перевіряється і регулюється спільна робота приводу і комутаційного апарату.

До апаратних затисків полюсів підводиться ошиновка. Монтаж ошиновки виконується так, щоб в елементах вимикача і роз'єднувача не виникала механічна напруга від, пружинячої дії шин, температурних змін їх довжини. Металеві частини апаратів, що нормально не знаходяться під напругою, під'єднуються до заземлюючого пристрою.

Особлива увага при монтажі роз'єднувача приділяється роботі контактної системи. Осі контактів кожного полюса повинні співпадати; полюси роз'єднувача повинні замикатися і розмикатися одночасно; контактний тиск повинен відповідати заводським нормам.

Роз'єднувачі виконуються, як правило, із заземлюючими ножами. Тому при монтажі перевіряється робота блокувань від неправильних операцій з головними і заземлюючими ножами роз'єднувача: при включених головних ножах блокування не повинне дозволити включення заземлюючих ножів; при включених заземлюючих ножах блокування не повинне дозволити включення головних ножів роз'єднувача.

5.1.3 Вимірювальні трансформатори, апарати захисту від перенапружень, конденсаторні установки.

Перед монтажем вимірювальних трансформаторів проводиться їх огляд. Перевіряється цілісність ізоляції, справність швів арміровки, рівень масла в маслonaповнених трансформаторах, його електрична міцність, вимірюються характеристики ізоляції обмоток.

При монтажі вимірювальних трансформаторів має бути забезпечена вертикальність і горизонтальність їх установки на опорній конструкції. В період монтажу вимірювальних трансформаторів напруги їх первинні і вторинні обмотки з метою безпеки закорочуються, оскільки випадкові дотики обмоток з тимчасовими дротами освітлення, зварювання, вимірів можуть викликати трансформацію напруги, небезпечної для життя. Усі вторинні обмотки вимірювальних трансформаторів заземляються з метою безпечного обслуговування вторинних ланцюгів при експлуатації.

Перед монтажем розрядників і обмежувачів перенапружень оглядається їх фарфорова покриття, в якій не повинно бути тріщин і сколов, перевіряється стан швів арміровки і положення герметизуючих прокладень. Легке струшування або похитування апарату не повинні викликати внутрішнього шуму або побрязкування.

При монтажі конденсаторних установок має бути забезпечена горизонтальна установка каркасів і вертикальна установка конденсаторів. Відстань між дном конденсаторів нижнього ярусу і підлогою приміщення має бути не менше 100 мм. Струмоведачі шини і заземляючі провідники повинні монтуватися так, щоб забезпечити зручність зміни будь-якого конденсатора під час експлуатації. Ошиновка не повинна створювати зусиль, що вигинають, у вивідних ізоляторах конденсаторів.

5.1.4 Шини розподільних пристроїв.

Шини розподільних пристроїв (РП) виконуються гнучкими і жорсткими. В якості провідникового матеріалу використовується, як правило, алюміній. Гнучкі шини є сталю-алюмінієві провoda, що підвішуються до опорних конструкцій (порталам) за допомогою гірлянд підвісних ізоляторів.

Шинотримачі при змінному струмі більше 600 А не повинні створювати замкнутого магнітного контура навколо шини. Для цього одна з накладок або один із стяжних болтів мають бути виконані з немагнітного матеріалу.

При монтажі жорстких шин часто виникає необхідність їх вигину. Для найбільш поширених плоских шин прямокутного перерізу радіус вигину шини на площину має бути не менш подвійної товщини шини, при вигині на ребро - не менш подвійної ширини шини.

Жорсткі шини сполучають між собою зварюванням або болтовим контактним з'єднанням. Зварні з'єднання, виконуються, як правило, напівавтоматичним зварюванням на постійному струмі в середовищі аргону. При монтажі болтових з'єднань в шинах, що сполучаються, за допомогою шаблону розмічаються, а потім свердляться отвори. Діаметр отворів має бути більше діаметру болтів на 1...2 мм. Контактні поверхні обробляються на спеціальних верстатах або напилком і покриваються шаром нейтрального мастила.

При затягуванні болтових з'єднань шин застосовуються засоби стабілізації тиску, наприклад тарілчасті пружини (шайби). Затягування болтових з'єднань здійснюється в два прийоми:

- затягування до повного стискування тарілчастої пружини;
- послаблення затягування приблизне на чверть обороту.

Гнучкі шини не повинні мати перекручувань, розплеток, *проводів*, що лопнули. Стріли провисання не повинні відрізнятися від проектних більш ніж на $\pm 5\%$. З'єднання між суміжними апаратами мають бути виконані одним відрізком шини (без розрізання). Приєднання відгалужень в шинному прольоті має бути виконане без розрізання гнучкої шини.

5.1.5 Монтаж ізоляторів.

Опорні і прохідні ізолятори призначені для електричної ізоляції струмоведучих частин один від одного і від землі, а також для кріплення шин до стін, конструкцій і т.п.

До початку монтажу ретельно оглядають ізолятори, перевіряють міцність армування, стан фарфору, відсутність відбитих країв і сколов; поверхню ізолятора очищають, а в прохідних ізоляторах, крім того, поверхню струмоведучого стержня або шини зачищають і змащують технічним вазеліном. Опорні ізолятори спочатку встановлюють в крайніх точках лінії шин; між цими ізоляторами натягують шнур (чи проволікату), а потім по шнуру встановлюють і вирівнюють по висоті усі ізолятори, підкладаючи у разі потреби під їх підстави толь або картон, а при установці на металевих конструкціях — листову сталь. Прокладення не повинні виступати на фланці ізоляторів. Фланці ізоляторів не мають бути «втоплені» в перегородках або стінах. При подачі на місце монтажу і ізолятори піднімають за фланець, а не за ковпачки. Після установки ізоляторів перевіряють і регулюють їх положення у вертикальній, горизонтальній і похилій площинах. Ковпачки повинні знаходитися в одній площині (щоб уникнути додаткової напруги від закріплюваних на ізоляторах шин), відхилення \pm , що допускається, 2 мм. Осі що усіх стоять у ряді опорних або прохідних ізоляторів не повинні відхилятися убік більш ніж на 5 мм. Положення ковпачків ізоляторів можна вивірити за допомогою рейки завдовжки 3-4 м.

5.1.6 Технологія монтажу вторинних ланцюгів.

Вторинні ланцюги з ізольованих проводів при прокладенні по панелях об'єднують в потоки, які розташовують горизонтально або вертикально. Допустимі відхилення від горизонталі і вертикалі складають 6 мм на 1 м довжини. При формуванні шляхів проводів уникають перехрещення. Відгалуження від шляху виконують переважно під прямим кутом.

Потоки мають в розпорядженні прямі і рівні щільні ряди: в кожному ряду не більше 10-15 проводів. Довгі проводи розташовують в нижньому ряду, короткі - у верхньому.

Переходи шляхів проводів з панелі на панель виконують гнучкими плоскими або джгутовими компенсаторами. Пучки проводів, працюючих на скручування, захищають металорукавом або полівінілхлоридною трубою. Місця виходу проводів обмотують стрічкою.

У вторинних ланцюгах в якості провідників використовують мідні проводи площею перерізи не менше 1,5 мм. Допускають застосування мідних жил площею перерізи 1 мм² для невідповідальних вторинних ланцюгів в електроустановках напругою до 1000 В.

При використанні в ланцюгах автоматики і телемеханіки кабелів зв'язку їх кінці обробляють.

Бандажування пучків жил кабелів проводять натертими парафіном нитками діаметром близько 0,5 мм. Крок в'язки бандажем приблизно дорівнює двом діаметрам його пучка. Замість ниток застосовують пластмасові або металеві (покриті пластмасою) поясочки, що встановлюються через 300-500 мм.

Жили проводів і кабелей прокладають з достатнім запасом по довжині, щоб у разі обриву кінці жил можна було знову приєднати до затиску або контакту апарату.

Провідники маркірують на обох кінцях - у набірних затискачів і у затискачів апаратів і застосуванням спеціальних кінцевиків, манжет, трубок.

Одинопровідні проводи окінцьовують кільцем або прямою ділянкою проводу, багатопровідні - наконечником. До затиску з кожного боку можна приєднувати не більше двох жил.

Ділянки ланцюгів, розділені контактами апаратів, обмотками реле і іншими елементами, повинні мати різну маркіровку. Ділянки ланцюги, що проходять через роз'ємні, розбірні або нерозбірні контактні з'єднання, повинні мати однакову маркіровку. Для відмінності ділянок ланцюга допускається додавати до маркіровки послідовні числа або позначення пристроїв (агрегатів), відділяючи їх знаком дефіс.

Для знаходження серед багатьох провідників, прокладених потоком, одного з них по доступних кінцях, віддалених один від одного і не приєднаних до яких-небудь інших ланцюгів, використовують спосіб «прозвонки». Походження терміну «прозвонка» пояснюється тим, що спочатку в якості сигналу про знаходження ланцюга застосовували електричні дзвінки — зумери.

5.1.7 Заземлюючі пристрої.

Монтаж заземлюючих пристроїв (ЗП) складається з наступних операцій: підготовки земляної траншеї; установки заземлювачів (вертикальних і горизонтальних) і з'єднання їх між собою; прокладення заземлюючих провідників; з'єднань заземлюючих провідників із заземлювачами і частинами устаткування, що заземляються.

В якості заземлювачів використовуються в першу чергу природні заземлювачі: залізобетонні фундаменти будівель і споруд, металеві труби водопроводу, металеві оболонки броньованих кабелів, прокладених в землі.

При недостатньому опорі природних заземлювачів встановлюють штучні заземлювачі. З цією метою по периметру об'єкту (підстанції) риється траншея завглибшки 0,7...0,8 м. В дно траншеї заглиблюються вертикальні заземлювачі (електроди) завдовжки 3,5 м, в якості яких використовується сталевий прокат: круглий діаметром не менше 16 мм; трубний діаметром не менше 32 мм; кутовий перерізом не менше 100 мм.

Заглиблення електродів в ґрунт виконується ударним способом, втискуванням або укручуванням. Для укручування застосовується електрозаглиблювач - дріль з редуктором, що знижує частоту обертання нижче 100 об/хв і відповідно до тих, що збільшують момент,

що обертає, на вкручуваному електроді. Нижньому кінцю електродів надається форми бура.

Після заглиблення в ґрунт верхні кінці електродів, виступаючі на 150...200 мм над дном траншеї, з'єднуються між собою горизонтальними заземлювачами. В якості горизонтальних заземлювачів використовується, як правило, смугова сталь перерізом не менше 100 мм або сталевий дріт діаметром не менше 10 мм.

У відкритих РП додатково прокладаються подовжні і поперечні горизонтальні заземлювачі, об'єднані між собою в заземлюючу сітку. Це необхідно для вирівнювання електричного потенціалу на території РП при стіканні із ЗП струму замикання на землю.

Приєднання заземлюючих провідників до заземлювача виконується зварюванням, а до металевих частин устаткування, як правило, за допомогою болтового з'єднання. Місця зварювання покривають бітумним лаком.

Після закінчення монтажу ЗП складається акт прихованих робіт з вказівкою прив'язки ЗП до стаціонарних орієнтирів. Траншея засипається ґрунтом і трамбується.

Заземлення устаткування, що знаходиться усередині будівель, виконується приєднанням цього устаткування за допомогою заземлюючих провідників до заземлюючої шини. Ця шина, має бути сполучена із зовнішнім контуром заземлення не менше чим двома заземлюючими провідниками в різних точках.

Заземлююча шина кріпиться безпосередньо до стін будівель і споруд за допомогою дюбелів і будівельно-монтажного пістолета. Кріплення виконується на висоті 0,4...0,6 м від рівня підлоги через кожні 1,5 м.

Після монтажу усі відкрито прокладені елементи ЗП забарвлюються подовжніми або поперечними смугами жовтого і зеленого кольору, що чергуються.

5.1.8 Випробування комплектних розподільних пристроїв.

Випробування вимикачів, роз'єднувачів, вимірювальних трансформаторів, розрядників і іншого устаткування РУ робляться по нормах.

У візків викочувань виконується перевірка механізму доведення і блокування в робітнику і випробувальному положеннях. При спробі виведення візка із закріпленого положення з включеним вимикачем останній повинен відключатися. Відключення вимикача повинне відбуватися раніше переміщення візка, що викликає розмикання первинних роз'єднуючих контактів.

Перевіряється дія захисних шторок, що забезпечують безпеку при виробництві ремонтних робіт. Ця перевірка робиться висуненням візка в ремонтне положення. При цьому шторки під дією власної маси повинні закривати вікна. При укочуванні візка шторки повинні автоматично підніматися, відкриваючи вікна для проходу рухливих контактів первинного ланцюга.

Перевірка роботи механічних блокувань робиться багатократним (чотири-п'ять разів) укочуванням візка. При цьому не повинно бути перекосів і заїдань. Тиск ламелей роз'єднуючих контактів первинних ланцюгів повинно бути в межах 10...15 кг.

Вимірюються перехідні опори первинних роз'єднуючих контактів, болтових контактних з'єднань збірних шин, роз'єднуючих контактів вторинних ланцюгів, зв'язку заземлення візка викочування з корпусом. Виміри проводяться подвійним мостом, мікроомметром або методом амперметра-вольтметра.

Перехідний опір первинних контактів R_n не повинен перевищувати значень, вказаних в таблиці. 5.1.

Таблиця 5.1 Перехідний опір первинних контактів

I, A	400	600	1000	1600	2000
$R_n, мкОм$	75	60	50	40	33

Перехідний опір контактів збірних шин не повинен перевищувати більш ніж в 1,2 разу опору цілої ділянки шини такої ж довжини. Перехідний опір роз'єднуючих контактів вторинних ланцюгів має бути не більше 4000 мкОм. Перехідний опір зв'язку заземлення візка викочування з корпусом не повинен перевищувати 100 мкОм.

Опір ізоляції первинних ланцюгів, виміряний мегомметром на напругу 2500 В, має бути не нижче 100 МОм. Опори ізоляції вторинних

ланцюгів, виміряне мегомметром на напругу 500-1000 В, повинно бути не нижче 0,5 МОм.

Випробування підвищеною напругою промислової частоти ізоляції первинних ланцюгів проводиться до приєднання силових кабелів. Усі візки мають бути встановлені в робоче положення, вимикачі - включені. Візки з трансформаторами напруги мають бути викочені. Тривалість додатка випробувальної напруги складає 1 хв. Величина випробувальної напруги для керамічної ізоляції РП-10(6) кВ складає 42 (32) кВ; для твердої органічної ізоляції - 37,8 (28,8) кВ.

5.2 Експлуатація розподільчих пристроїв (РП) напругою понад 1000В.

Прочитайте [1], [2], [3], [4] с. 230-261, 316-335; [5] с. 123-152; [6] 128-151, 224-254, 358-378, 451-456; [7] с. 127-138, 205-253; [8] с. 343-350, 382-390.

Найбільш складною і відповідальною ланкою будь-якої підстанції є розподільний пристрій РП (РУ), за допомогою якого забезпечують споживачів електроенергією. Він складається з апаратів (комутаційних, вимірювальних, захисних), які пов'язані між собою збірними шинами і об'єднані вторинними колами в комплекс. Склад такого комплексу залежить від призначення пристрою, місця, яке займає в електричній системі, напруги, потужності і кількості кіл.

5.2.1 Огляди РП і випробування.

Огляди розподільних пристроїв (РП) проводяться з наступною періодичністю: на об'єктах з постійним чергуванням персоналу - не рідше за 1 раз в добу і не рідше за 1 раз в місяць в темний час доби для виявлення розрядів і коронування; на об'єктах без постійного чергування персоналу - не рідше за 1 раз в місяць.

При оглядах РУ перевіряють: рівень масла, його температуру і відсутність течі в маслonaповненому устаткуванні; стан контактних з'єднань ошиновки; стан ізоляції (забрудненість, наявність тріщин, сколовши слідів випадання роси); відповідність показників положення комутаційних апаратів їх дійсному положенню; стан відкрито

прокладених провідників заземлюючого пристрою; дія пристроїв підігрівання устаткування в холодну пору року; наявність засобів пожежогасіння, переносних заземлень і інших захисних засобів, медичної аптечки першої допомоги.

При оглядах закритих РП додатково перевіряють: стан приміщення, опалювання, вентиляції, освітлення, стан покрівлі або міжповерхових перекриттів, наявність і справність дверей і замків. У елегазових РП додатково перевіряють вологість і тиск елегаза в устаткуванні, концентрацію елегаза в приміщенні закритих РУ.

Помічені при оглядах дефекти і несправності мають бути усунені при найближчому ремонті, дефекти аварійного характеру повинні усуватися в найкоротші терміни.

При експлуатації РП виконують наступні загальні для усього устаткування профілактичні виміри і випробування : вимір опору основної ізоляції устаткування (ізоляції первинних ланцюгів) мегаомметром на 2500 В, опір ізоляції 300 МОм при номінальній напрузі до 10 кВ, опір ізоляції 1000 МОм при напрузі 20...150 кВ, опір ізоляції 3000 МОм при напрузі 220 кВ; вимір опору ізоляції вторинних ланцюгів мегаомметром на 1000 В, цей опір має бути не менше 1 МОм; випробування основної ізоляції устаткування підвищеною напругою впродовж 1 хв.

5.2.2 Шини розподільних пристроїв.

При огляді шин розподільних пристроїв візуально оцінюється стан ізоляторів - відсутність тріщин, сколовши, міра забруднення. Безпосередньо у шин головна увага приділяється контактним з'єднанням, які виконуються розбірними (болтовими) і нерозбірними (зварними).

В процесі експлуатації болтового контактного з'єднання його перехідний опір зростає внаслідок окислення поверхонь зіткнення і послаблення контактної тиску під впливом довкілля, механічних навантажень, струмів навантаження і коротких замикань. При зростанні перехідного опору температура контактної з'єднання збільшується, окислювальні процеси прискорюються, викликаючи ще більше збільшення перехідного опору. Зрештою відбувається вигорання контактної з'єднання.

Стан контактного з'єднання може визначатися візуально. Потемніння поверхні, іскріння, випар вологи при дощі і снігу вказують на підвищену температуру контактного з'єднання.

Точніший стан контактного з'єднання визначають шляхом виміру перехідного опору $R_{кс}$, або температури контактного з'єднання $\Theta_{кс}$. Результати вимірів порівнюють з опором $R_{ш}$ цілої ділянки шини, рівного довжині контактного з'єднання. Перехідний опір вимірюють за допомогою мікроомметрів чи подвійних мостів. Для температурного контролю контактних з'єднань застосовують термоплівки, пірометри, тепловізори і інші засоби виміру.

Нерозбірні (зварні) контактні з'єднання є надійнішими в роботі. У зварних контактних з'єднаннях шин не повинно бути тріщин, прожегов, непроварів шва більше 10% його довжини. При правильно виконаному зварюванні ці контактні з'єднання практично не потребують подальшого обслуговування.

5.2.3 Комутаційні апарати.

Огляди комутаційних апаратів проводяться при оглядах РП; позачергові огляди вимикачів - після відключення струму короткого замикання. При оглядах звертають увагу на нагрів і стан зовнішніх контактних з'єднань, кріплення вимикача і приводу, стан і міру забруднення ізоляції, справність ланцюга заземлення.

У масляних вимикачів контролюються рівень масла відсутність його витоків, температура і міра забрудненості масла. У повітряних вимикачів контролюються витoki і тиск стислого повітря; у елегазових вимикачів - витoki, тиск і вологість елегаза. Слід зазначити, що масляні і повітряні вимикачі мають низьку надійність, невеликий комутаційний ресурс, пожежонебезпечність (у масляних вимикачів), високу трудомісткість ремонту і обслуговування.

Основну увагу при оглядах роз'єднувачів звертають на стан контактів і ізоляції. Послаблення контактного тиску, окислення і забруднення контактів призводить до збільшення перехідного опору і, як наслідок, до підвищеного нагріву контактів, і навіть їх вигорання. За наявності на контактах слідів оплавлення і інших невеликих дефектів контакти зачищають і змащують тонким шаром технічного вазеліну. При значних ушкодженнях контактів їх замінюють новими.

При включенні роз'єднувачів не повинно бути удару одного контакту про іншу - осі контактів повинні співпадати. Полюси роз'єднувача повинні замикатися і розмикатися одночасно.

Ізоляція роз'єднувачів, особливо зовнішньої установки, працює в тяжких умовах. Окрім робочої напруги і перенапружень на неї діють механічні навантаження, обумовлені роботою апарату, тяжінням ошиновки, ожеледдю. Забруднення поверхні ізоляторів роз'єднувачів збільшує вірогідність її перекриття особливо в сиру погоду. При виявленні тріщин і сколов на ізоляторах, значному руйнуванні армуючих поясів апарат слід вивести в ремонт.

5.2.4 Вимірювальні трансформатори.

Трансформатори струму (ТС). При оглядах перевіряється стан контактних з'єднань, стан ізоляції, заземлення вторинних обмоток, рівень і відсутність течі масла у маслонаповнених ТС.

При роботі ТС особливу увагу приділяють заземленню вторинних обмоток трансформатора і відсутності обриву вторинного ланцюга. При експлуатації ТС виконуються наступні перевірки виміри і випробування : для оцінки стану ізоляції обмоток вимірюється її $\tan \delta$; для контролю ізоляції витків вторинної обмотки ТС знімається характеристика намагнічення; у паспорті ТС, як правило, вказуються параметри контрольної точки цієї характеристики; при вимірах встановлюється напруга, що відповідає контрольній точці, і вимірюється струм намагнічення; за відсутності кваткових замикань у вторинній обмотці струм намагнічення відрізняється від контрольного струму не більше ніж на 10%; відповідність параметрів ТС паспортним даним перевіряється виміром коефіцієнта трансформації; первинна обмотка ТС навантажується струмом не менше 20% від номінального і вимірюється первинний і вторинний струми; коефіцієнт трансформації визначається як відношення первинного струму до вторинного; відмінність виміряного коефіцієнта трансформації від паспортного має бути не більше 2%; для маслонаповнених ТС напругою 110...220 кВ проводиться скорочений аналіз масла.

Трансформатори напруги (ТН). При оглядах перевіряють рівень масла і відсутність його течі, стан фарфорових ізоляторів, справність армировочних швів, заземлення вторинних обмоток, яке

потрібне для захисту обслуговуючого персоналу від первинної напруги при пробі ізоляції між первинною і вторинною обмотками ТН.

Режим роботи ТН близький до режиму холостого ходу. Внаслідок цього пошкодженість ТН відносно мала. У експлуатації найбільш характерними ушкодженнями є виткові замикання у вторинній обмотці. Виявлення таких ушкоджень визначається виміром струму холостого ходу.

При визначенні коефіцієнта трансформації на первинну обмотку ТН подається напруга 380/220 В, вторинна обмотка розімкнена. Вимірюється напруга на первинній і вторинній обмотках. Коефіцієнт трансформації дорівнює відношенню виміряної напруги на первинній і вторинній обмотках. Перевірка групи з'єднання обмоток виконується так само, як у силових трансформаторів.

Стан масла ТН оцінюється за результатами скороченого аналізу.

5.2.5 Конденсаторні установки.

Огляд конденсаторних установок (КУ) без відключення повинен проводитися не рідше за 1 раз в добу в електроустановках з постійним чергуванням персоналу і не рідше за 1 раз в місяць в установках без постійного чергування.

При оглядах перевіряють: цілісність і міра забруднення ізоляції; стан контактних з'єднань ошиновки; відсутність течі просочуючої рідини з корпусів конденсаторів; стан корпусів конденсаторів (відсутність здуття стінок корпусів); стан відкрито прокладених провідників заземлення.

Після відключення КУ на конденсаторах зберігається електричний заряд. Тому перед будь-яким обслуговуванням відключеної КУ робиться контрольний розряд конденсаторів спеціальною ізолюючою штангою з металевим стержнем, КУ, що зберігається в приміщенні.

Конденсатори випробовуються підвищеною напругою. Величини випробувальної напруги 2,1 кВ при номінальній 380 В, 15,8 кВ при номінальній 3,15 кВ, 22,3 кВ при номінальній 6,3 кВ, 30 кВ при номінальній 10,5 кВ. Місткості конденсаторів не повинні відрізнятися від паспортних даних більш ніж на +10%.

5.2.6 Апарати захисту від перенапружень.

Огляди вентильних розрядників (РВ) і нелінійних обмежувачів перенапружень (ОПН) проводяться при оглядах устаткування РП, а також після кожної грози, що викликала роботу релейного захисту на ВЛ, що відходять.

При оглядах РВ і ОПН, що мають фарфорові покришки, особливу увагу звертають на герметичність конструкції, оскільки проникнення вологи всередину апарату різко знижує надійність його роботи. Ознаками порушення герметичності апарату є наявність сколов і тріщин на фарфоровій покришці, ушкодження армировочних швів між фланцями і кришкою, а також послаблення ущільнень між фланцями багатоелементних апаратів. Апарати з полімерною покришкою краще зберігають герметичність конструкції, є надійнішими при експлуатації.

Для попередження перекриттів РВ і ОПН необхідно стежити за чистотою поверхні фарфорової або полімерної покришки, оскільки забруднення значно спотворює розподіл напруги по поверхні покришки і збільшує вірогідність перекриття навіть при номінальній напрузі установок. Щорічно перед настанням грозового сезону повинна проводитися перевірка стану захисту устаткування РУ від перенапружень.

Вимір опору апаратів виконується мегаомметром і дозволяє виявити зволоження внутрішніх деталей, обриви ланцюга шунтуючих резисторів і інші грубі дефекти. Вимір струму провідності дозволяє виявити зволоження внутрішніх деталей РВ і ОПН, погіршення характеристик нелінійних резисторів ОПН при порушенні їх герметичності. Вимір пробивної напруги РВ робиться з метою визначення стану іскрових проміжків і відповідності захисних характеристик розрядника необхідним нормам.

5.2.7 Заземлюючі пристрої.

Візуальні огляди видимої частини заземлюючих пристроїв (ЗП) повинні проводитися не рідше за 1 раз в 6 місяців. При огляді оцінюється стан відкрито прокладених заземлюючих провідників, болтових контактних з'єднань між заземлюючими провідниками і устаткуванням.

Огляди з вибіркоvim розкриттям ґрунту проводяться в місцях ЗП, найбільш схильних до корозії, а також у місць заземлення нейтралей трансформаторів, приєднань РВ і ОПН. Такі огляди проводяться не рідше за 1 раз в 12 років. Елемент ЗП бракується, якщо корозією уражено більше 50% його перерізу. Результати оглядів ЗП з вибіркоvim розкриттям ґрунту оформляються відповідними актами.

5.2.8 Види, обсяг і строки ремонту РП.

При правильній експлуатації обладнання РП передбачають поточний і капітальний ППР. *Поточний ремонт* проводять для того, щоб відновити працездатність виробу, замінивши і (або) відремонтувавши окремі його частини. Обсяг робіт при поточному ремонті обладнання РП.

Масляні вимикачі, вимикачі навантаження, роз'єднувачі, відокремлювачі, короткозамикачі, заземлюючі ножі та їх приводи: частково розбирають і оглядають апарат; ремонтують або замінюють рухомі контакти, осі, шарніри; вимірюють і регулюють хід рухомої частини, глибину входження рухомих контактів у нерухомі частини, одночасність їх замикання і розмикання, регулюють механізм вільного розчеплення; вимірюють і регулюють відстань між бойком і важелем вимикального пристрою; ремонтують приводи і приводні механізми, тяги та важелі; замінюють дефектні ізолятори; випробовують і при необхідності замінюють масло; змащують частини, які труться в приводі і привідному механізмі; перевіряють і, якщо треба, ремонтують систему сигналізації та блокування; вимірюють опори постійному струму контактів, шунтуючих резисторів, дугогасних пристроїв, обмоток, які вмикають і вимикають котушки; випробовують підвищеною напругою ізоляцію основних і вторинних кіл відповідно до вимог ПУЕ, норм і ПТЕ.

Трансформатори струму і напруги: чистять ізолятори; перевіряють і при необхідності ремонтують приєднання шин у колах первинної і проводів (кабелів) вторинної комутації; перевіряють заземлюючі гвинти і шунтуючі перемички; вимірюють опір ізоляції первинних і вторинних обмоток, тангенс кута діелектричних втрат; випробовують вводи, а також ізоляцію первинних і вторинних обмоток

(на електричну міцність) та ізоляцію стяжних гвинтів у строгій відповідності до вимог ПУЕ, норм і ПТЕ.

Трубчасті та вентильні розрядники: оглядають поверхні і перевіряють розташування зон випуску; вимірюють внутрішній діаметр; визначають внутрішній і зовнішній діаметр іскрових проміжків (для трубчастих розрядників), опір вілітових дисків (для вентильних), струм провідності і пробивні напруги відповідно до ПУЕ, норм, ПТЕ.

Запобіжники: перевіряють цілість, відповідність схемам, діючим навантаженням; при необхідності замінюють плавкі вставки і струмообмежувальні резистори; визначають і регулюють глибину входження рухомих контактів у нерухомі. Поточний ремонт обладнання РП і його опробування проводять по мірі необхідності у строки, які встановлені особою, що відповідає за електрогосподарство. Всі роботи виконує персонал, який обслуговує дану установку, за рахунок коштів, відпущених на цей вид ремонту.

Капітальний ремонт необхідний для того, щоб забезпечити справність і відновити повний або близький до повного ресурс виробу. При цьому можна замінювати різні його частини, зокрема й базові. Під час капітального ремонту виконують теж операції поточного. Обсяг робіт при капітальному ремонті обладнання РП:

Масляні вимикачі, вимикачі навантаження, роз'єднувачі, відокремлювані, короткозамикачі, заземлюючі ножі: повністю розбирають виріб; ремонтують арматуру і чистять бак; ремонтують або замінюють рухомі і нерухомі контакти, а також дугогасні камери; регулюють контакти і приводний механізм; перевіряють правильність встановлення ножів і очищають їх від нагрівання та напливів; випробують окремі збірні одиниці і деталі на електричну міцність; повністю розбирають і ремонтують приводи і приводні механізми, замінюючи зношені деталі; проводять післяремонтні випробування, які передбачені нормами і ПТЕ.

Трансформатори струму і напруги: перевіряють і промивають маслом магнітопровід та обмотки, а при необхідності замінюють їх; замінюють масло; проводять випробування, які передбачені нормами і ПТЕ.

Трубчасті та вентильні розрядники: проводять випробування, які передбачені нормами і ПТЕ. Одночасно з

капітальним ремонтом усувають заводські дефекти, які виявлено в процесі експлуатації, а також допущено при монтажі; модернізують, підсилюють конструкцію і вдосконалюють окремі збірні одиниці.

Строк першого капітального ремонту вказаний у технічній документації заводу-виробника. Наступні ремонти проводять відповідно до ПТЕ: масляних вимикачів з приводами - один раз на шість років, якщо в міжремонтний період контролюють їх параметри; вимикачів навантаження, роз'єднувачів і заземлюючих ножів - один раз на чотири роки залежно від конструктивних особливостей; відокремлювачів і короткозамикачів з відкритими ножами та їх приводів - один раз на два роки.

5.2.9 Охорона праці при ремонті РП.

При ремонті і випробуванні установок напруженою вищою ніж 1 кВ необхідно строго дотримуватись правил безпеки. Бригада виконує роботу за нарядом, маючи відповідний допуск.

Перед початком ремонту черговий разом з відповідальним керівником і виконавцем перевіряє, чи вжито необхідних заходів перестороги, і тільки після цього допускає бригаду до обслуговування РП. Черговий вказує бригаді місце робіт, у присутності всіх її членів доторкається до вимкнених струмоведучих частин, демонструючи, що вони обезструмлені; показує невимкнені частини установки, розташовані поблизу (вони повинні бути огорожені).

При всіх видах обслуговування РП, які пов'язані з підвищеною напругою, слід ретельно перевіряти заземлювачі корпусів обладнання (як перевірюваного, так і того, що випробується) і конструкцій, зв'язок заземлюючих проводок з контуром, наявність контуру і його опір. Контролюючи справність вимикача, треба звертати особливу увагу на випадковій відмови кінематичних пристроїв, які можуть призвести до його вмикання. При роботі на висоті необхідно застосовувати драбини, риштування, пояси, драбинки відповідно до правил безпеки.

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.
13. Загальні вимоги, приймально-здавальні випробування РП.
14. Профілактичні випробування електрообладнання.
15. Огляди РП і догляд за електрообладнанням.
16. Оперативні перемикання в установках напругою вищою ніж 1кВ.
17. Експлуатація основного електрообладнання РП.
18. Види, обсяг і строки ремонту РП.
19. Підготовчі операції та організація ремонту РП.

6. Монтаж та експлуатація кабельних ліній.

6.1 Монтаж кабельних ліній напругою до 35 кВ

Прочитайте [1], [2], [3], [4] с. 80-97; [5] с. 37-53; [6] с. 34-46, 286-306; [7] с. 21-55; [8] с. 142-181.

6.1.1 Підготовчі роботи.

На місце монтажу кабель поставляється на спеціальних барабанах. Будівельна довжина кабелю на барабані складає 200...2000 м залежно від зовнішнього діаметру кабелю і номера (розміру) барабана. Для розвантаження кабельних барабанів повинні

використовуватися автокрани або спеціальні транспортні засоби - кабельні транспортери.

При прокладенні КЛ в землі (у траншеях, трубах, блоках) заздалегідь оформляється дозвіл на проведення розкопок і виконується розмітка кабельної траси. При перетині кабельною трасою інших підземних комунікацій виконуються узгодження майбутніх перетинів з організаціями, що експлуатують ці комунікації. При відкритому прокладенні кабелю перевіряються кабельні споруди, виробничі приміщення і встановлені в них опорні конструкції для кабелів.

Перед монтажем оглядається кабель на барабанах. Не повинно бути зовнішніх механічних ушкоджень, обидва кінці кабелю на барабані мають бути герметично закладені. За результатами огляду кабелю складається відповідний акт.

6.1.2 Прокладення кабелів в земляній траншеї.

Прокладення КЛ в земляній траншеї є одним з найбільш поширених, простих і економічних способів прокладення. Глибина заставляння КЛ від планувальної відмітки має бути не менше 0,7 м для кабелів напругою до 20 кВ і не менше 1 м для кабелів напругою 35 кВ. При перетині вулиць і площ глибина заставляння КЛ має бути не менше 1 м незалежно від напруги.

При прокладенні кабелю в землі заздалегідь виявляються місця на трасі, що містять речовини, які руйнівню діють на металеві покриття і оболонку кабелю (солончаки, вапно, насипний ґрунт, що містить шлак або будівельне сміття).

Для риття траншей використовуються траншейні або звичайні екскаватори. Кабелі, що укладаються в траншеї, повинні мати знизу ту, що підсипає, а згори засипку шаром дрібної землі, що не містить каменів, будівельного сміття і шлаку. Це необхідно для унеможливлення механічного ушкодження кабелю при тиску на нього ґрунту після засипки траншеї.

Однією з операцій, що виконуються при монтажі кабелю, є його розкочування. Спосіб розкочування кабелю залежить від складності траси. При розкочуванні кабелю за допомогою тягового механізму слід вживати заходи по його захисту від механічних ушкоджень. Натяг ЗПЕ кабелів і кабелів з алюмінієвою оболонкою виконується за оболонку або

за жили. Натяг кабелів зі свинцевою оболонкою допускається тільки за жили.

Тяговий механізм має бути оснащений пристроєм (динамометром), реєструючий зусилля натягу. Зусилля натягу ЗПЕ кабелів не повинні перевищувати наступних значень: $50 \cdot S$ Н/мм - для мідної жили і $30 \cdot S$ Н/мм - для алюмінієвої жили, де S - загальний переріз жил кабелю.

Кабелі в траншеї укладаються в один ряд. Відстань по горизонталі між сусідніми кабелями $d > 100$ мм і $d > 250$ мм для кабелів напругою до 10 і 20-35 кВ відповідно. Кабелі в траншеї укладаються «змійкою», що забезпечує запас довжини кабелю 1...2% для зменшення розтягуючих зусиль при можливих зміщеннях ґрунту і температурних змінах довжини кабелю.

При прокладенні кабелів у кінців, призначених для наступного з'єднання, залишається запас не менше 2 м, необхідний для монтажу сполучної муфти і укладання дуг компенсаторів, що оберігають муфту від пошкодження при можливих зміщеннях ґрунту і температурних деформаціях кабелю, а також для забезпечення можливості повторного монтажу муфти у разі її ушкодження при експлуатації. Укладати запас кабелю у вигляді кілець не допускається.

При зміні напрямку траси кабелі згинаються. Щоб уникнути порушення цілісності ізоляції жил і оболонок кабелю встановлюються гранично допустимі радіуси вигину. Для кабелів з паперовою ізоляцією на напругу до 35 кВ в алюмінієвій і свинцевій оболонці радіуси вигину мають бути відповідно не менше 25 і $15D$; для кабелів з гумовою, пластмасовою і СПЕ- ізоляцією - не менше $15D$, де D - зовнішній діаметр кабелю.

Вище за верхню засипку, виконану з дрібної землі, укладається шар червоної цеглини (КЛ напругою до 35 кВ) або залізобетонні плити (КЛ напругою 35 кВ), що служать для захисту кабелів від механічних ушкоджень при проведенні землерийних робіт. Перед засипкою траншеї ізоляція КЛ випробовується підвищеною напругою. Пластмасові захисні оболонки кабелів випробовуються напругою 10 кВ.

Перетини КЛ автомобільних і залізних доріг виконуються, як правило, прихованим способом (без риття траншеї) за допомогою пневмопробійника.

Після завершення усіх робіт по прокладенню КЛ виконується креслення траси з прив'язкою до постійних орієнтирів на місцевості.

6.1.3 Прокладення кабелів у блоках.

Блок є заглиблюваною в землю конструкцією, виконаною з труб різного матеріалу або залізобетонних панелей. Стики труб і панелей закладаються цегляною кладкою або заливаються бетоном. Глибина заставляння в землі кабельних блоків має бути не менше глибини заставляння кабелів в земляній траншеї, вважаючи від верхнього кабелю у блоці. При прокладенні кабелів у блоках через певні відстані споруджуються кабельні колодязі, в яких здійснюється з'єднання кабелів, і через які виконується монтаж кабелів.

При прийманні блоків під монтаж кабелів перевіряється глибина заставляння блоків, їх прямолінійність, співвісна стикування труб або панелей. Блоки мають бути укладені в землю з ухилом не менше 0,2% у бік колодязів для стоку ґрунтових вод, що потрапили у блок.

Прокладення кабелів у блоках роблять, як правило, механізованим способом, по черзі затягуючи їх в кабельні канали на ділянці між двома сусідніми колодязями. Можливе також наскрізне протягання кабелю через декілька колодязів без розрізання кабелю. Проте зусилля натягу при цьому не повинні перевищувати допустимі значення.

Під час переходу кабелів з блоків в земляну траншею місця виходу кабелів з блоків закладаються водонепроникним матеріалом.

Використання блоків збільшує вартість КЛ, погіршує умови охолодження кабелів, але забезпечує надійніший захист кабелів від механічних ушкоджень в порівнянні з прокладенням кабелів в земляній траншеї.

6.1.4 Прокладення кабелів в кабельних спорудах.

При прокладенні в одному напрямі великої кількості кабелів (більше 20), що характерно для енергоємних промислових підприємств, використовуються кабельні споруди: тунелі, галереї, естакади, канали.

Галереї і естакади принципово відрізняються від тунелів тим, що розташовуються над поверхнею землі на залізобетонних стійках і використовуються на виробництвах, де можливі скупчення горючих і

вибухонебезпечних газів, важче за повітря, і в місцях з високою агресивністю ґрунту.

На території промислових підприємств кабелі можуть прокладатися в каналах. Плита верхнього перекриття каналу виконується знімною, масою не більше 70 кг, що забезпечує підйом цієї плити вручну і зручне обслуговування кабелів при експлуатації.

При прийманні кабельних споруд під монтаж кабелів перевіряється відповідність цих споруд проекту КЛ. У тунелях і каналах мають бути виконані заходи по запобіганню попаданню в них технологічних і ґрунтових вод: стики залізобетонних конструкцій мають бути герметизовані, підлоги - мати ухил не менше 0,5% у бік водозбірників.

Прокладення кабелів перерізом 25 мм² і більше, за винятком неброньованих кабелів у свинцевій оболонці, виконується по кабельних конструкціях (консолях), що розташовуються один від одного на відстані не більше 1 м неброньовані кабелі у свинцевій оболонці і неброньовані кабелі усіх виконань перерізом 16 мм і менш повинні прокладатися по лотках або полицях. Кабелі напругою до 1 кВ повинні розташовуватися в кабельних спорудах над кабелями напругою вище 1 кВ.

Після прокладення кабелів канали закриваються верхніми знімними плитами і засипаються шаром землі завтовшки не менше 0,3 м. На захищених територіях промислових підприємств засипка кабельних каналів землею не обов'язкова. Підземні тунелі повинні мати поверх перекриття шар землі завтовшки не менше 0,5 м.

6.1.5 Відкрите прокладення кабелів у виробничих приміщеннях.

Відкрите прокладення кабелів в цехах промислових підприємств виконується по опорних конструкціях, що виготовляються у виді: сталевих стійок з полицями або лотками; стійок із скобами або кронштейнами; настінних полиць і лотків.

Відкрите прокладення кабелів ведуть як механізованим, так і ручним способом. Важкі кабелі великої довжини прокладають за допомогою лебідки по лінійних і кутових роliках. Легкі і короткі кабелі

розмотують вручну, а потім переносять і укладають на опорні конструкції.

Прокладені кабелі жорстко закріплюються скобами (хомутами) в кінцевих точках, безпосередньо у сполучних і кінцевих муфт, з обох боків на поворотах траси.

Конструкції, на які укладаються неброньовані кабелі, повинні мати виконання, що унеможливило механічного ушкодження оболонки кабелів. Усі опорні металеві конструкції мають бути електрично сполучені між собою і підключені до заземлюючого пристрою не менше чим в двох місцях.

Кабелі, що відкрито прокладаються, позначаються бирками з вказівкою марки, напруги, перерізу, номера або найменування лінії; на бирках сполучних муфт вказуються номер муфти і дата її монтажу. Бирки мають бути стійкими до дії дощової води і встановлюються на початку і кінці лінії і по її довжині через 50 м, а також на поворотах траси і в місцях проходження кабелів через перегородки і перекриття (з обох боків проходження).

6.1.6 Монтаж кабельних муфт.

Окінцювання кабелів з метою їх підключення до устаткування виконується за допомогою кінцевих муфт; з'єднання окремих шматків кабелів - за допомогою сполучних кабельних муфт. Кінцеві муфти встановлюються на початку і кінці КЛ.

Муфти виготовляються з різного матеріалу. Основною вимогою, що пред'являється до кабельної муфти, є надійність її роботи. Тому муфта має бути герметичною, вологостійкою, мати механічну і електричну міцність, стійкість до дії дощової води. Найбільшою мірою цим вимогам задовольняють муфти гарячої (термоусаджувальні) і холодної усадки, вживані для кабелів з будь-якою ізоляцією.

Перед монтажем муфти кінець кабелю обробляється. Операція оброблення кабелю полягає в послідовному видаленні з деяким зрушенням усіх шарів кабелю від зовнішньої захисної оболонки до фазної ізоляції струмоведучої жили. Розміри оброблення залежать від напруги, марки, перерізу жил кабелю і приводяться в довідниках і монтажних інструкціях.

Термоусаджувальні муфти. Ці муфти використовуються при будь-якому способі прокладення кабелів, надійні в експлуатації (термін служби не менше 30 років), характеризуються простотою монтажу (≈ 1 година для окінцювання і ≈ 2 години для з'єднання кабелів напругою 6-10 кВ). Напруга на КЛ може подаватися відразу ж після монтажу муфти.

Широкий діапазон термоусадки дозволяє використовувати один типорозмір муфти для різних типів кабелів і перерізів жил, що значно скорочує складський запас муфт. Арматура термоусаджувальних муфт практично не піддається старінню і може складуватися необмежено довго.

Принцип термоусадки заснований на технології виготовлення поперечних зшитих полімерів з пластичною пам'яттю форми. У комплект термоусаджувальної муфти входять елементи (трубки, манжети, рукавички, шланги і інші), що поставляються в розтягнутому стані, що дозволяє легко їх надіти на елементи обробленого кабелю. При нагріванні пропан-бутановим пальником або будівельним феном відбувається усадка цих деталей і щільне охоплення елементів кабелю, чим створюється, герметична і механічно міцна конструкція. Температура усадки складає 120-150°C і не є небезпечною для ізоляції кабелю.

Основні операції монтажу термоусаджувальної кінцевої муфти одножильного кабелю приведені на рис. 6.1.

Монтаж кінцевої термоусаджувальної муфти трижильного кабелю принципово не відрізняється від монтажу муфти однофазного кабелю. У муфтах трижильних кабелів використовуються термоусаджувальні рукавички, що надіваються на три фазні жили обробленого кабелю.

Провідник заземлення кінцевих муфт і провідник, що забезпечує безперервність ланцюга заземлення, в сполучних муфтах монтуються за допомогою системи непаяного заземлення, що поставляється в комплекті муфти. Контактне з'єднання заземлюючого провідника з металевою оболонкою (екраном) кабелю закривається герметизуючою стрічкою, що забезпечує захист цього з'єднання від корозії.

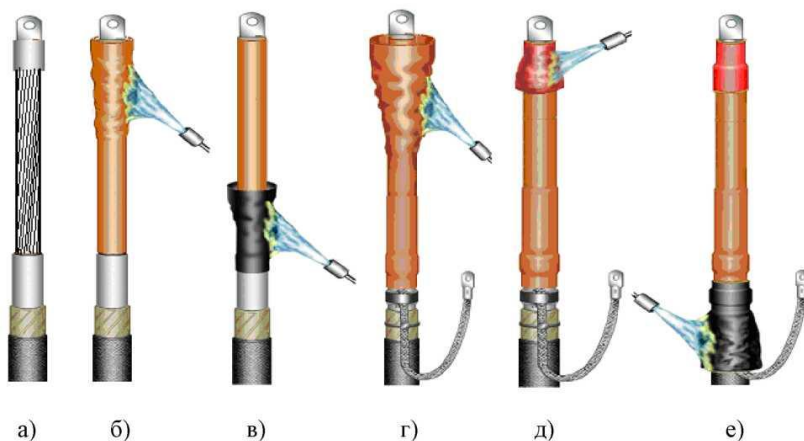


Рисунок 6.1. Монтаж кінцевої термоусаджувальної муфти : а - оброблений кабель з наконечником; б - усадження трубки регулятора, вирівнюючої електричне поле; в - усадження жильної манжети; г - установка провідника заземлення і усадження шланга; д - усадження кінцевої манжети; е - усадження поясної манжети.

При монтажі термоусаджуваних муфт вдається піти від таких екологічно шкідливих операцій, як пайка при монтажі свинцевих муфт, бітумне наповнення муфт. При термоусадці відсутні екологічно небезпечні газові виділення.

Муфти холодної усадки. Ці муфти мають усі достоїнства термоусаджуваних муфт. Крім того, монтаж муфти холодної усадки не вимагає операції нагріву, що дозволяє скоротити час монтажу такої муфти приблизно в два рази в порівнянні з часом монтажу термоусаджуваної муфти.

Основні операції монтажу такої сполучної муфти показані на рис. 6.2.

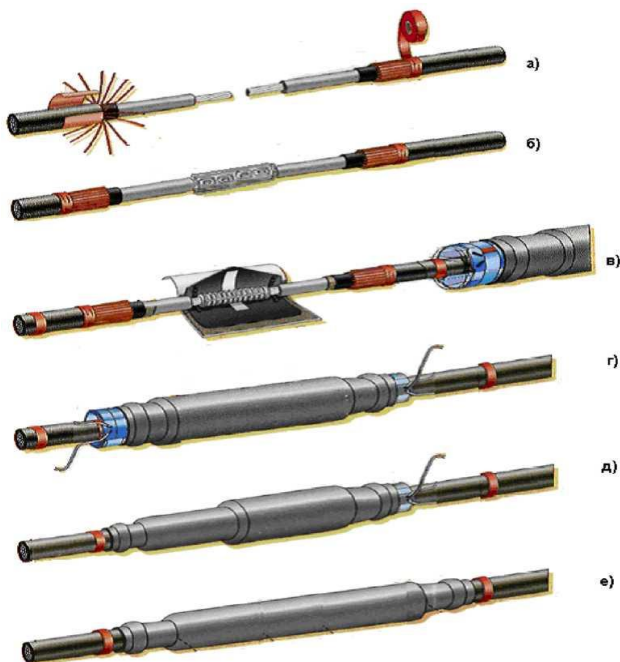


Рисунок 6.2. Монтаж сполучної муфти холодної усадки : а - підготовка екранів кабелів, що сполучаються; б - з'єднання жил опресуванням; в - накладення на місце контактного з'єднання жил пластини з напівпровідниковим шаром, для вирівнювання електричного поля; г - закриття муфтою місця з'єднання жил кабелів; д - витягування спіралевидного корду з того і іншого боку муфти; е - муфта, готова для подачі напруги на кабель.

6.1.7 Приймання кабельної лінії в експлуатацію.

У програму приймально-здавальних випробувань КЛ входить: перевірка цілісності жил і фазування КЛ; вимір опору ізоляції мегомметром; випробування ізоляції підвищеною напругою випрямленого струму; вимір робочої місткості жил і активних опорів жил (для КЛ напругою 20-35 кВ); вимір опорів заземлюючих пристроїв кінцевих муфт. При здачі в експлуатацію кабельних ліній мають бути оформлені і передані експлуатуючій організації: проект КЛ з

комплектом робочих креслень; паспорт КЛ; старанне креслення траси з прив'язкою до постійних орієнтирів і вказівкою місць установки сполучних муфт; креслення профілю КЛ в місцях перетину з інженерними комунікаціями; акти стани кабелів на барабанах, складені при вступі кабелю на місце монтажу; кабельний журнал; інвентарний опис усіх елементів кабельної лінії; акти прихованих робіт з вказівкою перетинів кабелів з підземними комунікаціями; акти приймання траншей, блоків і кабельних споруд під монтаж кабелів; акти на монтаж кабельних муфт; протокол виміру опору ізоляції; протокол випробування ізоляції кабельної лінії підвищеною напругою після прокладення; акти огляду кабелів, прокладених в траншеях і каналах перед закриттям; протокол прогрівання кабелів на барабанах перед прокладенням при низьких температурах.

6.2 Експлуатація КЛ.

Прочитайте [1], [2], [3], [4] с. 213-222, 308-312; [5] с. 112-122; [6] 107-114, 388-350, 451-456; [7] с. 89-94; [8] с. 319-324, 374-381.

6.2.1 Приймання кабельних ліній в експлуатацію.

При експлуатації силових кабельних ліній (КЛ), повинні проводитися обслуговування і ремонт, для забезпечення їх надійної роботи.

У технічну документацію, що представляється приймальною комісією, повинні входити наступні документи: технічний проект на будівництво КЛ; старанне креслення траси, погоджене із зацікавленими організаціями; акти приймання траншей, каналів, тунелів, блоків і тому подібне під монтаж кабелів; акти на приховані роботи по прокладенню труб; протоколи заводських випробувань барабанів з кабелем, а при їх відсутності - протоколи випробувань кабелів до прокладки на монтажному майданчику; протоколи огляду і перевірки ізоляції кабелів на барабанах перед прокладенням; протоколи прогрівання кабелів на барабані перед прокладенням при низьких температурах (якщо робилося прогрівання); акти огляду кабельної каналізації в траншеях і каналах перед закриттям; акти (журнали) оброблення кабельних муфт напругою вище 1 кВ (окрім сполучних епоксидних муфт); контрольно-

облікові паспорти на сполучні епоксидні муфти напругою вище 1 кВ; протоколи випробування підвищеною напругою випрямленого струму силових кабелів після монтажу; протоколи виміру опору ізоляції кабелів перед включенням; схему КЛ з вказівкою заводських номерів барабанів проложених кабелів і їх довжини, послідовності укладання барабанів і нумерації сполучних муфт при прокладенні кабелів в траншеї (для кабельних ліній напругою вище 1000 В).

В результаті огляду кабельної лінії, що приймається в експлуатацію, комісія робить укладення про наявність захищеності місць можливих ушкоджень кабелів трубами, коробами та ін.; надійному закріпленні в кінцевих пунктах, в місцях вигинів, у сполучних муфт, воронках і тому подібне; відсутності зовнішнього покриття з пожежонебезпечної кабельної пряжі у кабелів, прокладених в трубах, тунелях, колекторах, каналах і виробничих приміщеннях; наявності на проложених кабелях бирок з вказівкою марки, напруги, перерізу і довжини кабелів. На бирках муфт і закладень, крім того, мають бути вказана дата і прізвище кабельника, що робить роботи. Перед прийманням кабелів в експлуатацію вони проходять випробування в відповідності з ПУЕ і встановленими нормами.

6.2.2 Експлуатація кабельних ліній.

При експлуатації кабельних ліній необхідно вести нагляд і контроль за їх трасами і навантаженням.

Усі змонтовані кабелі повинні мати маркування (бирки) стандартної форми : круглої - для силових кабелів високої напруги; прямокутною - для силових кабелів до 1 кВ, трикутною - для контрольних кабелів. Для кабелів, прокладених в землі і будівлях, застосовують бирки з пластмаси, що прив'язуються до кабелю оцинкованим дротом. Написи на пластмасових бирках виконують незмивними фарбами, на металевих набивають букви і цифри. Бирки на кабелях, прокладених в землі, встановлюють через кожні 100 м траси і обмотують двома-трьома шарами смільної стрічки.

Кабельні траси маркують розпізнавальними знаками (пíkетами), що встановлюються у вигляді стовпчиків з бетону. Допускаються розпізнавальні знаки у вигляді написів на стінах постійних будівлях.

Необхідно стежити, щоб кабельна лінія (траса), тунелі, колектори і аналогічні кабельні будівлі утримувались в чистоті, близько біля них не було непотрібних предметів, що заважають проведенню робіт по ліквідації аварій і ремонту кабелів, прокладених в землі.

При експлуатації кабелів стежать за їх номінальним навантаженням. Систематичні перевантаження кабелів призводять до погіршення стану ізоляції і скорочують термін їх служби. Тому при експлуатації кабельних ліній періодично контролюють відповідність навантаження проекту. Навантаження кабелів контролюють в терміни, визначувані головним енергетиком підприємства, але не менше 2 раз на рік.

Для кабелів напругою до 10 кВ допускаються перевантаження 15-30% тільки на час ліквідації аварій, але не більше ніж на 5 діб. Перевантаження допускаються тільки у тому випадку, якщо в період, що передує аварії, максимальне навантаження кабелю не перевищує 80% допустимим.

При прокладенні кабелів в ґрунті, агресивному по відношенню до їх металевих оболонок (болота, солончаки, насипний ґрунт з шлаком і будівельним матеріалом), виникає ґрунтова корозія свинцевих оболонок, що призводить до їх руйнування. У цих випадках перевіряють корозійну активність ґрунту відносно свинцевої оболонки кабелів. Перевірку здійснюють, порівнюючи фактичне питомий електричний опір і дані аналізу проб ґрунту і води з відповідними значеннями, що допускаються, приведеними в Правилах захисту підземних металевих споруд від корозії.

6.2.3 Огляд кабельних ліній.

Перед обслуговуванням кабельних ліній періодично проводять їх огляди з метою візуального виявлення несправностей і дефектів.

КЛ на напругу до 35 кВ, прокладені відкрито, повинні оглядатися не рідше за 1 раз в 6 місяців; прокладені в землі - не рідше за 1 раз в 3 місяці. Не рідше за 1 раз в 6 місяців вибіркові огляди КЛ повинні проводитися адміністративно-технічним персоналом. Позачергові огляди КЛ повинні проводитися в період паводків і після зливових дощів, коли можливі зрушення ґрунту і попадання ґрунтових вод в

підземні кабельні споруди, а також після відключення КЛ релейним захистом.

При оглядах трас КЛ, прокладених в землі, перевіряється наявність знаків прив'язки лінії до постійних орієнтирів (чи пікетів на незабудованій території), що означають трасу. На трасі КЛ не має бути спучення або просідання ґрунту, не повинно робитися яких-небудь робіт, розкопок, складування будівельних матеріалів, звалищ сміття.

Правилами охорони електричних мереж для КЛ, прокладеною в землі, встановлюється охоронна зона у розмірі 1 м з кожного боку від крайніх кабелів. Будь-які роботи в охоронній зоні КЛ повинні виконуватися з дозволу і під спостереженням організації, експлуатуючою КЛ.

У місцях виходу кабелю із землі, наприклад на стіну будівлі або опору ВЛ, має бути захист кабелю від механічних ушкоджень.

Огляди КЛ, прокладених в кабельних спорудах (тунелях, естакадах і інших), повинні проводити дві людини. В першу чергу перевіряється за допомогою газоаналізатора відсутність в кабельних спорудженнях газів, стан освітлення і вентиляції. Перевіряється загальний стан кабельних споруд, наявність засобів пожежогаасінні, відсутність сторонніх предметів. Усі металеві конструкції кабельних споруд мають бути покриті негорючим антикорозійним складом.

Кабельні тунелі мають бути обладнані засобами для відведення зливових і ґрунтових вод. Ці засоби повинні знаходитися в справному стані. По температурі усередині кабельних споруд побічно контролюється тепловий режим кабелів. Температура повітря усередині споруд повинна перевищувати температуру зовнішнього повітря не більше ніж на 10°C.

На відкрито прокладених кабелях мають бути стійкі до дії доквілля бирки, що прикріплюються на початку і кінці кабелю і через 50 м. На цих бирках вказуються : марка і переріз кабелю, напруга, номер або інше умовне позначення лінії. На бирках муфт мають бути відмічений номер муфти і дата її монтажу.

Перевіряється стан антикорозійного покриття металевих оболонок кабелів, відстані між кабелями, стан сполучних і кінцевих кабельних муфт, відсутність слідів витікання масла або кабельної мастики.

Усі помічені при оглядах дефекти і несправності КЛ заносяться в листок огляду. Ці дефекти і несправності залежно від їх характеру усуваються при поточному технічному обслуговуванні. Ушкодження аварійного характеру мають бути усунені негайно.

6.2.4 Профілактичні виміри і випробування.

Особлива увага при технічному обслуговуванні КЛ приділяється кабельній ізоляції. Одним із засобів контролю стану ізоляції є вимір її опору, що виконується мегомметром. Відлік величини опору ізоляції здійснюється приблизно через 1 хвилину після початку процесу виміру. Опір ізоляції кабелів на напругу до 1 кВ повинно бути не менше 0,5 МОм. Опір ізоляції кабелів на напругу вище 1 кВ не нормується.

При проведенні випробувань підвищеною напругою вимірюються струми витоку і їх несиметрія по фазах. Ізоляція кабелю вважається задовільною, якщо не сталося її пробою, а струми витоку і коефіцієнт несиметрії цих струмів по фазах не перевищили нормованих значень.

6.2.5 Способи визначення місць пошкодження КЛ.

В умовах експлуатації КЛ можливі такі пошкодження: замикання між собою двох або трьох жил без замикання або з замиканням їх на землю (оболонку); замикання однієї жили на землю; обрив однієї або кількох жил без замикання на землю; обрив однієї або кількох жил без замикання або із замиканням на землю.

Можливі також пошкодження типу запливаючого пробою, при якому кабель веде себе як непошкоджений, але пробивається при повторному випробуванні високою напругою.

Методи і прилади для визначення місця пошкодження в кабелях можна розділити на два види: відносні і абсолютні. При відносному методі всі результати вимірювань параметрів кабельної лінії дозволяють визначити тільки зону пошкодження (ділянку лінії), а при абсолютному методі визначають точне місце пошкодження. До відносних методів відносять: імпульсний, петльовий, коливального розряду і ємнісний, а до абсолютних - індукційний та акустичний.

Імпульсний метод ґрунтується на вимірюванні часу проходження короткочасного імпульсу, який посиляють у пошкоджену

лінію від місця вимірювання до місця пошкодження (де імпульс відбивається) і назад.

Петльовий метод застосовується для визначення відстані до місця замикання жили на оболонку в силових кабельних лініях при наявності однієї непошкодженої жили. Метод може застосовуватися при значенні перехідного опору в місці пошкодження до 5 кОм. Метод ґрунтується на принципі вимірювального моста постійного струму.

Метод коливального розряду застосовується для визначення відстані до місця пошкодження у силових кабельних лініях при замиканнях, які носять характер "запливаючого" пробоя. Суть методу полягає у вимірюванні періоду (напівперіоду) вільних коливань, які виникають у зарядженій кабельній лінії при пробі ізоляції в місці пошкодження.

Ємнісний метод застосовується для визначення відстані до місця пошкодження при обриві жил кабелю в з'єднувальних муфтах при опорі ізоляції пошкодженої жили не меншому ніж 5 Ом. Метод ґрунтується на вимірюванні ємності обірваної ділянки, яка пропорційна довжині кабелю до місця пошкодження. Ємність можна визначати як на постійному струмі, так і на змінному.

Індукційний метод застосовується для безпосереднього пошуку місць пошкодження на трасі кабельної лінії при невеликих перехідних опорах (не більше ніж 20-50 Ом). Використовуючи цей метод, можна визначати трасу і глибину закладання кабелю. Суть методу полягає в пропусканні по кабелю струму 15-20А звукової частоти і фіксації характеру зміни електромагнітного поля над кабелем за допомогою приймального пристрою.

Акустичний метод полягає у створенні в місці пошкодження потужних електричних розрядів і фіксації на поверхні землі звукових коливань за допомогою чутливих приймальних пристроїв.

6.2.6 Ремонт кабельних ліній.

КЛ ремонтуються при їх ушкодженнях, наприклад при пробі ізоляції кабелю, а основною операцією при ремонті КЛ є установки нової або заміна існуючої кабельної муфти.

При ушкодженні кабелю обслуговуючий персонал повинен відшукати місце ушкодження, а при прокладенні кабелю в земляній

траншеї - розкопати ділянку траншеї в цьому місці. Розкопки повинні вестися обережно, а при глибині більше 0,4 м - тільки лопатами.

Об'єм робіт при поточних і капітальних ремонтах КЛ визначається за результатами попередніх оглядів, випробувань і вимірів. Для планування ремонтів КЛ ведеться наступна експлуатаційно-технічна документація: паспорти КЛ; листки оглядів; кабельний журнал; акти прихованих робіт з вказівкою перетинів і зближення кабелів з усіма підземними комунікаціями; акти на монтаж кабельних муфт; протоколи виміру опору ізоляції; протоколи випробувань ізоляції КЛ підвищеною напругою; протоколи виміру опорів заземлюючих пристроїв; журнали несправностей КЛ; журнали обліку робіт на КЛ і інші документи.

На підставі цих документів складається багаторічний графік робіт, в якому вказується перелік усіх КЛ і роки їх виводу в ремонт відповідно до технічного стану. На підставі багаторічного графіку складаються річні графіки робіт.

При капітальному ремонті КЛ виконуються наступні основні роботи: вибіркове викопування кабельних траншей з оцінкою стану кабелів і муфт; повне розкриття кабельних каналів з виправленням розкладки кабелів, усуненням корозії оболонок, чищенням каналів, заміною або ремонтом конструкцій для кріплення кабелів; переробка дефектних муфт; часткова або повна заміна ділянок КЛ; ремонт заземлюючих пристроїв; забарвлення металевих конструкцій в кабельних спорудах.

При закінченні ремонтних робіт проводяться випробування КЛ.

6.2.7 Охорона праці при експлуатації КЛ.

До ремонту кабельних ліній допускається персонал після навчання і перевірки знань по безпечних методах роботи і отримання відповідного документу. Розкопку траншей або котловану в місцях проходження кабелів ведуть вручну за допомогою лопати, дотримуючись особливої обережності, починаючи з глибини 0,4 м.

Особливу небезпеку представляють роботи по монтажу кінцевих закладень і з'єднувальних муфт з застосуванням паяльних ламп, газових пальників, термітних патронів, а також роботи при зварюванні. При роботі руки захищають спецрукавичками; при зварюванні очі

захищаються спецокулярами з темними стеклами.

Важлива умова забезпечення безпеки персоналу при ремонті кабелів - виконання робіт по нарядах і не менше чим двома особами. Ремонтні роботи дозволяється проводити лише після всебічного відключення ремонтованого кабелю, перевірки на його кінцях відсутності напруги н вивішування в місцях, звідки може бути подана напруга на ремонтований кабель, плакатів «Не включати - працюють люди».

При ремонті кабельних ліній доводиться іноді розрізати кабель або розкривати муфту. Такі роботи можна виконувати, переконавшись заздалегідь в тому, що кабель не знаходиться під напругою. Перевірку здійснюють спеціальним проколювачем, забезпеченим ізолюючою штангою. При ремонтних роботах в кабельних спорудах (колекторах, тунелях, каналах і т. п.), а також при земляних роботах по розкопці кабельних трас в цих місцях може виникнути газ. Тому до початку робіт, користуючись спеціальним приладом, встановлюють відсутність шкідливих для дихання газів. При їх виявленні робітники не допускаються до робіт, поки газ не буде усунений.

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.
8. Огляди КЛ.
9. Експлуатація КЛ.
10. Профілактичні випробування КЛ.
11. Визначення місць пошкодження КЛ.
12. Ремонт кабельних ліній.
13. Охорона праці при роботі з кабельними лініями.

7. Монтаж та експлуатація електроприводів.

7.1 Монтаж засобів автоматизації, пристроїв керування та захисту.

Прочитайте [1], [2], [3], [4] с. 169-183; [5] с. 59-61; [6] с. 77-86; [7] с. 86-89; [8] с. 117-141.

7.1.1 Монтаж засобів автоматизації.

Монтаж виконують у дві стадії:

- виконують план траси, встановлюють опорні конструкції для проводів, щитів, приладів;
- виконують прокладку електропроводки, встановлюють і підключають щити, прилади, виконують індивідуальні випробування систем. Перед початком монтажних робіт необхідно вивчити конкретні електричні схеми. При вивченні креслень потрібно пам'ятати, що крім електричних схем в системах автоматизації застосовують механічні, пневматичні, гідравлічні та оптичні елементи та пристрої, які мають свої умовні позначення і можуть бути об'єднані на робочих кресленнях з електричними.

Електрична проводка в щитах виконується із застосуванням проводу з мідними жилами, ця електрична проводка прокладається відкрито джгутами або в пластмасових коробах. При прокладці проводів відкритими джгутами потрібно дотримуватися наступних умов:

- проводи в джгутах не повинні бути переплетені між собою. Джгути повинні бути скріплені та прикріплені до несучих конструкцій бандажами із полівінілхлоридної стрічки за ТУ 36.1446-75 з кнопками згідно з ГОСТ 17663-72. Крок установки бандажів не більше 200 мм;
- джгути проводів потрібно прокладати по найкоротшому шляху з мінімальним числом вигинів та перетинів і вони не повинні закривати доступ до контактних і кріпильних виробів та ускладнювати їх ревізію або демонтаж;
- джгути слід прокладати паралельно, а відгалуження виконувати під прямим кутом;
- джгути проводів повинні кріпитися до уніфікованих елементів

з кроком на прямих ділянках не менше 300 мм і на відстані 50-55 мм до і після повороту;

- при переході джгута з нерухомої частини щита до рухомої (рама, дверцята) джгут повинен мати компенсатор, котрий працює на кручення;

- проводи, які відносяться до одного приладу або проходять поряд, необхідно об'єднувати в один потік;

- проводи до прокладки повинні бути випрямлені і протерті ганчіркою, котра просочена стеарином або парафіном;

- прокладка повинна бути горизонтальною або вертикальною (відхилення 6 мм на 1 м ділянки потоку);

- маркування (написи) слід виконувати на вертикальних проводах, які розташовані ліворуч панелі, зверху до низу, а праворуч - знизу до верху.

Короби для прокладки проводів, поліетиленових і полівінілхлоридних труб встановлюють тільки вертикально або горизонтально в місцях, доступних для огляду. Відстань від стінки короба до контактних затискачів приладів і апаратів повинна бути не менше 40 мм. Коефіцієнт заповнення короба не повинен перевищувати 0,45.

Кінці проводів в трубах повинні мати запас по довжині, необхідний для подвійного підключення до приладів. Під один гвинт затискача дозволяється підключення двох провідників.

Опір ізоляції окремих кіл повинен бути не менше 10 МОМ (при температурі 20°C.) Забороняється вигинати проводи та жили кабеля плоскогубцями, з'єднувати мідні та алюмінієві проводи під один гвинт.

7.1.2 Монтаж засобів захисту.

Пристрої захисту встановлюються в приміщеннях, що не містять вибухонебезпечних газів і пари, струмопровідного або вибухонебезпечного пилу, а також в місцях, захищених від попадання бризок води, крапель масла і додаткового нагріву від сторонніх джерел тепла. Перед монтажем вимикача необхідно переконатися, що технічні дані вимикача і його додаткових складових одиниць відповідають замовленню. Монтаж вимикачів проводиться за відсутності напруги в головному колі і в колах додаткових складових одиниць. Кріплення вимикача на DIN-рейку виконується за допомогою спеціального

фіксатора. Монтаж необхідно виконувати за допомогою спеціальної сполучної (монтажної) шини або підготовлених проводів і кабелів. Переконавшись в тому, що монтаж виконаний правильно, вимикач можна вмикати. Під час монтажу подача напруги забороняється!

7.1.3 Монтаж комутаційних та ручних апаратів.

Комутаційна апаратура. Рубильники призначені для неавтоматичного включення електричних кіл без навантаження і електроспоживачів невеликої потужності в пристроях розподілу електричної енергії. Основними елементами рубильника є рухомі ножі, контактні стійки (губки), шарнірні стійки, рукоятка.

Монтаж виконують на жорстку опорну конструкцію гвинтами.

Перемикачі пакетні серії ПКП призначені для комутації електричних кіл змінного струму частотою від 50 до 400 Гц із номінальною робочою напругою від 24 до 500 В. Вони можуть використовуватися як ввідні вимикачі, перемикачі силових кіл, а також для керування асинхронними двигунами з короткозамкненим ротором.

Монтаж виконують на жорстку опорну конструкцію гвинтами.

Пускачі натискні вібростійкі типу ПНВ та ПНВС, ПРКТ-16(32)-ЗМТ призначені для пуску безпосереднім вмиканням у мережу і зупинки трифазних асинхронних двигунів з к.з. ротором потужністю до 4,5 кВт при напрузі 380 В та 50 Гц (ПНВ) та для пуску і зупинки однофазних к.з. двигунів з пусковою обмоткою потужністю до 0,6 кВт при напрузі 380 В (ПНВС).

Монтаж виконують на вертикальну жорстку опорну підставу.

Пакетні перемикачі призначені для нечастої комутації електричних кіл змінного струму частотою від 50 до 400 Гц із номінальною робочою напругою від 24 до 500 В. Можуть використовуватися як ввідні вимикачі, перемикачі головних кіл і як пускові апарати для асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором. Під час монтажу перемикачі можна розміщувати у будь-якому положенні, за винятком перемикачів із фронтальним фланцем (ступінь захисту IP54, які монтують горизонтально (допустиме відхилення до $\pm 30^\circ$).

Вимикач-роз'єднувач (ВН-32) завдяки своїй конструкції (подвійний розрив кола), дозволяє практично виключити пробій і перекриття дугою по ізоляції, навіть при тривалій експлуатації і

сильному забрудненні. Він призначений для комутації змішаних активних і індуктивних навантажень.

Монтаж ВН-32 проводять на 35 мм монтажну DIN-рейку.

Кнопки управління (рисунок 1.13) призначені для оперативного управління магнітними пускатими (контакторами) і реле автоматики. Кнопкові пости серії ПКЕ працюють в колах змінного струму напругою 660 В частотою 50 Гц та постійного струму напругою 400 В. Номінальний струм контактів 10 А.

Світлосигнальні індикатори призначені для індикації стану електричних кіл. Монтаж і демонтаж виробів виконують встановленням виробів в стандартні отвори діаметром 22,3 мм на жорсткій металевій панелі, захищеній від прямих сонячних променів, попадання струменів дощів і хімічних реагентів. Для запобігання попаданню рідини всередину механізму всі вироби забезпечені гумовими кільцями ущільнювачів. Підключення провідників проводять через гвинтові затискачі з тарілчастими шайбами.

Шляхові вимикачі призначені для комутації електричних кіл керування за рахунок дії керуючих упорів у певних точках шляху контролюваного об'єкта. Монтаж виконують на робочу поверхню у будь-якому положенні.

7.1.4 Монтаж апаратів дистанційного управління.

Контролери використовують для одночасного переключення у декількох колах, а також для пуску, регулювання та зупинки електричних машин.

Магнітні пускати і контактори призначені для дистанційного пуску безпосереднім підключенням до мережі, зупинки і реверсування трифазних асинхронних електродвигунів із короткозамкненим ротором при напрузі до 660 В змінного струму 50 і 60 Гц. Контактори дозволяють дистанційно керувати колами освітлення, виконувати комутацію трифазних конденсаторних батарей і первинних обмоток трифазних низьковольтних трансформаторів.

Монтаж виконують на жорстку опорну конструкцію гвинтами або на 32 мм DIN-рейку.

Пневматичні приставки затримки часу забезпечують можливість мати контакти із затримкою часу від 0,1 до 180 с. Для

обмеження комутаційних перенапруг, які виникають при відключенні пускача на котушках управління, випускаються обмежувачі перенапруг ОПН. Робоче положення - кріплення на вертикальній площині виводами котушки вгору. Допускається відхилення від робочого положення до 20° у будь-який бік.

7.1.5 Монтаж апаратів захисту.

Запобіжники з плавкими вставками призначені для захисту електричних кіл і електроустановок від дії струмів короткого замикання і тривалих струмів перевантаження.

Монтаж запобіжників необхідно виконувати згідно з вимогами габаритно-установочних креслень і діючими “Правилами будови електроустановок”. Положення запобіжників у просторі - будь-яке, крім положення під площиною закріплення. Підключення зовнішніх провідників до запобіжників на струми від 31,5 до 400 А слід виконувати мідними кабелями або шинами.

Автоматичні вимикачі забезпечують захист електричних мереж від перевантажень і струмів короткого замикання шляхом відключення навантаження, для виконання оперативного управління ділянками електричних мереж, а також для пуску, зупинки трифазних асинхронних електродвигунів. За наявності розчіплювачів вони бувають: з фазними електромагнітними, комбінованими, електромагнітним розчіплювачем у нульовому проводі, розчіплювачами мінімальної напруги, дистанційним розчіплювачем, мікропроцесорними розчіплювачами та без розчіплювачів.

Монтаж виконують на 35 мм монтажну DIN-рейку для вимикачів серії BA47...100.

Диференціальні автоматичні вимикачі забезпечують ефективний захист людини від ураження електричним струмом у випадку дотику до струмопровідних частин або елементів електрообладнання, яке може потрапити під напругу у результаті ушкодження ізоляції струмопровідних частин.

Монтаж виконують на 35 мм монтажну DIN-рейку, положення вертикальне.

Вимикачі диференціальні призначені для захисту людини від ураження електричним струмом у випадку його дотику до

струмопровідних частин або елементів електрообладнання, яке може попасти під напругу у результаті ушкодження ізоляції.

Монтаж виконується на 35 мм монтажну DIN-рейку у дво- і чотирьополісному виконанні.

Електротеплові реле призначені для захисту електроустановок від тривалої дії струмів перевантажень. Робоче положення у просторі - вертикальне, регулятором струму неспрацювання вперед, кришкою вгору. При монтажі допускається відхилення від робочого положення до 15° реле серії РТТ, РТЛ; 10° реле серії ТРН у будь-якій бік. Додатково промисловість виробляє клемники КРЛ, які дають змогу встановлювати реле серії РТЛ на 35 мм монтажну DIN - рейку.

7.1.6 Монтаж засобів сигналізації.

Світлосигнальна індикаторна апаратура призначена для індикації наявності напруги електричної мережі, а також робочого стану електротехнічного обладнання.

Монтаж сучасних пристроїв світлової та звукової сигналізації виконується на DIN-рейку або підготовлені посадочні місця діаметром 22,3 мм) з'єднувальні клеми підготовлені для паяння з послідовним монтажем кола управління.

7.1.7 Розмітка місць установки апаратури, ревізії електроапаратів.

Монтаж шаф та щитів керування виконують в спеціальних диспетчерських або технологічних приміщеннях та в зовнішніх приміщеннях під навісом. В цих приміщеннях до початку монтажу виконують всі будівельні та оздоблювальні роботи з монтажу технологічного обладнання і трубопроводів. При виконанні монтажу шаф (щитів) в технологічних приміщеннях температура зовнішнього повітря повинна бути не менше плюс 5°C. Шафи розташовують таким чином, щоб було зручно виконувати їхній контроль.

Проходи обслуговування монтажної сторони щитів у більшості випадків є евакуаційними проходами. При відсутності з обох боків проходу відкритих струмопровідних частин на висоті 2,2 м від підлоги ширина проходу повинна бути не менше 0,8м, в окремих місцях до 0,6м.

Відстань між найбільш виступаючими відкритими струмопровідними частинами, котрі розташовані з одного боку проходу, повинна бути не менше 1,0 м при напрузі до 500 В і довжині щита до 7 м; 1,2 м при напрузі до 500 В і довжині щита більш 7 м; 1,5 м при напрузі 500 В і більше. Відстань між найбільш виступаючими відкритими струмопровідними частинами, котрі розташовані з двох боків проходу, повинна бути не менше 1,5 м при напрузі до 500 В; 2 м при напрузі 500 В і більше. Відкриті струмопровідні частини, котрі знаходяться на відстані, меншій вказаних, необхідно загороджувати.

На монтажну відмітку шафи і щити керування підіймають і встановлюють за допомогою вантажопідіймальних машин та механізмів. Шафи та щити ретельно доглядають, перевіряють комплектність деталей, впевнюються у відсутності поломок, тріщин та інших механічних ушкоджень. Щити та шафи встановлюють по рівню горизонтально на спеціальні сталеві опорні рами, котрі виготовляють із швелерів, і кріплять до бетонного або цегляного фундаменту. Вертикальне положення шаф та щитів визначають за допомогою відкосу з допуском до 1°. Кріплення їх до сталевих конструкцій, фундаментів, між собою повинно бути тільки роз'ємним.

Малогабаритні шафи навісної конструкції встановлюють на капітальних стінах або колонах. Для їх монтажу розмічають місця установки анкерних болтів. Отвори під них в цегляних стінах просвердлюють або пробивають на глибину, котра відповідає 8-10 діаметрам анкерного болта.

Висота встановлення шаф від підлоги повинна бути такою, щоб на горизонтальній осі розташовувались прилади:

- показуючі прилади та сигнальна апаратура - 800-2100 мм;
- самописні прилади - 1000-1600 мм;
- органи керування (перемикачі, кнопки) - 700-1600 мм.

Площа перерізу жил проводів і кабелів приймають відповідно до сили струму, але не менше для мідних - 1 мм², алюмінієвих - 2,5 мм².

Вводи в шафи виконують, як правило, знизу через підлогу або зверху залежно від місця підходу зовнішньої проводки. Проводи, що вводять у шафи, закріплюють на опорній основі біля шаф на відстані не більше 1 м. Вводи можуть бути як відкритими, так і закритими, залежно від умов навколишнього середовища і виду прокладки.

Шафи та пульты, до яких підведена напруга вище 42 В, заземлюють. При живленні їх від мереж з глухозаземленою нейтраллю однофазною напругою в якості заземлювальних провідників можуть бути використані окремі мідні і алюмінієві жили проводів і кабелів, сталіні заземлювальні провідники, сталіні труби електропроводок, алюмінієві оболонки кабелів. Використання нульових проводів в цих випадках забороняється.

При трифазному живленні в якості заземлювальних провідників можуть бути використані також нульові жили проводів та кабелів.

7.1.8 Виконання електропроводок всередині шаф та щитків керування.

В пристроях напругою до 1000 В монтаж кіл вторинної комутації виконують наступними способами: пучками, які вільно висять на струнах без кріплення до панелі; на лотках, профілях, коробах; прямо.

До монтажу вторинних кіл приступають після установки всього обладнання та апаратів, нанесення маркування згідно із схемою і перевірки жил на відсутність обриву.

Згідно з вимогами Правил будови електроустановок за вимогами механічної тривкості необхідно застосовувати проводи:

- для контрольних кабелів з приєднанням під гвинт до затискачів (панелі) колодок і апаратів: з мідними жилами - $1,5 \text{ мм}^2$; з алюмінієвими жилами - $2,5 \text{ мм}^2$;
- для кіл з робочою напругою до 60 В переріз мідних жил кабелів, які приєднують паянням, повинен бути не менше $0,5 \text{ мм}^2$;
- для кіл з робочою напругою більше 60 В переріз мідних жил кабелів, які приєднують паянням, повинен бути більше $0,5 \text{ мм}^2$.

Приєднання однодротових жил дозволяється тільки до нерухомих елементів апаратури. Приєднання до рухомих елементів або елементів, на які впливає дія трясіння слід виконувати пучками багатодровових жил. При приєднанні необхідно мати запас дроту для повторного приєднання. З'єднання між виводами апаратів слід виконувати нероз'ємними перемичками. Для монтажу проводів в пучку виконують бандажну в'язку, яку закріплюють на ділянках через 15...20 мм. До панелей контрольні кабелі рекомендовано підводити низу.

7.1.9 Маркування проводів та кабелів.

Проводи та жили в місцях підключення до набірних затискачів виводів приладів та апаратів, а також самі затискачі повинні мати маркування згідно з проектом. Для маркування жил системою “Графогшаст” застосовують уніфіковані маркувальні елементи, які дозволяють проводити нумерацію кабелів як у великих, так і в маленьких серіях, що дає велику економію місця при складанні. Знаки залишаються нерухомими і не ушкоджуються, оскільки вони захищені шаром прозорого пластика, який захищає їх від шкідливої дії масел, пилу і від хімічних і атмосферних впливів. Символіка, складена з одного або більше елементів, повністю набирається безпосередньо на язичок спеціального інструменту, з якого вона потім вводиться в порожнину трубочки для маркування.

Питання для самоконтролю

7. Призначення та класифікація електричних апаратів, станцій керування, щитів і пультів керування.
8. Розмітка місць установки апаратури, ревізії електроапаратів.
9. Виконання електропроводок всередині шаф та щитків керування.
10. Маркування проводів та кабелів.
11. Монтаж комутаційних та ручних апаратів.
12. Монтаж апаратів захисту.
13. Монтаж засобів автоматизації.

7.2 Монтаж електроприводів.

Прочитайте [1], [2], [3], [4] с. 169-183; [5] с. 5-20; [6] с. 77-86, 325-330; [7] с. 56-89; [8] с. 238-262.

7.2.1 Технологічна послідовність операцій.

Об'єм робіт і технологічна послідовність операцій по монтажу середніх і великих електричних машин залежать від виду їх постачання із заводу-виготівника: у зборі або розібрані. Електричні машини, що поступили із заводу-виготівника в зібраному виді, як правило, на місці монтажу не розбирають. Після операцій по

підготовці таких машин до установки їх при необхідності проводять огляди в об'ємі, передбаченому актом, складеним представниками підприємства-замовника і монтажної організації.

Монтаж електричних машин, що поступили в зібраному виді, роблять в наступному порядку: установка на фундамент; вивіряння; монтаж напівмуфт і центрування валів; перевірка пригону вкладишів підшипників; заливка бетонною сумішшю фундаментних плит і болтів; перевірка центрування валів після доливки бетонної суміші; під'єднання зовнішніх кабелів, монтаж повітроохолоджувачів, маслопроводів і заземлення; установка захисних кожухів, щитів і обгороджуваль.

Монтаж електричних машин, що поступили в розібраному виді, значно складніше і включає наступні основні технологічні операції: установку і вивіряння фундаментної плити і підшипникових стояків; заклад ротора в статор; установку: нижніх вкладишів підшипників, статора разом з ротором на фундаментну плиту, напівмуфт; центрування валів; перевірку проміжків в підшипниках і пригін підшипників; вивіряння повітряних проміжків і поєднання магнітних осей статора і ротора; заливку фундаментних плит і фундаментних болтів бетонною сумішшю, перевірку центрування валів після доливки фундаментних плит; остаточну збірку підшипників і перевірку їх ущільнення; установку щіткової траверси і регулювання щіток і щіткотримачів; під'єднування зовнішніх кабелів, повітроохолоджувачів, маслопроводів і заземлення; установку захисних кожухів, щитів і обгороджуваль.

7.2.2 Вимоги до монтажу електродвигунів.

Згідно з вимогами ПУЕ електродвигуни і апарати повинні бути встановлені в такий спосіб, щоб виключити можливість потрапляння на їх обмотки води, мастил, емульсій тощо, а вібрація обладнання, фундаментів і частин будівлі не перевищувала допустимих меж.

Компоновка електромашинних приміщень (ЕМПП) повинна передбачати зручне транспортування і монтаж обладнання. Якщо електроустановка містить електродвигун і апарати масою 100 кг і більше, то повинні бути передбачені пристосування для їх такелажу.

Частини електродвигуна, що обертаються, і частини, що

з'єднують електродвигуни з механізмами (*муфти, шків*) повинні мати огороження від випадкових торкань. Ширина проходів між фундаментами або корпусами електродвигунів, електродвигунами і частинами приміщення або обладнання повинна бути не менше 1 м. Допускається звуження проходів між виступаючими частинами машин і будівельними конструкціями до 0,6 м на довжині не більше 0,5 м.

Відстань між корпусом електродвигуна і стіною приміщення або між корпусами, а також між торцями сусідніх двигунів при наявності проходу з іншого боку повинна бути не менше 0,3 м при висоті двигунів до 1 м і не менше 0,6 м при висоті понад 1 м. Ширина проходу між електродвигунами і фасадом пульта або шафи керування повинна бути не меншою 2 м, а між корпусом двигуна і торцем пульта або шафи - 1 м. Електродвигуни, за винятком тих, що мають ступінь захисту не менше IP44, повинні бути установлені на відстані не менше 1 м від конструкцій приміщень, виконаних із горючих матеріалів.

Зовнішні проводи або кабелі, що приєднуються до електродвигунів, встановлених на віброізолюючих основах, на ділянці між нерухомою і рухомою частинами основи, поїданні мати гнучкі мідні жили.

Електродвигуни змінного струму напругою до 1000 В вмикають без сушіння, якщо обмотка статора має опір не менше 0,5 МОм при температурі 10-30°C. При меншому значенні; опору ізоляції сушать струмом. Сушіння обмоток припиняють, якщо опір ізоляції незмінний протягом трьох годин.

7.2.3 Підготування електродвигунів до монтажу.

Підготовку до монтажу електричних машин починають з комплектації технічної документації і детального її вивчення.

Об'єм і зміст документації, яку розробляє організація, що виконує монтаж електричної машини, визначається потужністю та габаритами машини.

Перед монтажем ознайомлюються з паспортними даними електричної машини з метою відповідності її напрузі електромережі, потужності, максимальному моменту, умовам навколишнього середовища.

Перевіряють відповідність напруги і частоти мережі

номінальний напрузі і частоті двигуна, вказаним на табличці. Для двигуна із сполученням фаз обмотки “Δ/Y”, схема з'єднання обмотки статора, напруга і частота для підключення до мережі вказані в паспорті.

Основні операції перед монтажем: очистити двигун від пилу; робочий кінець валу очистити від антикорозійного покриття (мастила) тканиною, змоченою в бензині або гасі; перевірити наявність вибухозахисних поверхонь кришки і корпусу коробки і наявність на них мастила; перевірити опір ізоляції обмотки мегомметром на напругу до 500 В. Найменший допустимий опір ізоляції 1 МОм. Двигун, що має менший опір, необхідно піддати сушці, при цьому температура обмотки не повинна перевищувати 100°C; виміряти опір кола терморезисторів (для двигунів зі вбудованим температурним захистом) при короткочасній подачі напруги постійного струму не більше 7,5 В. Опір кола терморезисторів температурного захисту повинен бути в межах від 120 до 600 Ом при температурі навколишнього середовища від 0 до 40°C; перевірити ширину вибухонепроникної щілини між кришкою і корпусом коробки виводів; перевірити, чи вільно обертається ротор двигуна (обертання від руки).

**Встановити і закріпити двигун на місці експлуатації.
Виконати занулення і заземлення двигуна згідно з ПУЕ-2007.**

Закріпити кабель в кабельному вводі. При цьому повинні бути передбачені додаткові заходи, що запобігають розтягуючим зусиллям, скручуванню і висмикуванню кабелю з кабельного введення (окрім випадку трубної проводки кабелю). Перевірити надійність з'єднання жил кабелю до прохідних затисків в коробці виводів.

З'єднати двигун з приводним механізмом.

При з'єднанні двигуна з приводним механізмом необхідно забезпечити співвісність валів, що сполучаються. Деталі, що встановлюються на вал двигуна, повинні бути динамічно відбалансовані з напівшпонкою. У двигунах з двома робочими кінцями валу загальне навантаження на обидва кінці валу не повинне бути більше номінального.

Підключити двигун до мережі. Пуск двигуна здійснюється безпосередньо включенням на повну напругу мережі за допомогою апаратів ручного або дистанційного керування. Перший пробний пуск

двигуна робиться, по можливості, без навантаження. Після запуску двигуна слід переконаватися у відсутності ненормальних шумів і підвищеної вібрації. Для зміни напрямку обертання необхідно поміняти місцями будь-які два струмопровідні проводи кабеля живлення.

7.2.4 Монтаж електродвигуна на опорну основу.

Електродвигуни встановлюють на робочих машинах, фундаментах або масивних основах. Основним показником якості монтажу ЕД і РМ (робочої машини) є вібраційна швидкість при роботі агрегату у місці кріплення двигуна.

7.2.4.1 Підготовка фундаменту.

Монтаж двигунів здійснюється згідно з проектом. Приміщення і фундамент під двигуни приймається за спеціальним актом. Площа приміщення повинна забезпечувати можливість виконання операцій по монтажу електричних машин.

Фундаменти під електродвигуни виконують з бетону, каменю, перепаленої цегли на цементному розчині, їхні розміри залежать від маси двигуна, стану ґрунту, ступеня промерзання (для зовнішніх установок).

Бетонні фундаменти під електродвигуни влаштовують у землі. Для цього риють котлован прямокутної форми, глибина якого повинна бути такою, щоб фундамент лежав не на насипному ґрунті, а на материку (глибину фундаментів звичайно приймають 0,5...1,5 м). Розміри його в плані приймають відповідно до розмірів фундаментної плити, показів із припуском 50...250 мм на сторону.

Фундаменти електричних машин не повинні доторкатись до фундаментів колон та інших несучих конструкцій будівлі, щоб їм не передавалась вібрація машин. Проходи для обслуговування між корпусами двигунів не вужче, ніж 1 м.

Під час приймання фундаменту перевіряють: відповідність проекту; відповідність габаритних розмірів; стан фундаменту; розміщення і габаритні розміри анкерних болтів.

Двигун установлюють на фундамент через 10... 15 днів після заливання. Електродвигуни піднімають і встановлюють на фундаменти за допомогою кранів, талів, лебідок, блоків і інших механізмів.

7.2.4.2 Установка двигуна на опорну основу.

Вибір місця установки електродвигуна є одним з основних питань при монтажу електроприводу. Приводні електродвигуни можуть установлюватися безпосередньо на робочій машині або окремо від неї. До опорної підстави вони кріпляться за допомогою лап станини або фланців. Якщо електродвигун входить у конструкцію машини, то його установка, з'єднання з приводним органом, вивірення з'єднання, підключення виводів обмоток і апаратурі керування проводяться безпосередньо на заводах-виробниках робочої машини або агрегату, що поставляються звичайно без розбирання. Великогабаритні робочі машини і механізми можуть поставлятися на місця установки вузлами, де проводиться їхнє складання. При цьому монтаж електродвигуна не становить складності: визначене і підготовлене місце його установки, виготовлені кріпильні деталі, деталі з'єднання з приводним органом та інше.

У ряді випадків приводний електродвигун встановлюється окремо від робочої машини або механізму на литі чавунні плити, полозки, зварні рами, фундаменти тощо. Усередині будинку вони можуть установлюватися на будівельних деталях (стінах, стелях).

До частин будинків безпосередньо електродвигуни не кріпляться. Спочатку на стіні або стелі закріплюють сталеві конструкції у вигляді зварних із сталевого кутка кронштейнів, полозків та ін. Такі конструкції можуть виготовлятися на заводі і входити в комплект постачання машини або установки. При розмітці отворів на стіні або стелі передбачається така установка конструкцій, щоб вісь вада електродвигуна знаходилася в горизонтальній (вертикальній) площині і була паралельна поверхні стіни або стелі.

Кріплення металевих конструкцій до будівельних деталей виконують за допомогою болтів, під які у стінах просвердлюють наскрізні отвори. З зовнішньої сторони стіни під головку болта підкладають шайбу. Електричні двигуни масою до 60 кг можуть кріпитися за допомогою анкерних болтів, вмурованих у цегельні або бетонні стіни цементним розчином. Для установки на опорні підстави електродвигуни піднімають за допомогою вантажопідіймальних машин і механізмів.

Перед установкою двигуна на опорну підставу потрібно насадити

на кінець вала півмуфту, шків або шестерню. Операцію необхідно виконувати за допомогою спеціального пристосування з натяжним гвинтом. Вал електродвигуна попередньо очищають від бруду, старого мастила, фарби або іржі тканиною, змоченої гасом. Залишки іржі видаляють шліфуванням за допомогою наждакового паперу № 00 або № 000, змазаного мінеральною олією. Після повного очищення вала його поверхню протирають тканиною насухо, змащують тонким шаром мінеральної олії, закладають шпонку і шпоночну канавку і надівають захисну кришку вентилятора. Поперечину пристосування впирають у торець вала, а на протилежний кінець його тиском насаджують шків або півмуфту.

Шків і напівмуфти знімають із валів електродвигунів за допомогою спеціальних скоб або універсальних зйомників. Вони дозволяють захоплювати деталь як із зовнішньої, так і з внутрішньої сторони і розвивати тягове зусилля до 20 кг. Використання пристосувань для зняття і насаджування шківів, півмуфт та ін. дозволяє всі горизонтальні зусилля, що виникають при цьому, передати в

осьовому напрямку на вал, а не на підшипники.

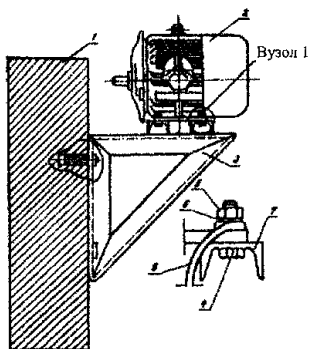


Рисунок 7.2.1 - Встановлення електродвигуна на кронштейні: 1 - стіна будівлі; 2 - електродвигун; 3 - сталевий кронштейн; 4 - болт; 5 - гайка; 6 - шайба; 7 - полозки; 8 - провідник заземлення.

7.2.5 Способи передачі обертального руху від електродвигуна до робочої машини.

Залежно від призначення і конструкції електричних машин і механізмів, а також від вимог до їх валів застосовують **основні види з'єднань**: за допомогою муфт; редукторів; шківів; пасів; шестерень.

З'єднання валів за допомогою муфт:

- жорстке з'єднання (для забезпечення роботи валів без зміщення) виконують за допомогою фланців або жорстких муфт;

- напівжорстке з'єднання (для з'єднання валів турбогенераторів з валами парових турбін) виконують за допомогою зубчато-пружних муфт (муфти змінної жорсткості);

- еластичне з'єднання (при можливості бокових або кутових зміщень валів) виконують за допомогою пружних втулочно-пальцевих муфт.

Для передачі обертального моменту від електродвигуна до робочої машини можуть використовуватися різноманітні пристрої, що передають: механічні, гідравлічні, електромагнітні.

За призначенням, принципом дії і конструкцією муфти класифікують:

- муфти з постійним зчепленням валів електродвигуна і робочої машини (глухі, пружні, рухливі й ін.);

- фланцеві поперечно-стяжні муфти. Є найбільш поширеними з групи глухих муфт.

Глуха муфта складається з двох півмуфт, одна з яких насаджена на вал електродвигуна, а інша - на вал робочої машини або механізму. Обидві півмуфти з'єднуються безпосередньо за допомогою болтів. Пружні муфти можуть бути металевими або неметалевими. У якості перших використовують сталеві пружини або сталеві пружинні стрижні, пластини або пакети пластин. Неметалевим пружним елементом в основному є гума або шкіра, що володіє високою еластичністю. Муфти з пружними металевими елементами більш довговічні, мають менші розміри, але більшу вартість, ніж муфти з неметалевими пружними елементами.

Ремінні передачі застосовують при деякій відстані між осями електродвигуна і робочої машини або при неоднаковій частоті обертання. Передачі цього виду мають простоту, плавність ходу, безшумність роботи, малі початкові витрати.

Недоліками ремінних передач є великий надлишковий тиск на вали, мала компактність, мінливість частоти обертання за рахунок прослизання ремня і невисокий ККД.

Плоскоремінна передача одержала поширення у вигляді відкритої, або прямої, передачі. Вона застосовується, коли вали електродвигуна і машини паралельні й обертаються в одну сторону. Інші види плоскоремінної передачі - перехресна, напівперехресна,

кутова - зустрічаються рідше.

Правильне з'єднання кінців ремня і монтаж передачі забезпечують повільність ходу, безшумність роботи і довговічність.

Клиноремінна передача одержача велике поширення завдяки технічним перевагам перед плоскоремінною. Вона має більшу тягову спроможність при меншій ширині шківа, велике передатне число, менший тиск на вали двигуна і машини, неспадання ремня при перевантаженнях та ін. Клинові ремні водонепроникні, передача може працювати при великій вологості повітря. Вартість клиноремінної передачі дещо вища в порівнянні з плоскоремінною, а термін служби клинових ремнів менший.

7.2.6 Вивірення положення валів електродвигуна та робочої машини.

Для нормальної роботи електроприводу кожний вид механічних передач, що з'єднують вали електродвигуна і робочої машини, у процесі монтажу потребує відповідної наладки або вивірення. Полягає вона в тому, щоб домогтися необхідного розташування електродвигуна щодо робочої машини. Взаємне розташування їх визначається видом передач. Різні передачі вивіряють різними способами.

Для нормальної роботи електроприводу потрібне взаємне розташування електродвигуна і робочої машини, при якому осі їхніх валів повинні лежати на одній прямій лінії. Таке вивірення передач часто називають центрівкою. Домогтися точної відповідності цим вимогам буває важко. Тому допускаються деякі відхилення від них. До високошвидкісних електроприводів і жорстких з'єднань (наприклад, за допомогою муфт) ставляться більш жорсткі вимоги, ніж до низькошвидкісних електроприводів або до еластичного (пружного) з'єднання. Так, для поперечно-стяжної муфти при синхронній частоті обертання 3000 хв^{-1} допускаються осьові зазори $0,04...0,05 \text{ мм}$, тоді як при частоті обертання 1500 хв^{-1} - $0,08...0,11 \text{ мм}$. Для яружних втулконо-гіальцьових муфт радіальні зсуви допускаються в межах $0,3...0,6 \text{ мм}$, а кутові (осьові) - до 1 мм .

Основні способи і технічні засоби вивірення передачі обертального моменту: центрувальні скоби; шупи; з використанням однієї пари радіально-осьових скоб; з використанням двох пар

радіально-осьових скоб; центрування валів по півмуктах; пристрій с використанням стрічкового або електромагнітного притискача; центрування способом “обходу однієї точки”; центрування валів електричних машин і машин із зубчастими передачами при наявності проміжного валу; візуальне центрування валів за допомогою центропошукача.

Установка і вивірення підшипникових стояків

Машини, що пройшли контрольну зборку на заводі, мають отвори у фундаментних плитах для установки і кріплення підшипникових стояків. У машинах, що не пройшли заводської зборки, необхідно розмітити фундаментні плити і просвердлити в них отвори для кріплення стояків.

У місцях установки підшипникових стояків на фундаментну плиту укладають регулювальні металеві підкладки і ізолюючі прокладення під одним або двома стояками відповідно до настановних креслень заводу-виготівника.

Центрування валів електричних машин

Центрування валів включає дві основні операції: вивірення осі загального валу (вивірення лінії валів) і усунення бічних і кутових зміщень валів машин, що сполучаються, і механізмів.

7.2.7 Перевірка поверхні колектора і установка щіткових траверс.

Перевірка поверхні колектора. Стан поверхні колектора значною мірою впливає на роботу машини. Поверхня колектора не повинна мати подряпин, виступаючих і западаючих ізолюючих прокладень між пластинами. Тому у нових машин поверхня колектора шліфується.

Якщо колекторні ізолюючі прокладки, наприклад слюда, виступають між пластинами колектора або знаходяться з ними на одному рівні, наприклад при зносі міді пластин, колектор шліфують.

Траверси щіткового механізму машин постійного струму встановлюють в таке положення, щоб щітки знаходилися на нейтралі.

Тиск щіток на колектор перевіряють динамометром.

7.2.8 Основні способи сушки ізоляції електричних машин.

Призначення сушки - видалення вологи з ізоляції обмоток і інших струмопровідних частин з метою підвищення опору до значень, що дозволяють поставити машини під напругу.

Способи сушки ізоляції електричних машин. Сушку ізоляції виконують: зовнішнім нагрівом, нагрівом від струму стороннього джерела, індукційним методом, струмом короткого замикання в генераторному режимі, на «повзучій швидкості» (для двигунів постійного струму) і вентиляційними втратами.

Сушка зовнішнім нагрівом. Для зовнішнього нагріву машин застосовують чавунні опори або ящики опорів, а також спеціально виготовлені нагрівачі, які розташовують під машиною так, щоб унеможливити місцевих перегрівань від прямого випромінювання тепла або надмірно близького розміщення нагрівача.

Під час сушки стежать за тим, щоб температура гарячого повітря, що поступає в машину, не перевищувала 90°C , а температура обмоток в найбільш нагрітій частині - 70°C . Температуру заміряють термометрами, встановленими на патрубку повітрорудки і в найбільш нагрітій частині обмотки, а у великих електричних машинах - вбудованими температурними індикаторами (термопарами). Цей спосіб застосовують для сушки машин, що сильно відволожилися.

Сушка нагрівом від струму стороннього джерела. Для сушки машин цим способом застосовують ряд схем. Нижче розглядаються тільки найбільш поширені з них. Синхронні машини сушать послідовним підключенням усіх трьох фаз і ротора (при близьких значеннях струму ротора і статора) до джерела постійного струму (рис. 7.2.1, а). Струм сушки повинен складати $(0,5-0,7) \cdot I_{\text{ном}}$ ротора.

Асинхронні двигуни сушать трифазним струмом в режимі КЗ. Для цього ротор загальмовують, а його обмотку закорочують на кільцях спеціальною перемичкою (щоб уникнути підгорання кілець. Струм сушки підтримують не більше $0,7 I_{\text{ном}}$, отже, напруга, що підводиться, має бути не більше $0,7$ напруги КЗ.

Сушка індукційним способом. Може бути рекомендована для усіх електричних машин. При цьому способі застосовують один з двох різновидів сушки: втратами в активній сталі статора або втратами в корпусі статора. Нагрівання роблять за рахунок створення змінного магнітного

потоків шляхом накладення на статор обмотки, що намагнічує, живиться однофазним струмом.

У першому випадку обмотку накладають таким чином, що завдяки значній різниці магнітної провідності корпусу і активної сталі в корпус відгалужується великий магнітний потік. У другому випадку обмотку, що намагнічує, накладають так, як показано на рис. 7.2.1 б,в.

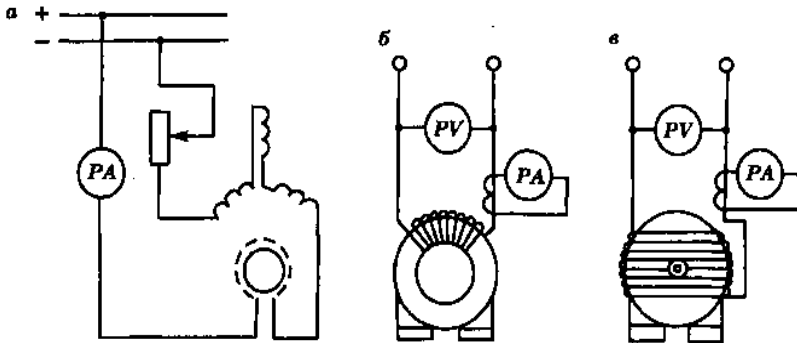


Рис. 7.2.1 Схеми підключення при сушці нагрівом від струму стороннього джерела (а); індукційним способом (б і в).

7.2.9 Випробування електричних машин перед пуском.

Об'єм перевірки і випробування електричних машин перед пуском повинен відповідати вимогам діючих СНіП, ПУЕ (розд. 1.В), Норм і об'єму випробувань електроустаткування електросистеми, ПТЕ, ПТБ і технічних умов заводу-виготівника.

Об'єм робіт по випробуванню електричних машин залежить від їх потужності, номінальної напруги, призначення і стану. Випробування середніх і великих електричних машин проводяться в два етапи: випробування до включення; пробний пуск і випробування вхолосту і під навантаженням.

Випробування машин до включення передбачають проведення наступних операцій : виміри опору ізоляції обмоток; виміри опору обмоток постійному струму; випробування обмоток підвищеною напругою промислової частоти; перевірки системи охолодження у машин з примусовою вентиляцією і системи мастила у машин з циркуляційним мастилом.

Крім того, в об'єм випробувань, що проводяться до включення машин, входять перевірка обмоток на відсутність обриву; контроль установки щіток на нейтралі і правильності чергування полюсів у машин постійного струму; вимір повітряних проміжків між сталлю статора і ротора. Остаточну перевірку установки щіток на нейтралі у машин постійного струму роблять при роботі машини вхолосту.

Вимір опору ізоляції обмоток. Опір ізоляції обмоток виміряне мегомметром має бути не менше значень, передбачених нормативами. При вимірах перевіряють опір ізоляції кожної обмотки по відношенню до заземленого корпусу і між окремими обмотками. Опір ізоляції машин усіх типів має бути не менше 1 МОм кВ номінальної напруги машини, але не менше 0,5 МОм кВ (при робочій температурі машини, тобто 75 °С). Значення опору постійному струму по окремих фазах не повинні відрізнятися один від одного і заводських даних більш ніж на $\pm 2\%$, а по окремих паралельних гілках — більш ніж на 5%.

Випробування обмоток підвищеною напругою промислової частоти здійснюють для перевірки електричної міцності ізоляції. Випробувальна напруга промислової частоти для електричних машин постійного і змінного струму приведена в ПУЕ. Машина вважається такою, що витримала випробування, якщо за 1 хв. випробувань не станеться пробою або часткового порушення ізоляції. Результати усіх видів випробувань і вимірів машин перед пуском оформляють, згідно СНіП, відповідними протоколами і актами.

7.2.10 Технологія монтажу електродвигунів, що входять в комплект технологічних механізмів.

Електродвигуни, що входять в комплект технологічних механізмів (вентилятори, насоси, дробарки та ін.), монтують організації, що встановлюють технологічне устаткування. На електромонтажників покладається обов'язок оцінити стан, виконати ревізію, а у разі потреби і сушку електродвигунів.

Для монтажу двигуна на основі розмічають настановні розміри (рис.7.2.2). При цьому враховують товщину прокладень (приблизно 2-5 мм). Розмічають отвори для кріплення санчат. Відповідно до настановних розмірів в отворі фундаменту монтують анкерні болти, при установці яких використовують шаблон. Санчата і раму

вирівнюють за допомогою прокладень по рівню в подовжньому і поперечному напрямках. Не допускається в якості прокладень використовувати дерево або цеглину. Продовжувати монтажні роботи або затягувати гайки болтів можна тільки через 1-15 діб.

Вал електродвигуна сполучають з валом робочого механізму за допомогою муфти, ремінної або зубчастої передачі або інших способів. Сполучні муфти розділяють на жорсткі, сполучаючі вали жорстко в єдине ціле, і еластичні, допускаючі бічні і кутові зміщення валів у вузлах сполучення. У канавку шпони закладають шпонку, кінець валу змащують маслом. Напівмуфту або шків насаджують за допомогою гвинтового пристосування або молотком заздалегідь знявши кришку підшипника з протилежного боку валу (рис.7.2.2 а, б). При знятті шківів або напівмуфт застосовують і знімачів (рис.7.2.2 в). При виникненні утруднень при насадженні або знятті шківів або напівмуфт їх підігрівають полум'ям газового пальника до 250-300 °С.

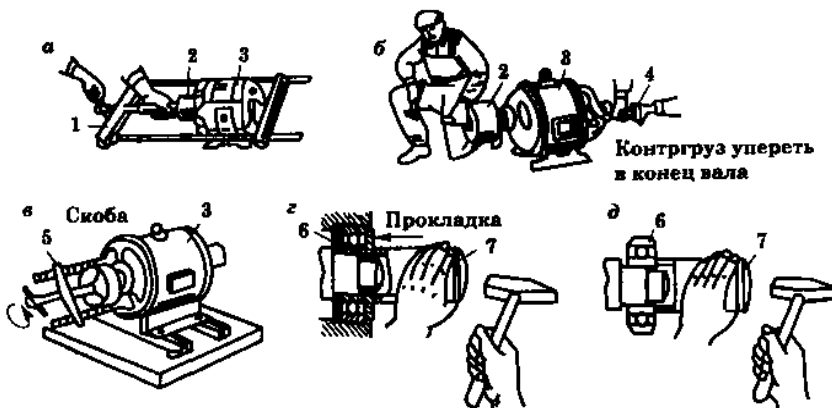


Рисунок 7.2.2. Способи насадки шківів і підшипників на вал: а - гвинтовим пристосуванням; б - молотком із застосуванням контрвантажу; в - зняття шківів знімачем; г - посадка підшипника в гніздо; д - посадка підшипника на вал; 1 - гвинтове пристосування; 2 - шків; 3 - електродвигун; 4 - контрвантаж; 5 - знімач; 6 - підшипник; 7 - труба із заглушкою.

Насаджувані нові підшипники промивають бензином і змащують мінеральним маслом. Підшипник насаджують

пристосуванням з відрізка труби із заглушкою (рис.7.2.2 г, д). Для знімання підшипників використовують знімачі із захопленнями. При ускладненій насадці або знятті підшипника, його підігрівають гарячим ($100\text{ }^{\circ}\text{C}$) маслом.

Співісну валів машин встановлюють шляхом центрування. Перед центруванням необхідно переконатися в щільності посадки напівмуфт на вали, перевірити установку електродвигуна і машини по рівню, відсутність биття при обертанні валів. Вали центрують за допомогою скоб, укріплених на напівмуфтах (рис.7.2.3).

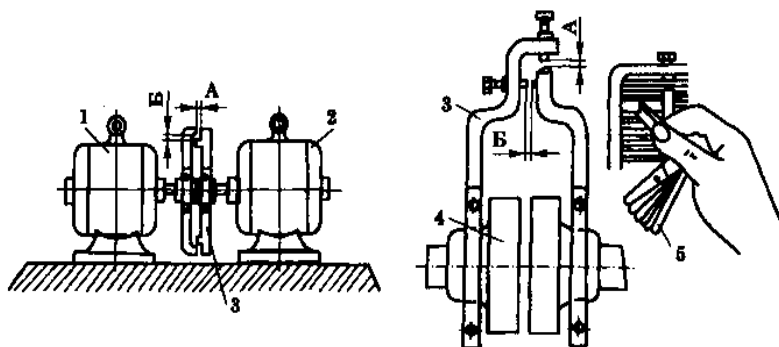


Рисунок 7.2.3 Центрування валів машини і електродвигуна : 1 - машина; 2 - скоби; 3 - двигун; 4 - напівмуфта; 5 - щуп.

Виміри проміжків А і У виконують пластинчатим щупом в чотирьох точках через 90° при одночасному повороті валів. Коригуючи положення двигуна, домагаються мінімально допустимої різниці вимірів.

Товщина прокладень має бути не менше $0,5\text{ мм}$, а число прокладень, що укладаються одна на одну - не більше чотирьох. При зчленуванні машин еластичними муфтами різниця свідчень вимірів проміжків в діаметрально протилежних точках на відстані 300 мм від осі валу для двигунів з частотою обертання $3000\text{ і }1500\text{ хв}^{-1}$ має бути не більше $0,08\text{ мм}$.

Електропроводку для підключення двигуна до мережі виконують в сталевих трубах або кабелем (рис.7.2.4). Трубу підводять безпосередньо до коробки виводів. Для з'єднання труби з коробкою використовують муфти і зганяння (рис.7.2.4 а, б) або гнучкі введення

(рис.7.2.4 в).

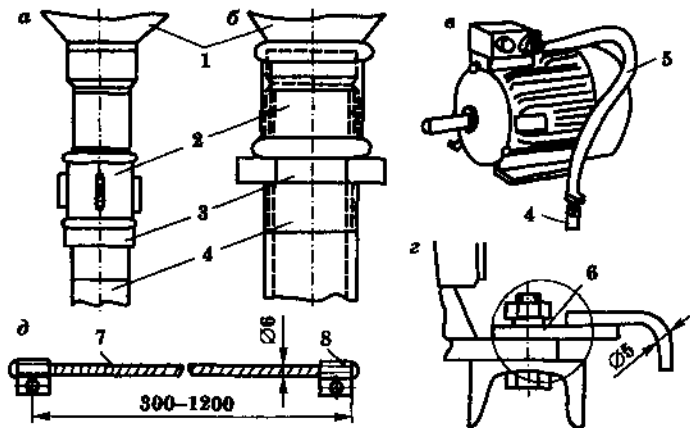


Рисунок 7.2.4 Способи підведення електропроводок і зануляючих провідників : а - в трубах до двигуна потужністю до 5,5 кВт; б - в трубах до двигуна, потужністю до 40 кВт; в - гнучким введенням; г - підключенням до корпусу зануляючого провідника; д - гнучкою перемичкою для занулення; 1 - коробка; 2 - муфта; 3 - контргайка; 4 - труби; 5 - гнучке введення; 6 - шайба; 7 - сталевий трос; 8 - прапорець.

Корпус електродвигуна обов'язково повинен занулятися (з'єднуватися з нульовим дротом мережі). В якості зануляючого провідника використовують дріт в трубі або сталеву трубу електропроводки, або окремо прокладений сталевий провідник. У усіх випадках електрична провідність нульового захисного провідника має бути не менше 50% провідності фазного дроту.

Провідники для занулення з круглої сталі повинні мати діаметр, мм, не менше: 5 - при прокладенні у будівлі, 6 - в зовнішніх установках, 10 - в землі. До провідника приварюють наконечник із смугової сталі з отвором і приєднують болтом з пружинячою шайбою до корпусу (рис.7.2.4 г). Устаткування, схильне до вібрації, зануляють гнучкою перемичкою (рис.7.2.4 д).

Кожен електродвигун і інше устаткування зануляють окремим відгалуженням від магістралі. Послідовне включення в нульовий

захисний провідник декількох електроустановок забороняється.

Якість монтажу електродвигунів перевіряють включенням в мережу холосту і під навантаженням. Перед включенням мегомметром вимірюють опір ізоляції електропроводок і двигуна, перевіряють справність занулення і пускозахисних апаратів.

При випробуванні холосту двигун від'єднують від технологічної машини і включають поштовхом в мережу. Не допускаючи повного розвороту (25-30% від номінальної частоти обертання), двигун відключають і прослуховують шуми (не повинно бути сторонніх звуків). Після пробного пуску двигун включають на 1 год і перевіряють: відсутність стуків і зачіпання частин, що обертаються, міцність кріплення до основи, міра нагріву підшипників (не більше 95 °С), напрям обертання ротора (при необхідності зміни напрямку обертання міняють місцями два що будь-яких підводять дроти в коробці).

При нормальній роботі в холостому режимі двигун з'єднують з механізмом і випробовують під навантаженням впродовж 3 год. При цьому віброметром вимірюють вібрації двигуна у вертикальному, горизонтальному і осьовому напрямках. Амплітуда вібрації має бути не більше: 0,05 мм для двигунів з частотою обертання 3000 хв⁻¹ і 1 мм - для двигунів з частотою обертання 1500 мін⁻¹. Впродовж випробувань через кожні 30 хв вимірюють температуру нагріву обмоток (не більше 105 °С для двигунів з ізоляцією класу А) і підшипників. Двигун, що пройшов випробування під навантаженням, передають робочій комісії для приймально-здавальних випробувань.

7.2.11 Пуск електричних машин. Здача-приймання змонтованих електричних машин.

Підготовка електричних машин до пуску. Перед першим пуском електричної машини мають бути виконані наступні роботи: перевірка відсутності в електричній машині сторонніх предметів; продування машини стислим повітрям; випробування нерухомої електричної машини відповідно до гл. 1.8 ПУЕ; перевірка системи маслозмашування і охолодження; контроль дії захисної і сигнальної апаратури; перевірка правильності приєднання виводів машини до мережі і надійності заземлення корпусу; провертання ротора для перевірки вільного

обертання і мастила підшипників.

Пробний пуск електричної машини. Здійснюється в наступній послідовності: визначення напрямку обертання і відсутність зачіпань і ненормальних явищ; пуск електричної машини на більше тривалий час, визначення відсутності стука в підшипниках, аномальностей в роботі машини; контроль нагріву підшипників, обертання мастильних кілець, регулювання подачі масла в підшипники; перевірка роботи системи охолодження на неодруженому ходу машини і під навантаженням; проведення випробувань електричної машини на неодруженому ходу і під навантаженням; перевірка роботи електричної машини під навантаженням.

Здача-приймання змонтованих електричних машин. Робиться відповідно до вимог СНіП. При цьому рекомендується наступний об'єм здавальної документації : акт про необхідність виробництва огляду-ревізії машини з розбиранням; протокол огляду-ревізії електричних машин (якщо вона робилася); формуляр монтажу електричних машин або агрегатів, поступивших в розібраному виді; акт готовності фундаменту для установки електричної машини; протокол перевірки можливості включення електричної машини без сушки; протокол сушки електричної машини (якщо вона робилася).

Після пред'явлення необхідної здавальної документації персонал замовника за участю представників монтажною і налагоджувальною організації проводить комплексні випробування на неодруженому ходу і оформляє акт здачі-приймання електричних машин.

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.

7.3 Експлуатація розподільних пристроїв та захисної апаратури напругою до 1000 В.

Прочитайте [1], [2], [3], [4] с. 262-291, 401-410; [5] с. 153-165; [6] 92-98, 326-243, 442-450; [7] с. 89-99, 254-284; [8] с. 356-358, 424-433.

Одним з основних завдань експлуатації розподільних пристроїв, пускової і захисної апаратури є безаварійність роботи, наслідком чого є відсутність простоїв виробничих механізмів. Через зношування окремих частин, старіння ізоляційних матеріалів і неправильний режим експлуатації пускові, захисні апарати або окремі їх деталі пошкоджуються, руйнуються чи повністю виходять з ладу. Тому для надійної і безаварійної роботи електрообладнання необхідно своєчасно виявляти ці несправності та усувати їх.

При огляді розподільних пристроїв (РП) і апаратури до 1000 В черговий персонал перевіряє: стан приміщення, справність дверей і вікон, відсутність протікань даху, справність опалення, вентиляції, освітлення та мережі заземлення; наявність і справність засобів безпеки; стан контактів ошиновки і рубильників, автоматів, пускачів тощо; цілість пломб у лічильниках і реле захисту; стан ізоляції (запиленість, наявність тріщин, відколів тощо); роботу сигналізації тощо.

Всі несправності, виявлені при огляді, записують у журнал оглядів і ремонтів.

Технічне обслуговування, виконують при від'єднанні обладнання від електричної мережі і в такому порядку: оглядають і чистять РП, щити, зборки ; знявши кришку або кожух апарата, прибирають пил, бруд, кіптяву із зовнішніх і доступних внутрішніх частин, продувають їх стисненим сухим повітрям і очищають обтиральним матеріалом; послаблені гвинти і гайки кріплення апарата підтягують; перевіряють надійність заземлення металевих корпусів збірок, щитів, пускової і захисної апаратури. Послаблені контакти розбирають, зачищають контактні поверхні, змащують технічним вазеліном і збирають; перевіряють стан контактів у місці приєднань проводів до апаратів. Послаблені контакти підтягують, а ті, що мають кольори мінливості, потемнілу або окислену поверхню, розбирають, зачищають і збирають; впевнюються у відсутності механічних пошкоджень, тріщин,

відшарувань і обвуглених ділянок на ізоляції проводів, які підводять живлення до апаратів, та проводів кіл вторинної комутації. Відрізки проводів з незначними пошкодженнями ізолюють поліхлорвініловою стрічкою; впевнюються в справній дії апарата вмиканням його від руки при знятій напрузі, а потім і під напругою; перевіряють цілість ущільнень апарата; відновлюють написи, вказуючи приналежність пускової і захисної апаратури до електроприймача.

7.3.1 Обслуговування захисної апаратури напругою до 1000 В.

При ТО *рубильників* перевіряють:

- стан контактних ножів і губок. Підгорілі та покриті корозією місця, напливи і бризки металу зачищають; ізоляційну панель, яка має відшарування або вигорання, ремонтують або замінюють новою;
- входження ножів у губки нерухомих контактів. Ножі повинні входити одночасно, без перекосів і надмірних зусиль. Якщо ножі входять нещільно, то губки, які втратили пружність, замінюють. Послаблені контактні пружини ремонту не підлягають, їх слід замінити новими;
- контактні з'єднання між виводами рубильника і підвідними кабелями, роботу механізму привода. Рубильник повинен вмикатися і вимикатися без надмірних зусиль і заїдань. При великому люфті або заїданні механізму привода його необхідно відремонтувати під час найближчого поточного ремонту.

При ТО пакетних вимикачів необхідно: оглянути перемикаючу рукоятку, при виявленні дефектів замінити; впевнитися у відсутності тріщин або обвуглень кілець пакетів, Дефектні замінити новими; декілька разів ввімкнути і вимкнути пакетний вимикач без струму або перемикач і впевнитися в чіткості роботи фіксаторів у всіх положеннях апарата. Рукоятка повинна обертатися без прикладення надмірних зусиль. Несправності фіксуючого механізму усунути.

ТО запобіжників передбачає: огляд патронів запобіжників. При цьому впевнюються у відсутності тріщин і сколів на корпусах патронів, а також відшарувань і прогорянь фібрових стінок. Якщо ці дефекти виявлено, запобіжник замінюють; перевірку стану плавких вставок та їх відповідність розрахунковим струмам.

При ТО *магнітних пускачів і кнопок керування* необхідно

перевірити:

- стан контактної системи (відсутність перекосів), одночасність замикання контактів, відсутність корозії на пружинах головних і блокувальних контактів. Пружини, які мають дефекти, замінити новими заводського виготовлення. Кріплення магнітної системи, при послабленні гвинти підтягнути;

- стан котушки пускача. Зовнішнє ізоляційне покриття котушки повинно бути без темних плям, які свідчать про місцеві нагрівання. Котушка повинна бути щільно посаджена на осердя магнітопроводу;

- стан *теплових реле*. Нагрівальний елемент повинен відповідати потужності захищуваного двигуна. При вигорянні металу або коробленні нагрівального елемента його слід замінити новим. При перевірці роботи важеля повернути його у вихідне положення під дією пружини. При необхідності відрегулювати струм спрацювання теплового реле регулятором струму уставки.

При ТО *магнітного пускача* необхідно виконати декілька вмикань пускача вручну при від'єднаній мережі живлення. При цьому треба перевірити: одночасність замикання головних контактів і блок-контактів, відсутність перекосів контактної системи, легкість переміщення і відсутність зачеплень системи рухомих контактів за дугогасильні камери.

При ТО *кнопок керування* пускачем необхідно зачистити підгорілі і покриті корозією контакти та деталі, впевнитися в легкості ходу і відсутності заїдань штовхачів кнопок, у цілості корпусу; якщо він металевий, перевірити його заземлення.

При ТО *автоматичних вимикачів* необхідно: перевірити цілість корпусу і кришки; декілька разів ввімкнути автомат при відсутності напруги і впевнитися у вільному переміщенні контактів; зняти надфілем з дугогасильних камер і контактів бризки металу; перевірити стан контактів. При сильному обгорянні або зношуванні металокерамічних накладок контактів до товщини 0,5 мм вимикач підлягає заміні; встановити кришку і впевнитися у відсутності заїдань важелів або кнопок керування автоматів.

ТО теплових реле. При експлуатації не рекомендується розбирати теплові реле й навіть знімати з них кришки, тому при технічних обслуговуваннях виконують наступні роботи.

Очищення теплових реле. Очистити поверхню реле від пилу сухим обтиральним матеріалом. Масляні плями видалити обтиральним матеріалом, змоченим бензином, і витерти очищені місця насухо.

Перевірка стану реле. Переконалися у відсутності механічних ушкоджень і слідів підгоряння на поверхні реле. Зняти кришку реле. Перевірити стан деталей реле й контактів у місцях приєднання нагрівальних елементів. Якщо є нагар, очистити контакти теплового реле обтиральним матеріалом, змоченим бензином. При жолобленні нагрівального елемента, вигоранні металу й замиканні витків елемент замінити. При деформації й обгоранні біметалічної пластинки пластинку замінити. Перевірити роботу важеля повернення реле. При легкому натисканні важіль повинен вільно переміщатися в пазах і вертатися у вихідне положення. Установити кришку реле й закріпити її гвинтами або гайкою. Підтягнути гвинти кріплення струмопровідних проводів.

Перевірка часу спрацьовування й повернення реле, здійснюється за рахунок підключення реле до схеми, що дозволяє плавно регулювати силу дослідного струму, або до спеціального приладу.

При ТО *електрощитів, РП, силових шаф і ящиків* необхідно: очистити від пилу і бруду корпус та апаратуру; перевірити кріплення електрощита до основи. Послаблені гайки і болти підтягнути; перевірити цілість гумових ущільнень. На ущільнювальних прокладках не повинно бути глибоких тріщин і розривів. Місця вводу і виводу металевих рукавів, кабелів або труб повинні бути герметичними; перевірити справність запорів і щільність прилягання дверцят до корпусу. Виявлені дефекти усунути; перевірити справність сигнальної апаратури. Послаблені контакти приєднувальних проводів затиснути. Перегорілі сигнальні лампи замінити; перевірити стан контакту заземлення корпусу, усунути дефекти.

При ТО *КВП і А* необхідно: очистити прилади і засоби автоматики від пилу стиснутим повітрям; перевірити міцність приєднання проводів до клем приладів і контактів реле; перевірити стан контактів реле. У випадку зношування замінити контакти або реле; оглянути прилади і реле, впевнитися у відсутності механічних пошкоджень.

7.3.2 Охорона праці під час експлуатації пускової, захисної, регулюючої апаратури і РП напругою до 1000 В.

Роботи на розподільних щитах, силових зборках на ділянці до запобіжника слід проводити при ввімкнених і заземлених шинах та обладнанні. Ділянки, які підлягають ТО повинні бути огорожені і забезпечені необхідними плакатами.

При вимиканні щита або лінії напругою 380, 220 і 110 В перед початком роботи необхідно повісити плакати, прокласти ізолюючий матеріал між ножами вимкненого рубильника і попередити старшого електрика або відповідальну особу про проведення робіт на даній ділянці.

Робота під напругою допускається лише в тому випадку, якщо не можна вимкнути установку за умовами технології. При цьому роботу доручають досвідченому електрику під наглядом інженера з обов'язковим дотриманням заходів безпеки (використання гумових килимків та інших ізолюючих матеріалів).

Огляди в розподільних щитах на напругу до 1000 В може проводити черговий електрик, що має кваліфікаційну групу не нижче третьої. При огляді дозволяється замінювати лампи освітлення, плавкі вставки запобіжників при знятій напрузі, ремонтувати або замінити вимикачі, ремонтувати дверцята, замки.

Якщо напругу зняти не можна, то допускається замінювати плавкі вставки під напругою і під навантаженням, попередньо впевнившись у відсутності короткого замикання на лінії. При цьому працювати треба в запобіжних окулярах, діелектричних рукавицях або користуватися ізолюючими кліщами.

Чистити апаратуру розподільного щита слід при знятій напрузі. У тих випадках, коли зняття напруги пов'язано з вимкненням великого числа електроустановок, дозволяється чистити апаратуру під напругою при виконанні таких умов: працювати слід в діелектричних рукавицях, стоячи на ізолюючій основі з опушеними і застібнутими рукавами одягу і в головному уборі; роботу повинні виконувати двоє monterів, один з яких має кваліфікаційну групу не нижче III.

7.3.3 Пошкодження пускової та захисної апаратури напругою до 1000 В.

У пусковій і регулювальній апаратурі найчастіше зустрічаються такі види несправностей: перегрівання котушок пускачів, контакторів і автоматів, міжвиткові замикання і замикання на корпус котушок, перегрівання контактів та сильне їх зношення, незадовільна ізоляція, механічні несправності.

Перегрівання котушок змінного струму виникає внаслідок заклинення якоря електромагніту в його розімкненому положенні і низької напруги живлення котушок. У розімкненому положенні якоря котушка пускача споживає значно більший струм, ніж при втягнутому якорі, тому вона швидко перегрівается і згоряє.

Міжвиткові замикання виникають через погану намотку котушки. Особливо це проявляється, якщо витки, які прилягають до фланців каркаса котушки, зісковзують у нижні шари, внаслідок чого виникають відносно великі різниці напруг, які пошкоджують міжвиткову ізоляцію.

Замикання на корпус виникає у випадку нещільної посадки безкаркасної котушки на сталевому осерді. Вібрації в магнітній системі призводять до перетирання ізоляції котушки та її відгалужень, внаслідок чого може виникнути замикання на заземлений сталевий корпус апарата.

На нагрівання контактів впливає струмове навантаження, тиск на них, розміри і розхил контактів, а також умови охолодження та окислення їх поверхонь, механічні дефекти в контактній системі. При сильному нагріванні контактів підвищується температура сусідніх частин апарата і, як наслідок, руйнується ізоляційний матеріал.

Зношування контактів залежить від сили струму, напруги і тривалості горіння електричної дуги між ними, частоти і тривалості вмикань, якості і твердості матеріалу, контактів.

Пошкодження ізоляції проявляється в утворенні на її поверхні шляхів для струмів витікання, тому необхідно захищати її від бруду і пилу. Значна частина пошкоджень спричиняється зволоженням ізоляції та її руйнуванням під час будівельно-монтажних робіт і транспортування.

Механічні несправності в апаратах виникають внаслідок корозії,

пошкодження осей, пружин, підшипників та інших конструктивних елементів. Зношення деталей і явища втоплення зумовлюються поганим змащуванням рухомих частин, накопиченням вологи, використанням у конструкціях, які працюють на удар, дуже крихких або дуже м'яких матеріалів.

7.3.4 Ремонт захисної апаратури напругою до 1000 В.

При ремонті *рубильників і перемикачів* виконують такі операції: ретельно очищають напилком контактні поверхні ножів і губок від бруду, кіптяви і частинок оплавленого металу; підтягують всі деталі кріплення, звертаючи увагу на шарнірні з'єднання, які є частиною кола, по якому проходить електричний струм; перевіряють стан пружин ножів і пружинних скоб контактних губок; регулюють щільність входження ножів у губки. Ножі повинні входити в губки без ударів і перекосів, але з деяким зусиллям; регулюють глибину входження ножів у губки. У рубильниках з важільним приводом ножі в повністю ввімкненому положенні не повинні доходити до контактної площадки губок на 2-4 мм; перевіряють міцність з'єднання рубильника з важелем тяги; перевіряють стан пружин дугогасильних контактів, слабкі пружини замінюють новими.

Якість ремонту і регулювання рубильників і перемикачів перевіряють 10-15-кратним вмиканням і вимиканням.

При *ремонті пакетних вимикачів* обгорілі контакти та ослаблені пружини замінюють новими. Після тривалої роботи і частих вимикань вимикачем великих струмів сильно зношуються (вигоряють) його іскрогасильні шайби. При ремонті такі шайби слід замінювати, щоб уникнути різкого погіршення гасіння дуги. При складанні після ремонту особливу увагу звертають на правильність взаємного розміщення рухомих і нерухомих контактів та щільність блоку його пакетів. Відремонтований і повністю складений пакетний вимикач перевіряють не менше ніж 10-кратним вмиканням і вимиканням.

В обсяг робіт з *ПП пускових ящиків* входять операції: огляд контактних деталей і усунення наявних пошкоджень; перевірка стану приводу і чіткості його роботи; усунення люфтів, ослаблених кріплень рухомих деталей, пошкоджень ізоляційних частин; перезарядження запобіжників і заміна плавких вставок. При перевірці стану ізоляції між

струмопровідними і заземленими частинами значення опору ізоляції повинно бути не нижчим ніж 10 МОМ.

При *ремонті кнопок керування* очищають поверхні контактів і містка від плівок окисів, перевіряють стан пружин і затягання гвинтів. Ослаблені пружини замінюють новими заводського виготовлення. При складанні відремонтованої кнопки керування звертають увагу на правильність взаємного розміщення внутрішніх деталей та її контактних поверхонь, а також на відсутність заїдання при русі стержня і кнопки в корпусі.

При *ремонті запобіжника* зачищають контактні поверхні патрона і губок від кіптяви і частинок металу. У фібрових патронах перевіряють товщину стінок і відсутність тріщин, оскільки при частих спрацюваннях запобіжника стінки патрона вигоряють і міцність патрона знижується. При перезаряджанні запобіжника плавку вставку перевіряють за струмом вимикання запобіжника і кола, яке захищають. У запобіжників з кварцевим наповнювачем повністю замінюють старий пісок новим, який повинен складатися з чистого сухого кварцу з розміром гранул 0,5–1 мм. Потім патрон встановлюють у губки запобіжника, куди він повинен входити без перекосу і з деяким зусиллям.

ПР *автоматичних вимикачів, теплових реле, контакторів і магнітних пускачів* доцільно проводити без зняття з основи, а при виявленні несправностей, які не можна усунути на місці, апарат слід ремонтувати в майстерні. ПР автоматичних вимикачів, контакторів і магнітних пускачів підлягають такі вузли: контакти; дугогасильні камери; магнітопроводи; котушки; механічні частини; ізоляційні деталі та корпуси.

При *ремонті контактів* перевіряють стан нерухомих контактних з'єднань. Підтягують ослаблені болти і гайки. З'єднання, які потемніли або мають колір мінливості, розбирають, зачищають контактні поверхні скляним папером або напилком, збирають з'єднання і затягують болти та гайки.

При *ремонті дугогасильних камер* оглядають камери, впевнюються у відсутності тріщин, прогорання матеріалу камер. Очищають шабером внутрішні частини камер від кіптяви, нагару та бризок металу і протирають сухим обтиральним матеріалом. Видаляють з пластин деіонної решітки бризки і напливи металу за допомогою

напилка або шабера. Місця пластин, що обгоріли, зачищають скляним або наждачним папером. Дугогасильні камери або сильно обгорілі пластини деіонної решітки, які вийшли з ладу, замінюють новими.

*При ремонті **магнітної системи*** видаляють скляним папером сліди корозії на сталі магнітопроводу. Очищене місце покривають лаком повітряного сушіння. У місцях, де стикається рухома і нерухома частина магнітопроводу, сліди корозії і kleпання зчищають шабером вздовж листів магнітопроводу і після зачищення скляним папером або напилком змащують їх машинним маслом. Пошкоджений короткозамкнений виток замінюють новим. Перевіряють легкість ходу рухомої частини магнітної системи, повертаючи її від руки. Виявлені несправності усувають.

*Ремонт **катушок**.* Катушка є однією з найбільш пошкоджуваних деталей магнітного пускача і контактора, яка при ввімкненому пускачі (контакторі) обтікається струмом. Тому, перш ніж приступити до ремонту катушки, її оглядають. Катушка повинна мати рівне, блискуче лакове покриття без підтікань і специфічного запаху горілої ізоляції. При незначних відшаруваннях або тріщинах на поверхні ізоляційного шару її знімають і просочують лаком повітряного сушіння. Значення опору ізоляції катушки відносно корпусу і струмопровідних частин повинно бути не менше ніж 0,5 МОм. Катушка з обвугленою і обсіпаною ізоляцією підлягає заміні.

*При ремонті **теплових реле*** від'єднують струмопровідні проводи і знімають реле. Розбирають, очищають від пилу і бруду, перевіряють стан контактів. Контакти, що потемніли, очищають від нагару обтиральним матеріалом, змоченим спиртом. Зношені контакти і пошкоджені нагрівники замінюють новими. Складають теплове реле, перевіряють тиск контактів і розхили, вимірюють опір ізоляції. Перевірку спрацювання теплового реле виконують на випробувальному стенді за методикою, яку наведено попередньо.

*При ремонті **механічної частини*** апаратів спочатку перевіряють її роботу. При цьому підтягують ослаблені гвинти і гайки. Усувають перекошення, заїдання або заклинення механічної частини. Замінюють зношені втулки, осі та пружини. Поверхні, що труться, змащують машинним маслом (шарніри механізму автоматичного вимикача змащують приладовим маслом марки МВП).

При *ремонті електроізоляційних деталей і корпусу* перевіряють стан ізоляції деталей. Невеликі тріщини і відшарування покривають лаком або клеєм БФ. Ізоляційні деталі складної конфігурації, які мають значні пошкодження, замінюють новими або придатними деталями із старих апаратів. Опір ізоляції між струмопровідними частинами вимірюють мегометром на 500 В. Опір ізоляції повинен бути не менший ніж 0,5 МОм, при менших значеннях опору апарат необхідно демонтувати і просушити ізоляцію.

При *ПР пускових і регулювальних реостатів* очищають весь апарат від пилу і бруду, перевіряють кріплення реостатів, щільність всіх гвинтових з'єднань, рівень масла, стан рухомих контактних щіток і щільність їх прилягання, стан нерухомих контактів, елементів опору, захисного заземлення корпусу реостата, а також вимірюють опір ізоляції відносно корпусу. Виявлені недоліки усувають, зачищаючи обгорілі і замінюючи несправні контакти, а також регулюючи дію механічної частини реостата.

При *КР реостат* повністю розбирають, чистять всі деталі, зношені частини (контакти, елементи опору, пружини, болтові з'єднання, ізоляційні деталі тощо) ремонтують або замінюють новими.

7.3.5 Строки і обсяг ремонту РП напругою до 1000 В.

Капітальний ремонт апаратів і електрообладнання розподільних пристроїв напругою до 1000 В проводять у строки, які встановлені відповідальним за електрогосподарство підприємства, але не рідше одного разу на три роки.

Поточний ремонт РП напругою до 1000 В проводять між капітальними ремонтами в строки, які встановлено графіком, але не рідше одного разу на рік.

При визначенні обсягу ПР РП напругою до 1000 В перевіряють стан: контактних з'єднань збірних шин, наявність місцевих нагрівань. При цьому підтягують усі болтові з'єднання; спусків від шин і апаратів, губок рубильників, запобіжників, місць приєднання кабелів та проводів; розробок кабелів та їх закріплень; трансформаторів струму і вторинних кіл; захисних заземлень і сітчастих обгороджень.

Під час *капітального ремонту РП* виконують усі операції поточного ремонту. При капітальному ремонті РП особливу увагу

звертають на стан болтових контактних з'єднань. При цьому перевіряють якість затягання болтів і розкривають два-три відсотки з'єднань; цілість ізоляторів, надійність кріплення шин на ізоляторах; відсутність вигинів шин, стан їх фарбування і наявність зачищених місць для накладання переносних заземлень. Відповідно до прийнятих позначень, фази шин трифазного змінного струму позначають літерами А, В, С, цим літерам відповідають номери 1, 2, 3. Шини фарбують у такі кольори: жовтий - фаза А, зелений - фаза В і червоний - фаза С.

У процесі ремонту ошинування РП якість прилягання плоских поверхонь у контактах перевіряють за допомогою щупа на 0,02-0,03 мм. Під час ремонту розподільного пристрою фарбують панелі у світлі тони, відновлюють написи на панелях, ремонтують контур заземлення, замки захисних сітчастих огорожень, дверцята РП, освітлення тощо.

7.3.6 Після ремонтні випробовування РП напругою до 1000 В.

Перед здаванням розподільного пристрою в експлуатацію вимірюють опір ізоляції РП і його елементів, а також випробують його підвищеною напругою 1000 В промислової частоти протягом однієї хвилини. Опір ізоляції кожної секції РП вимірюють мегомметром на напругу 1000 В. Він повинен бути не менший ніж 0,5 МОм.

Випробування ізоляції РП проводять одночасно з випробуваннями електропроводок силових і освітлювальних мереж, приєднаних до цих розподільних пристроїв.

При ремонті і реконструкції низьковольтних електричних апаратів, а також установленні їх у розподільні пристрої після ремонту повинні бути дотримані допустимі електричні зазори (за повітрям) і відстані витікання (по поверхні ізоляції) між частинами, які знаходяться під напругою або між ними і заземленими частинами.

Відремонтовані електричні апарати напругою до 1000 В перед введенням в експлуатацію повинні бути випробувані відповідно до вимог приймально-здавальних випробувань.

7.3.7 Охорона праці під час ремонту пускової, захисної, регулюючої апаратури і РП напругою до 1000 В.

Стосовно заходів безпеки роботи поділяються на три категорії: при повному знятті напруги з установки; при частковому знятті

напруги; без зняття напруги.

При роботі з повним або частковим зняттям напруги переносні заземлення слід накласти з усіх боків, а якщо це неможливо, вжити заходів, які перешкоджають помилковій подачі напруги до місця роботи (механічне запирання приводів, рубильників, автоматів, використання ізоляційних прокладок тощо). На всіх рубильниках і автоматах, якими можна подати напругу на обладнання, що вимкнено для проведення робіт, необхідно вивісити плакати: "Не вмикати, працюють люди!".

При роботі без зняття напруги поблизу струмопровідних частин, що знаходяться під напругою, повинні бути вжиті заходи, які перешкоджають наближенню працюючих до цих струмопровідних частин. До таких заходів належать: безпечне розміщення працюючих по відношенню до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою; організація безперервного нагляду за працюючими; використання основних і додаткових ізолюючих захисних засобів.

Після ремонту роблять прибирання, і відповідальний за ремонт, оглянувши місце роботи, дозволяє зняти всі запобіжні заземлення, прокладки і плакати. Про закінчення робіт він доповідає оперативному черговому і робить запис у наряді та журналі.

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 1000 В.
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.

7.4 Експлуатація електроприводів.

Прочитайте [1], [2], [3], [4] с. 262-291, 336-401; [5] с. 69-96; [6] 152-166, 179-236, 379-400, 405-441; [7] с. 100-126, 151-204, 279; [8] с. 325-343, 390-414.

7.4.1 Приймання в експлуатацію електричних двигунів.

Приймаючи змонтований електродвигун в експлуатацію, треба його старанно оглянути.

При зовнішньому огляді перевіряють: відповідність паспортних даних електродвигуна проекту і механізму; наявність всіх деталей; відсутність механічних пошкоджень корпусу, вивідної коробки, пристроїв охолодження; відсутність пошкоджень підвідних проводів (обривів, переломів, порушень ізоляції тощо); відсутність заїдань, стуків тощо при прокручуванні вала від руки; наявність заземлюючої проводки від електродвигуна до загальної мережі заземлення; правильність внутрішніх з'єднань обмоток ("зірка" або "трикутник"), надійність кріплення і з'єднання з робочою машиною, стан мастила в підшипниках.

Сам електродвигун, його пуско-захисна апаратура і допоміжне устаткування повинні бути доступними для огляду та ремонту і відповідати умовам експлуатації. На електродвигунах і приводжуваних механізмах треба стрілками показати напрям обертання.

Апаратуру керування слід розміщати якнайближче до електричних машин у місцях, зручних для обслуговування і ремонту. Якщо апаратура керування розміщена в місці, звідки не видно електропривода, то треба встановити додаткову кнопкову станцію безпосередньо біля електродвигуна і забезпечити сигналізацію про пуск механізму, який має відбутися. Для контролю напруги на щитах повинні бути встановлені вольтметри або сигнальні лампи, а для стеження за режимом роботи електричних машин - амперметри.

В електричних машин змінного струму при їх прийманні в експлуатацію слід виміряти опір ізоляції між фазами і між фазами та

корпусом. Для вимірювання використовують мегомметр напругою 500-1000 В для машин з номінальною напругою до 1000 В. Звичайно значення опору ізоляції обмоток не повинно бути нижчим за 0,5 МОм. Опір ізоляції котушок апаратів також не повинен бути меншим за 0,5 МОм. Корпуси електричних машин заземлюють, причому заземлювальні провідники розміщують так, щоб вони були доступні для огляду, і фарбують у відмітний колір (звичайно чорний). Крім того, створюють надійний контакт заземлювальних провідників з машиною. У місцях, де можливі механічні пошкодження, провідники захищають.

7.4.2 Підготовка до пуску та пуск асинхронних електродвигунів.

Перед введенням в експлуатацію асинхронних двигунів треба виконати операції: оглянути кріпильні деталі і в разі потреби підтягнути болти і гайки; перевірити мастило в підшипниках і в разі потреби поповнити його; повернути вал і впевнитись, що він вільно обертається в обидві сторони; виміряти опір ізоляції обмоток, який не повинен бути меншим за 0,5 МОм; перевірити роботу приводів пускозахисної апаратури; перевірити стан заземлення. Ослаблені і окислені контакти розібрати, зачистити, змастити технічним вазеліном, скласти і затягнути;

Якщо на вивідних кінцях немає маркіровки, то початок і кінці фаз можна визначити експериментально.

7.4.3 Несправності, що виникають у процесі експлуатації електродвигунів.

Відмова - це стан, який полягає в повній або частковій втраті працездатності обладнання.

Відмови електричних машин можна розділити на **конструкційні, технологічні (виробничі) і експлуатаційні**. Конструкційні відмови виникають через незнання або порушення правил проектування і конструювання електричної машини, технологічні - через порушення процесу виробництва або ремонту, експлуатаційні - через неправильне використання, відсутність захисту, порушення умов експлуатації електричних машин. Відмови двигунів можуть бути зумовлені

старінням матеріалів і зношуванням вузлів, а також випадковим навантаженням.

У переважній більшості випадків відмови асинхронних двигунів, які встановлені в господарствах АПК, виникають через пошкодження обмоток і розділяються таким чином: **міжвиткові замикання** - 90 відсотків, **пробій міжфазної ізоляції** - шість відсотків, **пробій пазової ізоляції** - чотири відсотки. На підшипниковий вузол припадає п'ять-вісім відсотків відмов, невеликий відсоток пов'язаний з такими причинами, як розпайка вивідних кінців, скручування валів, розрив стержнів ротора тощо.

Причини відмов можна диференціювати таким чином: **конструкційні** - 15 відсотків; **технологічні** - близько 35 відсотків; **експлуатаційні** (переважно незадовільний захист двигуна) - 50 відсотків. У середньому по країні протягом року капітально ремонтують близько 20 відсотків від встановлених у сільському господарстві електричних машин.

Найбільша кількість відмов спостерігається внаслідок порушення правил експлуатації або зовнішніх впливів, які невластиві нормальній експлуатації електродвигунів. Такі пошкодження як обвуглення ізоляції обмотки, виткові, міжфазні і корпусні замикання, обриви вивідних кінців призводять до раптових відмов. Ці відмови виникають випадково внаслідок раптової концентрації навантаження, яке перевищує розрахункове.

Такі пошкодження як зношування підшипників, зволоження ізоляції обмотки та її руйнування під впливом хімічно активного середовища призводять до виникнення поступових відмов. У процесі експлуатації відбувається природне старіння і зношування обладнання.

Дослідження показують, що основними причинами передчасного виходу з ладу електрообладнання є: перевищення струму статора, зумовлене перевантаженням, роботою в неповнофазному режимі, зниженою напругою мережі; невідповідність виконання двигуна середовищу, у якому він використовується; перевищення допустимої температури двигуна, яке спричинене недостатньою вентиляцією внаслідок засмічення вентиляційних каналів; підвищення напруги мережі живлення; відсутність надійних засобів захисту і контролю; неправильні дії електротехнічного персоналу і невиконання

ним профілактичних заходів; приховані дефекти виготовлення; недостатня якість капітального ремонту.

Перевантаження електродвигунів нерідко пов'язані з недосконалістю робочих машин і механізмів та відсутністю засобів автоматизації і контролю за навантаженням.

7.3.4 Способи захисту електродвигунів від аварійних режимів.

Як було відмічено раніше, у процесі експлуатації електроприводів виникають різні аварійні ситуації, основні з яких:

- неповнофазний режим (обрив фази - ОФ) - 40...50 %;
- загальмування ротора (заклинювання - ЗР) - 20...25 %;
- технологічні перевантаження (ТП) - 8-10 %;
- зниження опору ізоляції (ЗОІ) - 10...15 %;
- порушення охолодження (ПО) - 8-10 %.

Захисті пристрої повинні забезпечувати безперервність виробництва, достатню швидкодію, мінімальний час повернення у вихідне положення після спрацювання, надійну роботу в реальних умовах сільського господарства, зручність в експлуатації.

Захист можна поділити на три групи. До *першої* відносять спеціальні пристрої, які реагують на окремий спеціально контрольований аварійний режим. До *другої групи* відносять універсальні пристрої, які реагують на декілька аварійних режимів, контролюючи один параметр двигуна. *Третю групу* утворюють комплектні пристрої, які реагують на всі основні аварійні режими, контролюючи декілька параметрів двигуна.

Згідно з параметром, який контролюється чутливим (вимірювальним) органом пристрою, весь захист можна поділити на *струмовий, тепловий, температурний, фазовий, напружовий і комплексний*.

Вибір типу захисту за технічними характеристиками проводять з урахуванням структури аварійних режимів, які очікують у конкретного електроприводу.

За економічним критерієм вибір типу захисту полягає в тому, щоб знайти такий пристрій захисту, додаткові витрати на який

контролюються досягнутим зниженням витрат на капітальний ремонт захищеного електрообладнання і технологічної шкоди.

7.3.5. Технічне обслуговування електродвигунів.

Роботи з технічного обслуговування для всіх електричних машин, які знаходяться в експлуатації. Технічне обслуговування електричних машин проводять на місці їх установки, без демонтажу і розбирання. Поточні ремонти можна проводити на місці їх установки або на пункті технічного обслуговування, у майстерні тощо.

Обсяги робіт при технічному обслуговуванні і періодичність їх проведення. У процесі технічного обслуговування персонал, що виконує обслуговування електродвигунів, щодобово оглядає їх і усуває дрібні несправності, попередньо вимкнувши від мережі. При цьому необхідно:

- очистити корпус електродвигуна від пилу і бруду стиснутим повітрям або обтиральним матеріалом і впевнитися у відсутності тріщин у станині, підшипникових щитах і фланцях;

- перевірити, як затягнуті болти та гайки і чи надійно кріпиться електродвигун до фундаменту або робочої машини; підтягнути ослаблені болти і гайки;

- проконтролювати щільність посадки шківів, напівмуфт або зірочки, а якщо потрібно, закріпити їх;

- перевірити чи надійно заземлений корпус електродвигуна; розібрати ослаблені контакти і ті, які окислились, зачистити їх поверхні до металевого блиску, змастити технічним вазеліном, зібрати і затягнути; замінити заземлюючий провід при обриві;

- зняти кришку коробки виводів і перевірити цілість ізоляційного покриття вивідних кінців обмоток електродвигуна та проводів, які підводять живлення; закріпити ослаблені контакти, а ті, що окислились і підгоріли, розібрати, зачистити їх поверхні, зібрати та ізолювати;

- прибрати із щіткового механізму та контактних кілець електродвигуна з фазним ротором пил і бруд сухим обтиральним матеріалом або стиснутим повітрям; оглянути щітковий механізм, щітки, контактні кільця, пусковий реостат і з'єднувальні проводи;

- перевірити, чи добре змащені підшипники; якщо потрібно, наповнити камеру мастильним матеріалом до 2/3 її об'єму; виміряти опір ізоляції обмотки статора між фазами і між фазами та корпусом (повинно бути не менше ніж 0,5 МОм), попередньо вимкнувши електродвигун від мережі; у випадку значного зниження опору підсушити обмотки будь-яким способом;

- перевірити, чи нема заїдання в підшипниках і чи не зачіпає ротор статор, обертаючи рукою ротор вимкненого електродвигуна;

- ввімкнути електродвигун і впевнитись у тому, що нема сторонніх шумів, які характерні для несправного двигуна або робочої машини; проконтролювати ступінь нагрівання корпусу і підшипникових щитів.

Під час технічних оглядів визначають стан електродвигунів і уточнюють обсяг підготовчих робіт, які треба виконати при черговому ремонті. Огляди проводять електромонтери (кваліфікаційна група не нижче III), як правило, в технологічні перерви роботи машин. Періодичність оглядів електродвигунів встановлюють залежно від умов їх експлуатації і виконання.

7.3.6 Ремонт електричних двигунів.

7.3.6.1 Види ремонтів електричних двигунів і строки їх проведення.

Згідно з системою ППРЗсх у сільському господарстві передбачено два види ремонту електричних машин: поточний і капітальний. Поточний ремонт асинхронних двигунів, генераторів пересувних електростанцій проводять 1 раз на 6 міс. при роботі у важких умовах і 1 раз на 12 міс. при роботі в чистих сухих приміщеннях. Низьковольтні багатоамперні генератори постійного струму, що працюють у приміщеннях, рекомендується ставити на поточний ремонт 1 раз на 4 міс.

Капітальний ремонт асинхронних електродвигунів проводять 1 раз на 4 роки при роботі в сирих приміщеннях з вмістом аміаку, 1 раз на 5 років — при роботі в запиленних сирих приміщеннях та під навісом і 1 раз на 6 років — при роботі в сухих приміщеннях. Капітальний ремонт

генераторів пересувних електростанцій проводять 1 раз на 4 роки при їх роботі під навісом і 1 раз на 5 років при роботі в приміщенні.

7.3.6.2. Обсяг поточного і капітального ремонтів.

Поточний ремонт електричних машин найчастіше проводять в електроремонтних майстернях господарства; його виконують електромонтери електротехнічної служби господарства. Капітальний ремонт проводять на спеціалізованих електроремонтних підприємствах системи «Союз-сільгосптехніка».

Для проведення поточного ремонту електродвигун очищають від пилу і бруду, від'єднують від живильних проводів, робочої машини, заземлювальної шини і пускового реостата (для двигунів з фазовим ротором), демонтують з фундаменту і перевозять у майстерню.

У майстерні проводять дефектацію електродвигуна, розбирають його, очищають окремі вузли і обмотки, ремонтують, просочують і сушать обмотки (в разі потреби), ремонтують контактні кільця, щітковий механізм, перевіряють підшипники і замінюють їх (якщо потрібно), ремонтують або замінюють кріпильні деталі, потім складають електродвигун і випробовують.

Після фарбування електродвигун доставляють на робоче місце, монтують і перевіряють його роботу під навантаженням сумісно з робочою машиною.

У генераторах змінного струму із збудниками і в багато-амперних низьковольтних машинах постійного струму, крім перелічених операцій, виконують такі роботи: проточують і шліфують колектор, перевіряють стан полюсів і їх обмоток і в разі потреби ремонтують, перевіряють вентилятор машини.

В обсяг капітального ремонту входять усі операції поточного ремонту і додатково ремонт, а найчастіше повна заміна обмоток статорів, якорів (машин постійного струму) і фазових роторів, а також перевірка і в разі потреби заміна вала ротора.

7.3.6.3 Приймання електродвигунів в ремонт.

Електричні машини приймають у ремонт тільки в складеному вигляді, безпосередньо від замовника. Замовник (представник підприємства, що експлуатує машини) ознайомлює ремонтне

підприємство з особливостями експлуатації машини і висловлює свої вимоги до ремонту (можлива зміна паспортних даних і т. п.). Якщо ремонт недоцільний (машина застаріла морально або значно пошкоджена активна сталь статора чи ротора, немає лап і т. д.), ремонтне підприємство має право скласти двосторонній акт про неремонтнопридатність машини і її списання.

Особливу увагу слід приділяти транспортуванню електричних машин. Для транспортування великих машин потрібні дерев'яні полозки, для дрібних машин - дерев'яні ящики. Ремонтне підприємство повинно мати потрібну кількість спеціальних контейнерів. У кожний контейнер слід поміщати електродвигуни тільки одного типу.

7.3.6.4 Розбирання електричних двигунів і виявлення несправностей.

Технологія ремонту електроустаткування повинна бути складена так, щоб ремонт можна було проводити швидко, високоякісно і щоб коштував він якомога дешевше. Як приклад розглянемо технологію ремонту асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором.

Перед ремонтом проводять дефектацію складеного електродвигуна. Потім його розбирають у такій послідовності. Гайковертами відгвинчують болти переднього і заднього підшипникових щитів і болти або гайки фланців переднього і заднього підшипників. Спеціальними виколотками з кольорового металу і молотком або кувалдою знімають задній підшипниковий щит і зсувають із заточки передній підшипниковий щит. Ротор разом з переднім щитом виймають із статора, причому на невеликих електродвигунах цю операцію виконують вручну, а на середніх і великих - за допомогою спеціального пристрою і вантажопідйомного механізму. В обох випадках вживають заходів до того, щоб не пошкодити активну сталь ротора і статора (наприклад, знявши задній підшипниковий щит, вводять у зазор між ротором і статором лист тонкого електрокартону). Після цих операцій у спеціальному при строї знімають з підшипника передній щит. На цьому закінчується розбирання електродвигуна. На основні його деталі вішають металеві бирки.

Усі деталі старанно промивають у мийній машині, після чого ротор електродвигуна з підшипниковими щитами, підшипниками,

фланцями і деталями кріплення (механічна частина) відправляють у слюсарно-механічний ремонт.

При дефектації машини особливо відповідальна перевірка її електричної частини. В електричних машинах найчастіше бувають три несправності: обрив кола, замикання між фазами (колами) обмотки або обмотки на корпус і виткове замикання обмотки.

Усі ці несправності можна визначити за допомогою чотирьох методів: контрольної лампи або опору (омметра), методу симетрії струмів або напруг, методу мілівольтметра і методу електромагніту.

У складеній і в розібраній машині обрив у колі обмотки, що не має паралельних віток, легко визначити контрольною лампою, а в колі з паралельними вітками - за допомогою омметра або ж після розпаювання віток тією самою контрольною лампою.

У машинах постійного струму це пошкодження визначають омметром. У колі з обривами опір завжди значно перевищує розрахункове значення.

Обрив у короткозамкненому роторі асинхронного двигуна визначають у режимі короткого замикання двигуна за допомогою методу симетрії струмів. Ротор електродвигуна загальмовують, до статора підводять напругу, знижену порівняно з номінальною в 5-6 раз. У кожен фазу обмотки статора вмикають амперметр. Коли обмотки статора і ротора справні, покази всіх трьох амперметрів однакові і не залежать від положення ротора. Коли стержні в роторі обірвані, покази приладів будуть різними і змінюються при повертанні ротора. Різні покази приладів, що не залежать від повертання ротора, свідчать про несправність обмотки статора (виткове замикання, неправильне з'єднання котушок в обмотці статора і т. п.). Виткове замикання в обмотці статора двигуна звичайно визначають за допомогою методу симетрії струмів у режимі холостого ходу, а для генератора - за допомогою методу симетрії напруг (замість трьох амперметрів у схему вмикають три вольтметри).

У розібраній машині визначають обрив у колі короткозамкненого ротора і виткове замикання в колі статора чи якоря (машини постійного струму), використовуючи для цього електромагніт. Ротор (подібно до якоря) поміщають на електромагніт і повертають вручну. Стальна пластинка, прикладена до пазів ротора, вібрує на справних пазах і не

вібрує на пазах, де розміщені обірвані стержні. Щоб визначити виткове замикання в обмотці статора, електромагніт поміщають у розточку статора і пересувають по ній. Стальна пластинка, прикладена до пазів, починає вібрувати як тільки потрапляє на паз, в якому міститься пошкоджена котушка обмотки.

7.3.6.5 Випробування електроприводів.

Об'єм і норми приймально-здавальних випробувань електроустаткування викладені в ПУЕ.

У електродвигунів змінного струму напругою до 1 кВ вимірюють опір ізоляції, опір реостатів і пуско-регулюючих опорів постійному струму, перевіряють роботу на холостом ходу або з ненавантаженим механізмом і роботу під навантаженням.

Опір ізоляції статора вимірюють мегомметром напругою 1 кВ, а ротора - мегомметром напругою 0,5 кВ. При температурі 10-30 °С опір ізоляції статора має бути не менше 0,5 МОм. Опір ізоляції ротора не нормується. Опір реостатів і пускорегулюючих опорів повинен відрізнятися від паспортних не більше ніж на 10%. При цьому також перевіряють цілісність відпаювань.

Тривалість перевірки роботи на холостом ходу не менше 1 год. Перевірку роботи під навантаженням проводять при потужності, що забезпечується технологічним устаткуванням до моменту здачі апаратури в експлуатацію. При цьому для електродвигунів з регульованою частотою обертання визначають межі регулювання.

У електродвигунів змінного струму напругою понад 1000 В окрім перелічених вище випробувань перевіряють можливість включення під напругу без сушки; випробовують підвищеною напругою промислової частоти; вимірюють опори обмоток статора і ротора постійному струму; випробовують повітроохолоджувач гідравлічним тиском; вимірюють вібрацію підшипників.

Випробування підвищеною напругою промислової частоти проводять на повністю зібраному двигуні. Випробування обмотки статора проводять для кожної фази окремо відносно корпусу при двох інших сполучених з корпусом.

Опір обмоток статора і ротора постійному струму вимірюють при потужності електродвигуна 300 кВт і більше. Опори обмоток різних фаз

повинні відрізнятися один від одного або від заводських даних не більше ніж на 2%. Випробування повітроохолоджувача проводять надмірним гідравлічним тиском 0,2-0,25 МПа впродовж 10 хв. При цьому не повинно спостерігатися зниження тиску або витоку.

У електродвигунів змінного струму, що поступають на монтаж в розібраному виді, вимірюють проміжки між ротором і статором; проміжки в підшипниках ковзання, а також розгін ротора в осьовому напрямі. Повітряний проміжок між ротором і статором вимірюють за допомогою щупів, які вводять в проміжки діаметрально протилежних точок або точок, зрушених відносно осі ротора на 90°. Вимір проводять тричі, послідовно повертаючи ротор навколо осі на 120°. Значення проміжку отримують як середньоарифметичне трьох результатів вимірів, кожне з яких не повинне відрізнятися від середнього значення більш ніж на 10%, а розгін ротора в осьовому напрямі не повинен перевищувати 2-4 мм.

Вимір вібрації проводять на кожному підшипнику; її граничне значення не повинне перевищувати при синхронній частоті обертання: 3000, 1500, 1000, 750 об/хв. відповідно допустима амплітуда вібрації підшипника: 50,100, 130, 160 мкм.

Усі випробування і виміри оформляють актами і протоколами.

7.3.7 Охорона праці при експлуатації електродвигунів.

До виконання робіт з технічного обслуговування і поточного ремонту електродвигунів допускаються електромонтери та електрослюсарі, які пройшли у встановлені строки медичний огляд і знають правила та інструкції з техніки безпеки, пройшли навчання безпечних методів роботи і перевірку знань з присвоєнням певної кваліфікаційної групи, навчені прийомів звільнення потерпілого від електричного струму і правил надання першої допомоги потерпілим. Технічне обслуговування і поточні ремонти електрообладнання проводять при повністю знятій напрузі, тобто електродвигун повинен бути повністю відімкнений від мережі. Для виключення помилкової подачі напруги до місця роботи знімають запобіжники, прокладають ізоляційний матеріал між губками і ножами рубильників, від'єднують кабелі.

На рукоятках вимикальних апаратів вивішують плакат: "Не вмикати - працюють люди". Після вивішення попереджувальних плакатів впевнюються у відсутності напруги на всіх трьох фазах, користуючись індикатором чи вольтметром.

Під напругою працюють тільки при випробуванні відремонтованих машин та апаратів і тільки в тому випадку, якщо цього вимагає технологія перевірки.

При роботі на електродвигунах необхідно вживати заходів, щоб двигун не прийшов у рух з боку приводного механізму.

Забороняється працювати в одязі із закачаними рукавами і без головного убору. При роботі з контактними кільцями, які обертаються, колектором і щітками рукави працюючого повинні бути застібнуті біля кисті, а на руки надіті діелектричні рукавиці.

Випробування електрообладнання з використанням підвищеної напруги повинні проводити особи, які пройшли спеціальну підготовку і мають практичні навички з проведення випробувань у діючих електроустановках. Перед початком випробувань необхідно перевірити заземлення корпусів випробовуваного двигуна і надійно заземлити випробувальну установку. Місце випробування, а також з'єднувальні проводи, які знаходяться під високою напругою, повинні бути обгороджені. Крім того, повинен бути вивішений плакат "Випробування небезпечно для життя".

При проведенні слюсарних робіт з розбирання, ремонту і збирання електричних машин та апаратів необхідно користуватися знімачами. При рубанні твердих і крихких металів зубилом або крейцмейселем необхідно одягати захисні окуляри.

При роботі на свердильному верстаті забороняється притримувати деталь руками або закріплювати деталь під час роботи верстата.

Допуск до роботи в електроустановках персоналу від сторонніх організацій, з якими укладено договори на обслуговування і ремонт, повинен оформлятися відповідно до вимог Правил з техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів.

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.

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 комплектної трансформаторної підстанції.

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. Режим 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 оли.
49. Вимоги до оли, випробування оли, що експлуатуються.
50. Очищення, сушіння і регенерація трансформаторних оли.
51. Випробовування 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 перенапружень, конденсаторні установки.
61. Заземлюючі пристрої в комплектних розподільних пристроях.
62. Монтаж комплектних розподільних пристроїв.
63. Технологія монтажу вторинних ланцюгів КРП.
64. Безпека праці при монтажі і експлуатації РП.
65. Загальні вимоги, приймально-здавальні випробування РП.
66. Профілактичні випробування електрообладнання.
67. Огляди РП і догляд за електрообладнанням.
68. Оперативні перемикання в установках напругою вищою ніж 1 кВ.
69. Експлуатація основного електрообладнання РП.
70. Види, обсяг і строки ремонту РП.
71. Підготовчі операції та організація ремонту РП.
72. Підготовчі роботи перед монтажем кабельної лінії.
73. Прокладення кабелів в земляній траншеї.
74. Прокладення кабелів у блоках.
75. Прокладення кабелів в кабельних спорудах.
76. Відкрите прокладення кабелів у виробничих приміщеннях.

77. Монтаж кабельних муфт.
78. Приймання кабельної лінії в експлуатацію.
79. Огляди КЛ.
80. Експлуатація КЛ.
81. Профілактичні випробування КЛ.
82. Визначення місць пошкодження КЛ.
83. Ремонт кабельних ліній.
84. Безпека праці при роботі з кабельними лініями.
85. Призначення та класифікація електричних апаратів, станцій керування, щитів і пультів керування.
86. Розмітка місць установки апаратури, ревізія електроапаратів.
87. Виконання електропроводок всередині шаф та щитків керування.
88. Маркування проводів та кабелів.
89. Монтаж комутаційних та ручних апаратів.
90. Монтаж апаратів захисту.
91. Монтаж засобів автоматизації.
92. Поняття електроприводу.
93. Вимоги до монтажу електродвигунів.
94. Підготування електродвигунів до монтажу.
95. Монтаж електродвигуна на опорну основу.
96. Підготовка фундаменту.
97. Установка двигуна на опорну основу.
98. Способи передачі обертового руху від електродвигуна до робочої машини.
99. Вивіряння положення валів електродвигуна та робочої машини.
100. Обсяг і норми випробувань ПЗРА напругою до 1000 В.
101. Експлуатація розподільних пристроїв, пускової і захисної апаратури напругою до 1000 В.
102. Технічного обслуговування розподільних пристроїв, пускової і захисної апаратури напругою до 1000 В.
103. Безпека праці під час експлуатації апаратури.
104. Пошкодження пускової та захисної апаратури напругою до 1000 В.

105. Поточний ремонт пускової, захисної та регулювальної апаратури.

106. Строки і обсяг ремонту розподільних пристроїв напругою до 1000 В.

107. Післяремонтні випробування розподільних пристроїв напругою до 1000 В.

108. Безпека праці під час ремонту пускової, захисної та регулювальної апаратури.

109. Приймання в експлуатацію електричних двигунів.

110. Підготовка до пуску та пуск асинхронних електродвигунів.

111. Несправності, що виникають у процесі експлуатації електродвигунів.

112. Сучасні способи захисту електродвигунів від аварійних режимів.

113. Технічне обслуговування електродвигунів.

114. Способи сушіння ізоляції обмоток електричних машин.

115. Безпека праці при обслуговуванні електродвигунів.

116. Види ремонтів електричних двигунів і строки їх проведення.

117. Обсяг поточного і капітального ремонтів.

118. Приймання електродвигунів в ремонт.

119. Розбирання електричних двигунів і виявлення несправностей.

120. Випробування електричних двигунів після ремонту.

121. Безпека праці під час випробування електродвигунів.

8. Методичні вказівки до виконання контрольних робіт.

Контрольні завдання містять питання для виконання теоретичного завдання контрольної роботи з їх розподілом по варіантам, які наведені в табл. 8.1 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 дані 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:

$$\frac{x}{1} - \frac{x}{2} - \frac{x}{3} \qquad 8.1$$

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 8.1. 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 8.2 Вихідні дані.

№ п п	Електрообла- днання	Характе- ристика	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 освітлев.	На 4 гр.	шт.	1	4	1	2
25	Зварюв.трансф.	до 160 А	шт.				
26	Ел.водонагрів	до 200 л	шт.		2		
27	Світильники з ламп розж.	До 2 ламп	шт.	80	144	28	88
28	Світильники ламп люмін	До 2 ламп	шт.	60	24		14
29	Проводка гросова	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 8.2

№ 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 8.2

№ 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 8.2

№ 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 8.2

№ 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 проводити 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 проводять 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.

Енергогосподарства 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. 8.14 в графу 1-5,7.

Коефіцієнт сезонності визначають діленням кількості місяців роботи обладнання в рік на 12, записують до табл. 8.14 в графу 6.

$$K_c = \frac{M}{12} \quad 8.2$$

де M – 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. 8.3-8.6.

Таблиця 8.3 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 ізолюваними 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 8.4 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, 4АМ АІР	3	24
Сирих (вологість тривалий час перевищує 75 %)	Цехи з переробки продуктів. Пункти післяжнивної обробки зерна	A02, 4АМ АІР	3	24
Запилених (вологість до 98%, температура від -40 °С, до +45 °С запиленість до 240 г/м ³)	Млини, елеватори, комбикормові, заводи, зерносклади	A02, 4А, АІР	1,5	18

продовження таблиці 8.6.

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

Таблиця 8.5 Періодичність ТО і ПР пускозахисних апаратів.

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

Таблиця 8.6 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. 8.14 в графу 7.

Таблиця 8.7 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

1	2	3	4
3	Сири відносна вологість тривало перевищує 75%	Овочесховище, цех з переробки плодів і овочів та продуктів тваринництва і післяжнивної обробки зерна, тваринницькі ферми і комплекси (корівники, свинарники, телятники, пташники, конюшні) з устатковками мікроклімату	Насоси, транспортери, агрегати для сортування овочів, кормодробарки, маслоробні машини, сепаратори. АВМ, КЗС, вентилятори,
4.1	Пильні 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 ³		Зернодробарки, молотарки, преси
5.1	Дуже сири 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, вакуум-насоси, пастеризатори
5.4		На відкритому повітрі, або під навісом	
6	Дуже сири з хімічно-активним середовищем , 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. 8.14 в графі 8, 10, 12, 14.

$$N'_{TO} = \frac{M}{T_{TO} \cdot K_{ек}} \quad 8.3$$

$$N'_{ПР} = \frac{M}{T_{ПР} \cdot K_{ек}} \quad 8.4$$

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

Кількість сезонних обслуговувань приймають $N'_{CO} = 2$ рази віднімаючи від кількості $N'_{ТО}$ 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.

$$N_{ТО} = n \cdot N'_{ТО} \quad 8.5$$

$$N_{ПР} = n \cdot N'_{ПР} \quad 8.6$$

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. 8.8-8.13, після вибору їх записують в графі 16-19 табл. 8.14.

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 8.8 Трудомісткість ТО і ПР електродвигунів.

Тип електродви гуна	Частота оберта- ння, хв. ⁻¹	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
3 коротко- замкненим ротором	Всі частоти	ТО	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0
3 фазним ротором	Теж	ТО	-	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1
3 коротко- замкненим 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
3 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 8.9 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 8.9.

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 8.10 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 8.11 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 8.12 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 8.13 Трудомісткість ТО, ПР і КР внутрішніх електропроводок.

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

продовження таблиці 8.13.

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
КВРГ	(4 - 8)х2,5		1,8	27	172
	(10 - 30)х2,5		2,2	33	137
	37х2,5		2,4	36	150
	(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 8.13.

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
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 8.13.

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
провід марки АТРГ три- і чотирижильний Кабелі марок ВРГ, НРГ АВРГ, АНРГ	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
	6	На тросі	4,5	45	187
	2,5	Те саме	4,2	66	262
Провід ізолюваний	6		4,2	66	262
	10		4,6	69	287
	16		5,0	75	312
Кабелі марок СРГ АСРГ, ВРГ, НРГ або АНРГ	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
Шнур освітлювальний АППВ,ППВ,АПН	2,5	З кріпленням накладними скобками	13	195	812
	6		14	210	875
	10		14,4	216	900
Провід одно- або багатожильний у спільній оболонці	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 8.13.

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. 8.14.

$$З_{\text{ТО}} = З'_{\text{ТО}} \cdot N_{\text{ТО}} \quad 8.7$$

$$З_{\text{пр}} = З'_{\text{пр}} \cdot N_{\text{пр}} \quad 8.8$$

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. 8.14.

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. 8.14.

Таблиця 8.14 Графік планово-запобіжного ремонту електрообладнання.

Обладнання, апаратура, проводка	Одиниця виміру	Кількість	За часом використа ння		Коефіцієнт	Середовище	Кількість запобіжних заходів на рік								Затрати праці на одиницю люд.-год.			
			ТО				СО		ПР		КР		ТО	СО	ПР	КР		
			На добу, годин	На рік, місяць			На одиницю	Разом	На одиницю	Разом	На одиницю	Разом					На одиницю	Разом
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Майстерня - 1 приміщення																		
4АМ,1500об/хв,0,5	шт	2	0,44	0,88	8	12	4	8			0,5	1			0,4		4,3	
АИР,1500об/хв,1,1	шт	1	0,61	0,61	8	12	4	4			0,5	0,5			0,4		4,3	
АО2,1500 об/хв,3к	шт	5	0,61	3,05	8	12	4	20			0,5	2,5			0,4		4,3	
4АМ,1500об/хв,7,5	шт	4	0,61	2,44	8	12	4	16			0,5	2			0,5		4,8	
4АМ,1500об/хв,10к	шт	1	0,61	0,61	8	12	4	4			0,5	0,5			0,5		4,8	
4АМ,3000 об/хв,30	шт	1	0,61	0,61	8	12	4	4			0,5	0,5			0,6		5,4	
Автомати до 50 А	шт	12			8	12	4	48			0,5	6			0,25		1,76	
М. пускач до 25 А	шт	24			8	12	4	96			0,5	12			0,28		1,68	
Силові щити 4 гр	шт	2			8	12	4	8			0,5	1			0,36		5,4	
Щити освіт. на 6 гр	шт	1			8	12	4	4			0,5	0,5			0,36		5,4	
Зварювальні т-ри	шт	1	0,99	0,99	8	12	4	4			0,5	0,5			0,2		8	
Світильники з ЛР	шт	45	0,07	2,925	8	12	2	90			0,5	22,5			0,1		0,25	
Світильники з ЛЛ	шт	15	0,09	1,29	8	12	2	30			0,5	7,5			0,13		0,3	
Пров. трос. АТРГ	км	0,6			8	12	3	1,8			0,67	0,402	0,13	0,08	4,5		45	187
Проводка каб АНР	км	0,8			8	12	2	1,6			0,5	0,4	0,07	0,05	14		210	875
Схована АППВ	км	0,4			8	12	2	0,8			0,5	0,2	0,1	0,04	3,6		54	225
Разом				13,405											115		195	69,93

Продовження таблиці 8.14

Поправочний коefficient	Загальні затрати праці люд.-год				Річні затрати праці	Затрати праці на одне люд.-год.				Кількість запобіжних заходів на рік											
	ТО	СО	ПР	КР		ТО	СО	ПР	КР	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
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			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			ТО		
1	2		2,4		4,4	0,50		2,4			ТО			ТО	ПР		ТО			ТО	
1	2,4		2,7		5,1	0,60		2,7				ТО			ТО	ПР		ТО			ТО
1	12		10,6		22,56	3,00		10,56		ТО			ТО			ТО	ПР		ТО		
1	26,9		20,2		47,04	6,72		20,16			ТО			ТО			ТО	ПР		ТО	
1	2,88		5,4		8,28	0,72		5,4				ТО			ТО			ТО	ПР		ТО
1	1,44		2,7		4,14	0,36		2,7		ТО			ТО			ТО			ТО	ПР	
1	0,8		4		4,8	0,20		4			ТО			ТО			ТО			ТО	ПР
1	9		5,63		14,62	4,50		5,625		ПР			ТО						ТО		
1	3,9		2,25		6,15	1,95		2,25			ПР			ТО						ТО	
1	8,1		18,1	14,03	40,21	2,70		18,09	14,02		ТО	ПР			ТО		К				ТО
1	22,4		84	46,9	153,3	11,20		84	46,9	ТО				ПР		ТО		К			
1	2,88		10,8	9	22,68	1,44		10,8	9			ТО	ПР					ТО	К		
				Зто=	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	14,02	46,9	9	0	0

Завдання 2.

Короткі методичні вказівки.

Для внутрішніх мереж, виконаних ізолюваними 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 неізолюваних 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_{ϕ} , А) - максимальний струм, при якому вставка не перегорає. Номінальний струм теплового розчіплювача ($I_{нт}$, А) - максимальний струм, при якому розчіплювач не спрацьовує. Струм спрацювання електромагнітного розчіплювача ($I_{св}$,

А) - 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 ізолюваних 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:

$$U_{н\text{ зап}} \geq U_{н\text{ мер}} \cdot \quad (8.9)$$

де $U_{н\text{ мер}}$ – номінальна напруга мережі, В.

2. За номінальним струмом плавкої вставки.

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

$$\text{– умова 1} \quad I_{\phi} \geq I_p, \quad (8.10)$$

де I_p – тривалий робочий струм лінії, А;

Для електродвигуна:

$$I_p = \kappa_3 \cdot I_n = \kappa_3 \cdot \frac{P_n}{\sqrt{3}U_n \cdot \cos \varphi_n \cdot \eta_n}, \quad (8.11)$$

де κ_3 – коефіцієнт завантаження.

P_n – номінальна потужність електродвигуна, кВт;

U_n – номінальна напруга мережі, кВ;

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

η_n – к.к.д. електродвигуна при номінальному завантаженні.

Для освітлювального навантаження:

$$I_p = \frac{P_{\text{л}}}{\sqrt{3}U_n}, \quad (8.12)$$

де $P_{\text{л}}$ – освітлювальне навантаження лінії, кВт.

$$\text{– умова 2} \quad I_{\phi} \geq \frac{I_{\text{max}}}{\alpha}, \quad (8.13)$$

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

α – 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:

$$I_{\max} = I_{\text{пуск}} = \kappa_i \cdot I_n, \quad (8.14)$$

де κ_i – кратність пускового струму електродвигуна.

Для мережі, яка живить групу струмоприймачів умова 1 (8.10) записується так:

$$I_{\epsilon} \geq k_0 \cdot \sum I_{pi}, \quad (8.15)$$

де k_0 – коефіцієнт одночасності табл. 8.15.

Таблиця 8.15. 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:

$$I_{\max} = k_0 \cdot \sum I_{p(n-1)} + I_{нб} \quad (8.16)$$

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 (8.13) буде мати вигляд:

$$I_{\epsilon} \geq \frac{k_0 \cdot \sum I_{p(n-1)} + I_{нб}}{\alpha} \quad (8.17)$$

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 проводу. Вибір перерізу проводу 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:

$$I_{\text{доп}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{с}}, \quad (8.18)$$

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

Для кабелів з паперовою ізоляцією допускається:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{с}}. \quad (8.19)$$

Якщо проводку необхідно захищати лише від струмів КЗ, тоді:

$$I_{\text{доп}} \geq 0,33 \cdot I_{\text{с}}. \quad (8.20)$$

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 [1,10-11]. Допустимі струми проводів і кабелів наведені для температури повітря +25°C та температури землі +15°C.

Вибраний провід перевіряють на тривалий робочий струм мережі:

$$I_{\text{доп}} \geq I_p, \quad \text{або} \quad I_{\text{табл}} k_t \geq I_p \quad (8.21)$$

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:

$$U_{н.авт} \geq U_{н.мер}. \quad (8.22)$$

- за номінальним струмом автомата:

$$I_{н.авт} \geq I_p. \quad (8.23)$$

- за номінальним струмом теплового розчіплювача автомата:

$$I_{н т.р.} \geq 1,25 I_p. \quad (8.24)$$

- за струмом спрацювання електромагнітного розчіплювача (відсічки):

$$I_{с.ем.р.} \geq 1,25 I_{\max}. \quad (8.25)$$

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

$$I_{с.ем.р.} = k_{відс} I_{н т.р.} \quad (8.26)$$

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:

$$I_{дон} \geq 1,25 \cdot I_{y.a}, \quad (7.27)$$

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:

$$I_{\text{доп}} = I_{y.a} \quad (8.28)$$

Умову (8.28) 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:

$$I_{\text{доп}} = 0,8 I_{y.a} . \quad (8.29)$$

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

$$I_{\text{доп}} \geq I_{н.дв} , \quad (8.30)$$

а у вибухонебезпечних зонах:

$$I_{\text{доп}} \geq 1,25 I_{н.дв} . \quad (8.31)$$

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

- для автоматів з тепловим не регульованим розчіплювачем:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{н.т.р} ; \quad (8.32)$$

- для автоматів з тепловими регульованим розчіплювачем:

$$I_{\text{доп}} \geq 0,8 \cdot I_{н.т.р} ; \quad (8.33)$$

- для автоматів які мають лише електромагнітний розчіплювач:

$$I_{\text{доп}} \geq 0,22 \cdot I_{с.ем.р} , \quad (8.34)$$

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:

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

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

Для плавких запобіжників та автоматів з тепловим розчіплювачем

$$\frac{I_{\kappa}^{(1)}}{I_{\epsilon}} \geq 3, \quad \frac{I_{\kappa}^{(1)}}{I_{н.т.р.}} \geq 3. \quad (8.35)$$

Для автоматів з електромагнітним розчіплювачем:

$$\frac{I_{\kappa}^{(1)}}{I_{с.ем.р.}} \geq 1,25 \dots 1,4 \quad (8.36)$$

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 $I_{доп}$ відповідає значення перерізу провідника з урахуванням способу прокладання провідників, їх кількості та марки (матеріалу ізоляції та жил). Таблиці із значеннями допустимого струму табл. 8.19 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.8.18.

Приклад виконання завдання 2.

Вибрати запобіжники, автоматичні вимикачі з комбінованими розчіплювачами та перерізи провідників внутрішньої мережі напругою 380/220 В (рис. 8.1).

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 $t_{доп} = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

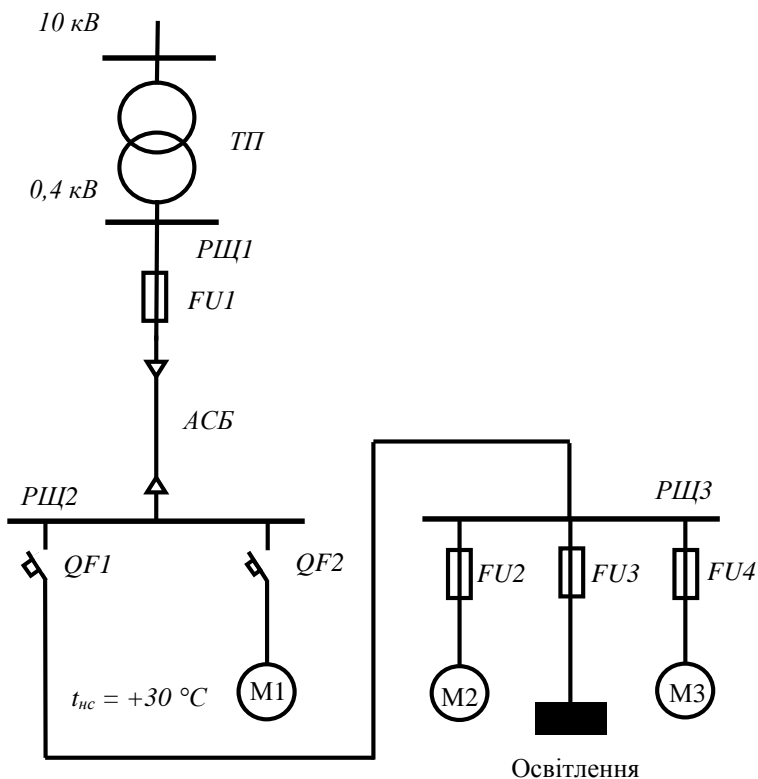


Рисунок 8.1. Розрахункова електрична схема.

Вихідні дані:

- для двигуна М1 - $P_n=4,5 \text{ кВт}$; $\kappa_i=6,0$; $\kappa_z=1$; $\eta=0,8$; $\cos\varphi=0,75$;
- для двигуна М2 - $P_n=10 \text{ кВт}$; $\kappa_i=7,5$; $\kappa_z=0,9$; $\eta=0,9$; $\cos\varphi=0,85$;
- для двигуна М3 - $P_n=7,5 \text{ кВт}$; $\kappa_i=6,5$; $\kappa_z=1$; $\eta=0,85$; $\cos\varphi=0,7$;
- 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;
 η – 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 κ_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 κ_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.

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

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:

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

• для захисту лінії освітлення за умовою:

$$I_{\epsilon} \geq I_{p.осв};$$

• для захисту лінії, що живить РЩ2 за умовою:

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

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

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

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

Запобіжник FU2 для захисту лінії РЩ3-М2

$$I_{\epsilon} \geq I_{p2} = 18 \text{ А,}$$

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

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

Запобіжник FU3 для захисту мережі освітлення

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

Вибираємо запобіжник *ПР2-15-10* із $I_{\epsilon} = 10 \text{ А}$.

Запобіжник FU4 для захисту лінії РЩ3-М3

$$I_{\epsilon} \geq I_{p3} = 19,2 \text{ А,}$$

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

Таблиця 8.16. 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 $I_{\epsilon} = 60$ А. Запобіжник *FU1* для захисту лінії *РЦ1-РЦ2*

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

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

4. Вибираємо автоматичні вимикачі з комбінованими розчіплювачами.

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

- струм теплового розчіплювача

$$I_{нт} \geq \kappa_{нт} \cdot I_{p1} = 1,1 \cdot 11,5 = 12,65 A.$$

Вибираємо з табл. 8.17 стандартні значення:

- номінальний струм теплового розчіплювача

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

- струм електромагнітного розчіплювача

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

Таблиця 8.17. 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	$I_{ce} > I_{нт}$	Гранична комутаційна здатність, кА
BA51-25	25	6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25	7; 10	2
BA51Г25	25	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1;	14	3
BA51-29	63	6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25;	7; 10	8
BA51-31	100	16; 20; 25; 31,5; 4,0; 50; 63;	3; 7; 10	8
BA51Г31	100	16; 20; 25; 31,5; 4,0; 50; 63;	14	8
BA52Г31	100	16, 20, 25, 31,5; 4,0 50; 63,	14	14
BA51-33	160	80; 100; 125, 160	10	10
BA51Г33	160	80; 100; 125; 160	14	10
BA52Г33	160	80; 100; 125; 160	14	15
BA51-35	250	160; 200; 250	10	10
BA51-37	400	250; 320; 400	10	12

Приймаємо стандартний струм спрацювання електромагнітного розчіплювача

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

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

Автоматичний вимикач *QFI* для лінії *РЩ2-РЩ3*:

- струм теплового розчіплювача

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

- стандартний номінальний струм теплового розчіплювача

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

- струм електромагнітного розчіплювача

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

Приймаємо стандартний струм спрацювання електромагнітного розчіплювача

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

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

5. Вибираємо перерізи провідників за допустимим нагріванням. Для лінії *РЩ2-РЩЗ* вибираємо з табл. 8.18 поправковий коефіцієнт на температуру середовища $\kappa_n = 0,94$ при $t_{nc} = 30^\circ C$. Для інших ліній $\kappa_n = 1$.

Лінія РЩЗ-М2

Вибір за нагрівом робочим струмом

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

Узгодження з захистом (захист двигуна запобіжником тільки від замикань)

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

Вибираємо марку табл. 8.20 та переріз табл. 8.19 провода *АПВ(4х5)* з $I_{дон} = 27 A > 26,4 A$ під час прокладання чотирьох проводів в одній трубі табл. 8.21.

Лінія РЩЗ-освітлення

За нагрівом

$$I_{дон} \geq I_{p.осв} = 9,09 A.$$

Узгодження з захистом (захист запобіжником від перевантажень і замикань)

$$I_{дон} \geq 1,25 \cdot I_e = 1,25 \cdot 10 = 12,5 A.$$

Вибираємо провід *2АППВ(2х2,5)* з $I_{дон} = 21 A > 12,5 A$ під час відкритого прокладання.

Таблиця 8.18. 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 8.19. Тривало допустимі сили струму для проводів з гумовою та полівінілхлоридною ізоляцією і алюмінієвими жилами

Площі поперечного перерізу струмоведучих жил, мм ²	Сили струму, А, для проводів, прокладених					
	відкрито	в одній трубі				
		двох одножил-них	трьох одножил-них	чотирьох одножил-них	одного дво-жил-ного	одного трижил-ного
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. 8.19

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 8.20. Проводи та кабелі для внутрішніх електропроводок

Марки	Назви і характеристики виробів	Переважне застосування	Кількість жил	Площа поперечного перерізу, мм ²
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. 8.20.

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 тваринницькі 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. 8.20.

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
АВТВ У	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 водозапоблених 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. 8.20.

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°C	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 °C	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 °C	3 основні і 1 заземлення 3 основні, 1 заземлення і 1 допоміжна	1,5-10 1,5-10

продовження табл. 8.20.

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
АВРБГ	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
АВРБГ	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
АВВГ	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 8.21. Види електропроводок і способи прокладки проводів і кабелів залежно від умов навколишнього середовища

Види ропроводки та спосіб прокладання	Категорія приміщення					
	сухі	запилені	вологі	вогкі	особли во 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 вінілпластових і стальних 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 вінілпластових і стальних 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

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

Узгодження з захистом (захист запобіжником тільки від коротких замикань)

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

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

Лінія РЩ2-М1

За нагрівом

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

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

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

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

Лінія РЩ2-РЩ3

За нагрівом

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

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

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

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

Лінія РЩ1-РЩ2

За нагрівом

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

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

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

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

Таблиця 8.22. 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 ²	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 8.23. 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 ²	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.8.1).

Вихідні дані для розв'язку задачі 2 знаходяться в табл. 8.24, 8.25 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 $t_{nc} = +30\text{ }^{\circ}\text{C}$, інші лінії - за стандартної температури середовища. Прийняти для лінії *РЩ2 – РЩ3* допустиму температуру жил $t_{don} = 70^{\circ}\text{C}$.

Таблиця 8.24 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. 8.24.

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
κ_3	1,0	0,9	0,9	1	-	-

Таблиця 8.25 Технічні дані двигунів з короткозамкнутим ротором.

Номер	Марка двигуна	$P_{ном}$, кВт	κ_i	η , %	$\cos\varphi$
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

Список літератури.

1. Правила устройства электроустановок ПУЭ. - Х.: ТОВ “Індустрія” 2007.- 416с.
2. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів ПТЕ, 2006с.
3. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів ПБЕ Держнагляд - охоронпраці, 2007.
4. Зюзин А. Ф., Поконов Н. З., Антонов М. В. Монтаж, експлуатація і ремонт електрооборудовання промислових підприємств і установок: Учеб. для учащихся электротехнических спец. техникумов.- 3-е изд., перераб. и доп.- М.: Высш. шк., 1986,- 415 с.: ил.
5. Костин В. Н. Монтаж и эксплуатация оборудования систем электроснабжения: Учеб. пособие. - СПб.: СЗТУ, 2004 - 184 с.
6. Куценко, Г.Ф. Монтаж, эксплуатация и ремонт электроустановок: практическое пособие / Г.Ф. Куценко. - Мн.: Дизайн ПРО, 2006. - 472 с., ил.
7. Акимов И.А. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования : учеб. пособие для студ. сред. проф. образования / И. А. Акимов, Н.Ф. Котел енец, Іі. И. Сентюрихин; под общ. ред. Н. Ф. Котеленца. - 5-е изд., перераб. и доп. - М. : Издательский центр «Академия», 2008. - 304 с.
8. Сибикин, Ю.Д. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок: Учеб. пособие для проф. учеб. заведений/Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин,- М.: «Высшая школа», 2003.- 462 с.: ил.
9. Притак І.П. Електропостачання сільського господарства. - 2-е вид. перероб. та доп. – К.: Вища школа. Головне видавництво, 1983. – 343с. (ст. 25-38).
10. Каганов И. Л. Курсовое и дипломное проектирование. – М.: Агропромиздат, 1990. – 351с. (ст. 21-39, 119-123).
11. Харкута КС., Яницький СВ., Ляш ЭВ. Практикум по электроснабжению сельского хозяйства.-М.: Агропромиздат, 1992.-223с.

Зміст

Передмова	5
Загальні положення	6
Вступ.	8
1. Організація монтажу електроустаткування.	9
2. Організація експлуатації електроустаткування	17
2.1 Загальні відомості про експлуатацію устаткування	17
2.2 Система планово-попереджувальних ремонтів і ТО електроустановок	18
2.3 Зв'язок експлуатації і надійності устаткування	22
2.4 Експлуатаційна технічна документація	24
2.5 Порядок приймання в експлуатацію змонтованих електроустановок.	25
3. Монтаж та експлуатація ПЛ електропередачі	27
3.1 Монтаж повітряних ліній	27
3.1.1 Підготовчі роботи	27
3.1.2 Збірка і установка опор	27
3.1.3 Монтаж проводів і грозозахисних тросів	28
3.1.4 Монтаж трубчастих розрядників і заземлюючих пристроїв	31
3.2 Експлуатація і ремонт ПЛ.	31
3.2.1 Приймання повітряних ліній в експлуатацію	31
3.2.2 Огляди повітряних ліній	32
3.2.3. Профілактичні вимірювання і випробування ПЛ	34
3.2.4. Обслуговування ПЛ	35
3.2.5. Ремонт повітряних ліній	36
3.2.6 Типова номенклатура ремонтних робіт при ПР	36
3.2.7 Типова номенклатура ремонтних робіт при КР	36
3.2.8 Охорона праці при експлуатації і ремонті ПЛ	37
4. Монтаж та експлуатація трансформаторних підстанцій.	38
4.1 Монтаж силових трансформаторів.	38
4.1.1 Підготовчі роботи.	38
4.1.2 Встановлення КТП	39
4.1.3 Монтаж трансформатора	41
4.1.4 Монтаж системи охолодження і окремих вузлів трансформатора	41
4.1.5 Технологія монтажу вторинних кіл КТП	42
4.1.6 Установка приладів	43
4.1.7 Монтаж запобіжників	43

4.1.8	Монтаж роз'єднувача та приводу до нього	43
4.1.9	Монтаж заземлювальних пристроїв ТП 10/0,4 кВ	44
4.1.10	Включення трансформатора	45
4.1.11	Охорона праці при монтажі КТП.	46
4.2	Експлуатація і ремонт ТП.	47
4.2.1.	Приймання в експлуатацію ТП	47
4.2.2	Випробування трансформаторів, підготовка їх до вмикання.	48
4.2.3.	Огляди трансформаторів.	49
4.2.4.	ТО трансформаторів	49
4.2.5	Приймання трансформаторів у ремонт.	50
4.2.6.	Пошкодження силових трансформаторів.	51
4.2.7	Поточний ремонт трансформаторів	52
4.2.8	КР трансформаторів	53
4.2.9	Експлуатація трансформаторного масла	55
4.2.10	Випробовування трансформатора після ремонту	55
5.	Монтаж та експлуатація розподільних пристроїв.	57
5.1	Монтаж комплектних розподільних пристроїв.	57
5.1.1	Етапи монтажу комплектних розподільних пристроїв	57
5.1.2	Монтаж комутаційних апаратів.	57
5.1.3	Вимірювальні трансформатори, апарати захисту від перенапружень, конденсаторні установки	58
5.1.4	Шини розподільних пристроїв	59
5.1.5	Монтаж ізоляторів.	60
5.1.6	Технологія монтажу вторинних ланцюгів	61
5.1.7	Заземляючі пристрої	62
5.1.8	Випробування комплектних розподільних пристроїв.	63
5.2	Експлуатація РП напругою понад 1000 В	65
5.2.1	Огляди РП і випробовування	65
5.2.2	Шини розподільних пристроїв	66
5.2.3	Комутаційні апарати	67
5.2.4	Вимірювальні трансформатори	68
5.2.5	Конденсаторні установки	69
5.2.6	Апарати захисту від перенапружень	70
5.2.7	Заземлюючі пристрої	70
5.2.8	Види, обсяг і строки ремонту РП.	71
5.2.9	Охорона праці при ремонті РП.	73

6.	Монтаж та експлуатація кабельних ліній.	74
6.1	Монтаж кабельних ліній напругою до 35 кВ	74
6.1.1	Підготовчі роботи	74
6.1.2	Прокладення кабелів в земляній траншеї	75
6.1.3	Прокладення кабелів у блоках	77
6.1.4	Прокладення кабелів в кабельних спорудах	77
6.1.5	Відкрите прокладення кабелів у приміщеннях	78
6.1.6	Монтаж кабельних муфт	79
6.1.7	Приймання кабельної лінії в експлуатацію.	82
6.2	Експлуатація КЛ	83
6.2.1	Приймання кабельних ліній в експлуатацію	83
6.2.2	Експлуатація кабельних ліній	84
6.2.3	Огляд кабельних ліній	85
6.2.4	Профілактичні виміри і випробування	87
6.2.5	Способи визначення місць пошкодження КЛ	87
6.2.6	Ремонт кабельних ліній	88
6.2.7	Охорона праці при експлуатації КЛ	89
7.	Монтаж та експлуатація електроприводів.	91
7.1	Монтаж засобів автоматизації, пристроїв керування та захисту.	91
7.1.1	Монтаж засобів автоматизації	91
7.1.2	Монтаж засобів захисту	92
7.1.3	Монтаж комутаційних та ручних апаратів	93
7.1.4	Монтаж апаратів дистанційного управління	94
7.1.5	Монтаж апаратів захисту	95
7.1.6	Монтаж засобів сигналізації	96
7.1.7	Розмітка місць установки апаратури, ревізія електро-апаратів	96
7.1.8	Виконання електропроводок всередині шаф та щитків керування	98
7.1.9	Маркування проводів та кабелів	99
7.2	Монтаж електроприводів.	99
7.2.1	Технологічна послідовність операцій	99
7.2.2	Вимоги до монтажу електродвигунів	100
7.2.3	Підготування електродвигунів до монтажу	101
7.2.4	Монтаж електродвигуна на опорну основу	103

7.2.5	Способи передачі обертального руху від електродвигуна до робочої машини	105
7.2.6	Вивірення положення валів електродвигуна та РМ	107
7.2.7	Перевірка поверхні колектора і установка щіткових траверс	108
7.2.8	Основні способи сушки ізоляції електричних машин	109
7.2.9	Випробування електричних машин перед пуском	110
7.2.10	Технологія монтажу електродвигунів, що входять в комплект технологічних механізмів	111
7.2.11	Пуск електричних машин.	115
7.3	Експлуатація розподільних пристроїв та захисної апаратури напругою до 1000 В.	117
7.3.1	Обслуговування захисної апаратури напругою до 1000 В.	118
7.3.2	Охорона праці під час експлуатації пускової, захисної, регулюючої апаратури і РП напругою до 1000 В.	121
7.3.3	Пошкодження пускової та захисної апаратури напругою до 1000 В.	122
7.3.4	Ремонт захисної апаратури напругою до 1000 В.	123
7.3.5	Строки і обсяг ремонту РП напругою до 1000 В	126
7.3.6	Після ремонтні випробування РП напругою до 1000 В.	127
7.3.7	Охорона праці під час ремонту ПЗРА і розподільних пристроїв напругою до 1000 В	127
7.4	Експлуатація електроприводів.	129
7.4.1	Приймання в експлуатацію електричних двигунів.	129
7.4.2	Підготовка до пуску та пуск асинхронних електродвигунів.	130
7.4.3	Несправності, що виникають у процесі експлуатації електродвигунів.	130
7.3.4	Способи захисту електродвигунів від аварійних режимів.	132
7.3.5.	Технічне обслуговування електродвигунів.	133
7.3.6.	Ремонт електричних двигунів.	134
7.3.7	Охорона праці при експлуатації електродвигунів	139
8	Методичні вказівки до виконання контрольних робіт	146
	Список літератури	195

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.

Укладачі: доцент, к.т.н. Р.В. Телюта

ст. викл., к.т.н. О.А.Козловський

доцент, к.т.н. В.В. Зінзура.

Підписано до друку __.__.20__. Здано до тиражування __.__.20__. Формат 60х86 1/16. Ум. друк. арк. 5. Тираж 50 прим. Зам. № __/20__

© РВЛ ЦНТУ, м. Кропивницький, пр. Університетський 8, т. 390-541.