

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет
Кафедра енергетики та електротехнічних систем

**Основи технічної експлуатації енергообладнання та засобів
керування**

Конспект лекцій

**для студентів 4 та 2 с.т. курсу спеціальності 141 "Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка"
денної і заочної форм навчання
освітнього ступеня «Бакалавр»**

Укладачі: Кравченко В.О., к.ф.-м.н., ст. викладач кафедри енергетики та електротехнічних систем

Вольвач Т.С., асистент кафедри енергетики та електротехнічних систем

Тимошенко Г.А., завідувач лабораторіями кафедри енергетики та електротехнічних систем.

Кравченко В.О., Вольвач Т.С., Тимошенко Г.А.

К77 Основи технічної експлуатації енергообладнання та засобів керування / В.О.Кравченко, Т.С.Вольвач, Г.А.Тимошенко. - Суми, 2023. – 112 с.

В конспекті лекцій зібраний матеріал з основ технічної експлуатації енергообладнання. Розглянуто нормативні документи, що визначають правила експлуатації енергетичних установок, основні поняття теорії надійності, особливості експлуатації різних видів енергообладнання. Конспект лекцій призначений для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Рецензенти:

Хурсенко С.М., к.ф.-м.н., доцент, зав. кафедри охорони праці та фізики СНАУ;

Лобода В.Б., професор кафедри енергетики та електротехнічних систем СНАУ.

Відповідальний за випуск:

Чепіжний А.В., к.т.н., зав. кафедри енергетики та електротехнічних систем.

Рекомендовано до видання навчально-методичною радою інженерно-технологічного факультету. Протокол №6 від «23» травня 2023 року

ЗМІСТ

Тема 1. Основні поняття та визначення теорії технічної експлуатації. Нормативна, технічна та експлуатаційна документація.....	4
Тема 2. Основні відомості про енергетичне обладнання, що використовують у сільському господарстві.....	11
Тема 3. Умови виробничої експлуатації енергообладнання.....	18
Тема 4. Основи раціонального вибору та використання енергетичного обладнання.....	23
Тема 5. Основні положення теорії надійності.....	30
Тема 6. Загальні питання контролю технічного стану енергетичного обладнання.....	41
Тема 7. Загальні питання організації технічної експлуатації енергетичного обладнання у сільському господарстві.....	49
Тема 8. Організація і проведення пусконаладжувальних робіт та здавання-приймання в експлуатацію енергетичного обладнання.....	56
Тема 9. Контроль технічного стану ізоляції. Діагностування та способи сушіння ізоляції обмоток електродвигунів.....	62
Тема 10. Технічна експлуатація засобів керування.....	70
Тема 11. Технічна експлуатація електродвигунів.....	78
Тема 12. Технічна експлуатація електротехнологічних установок. Технічна експлуатація освітлювальних та випромінювальних установок..	85
Тема 13. Технічна експлуатація розподільних пристроїв. Технічна експлуатація внутрішніх електропроводок.....	89
Тема 14. Технічна експлуатація силових трансформаторів.....	98
Тема 15. Технічна експлуатація повітряних та кабельних ліній електропередачі.....	104
Список рекомендованої літератури.....	111

Тема 1. Основні поняття та визначення теорії технічної експлуатації.

Нормативна, технічна та експлуатаційна документація

1. Життєвий цикл техніки, виробнича та технічна експлуатація.
2. Мета та завдання технічної експлуатації.
3. Нормативні документи, що регламентують експлуатацію енергетичного обладнання.
4. Галузева та підгалузева нормативна документація.

1. Життєвий цикл техніки, виробнича та технічна експлуатація.

Серед завдань сільській електрифікації на даному етапі важливе значення має експлуатація енергоустановки, встановленої в господарствах агропромислового комплексу.

Життєвий цикл техніки – сукупність усіх фаз його існування з моменту виготовлення: транспортування до місця установки, монтаж і підготовка до пуску, робота за призначенням, технічне обслуговування, поточний ремонт, зберігання в періоди простою, капітальний ремонт і модернізація.

Закінчення експлуатації визначається граничним станом виробу, коли виникають непереборні порушення вимог безпеки, або непереборні відхилення параметрів за установлені межі, або непереборні зниження ефективності експлуатації.

Експлуатація техніки – стадія життєвого циклу виробу, протягом якого реалізовується, підтримується і відновлюється його якість.

Система експлуатації – сукупність виробів, засобів експлуатації, виконавців та документації, яка встановлює правила їх взаємодії, необхідних і достатніх для виконання завдань експлуатації.

Система технічного обслуговування та ремонту - сукупність взаємопов'язаних засобів документації технічного обслуговування, ремонту й виконавців, необхідна для підтримання та відновлення якості виробів, що входять у цю систему.

Уведення в експлуатацію - дія, що фіксує готовність об'єкта, енергоустановки до використання за призначенням, яка документально оформлена в установленому порядку.

Початок експлуатації – момент введення виробу в експлуатацію.

Зняття з експлуатації – дія, що фіксує неможливість, або недоцільність подальшого використання за призначенням і ремонту виробу, оформлене документально в установленому порядку.

Кінець експлуатації – момент зняття з експлуатації.

Зберігання при експлуатації – зберігання не використовуваного за призначенням виробу в заданому стані у відведеному для його розміщення місці і з забезпеченням збереженості протягом заданого строку.

Транспортування при експлуатації – переміщення виробу у заданому стані із застосуванням, за необхідності, транспортних і вантажопідйомних засобів, що починається із завантаження і закінчується розвантаженням за місцем призначення.

З народногосподарських позицій експлуатація полягає в реалізації споживчих властивостей енергоустановки. При цьому виділяють два види експлуатації: *виробничу* і *технічну*.

Виробнича експлуатація - процес використання енергоустаткування за своїм призначенням, в результаті якого електрична енергія перетворюється в інші види. У цьому процесі бере участь не тільки електротехнічний персонал, а й персонал, що обслуговує технічні об'єкти (у кормоцеху - оператор, на насосній станції - черговий і т. п.). Результатом процесу використання служить перетворена і передана сільськогосподарському технологічного об'єкту енергія.

Технічна експлуатація - це процес забезпечення і підтримання необхідного стану енергообладнання, що полягає у відновленні його властивостей, які втрачаються при використанні або зберіганні. Технічну експлуатацію здійснюють фахівці енерготехнічних служби підприємства або агропромислового об'єднання.

Як правило, процеси виробничої експлуатації техніки називаються “використанням”, а процеси технічної експлуатації – “обслуговуванням”. Основні поняття технічної експлуатації: ремонт, технічне обслуговування, технічний огляд тощо.

Ремонт - комплекс операцій з відновлення справності або працездатності виробів і відновлення ресурсів виробів або їх складових частин.

Агрегатний ремонт – ремонт, при якому несправні агрегати замінюють новими або відремонтованими.

Капітальний ремонт - ремонт, який здійснюють для відновлення справності та повного чи майже повного відновлення ресурсу виробу із заміною чи відновленням будь-яких його частин, уключаючи базові.

Неплановий ремонт - технічне обслуговування та ремонт, що їх виконують після виявлення несправності для повернення об'єкта в стан, у якому він здатний виконувати потрібну функцію.

Плановий ремонт – ремонт, постанова на який здійснюється відповідно вимогам науково-технічної або експлуатаційної документації.

Поточний ремонт - ремонт, що виконується для забезпечення або відновлення працездатності виробу і полягає в заміні і (або) відновленні окремих його частин.

Технічне обслуговування - комплекс операцій чи операція з підтримання працездатності або справності виробу під час використання за призначенням, зберігання і транспортування.

Консервація – стан справного обладнання з повним відключенням (зупинкою) і виведенням з роботи на тривалий час через відсутність необхідності його використання в даний час, але з можливістю наступного його включення в роботу у разі необхідності (після його підготовки, перевірки та опробування).

Розконсервація – заходи, спрямовані на усунення консерваційних та пакувальних матеріалів.

Технічний огляд – захід, який виконується ручним чи автоматичним способом з метою спостереження за об'єктом.

На промислових підприємствах експлуатацію електроустановок здійснюють в основному на базі системи **планово-попереджувального технічного обслуговування і ремонту** (ППТОР). Структурна схема експлуатації електроустановок наведена на рис. 1.1.



Рисунок 1.1 – Структурна схема експлуатації електроустановок

Сутність системи ППТОР полягає в тому, що крім щоденного догляду за електроустановками їх через певні проміжки часу піддають плановим профілактичним перевіркам, випробуванням і різним видам ремонту. Система ППТОР дозволяє підтримувати нормальні технічні параметри електроустановок, знижувати витрати на ремонт, поліпшувати технічні характеристики при планових ремонтах в результаті тієї або іншої модернізації.

Трудомісткість ремонтів і тривалість міжремонтних періодів для найбільш поширених електроустановок нормовані. ППТОР проводяться по заздалегідь складеному плану і забезпечує безвідмовну, безпечну і економічну роботу енергетичних пристроїв підприємства при мінімальних ремонтних та експлуатаційних витратах.

Профілактична сутність ППТОР полягає в проведенні планових оглядів, перевірки, випробувань та ремонту, які забезпечують подальшу нормальну роботу обладнання та мережі, після заздалегідь визначеної їх напрацювання.

ППТОР передбачають наступні види робіт: технічне обслуговування, огляди, перевірки (випробування), поточний і капітальний ремонт. В останні роки промисловість перейшла на структуру, яка не передбачає середнього ремонту: роботи, що входили в нього, відносять до поточного або до капітального ремонту.

Основою системи ППТОР, якою визначені трудові та матеріальні витрати на ремонт, є ремонтний цикл та його структура.

Цикл технічного обслуговування (ремонту) – найменші інтервали часу або наробітку виробу, які повторюються і протягом яких виконуються у визначеній послідовності відповідно до вимог нормативно-технічної документації всі встановлені види періодичного технічного обслуговування (ремонту).

Структурою ремонтного циклу називають порядок розташування і чергування різних видів ремонту і ТО в межах одного ремонтного циклу. Час роботи обладнання, виражене в місяцях календарного часу між двома плановими ремонтами, називається *міжремонтним періодом*.

На тривалу і надійну роботу енергоустановки істотний вплив надають умови експлуатації.

Умови експлуатації - це сукупність всіх зовнішніх факторів, від яких залежить ефективність експлуатації енергоустановки. До них відносяться

умови: використання, навколишнього середовища, електропостачання та обслуговування.

Умови використання залежать від особливостей технологічного об'єкта. Їх визначають режимом роботи, характером і рівнем навантаження, зайнятістю протягом доби, місяця й року, а також відповідальністю об'єкта, яка характеризується розміром технологічного збитку, що виникає при відмові енергоукомплектування.

Умови навколишнього середовища характеризують дестабілізуючі впливи на енергоукомплектування в періоди роботи і простою. У цій групі виділяють кліматичні умови, місце розміщення, загазованість, вологість, рівень вібрації та інші дії, що викликають погіршення властивостей енергообладнання.

Умови електропостачання оцінюють вплив джерела електроенергії на надійність і процеси роботи обладнання. Вони характеризуються якістю напруги в сталому і пусковому режимах, втратами енергії в системі її передачі і розподілу, а також питомими витратами на електроенергію.

Умови обслуговування дають відомості про якість технічного обслуговування, поточного та капітального ремонтів, швидкості усунення відмов і витратах ресурсів на всі експлуатаційні роботи.

2. Мета та завдання технічної експлуатації.

Основною метою експлуатації енергетичного обладнання АПК є забезпечення ефективної роботи технологічних процесів сільськогосподарського виробництва шляхом підтримання необхідної експлуатаційної надійності енергетичного обладнання і раціонального використання енергетичних ресурсів.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішувати ряд технічних, технологічних, соціальних і економічних задач при експлуатації енергетичного обладнання, зокрема таких як:

- своєчасна модернізація енергетичного обладнання;
- оптимізація навантаження; раціоналізація режимів роботи;
- ретельне погодження технологічних процесів сільськогосподарського виробництва з можливостями енергетичного обладнання;
- зниження енергоємності технологічних процесів;
- підвищення якості готової продукції;
- підвищення ефективності технічної експлуатації енергетичного обладнання;
- підвищення кваліфікації обслуговуючого персоналу;
- покращення виробничих і побутових умов для обслуговуючого персоналу;
- вдосконалення структури, принципів керування службою технічної експлуатації енергетичного обладнання тощо.

Для організації ефективної експлуатації енергетичного обладнання необхідне погодження рішення задач на всіх рівнях (державному, обласному, районному, на рівнях експлуатаційних ділянок, груп електромонтерів, фахівців). Це дозволяє програмно – цільовий метод управління експлуатацією, що вміщує наукове, трудове і матеріальне забезпечення програм експлуатації.

Наукове забезпечення. На науковій основі повинні розроблятися всі нормативні документи і рекомендації щодо експлуатації енергетичного обладнання. Відсутність науково обґрунтованих положень гальмує розвиток експлуатації енергетичного обладнання.

Трудове забезпечення. Комплектація висококваліфікованими фахівцями відповідних служб та підрозділів, правильний розрахунок необхідної чисельності обслуговуючого персоналу – основні умови ефективної організації експлуатації енергетичного обладнання АПК.

Матеріальне забезпечення в необхідному обсязі експлуатаційних робіт призводить до підвищення продуктивності і якості праці персоналу, покращання оперативності усунення відмов і зниження технологічних витрат, збільшення строків служби енергетичного обладнання.

3. Нормативні документи, що регламентують експлуатацію енергетичного обладнання.

Нормативні документи встановлюють комплекс вимог, обов'язкових при проектуванні, інженерних вишукуваннях, виконанні будівельних і монтажних робіт, будівництві нових і реконструкції діючих підприємств, а також при виробництві будівельних конструкцій і матеріалів.

Дотримання вимог правил і норм забезпечує технічний рівень, якість, економічність, надійність, довговічність та зручність в експлуатації споруд, а також дозволяє здійснювати їх будівництво в мінімально короткі терміни.

Основними нормативними документами, вимоги яких підлягають безумовному виконанню при виконанні електро-монтажних робіт, є діючі Правила улаштування електроустановок (ПУЕ) та Будівельні норми і правила (СНиП).

Основними завданнями СНиП є: встановлення на основі досягнень науки і техніки єдиних вимог до проектування і будівництва об'єктів; зниження кошторисної вартості об'єктів будівництва; підвищення якості та скорочення термінів введення об'єктів в експлуатацію; застосування найбільш раціональних рішень при будівництві підприємств, будівель і споруд; економне використання матеріальних ресурсів, поліпшення умов праці та побуту, охорони навколишнього середовища і т.д.

СНиП складаються з чотирьох частин: загальних положень (система нормативних документів, будівельна термінологія і т.д.); норми проектування; правил виробництва і приймання робіт і кошторисних норм і правил. Кожна частина підрозділяється на окремі розділи.

При проектуванні і монтажі електроустановок керуються Правилами улаштування електроустановок.

ПУЕ виконані з урахуванням вимог діючих державних стандартів, будівельних норм і правил, рекомендацій нарад науково-технічних товариств

енергетики та електротехнічної промисловості, а також зауважень і пропозицій енергосистем, проектних і монтажних організацій, підприємств та ін.

Державними нормативним документами є:

Правила пожежної безпеки при виконанні будівельно-монтажних робіт. Вони є обов'язковими при будівництві, реконструкції та капітальному ремонті будівель та споруд будь-якого призначення на території України для всіх організацій незалежно від їх відомчої приналежності, а також при проектуванні і будівництві тимчасових будівель і споруд на будівельних майданчиках;

Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів і Правила техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів. Вони є обов'язковими для споживачів електроенергії всіх міністерств і відомств, і служать основою для розробки нормативних документів, підготовлених міністерством або відомством і узгоджених з іншими зацікавленими організаціями.

Наприклад, Правила техніки безпеки при електромонтажних і налагоджувальних роботах, Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів, Технічна документація на муфти для силових кабелів з паперовою і пластмасовою ізоляцією до 35 кВ та ін.

До *відомчих* відносяться нормативні документи, затверджені різними міністерствами, відомствами для зобов'язання застосування в підпорядкованих їм організаціях.

На основі нормативних документів в монтажних організаціях створюють *монтажні інструкції* і технологічні карти, а виробник електрообладнання та матеріалів розробляють заводські інструкції, якими виконавці електромонтажних робіт керуються у своїй практичній діяльності.

Монтажні інструкції є нормативними документами, в яких регламентована технологія виконання робіт, відображені норми і правила, наведені характеристики застосовуваних матеріалів, пристосувань, механізмів і ін. Інструкції відображають вимоги до виконання певного технологічного комплексу, але не містять докладного аналізу прийомів, необхідних для досягнення цих вимог.

Тому розробляються технологічні карти трудових процесів. У них визначаються технологічна послідовність робочого процесу; передові прийоми і методи праці; перелік механізмів що застосовують, пристроїв та інструментів; рекомендації з укрупнення обладнання та виробів в монтажні вузли; калькуляція витрат праці; схема організації робочих місць; кількісного складу бригади, ланки, їх кваліфікація та ін. Наявність технологічних карт дозволяє монтажним бригадам виконувати роботи на досягнутому до цього часу рівні і забезпечувати більш високу ступінь поточного контролю.

4. Галузева та підгалузева нормативна документація.

Основою експлуатаційною документацією є галузеві нормативні документи: правила технічної експлуатації електроустановок споживачів; правила улаштування електроустановок; норми випробувань електрообладнання; міжгалузеві правила по охороні праці при експлуатації електроустановок; ГОСТ, РД, заводські інструкції з експлуатації та інші документи. Крім галузевих нормативних документів на кожному підприємстві повинна бути своя технічна документація, що відображає структуру і специфіку цього підприємства і сприяє ефективній експлуатації електрообладнання. Необхідний обсяг технічної документації встановлюється «Правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів» залежно від структури і потужності підприємства, кількості і складу електрообладнання ділиться на три групи: технічна документація по об'єкту; по структурному підрозділу (відділу, цеху, дільниці); по робочому місцю.

У першу групу входить наступна основна технічна документація: генеральний план підприємства з нанесеними будинками і спорудами та підземними комунікаціями; акти налагодження, випробувань і приймання електроустановок в експлуатацію; виконавчі робочі схеми електричних з'єднань; технічні паспорти основного електрообладнання; виробничі інструкції з експлуатації електроустановок; посадові інструкції по робочих місцях, включаючи інструкції з охорони праці та інші.

Основна технічна **документація в структурному підрозділі (цеху)** включає в себе: журнали обліку електрообладнання із зазначенням його технічних даних і інвентарних номерів; виконавчі креслення повітряних і кабельних ліній і заземлюючих пристроїв; схеми електропостачання по об'єкту в цілому і по структурних підрозділах; виробничі інструкції з експлуатації електроустановок підрозділи, посадові інструкції, інструкції з охорони праці; списки працівників, які мають право віддавати розпорядження, видавати наряди-допуски, допускати до роботи, виконувати оперативні перемикання.

Безпосередньо на **робочих місцях** (підстанціях, розподільчих пристроях) повинна бути така документація: оперативна однолінійна схема електричних з'єднань, на якій зазначається фактичний стан комутаційних апаратів; журнал обліку електрообладнання; кабельний журнал; оперативний журнал; журнал обліку робіт за нарядами і розпорядженнями; листки огляду обладнання; журнал несправностей і дефектів електрообладнання; відомості показань контрольно-вимірювальних приладів; відомості профілактичних випробувань, вимірів і контролю стану обладнання; плани-звіти робіт з обслуговування та ремонту.

Всі зміни в електроустановках, виконані в процесі їх експлуатації, повинні своєчасно відображатися на схемах і кресленнях. Оперативна технічна документація повинна періодично перевірятися вищестоящим оперативним або адміністративно-технічним персоналом.

Тема 2. Основні відомості про енергетичне обладнання, що використовують у сільському господарстві

1. Енергетичні ресурси, енергетична установка.
2. Експлуатаційні властивості енергетичного обладнання.

1. Енергетичні ресурси, енергетична установка.

Електротехнічне обладнання — узагальнений термін, що включає в себе велику кількість всяких пристроїв і пристосувань різного призначення і різної функціональності, які, так чи інакше, пов'язані з проведенням, накопиченням і прийомом електроенергії.

До електротехнічного устаткування відносяться: прилади, пристрої і механізми, застосування яких спрямовано на прийом, генерацію, трансформацію, розподіл, передачу та збереження енергії.

Виробничий процес є сукупність взаємозв'язаних основних, допоміжних і обслуговуючих процесів, в результаті яких початкові предмети праці перетворюються на готову продукцію.

До *основних процесів* відносять основні технологічні процеси, які встановлюють порядок і зміст виконуваних операцій по виготовленню продукції. У електроенергетиці — це процеси виробництва, передачі і розподілу енергії.

Допоміжні процеси — це виготовлення інструменту, пристосувань, оснащення, а також ремонт устаткування, будівель і інших засобів праці, постачання паливом, матеріалами і запасними частинами і т.п.

Обслуговуючі процеси — це контроль якості продукції; транспортне, господарське, складське і побутове обслуговування виробництва.

Для здійснення основних і допоміжних процесів створюються відповідні основні і допоміжні цехи.

Устаткування, задіяне в основних технологічних процесах, називається основним.

Наприклад, основне устаткування магістральних і розподільних електричних мереж — це енергетичні комунікації, що включають:

- потужні високовольтні міжсистемні (магістральні) лінії електропередачі (ЛЕП);
- устаткування електричних підстанцій магістральних мереж (трансформатори різної напруги і потужності — від десятків до сотень кВА, високовольтних вимикачів, реакторів, раз'єдинителі і ін.);
- високовольтні і низьковольтні лінії електропередачі розподільних електромереж;
- трансформаторні підстанції (ТП) і розподільні пристрої (РП) розподільних мереж.

Мета експлуатаційного обслуговування енергетичного устаткування полягає в забезпеченні функціонального призначення цього устаткування, тобто в отриманні енергопродукту заданої якості і в забезпеченні максимальної надійності енергопостачання.

Функції експлуатаційного обслуговування енергоустаткування:

- 1) пуск і останов устаткування;
- 2) спостереження за роботою устаткування і його станом;
- 3) регулювання процесу виробництва відповідно до заданого режиму роботи;

4) періодична перевірка засобів захисту і готовності до роботи резервного устаткування;

5) догляд за устаткуванням і ведення технічної документації.

Отже, мета організації експлуатаційного обслуговування устаткування полягає в тому, щоб забезпечити надійну, економічну і безаварійну роботу устаткування.

Для цього необхідно:

- доручити обслуговування устаткування навченому персоналу і періодично підвищувати його кваліфікацію;
- вести постійний контроль роботи устаткування, створити систему технічного обліку, звітності і планування роботи;
- використовувати устаткування в найбільш економічних режимах;
- вести постійний контроль за справним станом працюючого устаткування і своєчасно усувати несправності.

Електротехнічне обладнання, як правило, має чітко визначене функціональне призначення. Тому електротехнічне обладнання класифікується стандартами за рядом ознак, і зокрема:

1) за галузевим призначенням:

- загального призначення;
- спеціального призначення;
- спеціалізованого призначення;
- побутового призначення;
- народногосподарського призначення;
- занурювальне;
- хімічностійке;

2) за ступенем захисту від впливу навколишнього середовища:

- відкрите;
- захищене;
- краплезахищене;
- бризкозахищене;
- водозахищене;
- теплозахищене;
- теплонепроникне;
- закрите;
- герметичне;
- вибухозахищене;
- підвищеної надійності проти вибуху;
- вибухобезпечне;
- особливовибухобезпечне;
- рудникове;

3) залежно від місця знаходження:

- зовнішньої установки для експлуатації поза приміщеннями чи спорудами (на відкритому повітрі);
- внутрішньої установки для експлуатації у приміщеннях, спорудах;

4) за виконанням:

- стаціонарне;
- пересувне;

- переносне;
- наземне;
- бортове;
- для літальних апаратів;
- суднове;
- тягове;
- кранове;

5) за відповідністю мережі живлення:

- однофазне;
- багатофазне.

2. Експлуатаційні властивості енергетичного обладнання.

Експлуатаційні властивості енергетичного обладнання - це ті його об'єктивні особливості або ознаки якості, що характеризують, в якій мірі той чи інший виріб відповідає вимогам експлуатації. Цю відповідність закладають під час розробки і виробництва енергетичного обладнання, а реалізують у процесі його експлуатації. Під час розробки і виробництва енергетичного обладнання закладають його конструктивні, техніко-економічні, енергетичні, агрозоотехнічні, ергономічні властивості та властивості, пов'язані з надійністю енергетичного обладнання. Під час експлуатації енергетичного обладнання ці властивості реалізуються, характеризуючи, в якій мірі енергетичне обладнання відповідає вимогам експлуатації. Класифікація експлуатаційних властивостей енергетичного обладнання наведена на рисунку 2.1.

Виробнича потужність (продуктивність) – це максимально можливий випуск продукції при якнайповнішому і раціональнішому використанні виробничих ресурсів. Це те максимальна кількість продукції або той максимальний об'єм робіт (послуг), які потенційно здатне проводити (виконувати) підприємство, цех, ділянка, робоче місце протягом певного періоду часу (наприклад, години, року).

Виробнича потужність залежить від вживаної технології, рівня технічного оснащення, необхідного матеріально-технічного забезпечення, забезпеченості виробничим і управлінським персоналом.

Виробнича потужність визначається за умови:

- а) повного усунення аварій;
- б) повного використання робочого часу.

Виробнича потужність устаткування – це властивість устаткування, що визначає його корисність.

У енергетиці прийнято розрізняти наступні види енергетичних виробничих потужностей:

- номінальна;
- максимальна;
- мінімальна;
- робоча;
- економічна;
- регульована;
- нерегульована;
- встановлена;



Рисунок 2.1 – Класифікація експлуатаційних властивостей енергетичного обладнання

- експлуатаційна (що розташовується);
- диспетчерська.

Номинальна потужність – потужність, з якою енергетичне устаткування може працювати максимально тривало при максимальному навантаженні споживача. Це найбільша потужність, на яку може бути завантажене устаткування, і при цьому тривало працювати без шкідливих наслідків.

Номинальна потужність відповідає нижній межі максимальної потужності.

Відхилення фактичних умов експлуатації від проектних викликає технологічні обмеження потужності. У зв'язку з цим розрізняється:

- 1) проектна номінальна потужність (паспортна потужність) – це запроектована потужність для проектних умов експлуатації;
- 2) виробнича номінальна потужність – це проектна номінальна, скоректована на фактичні умови експлуатації.

Максимальна потужність (P_{max}) – найбільша короточасна потужність.

Мінімальна потужність (технічний мінімум) (P_{min}) – нижня межа завантаження устаткування, нижче за яке робота або недопустима, або нестійка. Визначає найменше навантаження, з яким устаткування може працювати протягом тривалого періоду часу без порушень.

Робоча потужність (P_p) – потужність, що фактично розвивається в даний момент.

У нормальних експлуатаційних умовах $P_{min} \leq P_p \leq P_n$.

Економічна потужність ($P_{ек}$) – потужність, при якій забезпечується максимальна економічність (максимальний ККД і відповідно мінімальна питома витрата первинної енергії, підведеної до устаткування). Навантаження споживача,

відповідне економічній потужності устаткування називається **економічним навантаженням**.

Регульована потужність – потужність, величину якої можна змінювати за необхідності.

Нерегульована потужність – нижня межа можливої зміни навантаження устаткування в режимі його нормальної експлуатації.

Встановлена потужність ($P_{\text{в}}$) – сума проектних номінальних потужностей встановлених одиниць устаткування однакового призначення, що знаходяться в експлуатації (наприклад, агрегатів).

Експлуатаційна потужність ($P_{\text{расп}}$) – це встановлена потужність за вирахуванням розривів і обмежень потужності:

$$P_{\text{расп}} = P_{\text{в}} - P_{\text{нев}},$$

де $P_{\text{нев}}$ – невикористана потужність, обумовлена розривами і обмеженнями потужності.

Обмеження потужності виникають унаслідок погіршення стану устаткування у зв'язку з його зносом і тому нездатності розвивати колишню, запроектовану потужність, погіршення умов експлуатації устаткування, а також обумовлені потужностями, виведеними в ремонт.

Розриви потужності – це зниження потужності через невідповідності між окремими технологічними елементами. Причинами цих невідповідностей можуть бути:

- конструктивні і технологічні недоліки устаткування;
- недостатня продуктивність механізмів
- невідповідність використовуваного палива тощо.

2. Маневреність.

Маневреність (мобільність) характеризується:

- тривалістю (часом) пуску;
- можливістю зміни потужності;
- часом набору і скидання навантаження (швидкістю зміни навантаження);
- можливістю повторного пуску.

Оцінку експлуатаційних властивостей здійснюють шляхом визначення та порівняння з нормативними значеннями (або ж у подібних виробів) кількісних одиничних чи комплексних показників. Звісно, що одиничний показник дозволяє оцінити одну якусь властивість, а комплексний - групу властивостей.

За фактором часу показники експлуатаційних властивостей поділяють на номінальні, робочі та результуючі. Експлуатація енергетичного обладнання має бути такою, щоб результуючі показники за кожною із властивостей не були гіршими за номінальні.

Номінальні показники вказані виробником енергетичного обладнання значення основних параметрів, що регламентують його властивості і є вихідними для відліку відхилень від цього значення під час випробувань і в експлуатації. Їх вказують в технічній документації і на заводському щитку енергетичного обладнання.

Робочі показники фактичні значення, які спостерігаються в даний момент експлуатації енергетичного обладнання в результаті конкретного сполучення діючих факторів. Вони дають так звану "точкову" оцінку властивостей.

Результуючі показники - середні або середньозважені значення за деякий період експлуатації енергетичного обладнання (сезон, рік або строк служби). Вони дають повнішу уяву про ефективність використання і результативність обслуговування (ремонту) енергетичного обладнання.

Енергетичні характеристики устаткування

Енергетичні характеристики устаткування (енерго-технологічних агрегатів) відображають залежність між споживаним паливом (енергією) і вироблюваною цими агрегатами енергетичною продукцією (електроенергії, пари, гарячої води і ін.).

Для опису енергетичних характеристик представимо енерготехнологічний агрегат у вигляді наступної моделі (рис.2.2), де

$E_{вх}$ - первинна енергія, підведена до агрегату;

$E_{вих}$ - вторинна (корисна) енергія, що отримується на виході;

$E_{втр}$ - втрати енергії.

Тобто на вході і виході – енергія.

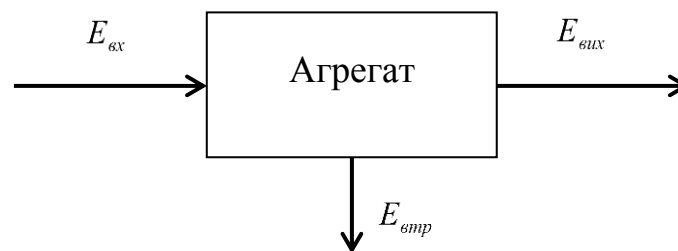


Рисунок 2.2 – Модель енерготехнологічного агрегату

Існує три види енергетичних характеристик:

- абсолютні (витратні);
- відносні;
- диференціальні.

Абсолютні (витратні) характеристики відображають залежність між кількістю енергії, що підводиться до агрегату (первинною), і отримуваною від нього (вторинною):

$$E_{вх} = f(E_{вих}).$$

Це інтегральні характеристики. Використовуються для визначення абсолютних значень витрати первинної енергії (палива) і необхідної виробничої потужності (наприклад, для перевірки відповідності виробничій потужності казана і турбіни).

Витратні характеристики будуються на основі енергетичних балансів устаткування:

$$E_{вх} = E_{вих} + E_{втр}.$$

Складаються для сталого режиму і характерних умов експлуатації устаткування.

Відносні характеристики характеризують економічність роботи устаткування. До них відносяться:

- питома витрата первинної енергії (наприклад, питома витрата палива, питома витрата теплоти):

$$\frac{E_{\text{вх}}}{E_{\text{вих}}} = f(E_{\text{вих}})$$

Використовується для розрахунку первинної енергії при заданих навантаженнях;

- коефіцієнт корисної дії (ККД):

$$\eta = \frac{\text{Корисна енергія}}{\text{Підведена енергія}} = \frac{E_{\text{вих}}}{E_{\text{вх}}} = f(E_{\text{вих}})$$

ККД – безрозмірний показник. Зазвичай виражається у відсотках.

Диференціальні характеристики відображають зміну витрати первинної енергії при зміні вторинної енергії на одиницю. До них відносять характеристики відносних приростів витрати первинної енергії:

$$\frac{\partial E_{\text{вх}}}{\partial E_{\text{вих}}} = f(E_{\text{вих}})$$

Наприклад, відносний приріст витрати палива є показником економічності процесу перетворення палива в електроенергію і показує, на скільки зміниться витрата палива при зміні електричного навантаження на 1 кВт.

Диференціальні характеристики застосовують для визначення оптимальних режимів роботи устаткування (агрегатів). Наприклад, при зростанні навантаження спільно (паралельно) працюючих агрегатів станції в першу чергу повинен навантажуватися той з них, у якого менший відносний приріст витрати первинної енергії.

Першорядне значення мають витратні енергетичні характеристики устаткування. За ними складаються відносні і диференціальні характеристики устаткування.

Тема 3. Умови виробничої експлуатації енергообладнання

1. Умови електропостачання.
2. Умови використання
3. Умови обслуговування

Під умовами експлуатації розуміють сукупність значень зовнішніх факторів, які під час експлуатації виробу чи пристрою можуть на нього впливати. Існують умови електропостачання, використання, навколишнього середовища, обслуговування.

1. Умови електропостачання

Умови електропостачання технологічних процесів сільськогосподарського виробництва, де використовується електрообладнання, характеризуються такими особливостями:

- в сільських розподільних мережах електропостачання застосовуються переважно розгалужені довгі повітряні лінії електропередавання;
- у сільській місцевості існує велика кількість відносно невеликих, різних за потужністю і навантаженням, віддалених одне від одного на значні відстані електрифікованих технологічних установок;
- електрообладнання має переважно нерівномірний графік навантаження (наявність вечірніх і ранкових піків навантаження);
- у сільській місцевості існує велика кількість однофазних електроприймачів, збільшується кількість напівпровідникової техніки.

Ці особливості суттєво впливають на якість та надійність електропостачання, що в свою чергу впливає на ефективність експлуатації електрообладнання.

2. Умови використання

Умови використання енергетичного обладнання АПК обумовлюються, насамперед, режимами його роботи.

Режими роботи виробу чи пристрою поєднують у собі умови його роботи за визначений проміжок часу з урахуванням їхньої тривалості, послідовності, а також значень та характеру навантаження.

Режими роботи електрообладнання за значеннями їхніх параметрів розподіляються на усталений, перехідний, номінальний, нормальний, аномальний, аварійний.

Усталений режим роботи виробу чи пристрою характерний тим, що значення всіх параметрів режиму залишаються практично незмінними або ж періодично змінюються.

Перехідний режим роботи виробу чи пристрою - режим переходу від одного усталеного режиму до іншого.

Номінальний режим роботи виробу чи пристрою характерний тим, що значення кожного із параметрів відповідає номінальному.

Нормальний режим роботи виробу чи пристрою як характерну ознаку має відповідність усіх параметрів робочим значенням.

Аномальний режим роботи виробу чи пристрою, коли значення хоча б одного із параметрів режиму виходить за межі найбільшого або найменшого значення.

Аварійний режим роботи виробу чи пристрою - режим роботи за умови виникнення аварії. Наприклад, аварійний режим електротехнічного виробу чи пристрою пов'язаний із такими значеннями відхилення напруги (струму), що за достатньої тривалості роботи це загрожує пошкодженням або руйнуванням виробу (пристрою).

В залежності від навантаження режими роботи електротехнічного виробу (пристрою) розподіляються на:

- режим неробочого ходу (без навантаження);
- режим короткого замикання, коли електричний опір навантаження дорівнює нулю або ж якщо виріб з'єднаний із джерелом живлення і знаходиться у загальмованому чи заклиненому стані (для прикладу, заклинений асинхронний двигун);
- режим навантаження електротехнічного виробу (пристрою) характерний тим, що він віддає енергію зовнішньому об'єкту.

Розрізняють режими і в залежності від тривалості роботи пристрою:

- тривалий;
- короткочасний;
- переривчасто-тривалий;
- повторно-короткочасний.

Детальніше режими та умови роботи встановлені **стандартами** для електричних машин, де виділені вісім типових режимів, яким властиві певні типи навантаження і відповідно характер зміни електричних втрат та температури:

- S_1 - тривалий;
- S_2 - короткочасний;
- S_3 - повторно-короткочасний;
- S_4 - режим повторно-короткочасного навантаження, включно з пуском;
- S_5 - повторно-короткочасний з частими пусками та електричним гальмуванням;
- S_6 - почерговий;
- S_7 - почерговий з частими реверсами;
- S_8 - почерговий зі змінами частоти обертання.

Часовий режим використання електрообладнання АПК характеризується тривалістю його знаходження під навантаженням і в технологічних паузах, а також зміною періодів роботи і пауз. Важливий показник цього режиму - число годин використання електрообладнання за добу. Часовий режим використання електрообладнання в умовах сільського господарства має свої специфічні особливості, що визначаються технологією виробництва продукції і організацією

праці. За добу режим роботи електрообладнання цілком визначається характером технологічного процесу, який виконується робочою машиною.

Розглянемо детальніше декілька розповсюджених режимів роботи електродвигунів в технологічних процесах сільськогосподарського виробництва: S_1 - тривалий; S_2 - короткочасний; S_3 - повторно-короткочасний.

S_1 (див. рисунок 3.1, а) характеризується тим, що тривалість роботи машини в технологічному процесі t_p достатня для досягнення практично сталої температури $Q_{\max}$ всіх частин електродвигуна за незмінного навантаження (за годину температура змінюється не більше ніж на 2 К). Тривалість режиму S_1 понад одну годину (вентилятори, насоси, станки тощо).

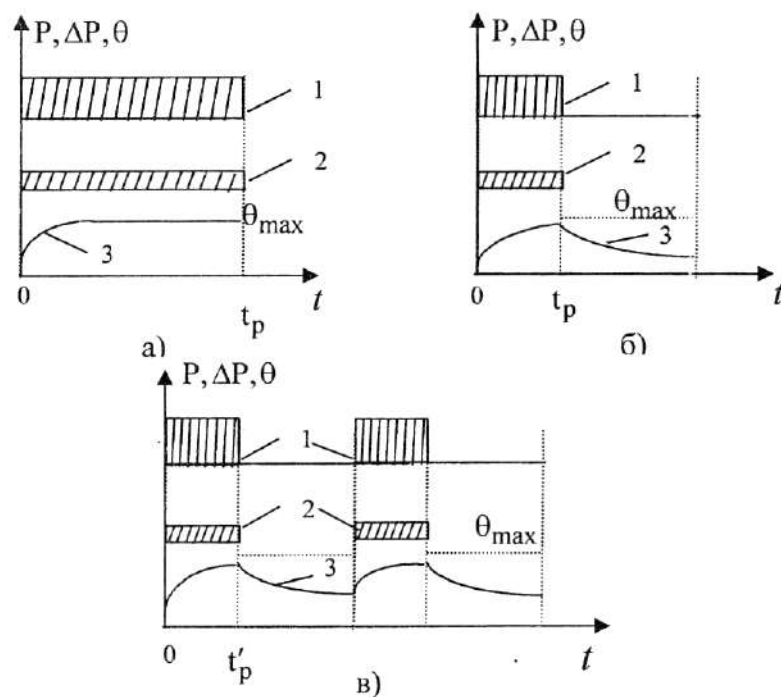


Рисунок 3.1 – Характерні режими роботи електродвигунів: а) тривалий S_1 ; б) короткочасний S_2 ; в) повторно-короткочасний S_3 , де 1 - активна потужність (P); 2 - втрати активної потужності (ΔP); 3 - температура (θ).

S_2 - за незмінного навантаження (див. рисунок 3.1, б) після періоду роботи, як правило, не більш однієї години, двигун вимикається на тривалий час. При цьому тривалість роботи технологічної машини недостатня для досягнення сталої температури електродвигуна, а під час технологічних пауз він встигає охолонути до температури навколишнього середовища (роздавачі кормів, транспортери для збирання гною тощо).

S_3 - якщо за технологічним процесом необхідно почергове вмикання та вимикання електродвигуна і при цьому тривалість циклу "робота - пауза" не перевищує 10 хвилин. Режим характеризується ідентичними циклами навантаження (див. рисунок 3.1, в).

За цикл електродвигун не встигає нагрітися до сталої температури, а за час паузи - охолонути до температури навколишнього середовища, при цьому

наявність пускового струму суттєво не впливає на нагрів (безбашенна водокачка, кран-балка тощо).

Однією з головних причин досягнення граничного стану ізоляції обмоток електродвигунів є її тепловий знос. Тому у разі наукового обґрунтування рекомендацій з періодичності проведення поточних ремонтів враховують тривалість роботи електродвигунів за добу.

Особливість використання деяких електродвигунів в технологічних процесах сільськогосподарського виробництва - нестабільність завантаження, що зумовлена нерівномірним подаванням матеріалів в них, різними властивостями продукції, що обробляється, використанням нетрадиційних кормів тощо. Ці фактори визначають у багатьох випадках низьку середню завантаженість електродвигунів за великої ймовірності короточасних змінних навантажень. Електродвигуни вентиляторів, калориферів, сушарок та інших машин мають постійне навантаження; електродвигуни млинів, подрібнювачів - змінне. Ці особливості режимів роботи електродвигунів зумовлюють відносно низьке навантаження їх за потужністю, а також висувають окремі вимоги до захисту електродвигунів від перевантаження в аварійних режимах.

Суттєва особливість використання багатьох енергетичних установок АПК - сезонність їхньої роботи. Це вимагає додаткових заходів із зберігання, консервації та розконсервації енергетичного обладнання (якщо енергетичне обладнання не використовується за призначенням понад двох місяців).

Питання збереження енергетичного обладнання регламентовані стандартами, де визначаються 9 груп умов зберігання. Для кожної із груп умов зберігання визначені кліматичні фактори у сховищах (місці зберігання).

Таблиця 3.1- Класифікація умов зберігання електрообладнання

Позначення	Текстове позначення групи (місце зберігання)
цифрове	
1	Опалюване сховище
2	Неопалюване сховище у районах з помірним та холодним кліматом
3	Неопалюване сховище
4	Навіси у макрокліматичних районах з помірним та холодним кліматом; умовно чиста атмосфера
5	Навіси
6	Навіси
7	Відкриті площадки у макрокліматичних районах з помірним і холодним кліматом; умовно чиста атмосфера;
8	Відкриті площадки у районах з помірним і холодним кліматом
9	Відкриті площадки

3. Умови обслуговування

Особливості обслуговування енергетичного обладнання АПК впливають на ефективність його технічної експлуатації.

Значний типорозмір енергетичного обладнання та його широка номенклатура вимагає наявності в службі технічної експлуатації відповідно широкої номенклатури резервного обладнання, запасних частин, технічних засобів, витратних матеріалів для технічного обслуговування та ремонту енергетичного обладнання, що за умов сільського господарства не завжди вдається забезпечити.

Внаслідок значних відстаней між енергетичним обладнанням при визначенні необхідної кількості обслуговуючого персоналу слід враховувати час на його переїзди та переходи до об'єктів обслуговування, який може збільшуватися внаслідок недостатньої якості транспортних зв'язків між об'єктами обслуговування. Тому не завжди вчасно на підприємствах АПК усуваються відмови енергетичного обладнання. Крім того, рівень кваліфікації обслуговуючого персоналу в сільській місцевості залишається не досить високим.

Тема 4. Основи раціонального вибору та використання енергетичного обладнання

1. Принципи обмеження та оптимізації під час вибору обладнання.
2. Вибір за кліматичним виконанням та категорією розміщення обладнання.
3. Вибір за напругою, потужністю і струмом.

1. Принципи обмеження та оптимізації під час вибору обладнання.

Ускладнює правильність вибору енергетичного обладнання невизначеність вихідної інформації ще на стадії проектування, бо не вдається точно визначити умови експлуатації обладнання:

- умови навколишнього середовища, де буде знаходитися обладнання;
- можлива невідповідність між розрахунковим і фактичним режимом роботи;
- можливе погіршення експлуатаційних властивостей обладнання і технологічних об'єктів, де воно використовується тощо.

Тому в експлуатації виникають завдання перевірки вибору енергетичного обладнання з урахуванням конкретних і уточнених даних про умови його експлуатації (визначення фактичних даних про надійність роботи енергосистеми, режим роботи обладнання та інші умови експлуатації і порівняння цих даних з параметрами обладнання).

Принципи обмеження та оптимізації під час вибору енергетичного обладнання

Під час вибору енергетичного обладнання використовують два основних принципи - принцип обмеження та принцип оптимізації.

Принцип обмеження полягає в тому, що енергетичне обладнання вважається придатним, якщо значення його параметрів більші або дорівнюють (для деяких параметрів - менші або дорівнюють) значенням відповідних факторів, наявним в експлуатації.

На підприємствах АПК, як правило, застосовують трифазний змінний струм напругою 380/220 В. Усі електроприймачі вибирають за умови рівності їхньої номінальної напруги та номінальної напруги мережі. В окремих випадках для полегшення пуску електродвигуна схему обмоток перемикають з зірки на трикутник, і для цього вибирають двигун з $U_n = 660/380$ В.

Електродвигуни вибирають за умовою відповідності його номінальної потужності і потужності, що споживається робочою машиною. При цьому необхідно враховувати характер діаграми навантаження електропривода. Вибір двигуна здійснюють:

- за тривалим незмінним навантаженням — за фактичною споживаною потужністю;
- за мало змінним навантаженням (при коефіцієнті варіації менше 20%) - за середньою споживаною потужністю;
- за змінним навантаженням - за розрахунковою еквівалентною споживаною потужністю (це постійна потужність, еквівалентна фактичній змінній за нагрівом двигуна). Цій умові відповідає середньоквадратична потужність.

Знаючи розрахункову потужність машини (фактичну, середню або середньоквадратичну), за каталогом вибирають електродвигун найближчої до розрахункової стандартної потужності.

Електронагрівні установки також вибирають за потужністю. Потрібну потужність визначають з рівняння теплового балансу приміщення або технологічного процесу.

В загальному випадку умова вибору електродвигунів і електронагрівних установок за потужністю має вигляд:

$$P_n \geq P_p, \quad (1)$$

де P_n , P_p - відповідно номінальна та розрахункова потужність двигуна (або електронагрівної установки).

Рубильники, автоматичні вимикачі, магнітні пускачі вибирають за струмом головних контактів за умовою

$$I_{ni} \geq I_{роб},$$

де I_{ni} , $I_{роб}$ - відповідно номінальний струм і-го апарата та робочий струм кола комутації.

Апарати вибирають також за струмом приладів захисту за умовою

$$I_{нзи} \geq K_i \cdot I_{роб},$$

де $I_{нзи}$ - номінальний струм і-го приладу захисту;

K_i - відношення номінального струму плавкої вставки або уставки захисту до робочого струму кола, що захищається, яке визначають за довідковими даними залежно від виду і складу електроприймачів.

Принцип оптимізації заснований на дослідженні декількох варіантів можливих рішень і виборі такого енергетичного обладнання, що забезпечить найкращий результат. При цьому критеріями оптимальності є і технічні, і економічні характеристики (які й використовуються як кінцевий критерій доцільності прийнятого рішення). Для того, щоб знайти оптимальний варіант в процесі вибору серед рівних за технічними можливостями рішеннями, використовуються лише економічні критерії.

Застосування економічних критеріїв дає можливість отримати узагальнену і порівняльну оцінку енергетичного обладнання. Наприклад, енергетичне обладнання з підвищеним коефіцієнтом корисної дії дорожче, але у разі його застосування вдається знизити втрати енергії, що забезпечує економічні прибутки. Вартісні показники дозволяють порівняти ці конкуруючі ефекти і знайти оптимальне рішення. Вони застосовуються також для обґрунтування оптимальної періодичності технічного обслуговування (ремонт), навантаження енергетичного обладнання, для розрахунку резервного фонду і вирішення інших експлуатаційних завдань.

Узагальнена умова вибору, зокрема, виконання енергетичного обладнання (на прикладі вибору виконання електродвигуна) за економічним критерієм:

$$\frac{K_2 - K_1}{K_1} \leq \frac{\rho \cdot \lambda_1 \cdot (1 + y_*)}{E}, \quad (4)$$

де K_1 , K_2 - відповідно, вартість електродвигуна загального призначення і сільськогосподарського призначення ($K_2 > K_1$ внаслідок виконання, що забезпечує більшу надійність електродвигуна);

λ_1 - інтенсивність відмов першого електродвигуна;

ρ - значення зниження інтенсивності відмов у разі застосування другого електродвигуна;

$y^* = U/K_p$ - відносні технологічні збитки, що відповідають одній відмові електродвигуна;

U - вартісна оцінка технологічних збитків у разі відмови електродвигуна;

K_p - вартість капітального ремонту електродвигуна, в результаті чого зупиняється технологічний процес;

E - сумарний коефіцієнт нормативних і реноваційних відрахувань.

Розрахунки за виразом (4) показали, що економічно виправдане застосування електродвигунів сільськогосподарського виконання (вартість яких на 15-20 % вища вартості електродвигунів загального виконання) на відповідальних робочих машинах з $y^* > 1,0$. На об'єктах з малими технологічними збитками їх доцільно застосовувати лише за значної інтенсивності відмов обладнання ($\lambda_1 \geq 0,1$), при цьому понад 30 % відмов припадає на відмови внаслідок зволоження ізоляції.

Економічний критерій дозволяє точно визначити доцільний діапазон навантаження для кожного типорозміру енергетичного обладнання. Ці діапазони називають економічними інтервалами навантаження. Їх визначають шляхом дослідження системи рівнини, приведених витрат, що були складені для кожного типорозміру енергетичного обладнання з врахуванням очікуваних умов експлуатації.

Умова вибору за економічними інтервалами навантаження має вигляд:

$$P_{\min} < P_p \leq P_{\max},$$

де $P_{\min}$ $P_{\max}$ - відповідно нижня і верхня границі інтервалів навантаження електродвигуна (трансформатора, ділянки лінії електропередачі тощо);

P_p - розрахункове навантаження.

Метод визначення економічних інтервалів навантаження оснований на порівнянні приведених витрат на одиницю наробітку суміжних за потужністю електродвигунів (трансформаторів, проводів тощо) зі всієї шкали їх типорозмірів. Абсолютні границі економічних інтервалів навантаження визначають точками перехрестя кривих приведених витрат (див. рисунок 1), тобто на економічному інтервалі навантажень даний електродвигун має серед усіх типорозмірів найменше значення приведених витрат. Так на інтервалі ab найменші витрати має електродвигун потужністю 2,2 кВт, на інтервалі bc - 3,0 кВт і т.ін..

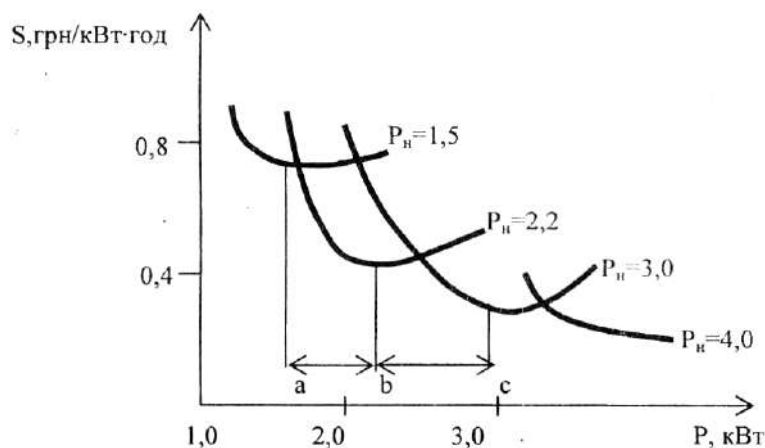


Рисунок 4.1 - Графіки для визначення економічних інтервалів навантаження електродвигунів

В нормативних документах (зокрема, в керівних матеріалах з проектування електропостачання сільського господарства) наведені також графіки для визначення економічних інтервалів навантажень силових трансформаторів. За допомогою економічних інтервалів навантажень вибирають марки проводів для повітряних ліній електропередавання. Наприклад, приблизні інтервали для чотирипровідних повітряних ліній 0,38 кВ мають такі значення: провід А 25 - 10...15 кВА; А 35 - 15...21 кВА; А 50 - 21...30 кВ Л.

Вибір за кліматичним виконанням та категорією розміщення обладнання-експлуатаційна (що розташовується);

Раціональний вибір енергетичного обладнання - це, насамперед, вибір енергетичного обладнання за умовою відповідності його кліматичного виконання та виконання за категорією розміщення тим умовам навколишнього середовища, в яких воно буде експлуатуватися.

Нормативні документи регламентують кліматичне виконання технічних виробів та категорії розміщення виробів залежно від умов навколишнього середовища. Дія цих документів розповсюджується на проектування і виготовлення виробів, які мають бути призначені для експлуатації, зберігання і транспортування в діапазоні від верхнього до нижнього значення кліматичних факторів, встановлених ними.

Види кліматичних факторів та їхні номінальні значення для конкретних видів або груп виробів в залежності від умов їхньої експлуатації встановлюються відповідними технічними завданнями, стандартами і технічними умовами. Стандарт також встановлює для кожного із макрокліматичних районів значення граничних температур.

3. Вибір за напругою, потужністю і струмом

Крім захисту електрообладнання від факторів зовнішнього середовища, велике значення для надійної та економічної роботи його має **вибір за потужністю або струмом**. Занижена потужність електродвигуна знижує продуктивність приводного механізму, створює умови для передчасного виходу його з ладу. Застосування електродвигуна з завищеною потужністю здорожує установку. Потужність електродвигуна повинна бути рівна потужності, необхідна для приводу робочої машини. Вирішальне значення при цьому має характер навантаження робочої машини.

При тривалому незмінному навантаженні вибір електродвигуна здійснюють за фактичною споживаною потужністю; при мало змінному в часі навантаженні, що має коефіцієнт варіації менше 20%, вибирають за середньої потужності; при змінному навантаженні - за розрахунковою еквівалентної потужності (середньоквадратичної). Знаючи розрахункову потужність приводної машини, за каталогом вибирають електродвигун, що має найближче більше значення потужності по умові

$$P > P''.$$

Електричні апарати (магнітні пускачі, автоматичні вимикачі, рубильники) вибирають по струму головних контактів

$$I_{\text{ном}} \geq I_{\text{роб}}$$

де $I_{\text{ном}}$ - номінальний струм і-го апарату; $I_{\text{роб}}$ - робочий струм комутаційного ланцюга.

Крім цього, апарати вибирають за струмом пристрою захисту

$$I_{кз} \geq k_1 I_{роб}$$

де k_1 - відношення номінального струму плавкої вставки або вставки захисту і-го устрою до робочого струму, захищеного ланцюгом.

Електронагрівальні установки вибирають з умови, щоб їх потужність не була менше розрахункової, визначеної з рівняння теплового балансу приміщень або технологічного процесу.

Вибір по напрузі. У сільському господарстві, як правило, застосовують напругу 380/220 В, тому всі електроприймачі повинні вибиратися на цю напругу. Для окремих великих електродвигунів у разі використання схеми перемикачів з зірки на трикутник для полегшення умов пуску може застосовуватися напруга 660/380 В.

Вибір типу захисту. В процесі експлуатації сільськогосподарських електроустановок виникають аварійні режими. Основні з них - короткі замикання, технологічні перевантаження, неповнофазні режими, заклинювання ротора електричної машини.

Під коротким замиканням розуміється режим, коли струм перевантаження перевищує номінальний в кілька разів. Перевантажувальний режим характеризується перевищенням струму в 1,5 ... 1,8 рази. Технологічні перевантаження призводять до збільшення температури обмоток електродвигуна вище допустимої, поступового руйнування її та виходу з ладу.

Неповнофазний режим (втрата фази) виникає у разі перегорання запобіжника в фазі, обриву проводу, порушення контакту. При цьому відбувається перерозподіл струмів, по обмотках електродвигуна починають протікати підвищені струми, не виключається зупинка механізму і вихід електричної машини з ладу. Найбільш чутливі до неповнофазного режиму електродвигуни малої та середньої потужності, тобто ті які найбільш часто використовуються в сільському господарстві.

Заклинювання ротора електричної машини може виникнути при руйнуванні підшипника, заклинюванні робочої машини. Це найбільш важкий режим. Швидкість наростання температури обмотки статора досягає 7 ... 10 ° С в секунду, через 10 ... 15 сек. температура двигуна виходить за допустимі межі. Найбільш небезпечний такий для двигунів малої і середньої потужності.

До 15% відмов відбувається через обрив фаз і виникнення неприпустимої несиметрії напруг. Для захисту електрообладнання в сільському господарстві від аварійних режимів серійно випускаються автоматичні вимикачі, запобіжники, теплові реле, пристрої вбудованої температурного захисту, фазочуттєві захисти та інші апарати. При виборі типу захисту враховуються конкретні умови експлуатації, швидкодія, надійність, зручність експлуатації, економічні показники. В електроустановках до 1000 В захист від коротких замикань зазвичай здійснюється плавкими запобіжниками або електромагнітними розчіплювачами максимального струму, вбудованими в автоматичні вимикачі. Крім цього, захист від коротких замикань електродвигунів може здійснюватися струмовим реле, включених в одну з фаз статора безпосередньо або через трансформатор струму і реле часу. Захист від перевантажень поділяють на два типи: *захист прямої дії*, що реагує на перевищення струму, і *захист побічної дії*, що реагує на перевищення температури. Найбільш поширеним типом струмового захисту, використовуваної

в сільському господарстві для захисту електродвигунів від перевантажень (у тому числі і від заклинювання), є теплові реле. Вони випускаються серії ТРН, ТРП, РТТ, РТЛ. Трифазні теплові реле РТТ і РТЛ захищають також від обриву фази.

Фазочуттєвий захист (ФУЗ) захищає від обриву фази, заклинювання механізму, коротких замикань, зниженого опору ізоляції електродвигуна.

Захист від перевантажень і заклинювання механізму може здійснюватися також за допомогою спеціальних запобіжних муфт. Зазначений тип захисту в сільському господарстві використовується на пресовому обладнанні. Для захисту від обриву фаз серійно випускаються реле обриву фаз типу Е-511, ЕЛ-8, ЕЛ-10.

До захисту побічної дії належить вбудована температурний захист УВТЗ, що реагує не на значення струму, а на температуру обмотки електродвигуна, незалежно від причини, що визвала нагрів.

Порядок вибору типу захисту для сільськогосподарських електроустановок регламентований «Методикою вибору елементів пуско-регулюючої і захисної апаратури електроприводів сільськогосподарських машин (РТМ 105/23/46/70/16-0-164)».

При виборі типу захисту необхідно керуватися наступними положеннями: найбільш відповідальні електроприймачі, відмова в роботі яких може привести до великого збитку, піддані систематичного забруднення (розміщення на млинах, елеваторах, комбикормових заводах), або працюють в умовах підвищеної температури (котельні, сушарки), а також зрізкозмінним навантаженням (дробарки, пилорами, подрібнювачі кормів) доцільно захищати вбудованим температурним захистом і автоматичними вимикачами або запобіжниками.

Захист малопотужних електродвигунів (до 1,1 кВт), що працюють у тваринництві та птахівництві, в підсобних підприємствах і на установках, що обслуговуються висококваліфікованим персоналом, може здійснюватися тепловими реле і запобіжниками. Захист електродвигунів середньої потужності (більше 1,1 кВт), що працюють у тваринництві, птахівництві, теплицях, кормоцехах, або установок, що працюють без обслуговуючого персоналу, рекомендується захищати фазочуттєвими пристроями.

Зазначені рекомендації ґрунтуються на результатах аналізу роботи апаратів захисту в умовах аварійних режимів. При цьому встановлені такі особливості функціонування захисних споруд.

При невеликих перевантаженнях і тривалих режимах роботи надійно працюють теплові реле, ФУЗ, УВТЗ. Вибір кращого апарату в цьому випадку необхідно проводити з урахуванням економічних показників. При змінних навантаженнях з періодом коливань навантаження, порівнянним з постійною нагріву двигуна, теплові реле діють ненадійно і слід застосовувати УВТЗ або ФУЗ. При випадкових навантаженнях більшою надійністю володіють захисні пристрої, що діють у функції температури, а не струму.

При включенні електропривода в неповнофазному мережу по його обмотках проходить струм, близький до пускового, і захисні апарати спрацьовують надійно. Але якщо обрив фази стався після включення електродвигуна, то сила струму залежить від напруги. Теплові реле в цьому випадку мають значну зону нечутливості і краще застосовувати ФУЗ і УВТЗ. При затяжних пусках застосування теплових реле небажано. Якщо пуск здійснюється при зниженій напрузі, теплове реле може помилково відключити електродвигун.

При заклинюванні ротора електродвигуна або робочої машини струм у його обмотках в 5 ... 6 разів перевищує номінальний. Теплові реле в цій ситуації повинні протягом 1 ... 2 сек відключити електродвигун. Однак температурний захист при перевантаженнях по струму в 1,6 рази і вище має велику динамічну похибку, тому електродвигун може бути не відключений, виникне неприпустимий перегрів обмоток і різке скорочення терміну служби електричної машини. Теплові реле і УВТЗ при великих перевантаженнях працюють з низькою ефективністю. Краще в таких ситуаціях використовувати ФУЗ.

При застосуванні сучасних теплових реле РТТ і РТЛ частота відмов електрообладнання значно нижче, ніж при використанні реле типу ТРН, ТРП і в ряді випадків порівнянна з частотою відмов при установці УВТЗ.

Область застосування різних пристроїв захисту залежить від числа виходів електрообладнання з ладу, розмірів технологічного збитку при відключенні, витрат на придбання апаратури захисту. Для вибору кращого варіанта необхідно техніко-економічне порівняння.

Тема 5. Основні положення теорії надійності

1. Показники надійності.
2. Розрахунки і аналіз надійності енергетичного обладнання
3. Дефекти, пошкодження, відмови.

1. Показники надійності.

Теорія надійності розглядає закономірності відмов технічних об'єктів (виробів чи пристроїв) у процесі їхньої експлуатації, питання аналізу і розрахунку надійності.

Для вирішення задач з підвищення експлуатаційної надійності енергетичного обладнання необхідно враховувати зв'язок теорії надійності з теорією ймовірностей та математичною статистикою.

Теорія ймовірностей встановлює закономірності для масових випадкових подій, що повторюються під час чисельних випробувань.

Математична статистика – наука, яка розробляє методи отримання, опису та обробки дослідних даних з метою вивчення закономірностей масових випадкових подій.

Надійність – властивість об'єкта зберігати у часі і встановлених межах значення всіх параметрів, які характеризують здатність виконувати потрібні функції в заданих режимах та умовах застосування, технічного обслуговування, зберігання та транспортування.

На практиці розрізняють конструктивну, виробничу та експлуатаційну надійність. Перша з них характеризує властивості виробу, закладені під час його проектування; друга - під час виробництва та монтажу; третя характеризує властивості виробу під час його експлуатації.

Конструктивна надійність енергетичного обладнання зумовлена: надійністю елементів; застосуванням елементів, що відповідають умовам експлуатації; прийнятими під час проектування схемними і конструктивними рішеннями.

Виробнича надійність обумовлюється якістю виробництва і монтажу технічних об'єктів.

Експлуатаційна надійність енергетичного обладнання зумовлена умовами та якістю експлуатації.

Для кількісної характеристики надійності існують одиничні, комплексні, розрахункові, експериментальні показники експлуатаційної надійності.

Одиничний показник надійності - якщо показник відноситься до однієї з властивостей об'єкта, що характеризують надійність, якщо до декількох - **комплексний показник**.

Одиничні показники:

• *розрахункові (характеризують властивість об'єкта — безвідмовність):*

- ймовірність безвідмовної роботи;
- інтенсивність відмов;
- середній наробіток до відмови;
- середній наробіток між відмовами;
- параметр потоку відмов

• *експериментальні (характеризують властивість об'єкта - довговічність):*

- термін служби;

- ресурс;

• *експлуатаційні* (характеризують властивості об'єкта -

збережуваність, ремонтпридатність, ремонтвність):

- ймовірність відновлення;

- інтенсивність відновлення;

- середня тривалість відновлення;

- середній термін збережуваності;

- середній час активного ремонту;

- середня оперативна тривалість непланового ремонту;

- середня тривалість затримки з організаційних причин;

- середня тривалість затримки через незабезпеченість матеріальними ресурсами;

- повнота виявлення несправності;

- повнота ремонту.

Комплексні показники:

- коефіцієнт готовності;

- коефіцієнт неготовності;

- коефіцієнт технічного використання;

- коефіцієнт оперативної готовності;

- коефіцієнт збереження ефективності.

Крім того можна виділити показники надійності, що містять часові поняття (одиниці вимірювання - година, рік):

- наробіток до відмови;

- термін служби

- термін збережуваності;

- ресурс.

Безвідмовність - властивість об'єкта виконувати потрібні функції за певних умов протягом заданого інтервалу часу чи наробітку.

Ймовірність безвідмовної роботи ($R(t_1, t_2)$) — ймовірність того, що протягом заданого наробітку відмова об'єкта не виникне.

Інтенсивність відмов ($\lambda(t)$) - умовна густина ймовірності виникнення відмов об'єкта, яка визначається за умови, що до цього моменту відмова не виникла.

Середній наробіток до відмови - математичне сподівання наробітку об'єкта до першої відмови.

Середній наробіток між відмовами (MTBF) - відношення сумарного наробітку відновлюваного об'єкта до математичного сподівання його відмов протягом цього наробітку.

Параметр потоку відмов ($Z(t)$) - відношення математичного сподівання кількості відмов відновлюваного об'єкта за досить малий його наробіток до значення цього наробітку.

Якщо ставиться задача оцінити надійність об'єкта, зокрема енергетичного обладнання, протягом визначеного часу (сезону), то основним показником доцільно вибрати ймовірність безвідмовної роботи. Для енергетичного обладнання, відмова якого має наслідок - великі технологічні збитки навіть при

короткочасному порушенні їхньої працездатності, на першому місці серед показників надійності стоять інтенсивність відмов та параметр потоку відмов енергетичного обладнання. Коли ефективність експлуатації залежить насамперед від тривалості роботи, тоді основним показником служить середній наробіток до відмови.

Довговічність - властивість об'єкта виконувати потрібні функції до переходу у граничний стан за встановленої системи технічного обслуговування та ремонту.

Термін служби - календарна тривалість експлуатації, протягом якої об'єкт не досягне граничного стану.

Ресурс - сумарний наробіток, протягом якого об'єкт не досягне граничного стану.

У зв'язку із широкими масштабами застосування енергетичного обладнання в технологічних процесах сільськогосподарського виробництва підвищення його довговічності набуває важливого значення і залежить від правильного вибору його номенклатури, числа і розміщення резервних (запасних) елементів, раціональної організації оперативного та планового обслуговування енергетичного обладнання.

Ремонтопридатність - властивість об'єкта бути пристосованим до підтримання та відновлення стану, в якому він здатний виконувати потрібні функції за допомогою технічного обслуговування та ремонту.

Ймовірність відновлення ($M(t)$) - ймовірність того, що час відновлення працездатного стану об'єкта не перевищить заданого значення.

Інтенсивність відновлення - умовна густина ймовірності відновлення працездатності об'єкта, визначена для певного моменту часу, за умови, що до цього моменту відновлений не завершилося.

Середня тривалість відновлення - математичне сподівання часу відновлення працездатного стану об'єкта після відмови. Для технологічних процесів сільськогосподарського виробництва, де використовується енергетичне обладнання, дуже часто велику небезпеку являє не сам факт його відмови, а тривалість відновлення працездатності енергетичного обладнання, тобто тривалість простою технологічного обладнання. Якщо простій технологічного обладнання перевищить деякий допустимий час, то порушення технологічного процесу призведе до псування продукції, загибелі тварин (рослин) та інших небажаних наслідків. Ремонтопридатність енергетичного обладнання значною мірою характеризує якість його розробки і виготовлення. А рівень експлуатації, тобто кваліфікацію персоналу, рівень матеріально-технічного забезпечення служби технічної експлуатації, раціональність організації технічної експлуатації характеризують показники **ремонтності** (середній час активного ремонту, середня оперативна тривалість непланового ремонту, середня тривалість затримки з організаційних причин, середня тривалість затримки через незабезпеченість матеріальними ресурсами, повнота виявлення несправності, повнота ремонту).

Середній час активного ремонту - математичне сподівання тривалості активного ремонту (це такий ремонт, що є частиною непланового ремонту, яка складається з операцій, що їх виконують на об'єкті вручну).

Середня оперативна тривалість непланового ремонту - математичне сподівання оперативної тривалості непланового ремонту.

Середня тривалість затримки з організаційних причин - математичне сподівання часу затримки з організаційних причин.

Середня тривалість затримки через незабезпеченість матеріальними ресурсами - математичне сподівання часу затримки через незабезпеченість матеріальними ресурсами.

Повнота виявлення несправності - відсоток несправностей об'єкта, які можуть бути виявлені за певних умов.

Повнота ремонту - відсоток несправностей об'єкта, які можуть бути успішно усунені.

Електротехнічний персонал за рахунок підвищення кваліфікації, зміцнення ремонтно-обслуговуючої бази і правильної організації технічної експлуатації має скорочувати час простою енергетичного обладнання під час ремонту, підвищуючи ефективність електрифікованих технологічних процесів сільськогосподарського виробництва.

Збережуваність - властивість об'єкта зберігати в заданих межах значення параметрів, що характеризують здатність об'єкта виконувати погірбні функції під час і після зберігання та (чи)транспортування.

Середній термін збережуваності - математичне сподівання строку збережуваності.

У сільському господарстві велика частина енергетичного обладнання використовується протягом року від 2 до 6 місяців. Для такого енергетичного обладнання збережуваність має першорядне значення. Це має враховуватися насамперед на стадії його проектування. Під час експлуатації необхідно організовувати належне зберігання не використовованого енергетичного обладнання відповідно до вимог нормативних документів, вимог заводу-виробника.

Комплексні показники надійності - коефіцієнти готовності, неготовності, технічного використання, оперативної готовності, збереження ефективності.

Коефіцієнт готовності ($A(t)$) - ймовірність того, що об'єкт виявиться працездатним у довільний момент часу, крім запланованих періодів, протягом яких використання об'єкта за призначенням не передбачене.

Коефіцієнт неготовності ($U(t)$) - ймовірність того, що об'єкт виявиться непрацездатним у довільний момент часу, крім запланованих періодів, протягом яких використання об'єкта за призначенням не передбачене.

Коефіцієнт технічного використання - відношення математичного сподівання сумарного часу перебування об'єкта у працездатному стані за деякий період експлуатації до математичного сподівання сумарного часу перебування об'єкта у працездатному стані та у простоях, зумовлених технічним обслуговуванням і ремонтом за той самий період.

Коефіцієнт оперативної готовності - ймовірність того, що за винятком тих запланованих періодів, протягом яких використання об'єкта за призначенням не передбачене, він у довільний момент часу виявиться у працездатному стані і надалі виконуватиме потрібну функцію протягом заданого інтервалу часу.

Коефіцієнт збереження ефективності - відношення значення показника ефективності використання об'єкта за призначенням протягом певної тривалості експлуатації до номінального значення цього показника, розрахованого за умови, що відмови об'єкта протягом того ж періоду не виникають.

Під технічним станом системи електропостачання (електротехнічного засобу) розуміється, стан, що характеризується у визначений момент часу, у визначених умовах зовнішнього середовища, значеннями параметрів, установлених технічною документацією може знаходитись у справному, несправному стані, працездатному й непрацездатному стані.

Працездатний стан ЕТЗ, при якому значення всіх параметрів, що характеризують спроможність виконувати задані функції, відповідають вимогам нормативно-технічної і конструкторської документації.

Непрацездатний стан - стан ЕТЗ, при якому значення хоча б одного параметра, що характеризує спроможність виконувати задані функції, не відповідає вимогам нормативно-технічної і конструкторської документації.

Справний стан - стан ЕТЗ, при якому він відповідає усім вимогам нормативно-технічної і конструкторської документації.

Несправний стан ЕТЗ - при якому він не відповідає хоча б одному з вимог нормативно-технічної і конструкторської документації.

Граничний стан - стан ЕТЗ, при якому його подальше застосування за призначенням неприпустиме або недоцільне, або відновлення його справного або працездатного стану неможливе.

Відмова - подія, що полягає в порушенні працездатності ЕТЗ.

Пошкодження - подія, що полягає в порушенні справного стану ЕТЗ при збереженні працездатного стану.

Дефект кожна окрема невідповідність ЕТЗ установленим вимогам.

Безвідмовність - це властивість ЕТЗ зберігати працездатність в певних умовах експлуатації протягом деякого часу. Це поняття є протилежністю поняття «відмова». Безвідмовність, пов'язану зі зберіганням обладнання, називають збережуваністю.

Збережуваність - це властивість ЕТЗ зберігати обумовлені показники протягом та після терміну зберігання та транспортування, встановленого в технічній документації.

Довговічність - це властивість ЕТЗ зберігати працездатність до визначеного стану з необхідними перервами для технічного обслуговування та ремонту.

Ремонтпридатність - це властивість ЕТЗ, що полягає в його пристосованості до попередження, виявлення, і усунення відмов та несправностей шляхом проведення технічного обслуговування та ремонту.

Напрацювання - це тривалість роботи або обсяг роботи ЕТЗ; напрацювання вимірюється в годинах, кілометрах, циклах або інших одиницях;

Технічний ресурс - це напрацювання ЕТЗ від початку експлуатації (або після капітального ремонту) до настання граничного стану.

Термін служби - календарна тривалість експлуатації ЕТЗ від її початку (або поновлення після капітального ремонту) до настання граничного стану; термін служби ЕТЗ вимірюється в одиницях часу.

Перехід ЕТЗ СЕП з одного стану в інший відбувається внаслідок пошкодження або відмови. Загальна схема станів та подій наведена на рис.5.1

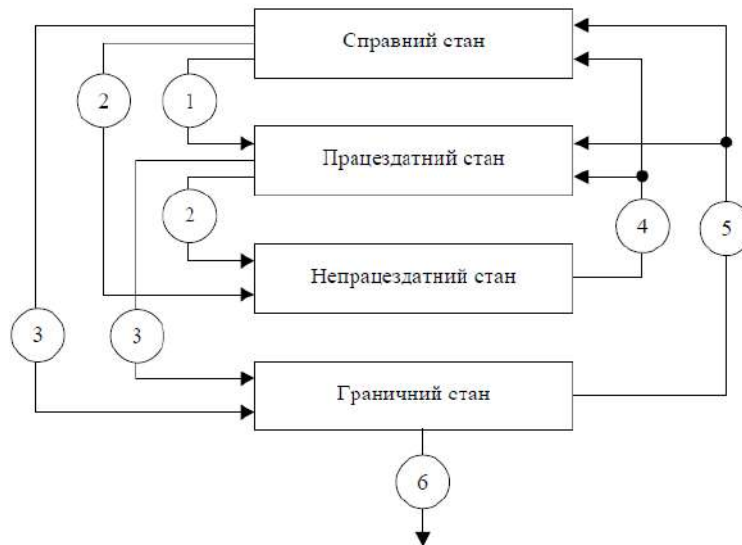


Рисунок 5.1 - Схема станів електротехнічних засобів систем електропостачання
 1 - пошкодження; 2 - відмова; 3 - перехід у граничний стан через непоправне порушення вимог безпеки, зниження ефективності експлуатації, старіння, зносу та ін. чинників; 4 - відновлення; 5 - ремонт; 6 - списання.

2. Розрахунки і аналіз надійності енергетичного обладнання

За вимогами нормативних документів повинен бути організований за встановленими формами облік показників роботи енергетичного обладнання (позмінний, добовий, місячний, квартальний, річний) для аналізу надійності його роботи. На підставі аналізу повинні розроблятися і виконуватися заходи з підвищення надійності енергопостачання споживача.

Аналіз надійності – систематизоване дослідження з метою визначення впливу на надійність об’єкта особливостей конструкції, технологічних процесів виробництва, умов експлуатації, технічного обслуговування та ремонту, а також визначення досягнутого рівня надійності за умов виконання запланованих заходів щодо забезпечення і підвищення надійності та оцінка ефективності цих заходів.

За рівнем інформаційного забезпечення методи аналізу надійності класифікуються таким чином:

- детермінований метод (об’єкт дослідження та умови його функціонування повністю відомі досліднику);
- стохастичний метод (відомі множина можливих варіантів поведінки об’єктів, множина об’єктів і умов їхнього функціонування, та апріорні розподіли ймовірностей елементів цих множин);
- ймовірносно-невизначений метод (елементи цих множин відомі, але невідомі розподіли ймовірностей цих елементів);
- дифузно-невизначений метод (невідомі повністю або частково елементи цих множин і нема повної інформації щодо їхньої ймовірності).

За способом реалізації метод аналізу надійності може бути розрахунковим, розрахунково-експериментальним, експериментальним та статистичного моделювання.

Розрахунковий метод базується на розрахунку показників надійності за даними довідників з надійності компонентів та комплектувальних елементів

об'єкта, за даними про надійність об'єктів-аналогів, за даними про властивості матеріалів та за іншою інформацією, наявною на час проведення розрахунку.

Розрахунково-експериментальний метод – у разі застосування цього методу показники надійності всіх чи деяких складових частин об'єкта визначають за результатами випробувань та (чи) експлуатації, а показники надійності об'єкта загалом розраховують за математичною моделлю.

Експериментальний метод базується на статистичній обробці даних, одержаних у випробуваннях чи під час експлуатації об'єкта.

Експеримент оснований на випробуваннях на надійність та на ретроспективному методі.

Під час випробувань на надійність імітуються зовнішні умови реальних обставин роботи об'єкта дослідження, збирається статистична інформація, необхідна для визначення показників надійності, і за відповідними виразами здійснюється статистична оцінка цих показників.

За ретроспективним методом здійснюється вибір та обробка інформації з ретроспективного аналізу роботи діючих об'єктів. Вартість такого методу мінімальна – на збір та обробку статистичних даних. Недоліки методу – процес функціонування об'єктів не залежить від спостерігача, який має вибрати об'єктивну інформацію про надійність об'єктів по записах, що зроблені великою кількістю спостерігачів. Крім того, метод оцінює надійність існуючих об'єктів, а для об'єктів на стадії проектування цей метод неможливо застосувати.

Метод статистичного моделювання – визначення числових значень показників надійності об'єкта, як правило, за допомогою ЕОМ шляхом моделювання процесів функціонування об'єкта, виникнення та усунення відмов.

Моделювання – дослідження будь-яких процесів, подій або систем об'єктів шляхом побудови і дослідження їхніх моделей.

Модель надійності – математична модель, що встановлює зв'язок між показниками надійності об'єкта, характеристиками надійності елементів, його структурою та параметрами процесу функціонування об'єкта.

Для аналізу надійності нормативними документами передбачене застосування таких математичних моделей, як модель безвідмовності, модель ремонтпридатності та модель навантажень.

Модель безвідмовності - математична модель, яку використовують для прогнозування чи оцінювання показників безвідмовності об'єкта.

Модель ремонтпридатності - математична модель, яку використовують для прогнозування чи оцінювання показників ремонтпридатності об'єкта.

Модель навантажень – математична модель, прийнята для опису впливів прикладених навантажень на показники безвідмовності чи на інші властивості надійності об'єкта.

Порядок аналізу надійності об'єкта:

- ідентифікація об'єкта;
- визначення мети аналізу;
- аналіз системи:

- якісний – визначення типів несправностей, механізмів відмов елементів та їхніх наслідків для системи, аналіз функціональної схеми, аналіз системи технічного обслуговування та ремонту, побудова структурних схем надійності системи тощо;

- кількісний - побудова математичної моделі надійності елементів і системи за показниками надійності, що розглядаються; одержання кількісних показників надійності шляхом розрахунку чи моделювання; проведення аналізу важливості відмов і чутливості; оцінка можливості вдосконалення характеристик системи на основі резервних підсистем і стратегій технічного обслуговування та ремонту тощо;
- оцінка результатів аналізу.

3. Дефекти, пошкодження, відмови.

Під час життєвого циклу енергетичного обладнання з ним можуть відбуватися такі події, як поява дефекту, пошкодження, відмова, відновлення.

В теорії ймовірностей подією називається будь-який факт, що відбувається або не відбувається в результаті досліду. Теорія ймовірностей базується ще на таких поняттях, як випадкова, ймовірна, неможлива подія.

Випадкова подія - подія, яку неможливо передбачити в кожному окремому випробуванні.

Ймовірність випадкової події A - це співвідношення кількості подій, що сприяють появі події A до загальної кількості подій, що виникли в результаті випробування. Статистична ймовірність події A обчислюється за виразом:

$$P(A) = \frac{k}{n},$$

де n - загальне число випробувань;

k - кількість появи події A.

Ймовірна подія обов'язково відбувається в кожному випробуванні (ймовірність цієї події дорівнює 1).

Неможлива подія ніяким чином не може відбутися за певних і відомих умов (ймовірність цієї події дорівнює 0).

Ймовірність випадкової події знаходиться в границях

$$0 < P(A) < 1.$$

В теорії надійності поява дефекту, пошкодження, відмова, відновлення енергетичного обладнання протягом терміну його експлуатації - випадкові події, ймовірність яких знаходиться в цих границях (ближче до 0 або ближче до 1 - залежно від якості проектування, виробництва, вибору, монтажу, експлуатації енергетичного обладнання, від тривалості роботи тощо).

Дефект - кожна окрема невідповідність об'єкта встановленим нормам. Дефект недолік об'єкта, що утворився на стадії проектування, виробництва, вибору, монтажу і експлуатації і який не порушує працездатного стану об'єкта і його справності, але впливає на його характеристики.

Пошкодження - подія, що полягає в порушенні справного стану об'єкта, коли зберігається його працездатність.

Відмова - подія, що полягає у втраті об'єктом здатності виконувати потрібну функцію, тобто в порушенні працездатного стану об'єкта.

Загальне уявлення про причини і закономірності появи відмов енергетичного обладнання можна одержати, аналізуючи причини і закономірності появи відмов його окремих елементів, наприклад, обмотки асинхронного електродвигуна. Відомо, що обмотка працездатна доти, поки має правильне

з'єднання і достатню міцність (електричну, теплову і механічну), якщо ні, то це призводить до відмови обмотки. Безпосередніми причинами відмови обмотки може бути, наприклад, вибір заниженого класу ізоляції проводу під час конструювання, пошкодження проводів під час укладки обмотки в статор на стадії виготовлення, помилкове вмикання електродвигуна на підвищену напругу в експлуатації. Всі ці причини утворюють групу *суб'єктивних* чинників надійності. Водночас в експлуатації на обмотку впливає багато *об'єктивних* чинників - вологість, запиленість, вібрація тощо.

Причини відмов енергетичного обладнання поділяють на об'єктивні і суб'єктивні.

Об'єктивні:

- зовнішні (кліматичний і механічний вплив, біологічне середовище: грибки, комахи, гризуни);
- внутрішні (зношування, старіння, також механічний вплив).

Суб'єктивні:

- конструкційні (схемні режими, вибір матеріалів, вибір конструкцій);
- виробничі (дотримання технологій виготовлення обладнання, якість матеріалу, комплексний контроль);
- експлуатаційні (кваліфікація персоналу, якість електропостачання, режим використання, якість технічної експлуатації").

Відмови внаслідок конструкційних і виробничих причин звичайно відбуваються у початковий період експлуатації. Вони можуть бути виявлені в процесі випробувань у заводських умовах.

Відмови внаслідок експлуатаційних причин виявляються протягом усього терміну служби енергетичного обладнання.

Названі причини не рівнозначно впливають на надійність енергетичного обладнання. Для конкретних видів енергетичного обладнання й умов експлуатації виявляються деякі групи чинників, дія яких є домінуючою. Наприклад, відмови асинхронних двигунів відбуваються в основному за рахунок об'єктивних експлуатаційних чинників і в цілому по сільському господарству розподіляються таким чином: через зволоження ізоляції - 25%, неповнофазне живлення - 20%, перевантаження - 20%, гальмування ротора - 15% з інших причин - 20%.

У конкретних електроприводів структура відмов може значно відрізнятися від середніх-даних. Наприклад, електроприводи транспортерів із ручним завантаженням найчастіше піддаються перевантаженням (40%) і гальмуванню ротора (30%).

Відмови класифікуються за можливістю прогнозування моменту настання відмови, за можливістю виявлення та самоусунення відмови, за причинами виникнення відмови тощо.

Таблиця 5.4 - Класифікація відмов

Відмова	Характеристика
ресурсна	відмова, внаслідок якої технічний об'єкт досягає граничного стану
за залежністю від інших відмов	
незалежна	відмова, що не обумовлена іншими відмовами
залежна	відмова, обумовлена іншими відмовами
за можливістю прогнозування моменту настання відмови	
раптова	відмова, що характеризується стрибкоподібною зміною значень одного чи кількох параметрів технічного об'єкта
поступова	відмова, що виникає внаслідок поступової зміни значень одного чи кількох параметрів технічного об'єкта
за можливістю виявлення відмови	
явна	відмова, що виявляється візуально чи за допомогою штатних методів і засобів контролю та діагностування
прихована	відмова, що виявляється під час проведення технічного обслуговування чи спеціальними засобами діагностування
за причинами виникнення відмови	
конструкційна	відмова, що виникає через недосконалість технічного об'єкта або порушення встановлених правил (норм) проектування (конструювання)
виробнича	відмова, що виникає внаслідок недосконалості технічного об'єкта або порушення встановленого процесу його виготовлення (ремонту)
експлуатаційна	відмова, що виникає з причин, пов'язаних з порушенням встановлених правил або умов експлуатації технічного об'єкта
деградаційна	відмова, що виникає внаслідок природних процесів старіння, зношування, корозії і втому за умов дотримання всіх встановлених правил (норм) проектування, виготовлення та експлуатації технічного об'єкта
за можливістю усунення відмови	
збій	відмова, що усувається сама або незначним втручанням оператора
почергова	відмова, що усувається сама, але виникає багаторазово
усталена	відмова, що усувається втручанням оператора

Класифікація відмов за причинами виникнення дозволяє встановити стадію життєвого циклу технічного об'єкта, на якій слід вжити заходів щодо усунення причин відмов - на стадії конструювання (проектування), під час виготовлення чи під час експлуатації. Щодо деградаційних відмов, то їх ділять на ранні, причиною яких є дефекти, не виявлені у процесі виготовлення, випробувань (приймального контролю), та на пізні, що виникають на заключній стадії експлуатації об'єкта внаслідок зношування, старіння. Ранніх відмов об'єкта можна позбавитися, якщо

до вводу в експлуатацію здійснити початковий наробіток, обкатування, прогін тощо.

Між раптовою і поступовою відмовами немає чіткої межі. Поступовим відмовам можна певною мірою запобігти чи локалізувати їхні наслідки. Раптові відмови характеризуються різким, стрибкоподібним погіршенням якості енергетичного обладнання внаслідок внутрішніх дефектів, порушень режимів роботи або помилок обслуговуючого персоналу. Звичайно появи раптових відмов передують приховані зміни властивостей або пікові електричні (механічні) перевантаження, що не завжди вдається виявити. Поступові відмови характеризуються повільною зміною властивостей елементів енергетичного обладнання і зв'язків між ними. Вони є наслідком старіння, зношування, накопичення пошкоджень і змін параметрів робочого процесу.

У об'єктів, що функціонують не постійно протягом експлуатації (наприклад, комутаційних апаратів), можуть виникати такі відмови:

- відмова спрацювання (невиконання об'єктом необхідного спрацювання);
- помилкове спрацювання (спрацювання за відсутності необхідності цього);
- надлишкове спрацювання (спрацювання об'єкта за необхідності спрацювання інших елементів).

Відмови мають **наслідки** - явища, процеси, події і стани, які обумовлені виникненням відмови.

Наслідки відмови характеризуються сукупністю ознак, що називається **критичністю відмови**.

Поняття "критичність відмови" дозволяє класифікувати відмови за їхніми наслідками, що необхідно при нормуванні та при встановленні гарантійних зобов'язань. За такою класифікацією можна ввести два, три і більше категорій відмов. У міжнародних документах ISO розрізняють критичні (critical) і некритичні (non-critical) відмови, причому останні ділять на суттєві (major) і несуттєві (minor). Границі між категоріями досить умовні. Відмова одного і того ж об'єкта може вважатися суттєвою або несуттєвою залежно від того, розглядається об'єкт окремо чи у складі відповідального технічного об'єкта із важкими наслідками відмови.

Тема 6. Загальні питання контролю технічного стану енергетичного обладнання

1. Основні поняття технічного діагностування.
2. Вибір діагностичного забезпечення.
3. Технології технічного діагностування.

1. Основні поняття технічного діагностування.

Технічний стан об'єкта - стан, який характеризується в певний момент часу, за певних умов зовнішнього середовища значеннями параметрів, установлених технічною документацією на об'єкт.

Внаслідок впливу зовнішніх та внутрішніх факторів технічний стан об'єктів з часом зазнає змін. Однією зі складових сукупності засобів технічної експлуатації, що дозволяють забезпечувати та утримувати надійність енергетичного обладнання на необхідному рівні є контроль технічного стану енергетичного обладнання.

Контроль технічного стану – перевірка відповідності значень параметрів об'єкта вимогам технічної документації та визначення на цій основі одного із заданих видів технічного стану в даний момент часу.

Технічне діагностування – визначення технічного стану об'єкта з означеною (заданою) точністю.

Метою технічного діагностування є підтримка встановленого рівня надійності, забезпечення вимог безпеки та ефективності використання виробів.

Види технічного діагностування:

- робоче (під час якого здійснюються робочі дії);
- тестове (під час якого на об'єкт подаються тестові впливи);
- експрес-діагностування (за обмеженою кількістю параметрів протягом заздалегідь встановленого часу);
- оперативне (за якого надходження інформації про технічний стан об'єкта відбувається із заздалегідь заданою стратегією в процесі функціонування об'єкта);
- безперервне (за якого надходження інформації про технічний стан об'єкта відбувається безперервно);
- періодичне (за якого надходження інформації про технічний стан об'єкта відбувається через встановлені інтервали часу);
- контроль функціонування (контроль виконання об'єктом частини чи всіх властивих йому функцій);
- вимірний контроль (який установлює факт перебування дійсного значення параметра відносно його гранично допустимих значень шляхом вимірювання значення параметра);
- самодіагностування (діагностування об'єкта за допомогою вмонтованих засобів діагностування чи спеціальних програм).

Система технічного діагностування – сукупність засобів, об'єкта та виконавців, необхідна для проведення діагностування (контролю) за правилами, встановленими технічною документацією.

Діагностичне забезпечення – комплекс взаємно погоджених правил, методів, алгоритмів і засобів, необхідних для здійснення діагностування на всіх етапах життєвого циклу об'єкта.

Засіб технічного діагностування – апаратура та програми, за допомогою яких здійснюється діагностування.

Види засобів технічного діагностування:

- автоматичний (що функціонує без участі оператора);
- автоматизований (що функціонує з частковою участю оператора);
- вмонтований (який є складовою частиною об'єкта);
- зовнішній (який не є складовою частиною об'єкта);
- спеціалізований (призначений для діагностування одного об'єкта чи групи однотипних об'єктів);
- універсальний (призначений для діагностування об'єктів різних типів);
- уніфікована апаратура (апаратура, яка входить до складу ряду спеціалізованих і (або) універсальних засобів).

Приспосованість об'єкта до діагностування - властивість об'єкта, яка характеризує його придатність до діагностування.

Контрольований сигнал – сигнал, який надходить до засобу діагностування (контролю) і несе інформацію про технічний стан об'єкта.

Стимульований сигнал – сигнал, який подається на вхід об'єкта, щоб отримати інформацію про його технічний стан.

Діагностований (контрольований) параметр - параметр об'єкта, використовуваний для його діагностування.

Допуск параметра – різниця між верхнім та нижнім гранично допустимими значеннями параметра.

Контрольний приклад – сукупність вхідних сигналів, які необхідно подати на вхід об'єкта, і сукупність вихідних даних, які повинні бути сформовані об'єктом.

Контрольна точка – місце розташування первинного джерела інформації про діагностований (контрольований) параметр.

Технічне діагностування характеризується такими основними показниками, як тривалість, повнота, достовірність технічного діагностування; глибина пошуку місця відмови; ймовірність невиявленої відмови (несправності) та ймовірність хибної відмови (несправності) під час діагностування; ризик замовника та ризик виробника під час діагностування.

Тривалість технічного діагностування – інтервал часу, необхідний для проведення діагностування.

Повнота технічного діагностування – характеристика, яка визначає можливість виявлення відмови (несправності) в об'єкті за умови вибраного методу його діагностування.

Достовірність технічного діагностування – ступінь об'єктивності відповідності діагнозу (результату контролю) дійсному технічному стану об'єкта.

Глибина пошуку місця відмови (несправності) – характеристика, задана за значенням складової частини об'єкта, з точністю до якої визначається місце відмови (несправності).

Ймовірність невиявленої відмови (несправності) під час діагностування – умовна ймовірність того, що несправний (непрацездатний) об'єкт у результаті діагностування визначається справним (працездатним).

Ймовірність хибної відмови (несправності) під час діагностування – умовна ймовірність того, що справний (працездатний) об'єкт у результаті діагностування визначається несправним (непрацездатним).

Ризик замовника під час діагностування – безумовна ймовірність того, що несправний (непрацездатний) об'єкт у результаті діагностування визначається справним (працездатним).

Ризик виробника під час діагностування – безумовна ймовірність того, що справний (працездатний) об'єкт у результаті діагностування визначається несправним (непрацездатним).

2. Вибір діагностичного забезпечення.

Вибір діагностичного забезпечення здійснюється на основі статистичних даних про режими роботи, умови навколишнього середовища, на основі функціональних залежностей величин контрольованих параметрів від наробітку енергетичного обладнання, від умов навколишнього середовища тощо - тобто на основі даних теоретичних та експериментальних досліджень.

До діагностичного забезпечення відносяться:

- номенклатура діагностованих параметрів та їхніх характеристик (номінальні допустимі значення, точки контролю тощо);
- засоби технічного діагностування;
- методи діагностування.

Номенклатура діагностованих параметрів повинна задовольняти вимогам повноти, інформативності і доступності вимірювання за мінімальних затрат часу та вартості.

Засоби технічного діагностування повинні бути здатними забезпечити визначення (вимірювання) та контроль діагностичних параметрів в експлуатаційних режимах виробу. Оптимальний вибір засобів технічного діагностування має забезпечувати належний рівень показників технічного діагностування при мінімальній вартості контролю.

Основні вимоги до методів технічного діагностування:

- повинні бути простими і не вимагати для своєї реалізації застосування або розробки складних, дорогих засобів технічного діагностування;
- повинні забезпечувати необхідну достовірність результатів технічного діагностування;
- порівняно з іншими методами мають забезпечувати меншу тривалість та більшу повноту технічного діагностування;
- під час технічного діагностування не вимагати режимів роботи енергетичного обладнання, які важко здійснити на практиці.

Методи діагностування мають відповідати поставленим завданням і поєднувати:

- діагностичну модель виробу;
- алгоритм діагностування та програмне забезпечення;
- правила вимірювання діагностованих параметрів;
- правила визначення структурних параметрів і зокрема робочих характеристик;
- правила аналізу та обробки діагностичної інформації і прийняття рішень.

Формалізований опис об'єкта, потрібний для вирішення завдань технічного діагностування, і який може бути поданий в аналітичній, табличній або інших формах, є **діагностичною моделлю**.

Сукупність приписів, що визначають послідовність дій в процесі діагностування, визначають **алгоритм** технічного діагностування.

Правила технічного діагностування мають чітко визначати:

- послідовність виконання операцій діагностування;
- технічні вимоги щодо виконання операцій діагностування;
- вказівки щодо використання засобів діагностування та вимоги щодо їх метрологічних характеристик;
- вказівки щодо режиму роботи виробу під час діагностування;
- вказівки щодо реєстрації та обробки результатів діагностування і видачі висновку (діагнозу);
- вимоги безпеки під час проведення діагностування.

Важливою і порівняно складною задачею є визначення оптимального набору контрольованих параметрів, що використовується під час технічного діагностування і характеризує технічний стан об'єкта. Параметри, величини яких доцільно перевіряти під час діагностування енергетичного обладнання, характеризуються номінальними значеннями і допусками, залежностями номінальних значень від зовнішнього середовища, закономірностями зміни залежно від часу експлуатації або наробітку, необхідною точністю вимірів тощо.

Класифікація контрольованих параметрів, які характеризують технічний стан вузлів та деталей енергетичного обладнання:

- параметри, що виражаються електричними величинами, і значення яких можна виміряти безпосередньо (напруга і сила змінного або постійного струму, частота, тривалість і амплітуда імпульсів, індуктивність, ємність, опір тощо);
- параметри, що виражаються електричними величинами, і які вимагають для свого вимірювання додаткового перетворення (великі або малі струми і напруги, модуляція тощо);
- параметри, що вимірюються непрямим шляхом;
- параметри, що виражаються неелектричними величинами, і які вимагають для свого вимірювання первинного перетворювача (температура тощо);
- параметри, перевірка яких здійснюється візуально (наявність слідів перегріву або кіптяви на контактних поверхнях, наявність раковин на поверхні колектора тощо).

Основні вимоги під час вибору контрольованих параметрів:

- однозначність (кожному значенню параметра вузла або деталей енергетичного обладнання, що перевіряється, має відповідати тільки одне значення контрольованого параметра);
- доступність і зручність перевірок (контрольований параметр має відносно легко перевірятися по можливості простими засобами);
- достатньо широка область вимірювань (контрольований параметр повинен мати якомога більший діапазон вимірювань за зміни контрольованого параметра вузла або деталі в процесі роботи енергетичного обладнання, що дозволяє підвищити точність вимірювань і достовірність технічного діагностування).

При розробці технології діагностування враховується її цільове призначення. За технічного діагностування під час технічного обслуговування

енергетичного обладнання визначається його працездатність і правильність функціонування. Серед контрольованих параметрів бирають параметри, що характеризують загальний технічний стан декількох або окремого елемента контрольованого енергетичного обладнання (узагальнені контрольовані параметри). Якщо результати перевірок цих параметрів свідчать про задовільний стан елементів або вузлів, подальше поглиблене діагностування енергетичного обладнання не проводиться, якщо ні, то додатково виконують перевірку визначеної кількості контрольованих параметрів для уточнення діагнозу, пошуку дефектів та пошкоджень.

Основною задачею, яка ставиться для планового технічного діагностування енергетичного обладнання, крім перевірки його працездатності, є встановлення залишкового ресурсу вузлів і деталей енергетичного обладнання для визначення необхідності ремонту (у разі наближення до граничного стану вузлів та деталей енергетичного обладнання під час ремонту їх замінюють, запобігаючи відмові обладнання). Крім вимірювання обов'язкових контрольованих параметрів для визначення працездатності необхідно виміряти визначену кількість параметрів, за якими здійснюють прогнозування залишкового ресурсу.

У разі непланового ремонту енергетичного обладнання внаслідок його відмови основною задачею технічного діагностування є пошук причини відмови для відновлення енергетичного обладнання. В цьому випадку застосовуються тестове технічне діагностування та вимірювальний контроль.

3. Технології технічного діагностування.

Під час технічного діагностування енергетичного обладнання в основному вирішуються три завдання:

- визначення, чи працездатне енергетичне обладнання, чи ні;
- пошук причини відмови енергетичного обладнання;
- встановлення його залишкового ресурсу (прогнозування його технічного стану).

Відповідно до цього розробляють технології діагностування, які повинні забезпечувати рішення поставлених задач з мінімальними економічними витратами при заданому рівні показників технічного діагностування.

Технологія діагностування розробляється у вигляді технологічних карт, де наведено:

- назву і зміст операцій;
- порядок проведення операцій;
- технічні вимоги до проведення операцій;
- засоби технічного діагностування;
- номінальні, граничні і допустимі значення контрольованих параметрів.

Для визначення мінімальної кількості перевірок, за якими забезпечується необхідна достовірність технічного діагностування і прогнозування технічного стану енергетичного обладнання, складають мінімальний діагностичний тест (МДТ).

МДТ складають після діагностичної матриці. Для складання матриці в заголовках стовпців розташовують найменування вузлів і елементів енергетичного обладнання, які потрібно діагностувати, а в заголовках рядків – контрольовані параметри, що характеризують технічний стан даного виду

енергетичного обладнання. Наявність зв'язку між контрольованим параметром і технічним станом елемента або вузла, які діагностуються, позначають цифрою 1, а відсутність зв'язку – 0 (або 0 не вказують).

Мінімальну кількість перевірок встановлюють, обираючи множину рядків матриці так, щоб кожний стовпець мав позначення 1 не менш, ніж в одному з рядків матриці. Вибір оптимальної множини рядків здійснюють за критерієм мінімальної вартості технічного діагностування або питомої вартості технічного діагностування на одиницю наробітку енергетичного обладнання. При цьому, насамперед, враховують оптимальну послідовність діагностування елементів або вузлів. МДТ встановлює мінімальну кількість перевірок, які мають обов'язково виконуватися під час технічного діагностування елемента, вузла або енергетичного обладнання загалом. Для складного енергетичного обладнання МДТ визначають окремо для вузлів, а потім для енергетичного обладнання загалом.

Для встановлення послідовності технічного діагностування спочатку визначають загальні вимоги до проведення діагностування, наприклад, вихідний стан або режим роботи енергетичного обладнання. Потім складають матрицю режимів технічного діагностування, в якій в заголовках стовпців розміщують всі контрольовані параметри діагностування (відповідно до МДТ), а в заголовках рядків – режими роботи або окремі вимоги до технічного діагностування. Аналізуючи дані матриці, знаходять зв'язки між контрольованими параметрами і режимами, при яких вони вимірюються, тобто перевірки параметрів класифікуються за групами. Вимірювання під час діагностування звичайно проводять за групами параметрів при заданому вихідному стані або режимі роботи енергетичного обладнання.

Для оптимізації алгоритму діагностування на наступному етапі встановлюють послідовність виконання робіт за групами параметрів. Як правило, ця послідовність залежить від теплового стану енергетичного обладнання під час технічного діагностування. Спочатку вимірюють групу контрольованих параметрів, вимірювання яких необхідно здійснити у вімкненому і практично холодному стані енергетичного обладнання, потім – групу, що вимірюється під час пуску або прогріву енергетичного обладнання, а потім групу, що потребує номінального нагріву або номінального режиму роботи.

Для подальшого скорочення трудомісткості вимірювань контрольовані параметри в групах поділяють на підгрупи, що поєднані загальними характеристиками або які вимірюються одним приладом.

Основні методи пошуку дефектів та пошкоджень технічних об'єктів

Із встановленням наявності дефекту чи пошкодження технічного об'єкта проводиться його пошук - у певній послідовності виконується ряд перевірок і вимірювань. Ця послідовність називається технологічним переходом – безпосереднім чи непрямым. Безпосередні технологічні переходи дозволяють знайти дефекти шляхом вимірювання параметрів, визначення (знімання) характеристик. До таких переходів відносяться вимірювання, порівняння, перевірка електричних кіл. Непрямі переходи мають місце у разі пошуку дефектів без вимірювання параметрів за ознаками, прямо не пов'язаними зі станом пристрою чи обладнання.

Відомі три основні методи пошуку дефектів – комбінаційний, послідовний та евристичний.

Комбінаційний метод відрізняється тим, що для визначення параметрів об'єкта чи окремих його складових частин технологічні переходи у процесі пошуку дефекту виконують у довільному порядку. Одержану інформацію аналізують шляхом порівняння із отриманою раніше (під час заводських, приймально-здавальних чи профілактичних випробувань). У результаті аналізу формують висновок про місце та причину дефекту.

Послідовний метод (метод послідовного наближення) - базується на виявленні зовнішніх ознак несправностей, подальшому пошукові несправної ділянки відповідно до зовнішніх ознак, скороченні цієї ділянки шляхом виключення справних блоків (це прискорює пошук) і нарешті локалізації несправного елемента чи місця пошкодження. Виконавши кожен технологічний перехід у процесі пошуку, аналізують одержану інформацію і просуваються далі аж до виявлення дефекту

Евристичний метод пошуку часто називають методом гіпотез, оскільки власне самому пошукові передують висунення гіпотез про причини та місцезнаходження дефекту. Метод доступний персоналові досить високої кваліфікації.

Перевіряючи свої гіпотези здійснюють ряд технологічних переходів, а потім висунувають уточнену гіпотезу про причину дефекту і продовжують пошук таким чином аж до виявлення дефектного блоку, елемента, деталі.

Усі три методи пошуку дефектів мають ряд спільних властивостей і можуть бути еквівалентними за результатами їхнього використання. Вибір методу пошуку дефектів залежить від складності технічного об'єкта, наявності запасних блоків та рівня кваліфікації персоналу.

При технологічних переходах у процесі пошуку дефектів набули поширення такі основні способи перевірок:

- зовнішній (візуальний) огляд об'єкта;
- заміна або вимикання окремого блоку;
- вимірювання;
- спосіб характерних несправностей.

Зовнішній огляд дає можливість виявити не лише дефекти, але і пошкодження. Під час огляду звертають увагу на можливі обриви, механічні пошкодження деталей, місця пробоїв, підгорянь, підтікання компаунду, потемніння резисторів, конденсаторів тощо. Перевіряють також ступінь нагріву напівпровідникових приладів, трансформаторів, дроселів, резисторів.

Спосіб заміни полягає у тому, що несправний блок чи елемент замінюють резервним, який справний і у разі необхідності налагоджений. Перевірку можна здійснити таким чином досить швидко і легко, однак лише тоді, коли блоки чи деталі можуть зніматися. Недоліком способу є те, що можна вивести з ладу під час перевірки об'єкта і новий блок (елемент). Поряд з цим, спосіб заміни можна реалізувати тільки на пристроях (обладнанні), які після пошкодження можна повторно вмикати. Причину пошкодження, як правило, вияснити не вдається.

Спосіб вимикання потребує вимикання всіх блоків та елементів, де за припущенням можуть бути пошкодження. При цьому одночасно спостерігають, з вимиканням якого саме блоку чи елемента дефект зникає, а значить якраз цей

блок і має дефект. Цей спосіб найдоцільніше застосовувати під час пошуку пошкоджень у системах (блоках) живлення, коли спрацьовують захисні апарати. Недоліком способу є необхідність неодноразового повторного вмикання живлення пристрою за ще не усуненого дефекту, а тому можна інколи викликати нові, може ще більш складні пошкодження. Щоб уникнути цього, поступають дещо інакше: спочатку вимикають усі блоки (елементи), де може бути пошкодження, а потім їх по черзі вмикають, і спостерігають за появою пошкодження.

Спосіб вимірювань дозволяє досить точно визначити місце і характер пошкодження шляхом виконання таких операцій, як "прозвонювання" електричних кіл, вимірювання напруг, опору, знімання осцилограм.

При цьому використовують контрольні точки та осцилограми чи рівні напруг, вказані у заводській документації. Важливим є ретельний вибір вимірювальних приладів з урахуванням їхнього внутрішнього опору. Що ж до вимірювання опору резисторів, то їх по можливості вимикають чи враховують наявність паралельних кіл.

Спосіб характерних несправностей полягає у тому, що за відомими ознаками визначають дефект. Такі таблиці за схемою "несправність - зовнішній прояв - ймовірна причина - метод усунення" містяться у заводській документації, (як правило в інструкціях з експлуатації технічних пристроїв або обладнання).

Тема 7. Загальні питання організації технічної експлуатації енергетичного обладнання у сільському господарстві

1. Стратегія технічного обслуговування та ремонту енергетичного обладнання підприємств АПК.

Стратегія технічного обслуговування та ремонту - система принципів організації й проведення технічного обслуговування та ремонту.

Наведемо декілька прикладів принципів організації ТО та ремонту техніки:

- *принцип непланових ТО та ремонтів*, коли виконують технічні огляди, за їх результатами - непланові ТО, а відновлювальні роботи зумовлені втратою техніки здатності виконувати потрібну функцію;

- *принцип регламентованих ТО та непланових ремонтів*, коли періодично здійснюють в планові строки регламентоване ГО, а неплановий ремонт за необхідності, якщо техніка втрапиш здатність виконувати потрібну функцію;

- *принцип регламентованих заходів*, коли періодично здійснюють в планові строки регламентовані ТО та ремонт незалежно від технічного стану об'єкта та неплановий ремонт - за необхідності, якщо техніка втратила здатність виконувати потрібну функцію;

- *принцип ТО та ремонту за технічним станом*, коли здійснюють ТО з періодичним або безперервним контролем з використанням засобів технічного діагностування та ремонт за технічним станом об'єкта.

Застосування того чи іншого принципу (або одразу декількох принципів) визначає стратегію ТО та ремонту енергетичного обладнання підприємств АПК, доцільність впровадження якої залежить від результатів її економічного обґрунтування.

Наприклад, принцип організації непланових ТО та ремонтів техніки найбільш доцільно використовувати, коли сума витрат підприємства при відмові техніки, тобто витрат на непланові ремонти техніки та технологічних збитків від простою технологічних процесів, ($B_{\text{пр}}$) не перевищує витрат на періодичне виконання профілактичних заходів ($B_{\text{п}}$), якщо б вони були б запроваджені. Тобто

$$B_{\text{пр}} \leq B_{\text{п}}.$$

Цим умовам відповідає експлуатація, наприклад, найпростішої техніки або найнадійнішої, яка експлуатується майже в ідеальних умовах.

Аналіз вітчизняного та закордонного досвіду експлуатації техніки свідчить, що усі принципи організації ТО та ремонту техніки мають свої недоліки та переваги.

Серед недоліків принципів організації ТО та ремонту техніки на основі планування цих робіт такі основні:

- методика обґрунтування оптимальних строків планових робіт недосконала внаслідок складної структури (послідовної та паралельної) сучасних технічних систем;

- проведення регламентованих ТО та ремонту не враховує технічного стану об'єкта і деякі з операцій цих заходів можуть бути зайвими;

- існує ймовірність відмов окремих одиниць техніки в період між проведенням запланованих ТО та ремонтів.

Основні *переваги принципу організації ТО та ремонту техніки на основі планування цих робіт* такі:

- увесь масив планових робіт, що проводяться протягом терміну служби техніки, містить однотипні цикли, які послідовно повторюються;
- правильне планування дозволяє визначити найменший рівень сумарного обсягу робіт, який достатній для підтримання необхідного технічного стану об'єкта;
- найменший рівень робіт з ТО та ремонту незмінного парку техніки залишається практично незмінним.

Серед *недоліків принципу організації ТО та ремонту техніки за технічним станом*, які перешкоджають його широкому застосуванню, такі основні:

- для реалізації цього принципу необхідно мати для кожного виду техніки узагальнений параметр (параметри), який характеризує його стан;
- для реалізації цього принципу необхідно знати імовірнісні закономірності зміни узагальненого параметра (параметрів) як випадкового процесу та стохастичний зв'язок між можливими значеннями цього параметру (параметрів) та ймовірністю відмови;
- застосування засобів безперервного діагностування має порівняно велику вартість.

Як *переваги принципу організації ТО та ремонту техніки за технічним станом* слід відзначити:

- цей принцип порівняно більше враховує конструктивні й технологічні особливості техніки;
- перехід до організації й проведення ТО та ремонту техніки за цим принципом дозволяє скоротити обсяг робіт (приблизно на 30%).

Основними особливостями технічної експлуатації енергетичного обладнання технологічних процесів сільськогосподарського виробництва є те, що на ділянках обслуговування використовується не однотипне енергетичне обладнання з різними режимами роботи і умовами навколишнього середовища, крім того, енергетичне обладнання (навіть в межах одного сільськогосподарського підприємства) розміщується на звичних відстанях одне від одного.

Ці особливості обслуговування енергетичного обладнання підприємств АПК впливають на ефективність його технічної експлуатації.

Значний типорозмір енергетичного обладнання та його широка номенклатура вимагає наявності в службі технічної експлуатації відповідно широкої номенклатури резервного обладнання, запасних, частин, технічних засобів, витратних матеріалів для ТО та ремонту енергетичного обладнання, що в умовах сільського господарства не завжди вдається забезпечити, особливо якщо технічна експлуатація енергетичного обладнання виконується лише за принципами непланових заходів технічної експлуатації.

Складні умови електропостачання, використання та навколишнього середовища на підприємствах АПК є причиною низької надійності енергетичного обладнання, а внаслідок значних відстаней між енергетичним обладнанням та недостатньої якості транспортних зв'язків між об'єктами обслуговування, недостатнього матеріального забезпечення не завади вчасно усуваються відмови енергетичного обладнання. Для багатьох технологічних процесів

сільськогосподарського виробництва відмова їхнього енергетичного обладнання, яка своєчасно не усунена, викликає дуже значні збитки підприємства.

Все вищезгадане робить неефективною технічну експлуатацію енергетичного обладнання лише за принципом непланових ТО та ремонтів. Тому в сучасних умовах на підприємствах АПК в багатьох випадках залишається найбільш ефективним застосування *принципів ТО та ремонту енергетичного обладнання на основі планування* цих робіт (з ретельним коригуванням нормованої періодичності ТО та ремонтів залежно від конкретних умов експлуатації обладнання) та їхнє виконання за графіком.

Як найбільш економічно виправданий принцип організації ТО та ремонту енергетичного обладнання за технічним станом з періодичним контролем буде все більше застосовуватися на підприємствах АПК за умови достатнього розвитку засобів діагностування та методик прогнозування технічного стану обладнання. Принцип організації ТО та ремонту енергетичного обладнання за технічним станом з безперервним контролем в умовах сільськогосподарського виробництва внаслідок великої вартості засобів безперервного діагностування обладнання може застосовуватися лише там, де є небезпека величезних збитків підприємства внаслідок відмови техніки.

Подальше **вдосконалення стратегії ТО та ремонту енергетичного обладнання** відбувається за такими основними напрямками:

- розвиток *принципу запобігання обслуговування*, коли прагнуть скоротити або повністю усунути необхідність проведення ТО та ремонту обладнання внаслідок застосування обладнання з кращими показниками надійності, тобто основи цього принципу закладаються на стадіях проектування та вибору енергетичного обладнання або його деталей та вузлів для заміни під час ремонту;

- розвиток *принципу коригувального обслуговування*, коли на основі регулярного аналізу витрат на ТО та ремонт енергетичного обладнання прагнуть виявити вузли та деталі, ТО та ремонт яких викликає надмірно великі витрати, причини цих підвищених витрат та запроваджувати зміни до заходів технічної експлуатації, спрямовані на зменшення витрат;

- розвиток *принципу прогнозного обслуговування*, коли здійснюють прогнозування можливих несправностей енергетичного обладнання на основі періодичного та безперервного контролю за технічним станом обладнання та його вузлів.

Ретроспектива виникнення і розвитку систем технічного обслуговування та ремонту енергетичного обладнання

Поняття «ремонт» виникло одночасно з поняттями «засоби праці», «механізми», «машини». Науково-технічний прогрес зумовив вдосконалення виробничих процесів і технологічного обладнання та вдосконалення засобів і методів технічного обслуговування та ремонту. Для цього необхідні були, одночасно з розвитком засобів та методів ремонту, ще і збирання, класифікація та систематизація окремих відомостей, рекомендацій в цій галузі.

Початок розвитку вітчизняної системи планово-запобіжного ремонту та технічного обслуговування техніки відноситься до 1927 року, коли в колишньому СРСР на уральських заводах під керівництвом А.Г. Попова почалися роботи з вдосконалення ремонту обладнання. На основі цих досліджень була створена та надрукована в 1931 році книга А.Г.Попова «Реционализация ремонтного дела на

заводах» де відмічалось, що основою підвищення рівня організації ремонтної справи є примусовий періодичний огляд обладнання, примусове проведення планових поточних ремонтів та капітальних ремонтів на основі планування забезпечення ремонтних служб запасними частинами. Розрахунок нормативної наявності запасних частин пропонувалося здійснювати, виходячи зі строків служби деталей та механізмів. Але в той час фахівці не мали повних даних про строки служби всіх деталей різноманітного парку обладнання. Тому в 30-і роки минулого сторіччя застосовувалася система планування ремонтних робіт за результатами технічних оглядів обладнання. Ремонту передувала стадія підготовки (складання дефектних відомостей, визначення фактичного технічного стану і строку призначення ремонту).

Трудомісткість профілактичних та ремонтних робіт була досить високою, що пояснювалося витратами на примусові часті огляди внаслідок недосконалого діагностичного обладнання та відсутності ефективних методик прогнозування технічного стану виробу. Це призвело до формування думки про те, що ця система є неефективною та застарілою, яка не відповідає вимогам чіткого планування та виконання ремонтних робіт. Тому до 1940 року в СРСР була розроблена *система планово-запобіжного ремонту*, яка застосовувалася на машинобудівельних заводах. Ця система основана на періодичності виконання різних видів ремонтних дій, планування ремонту на основі числа годин роботи обладнання.

В 1954 році науково-дослідні установи машинобудівельної галузі на основі експериментальних досліджень, вивчення характерних особливостей експлуатації машин та узагальнення досвіду роботи ремонтних служб розробили наукові основи організації експлуатації та ремонту технологічного обладнання.

В квітні 1955 року Радою Міністрів СРСР була затверджена *Єдина система планово-запобіжного ремонту та раціональної експлуатації технологічного обладнання машинобудівельних підприємств* (ЄСПЗР). В наступні роки зміст ЄСПЗР уточнювався та доповнювався на основі практичного застосування та нових науково-дослідних розробок.

ЄСПЗР була галузевою системою ремонту, тому в інших галузях народного господарства почалися роботи з розробки власних систем ремонту обладнання, зокрема обладнання енергогосподарств, на основі ЄСПЗР, але з врахуванням специфіки окремих галузей:

- *Система технічного обслуговування та ремонту обладнання енергогосподарств промислових підприємств* (Система ТОР ЕО);
- *Система технічного обслуговування та ремонту енергетичного обладнання на підприємствах та в організаціях Мінводгоспу СРСР*;
- *Система планово-запобіжного ремонту та технічного обслуговування електрообладнання сільськогосподарських підприємств* (Система ПЗРЕсг);
- *Система технічного обслуговування і ремонту теплотехнічного обладнання (СТОІРТО) тощо.*

Системи технічного обслуговування та ремонту, як будь-які нормативні документи, підлягають періодичному перегляду для врахування нового енергетичного обладнання, що з'являється на ринку цих товарів (як вітчизняного, так і закордонного виробництва), для врахування нових наукових розробок щодо вдосконалення методик організації та планування технічного обслуговування

(ТО) та ремонту, для врахування найсучасніших методів і принципів організації та проведення ТО та ремонту. Але основою планування ТО та ремонту енергетичного обладнання залишається використання нормативів періодичності та трудомісткості цих робіт, норм витрат запасних частин та витратних матеріалів, норм резерву енергетичного обладнання.

Технічне обслуговування та ремонт техніки в економічно розвинутих країнах

Спільним в організації ТО і ремонту техніки економічно розвинутих західних країн, США, Австралії та ін. є те, що ці роботи здійснюються за допомогою дилерів або ремонтними підприємствами, які являють собою виробничу одиницю фірм-виробників енергетичного обладнання або юридично незалежні підприємства.

Так в США, Канаді, Великій Британії, Австралії, в Новій Зеландії діє мережа дилерських фірм, які входять до складу фірм-виробників енергетичного обладнання або юридично незалежні одне від одного, але пов'язані договірними відносинами.

Фірми-виробники зацікавлені в проведенні ТО техніки, що ними виробляється, так як кошти, які вкладаються в ТО, забезпечують більший прибуток, ніж безпосередньо випуск техніки. Це пояснюється тим, що вартість запасних частин в 1,3 - 2,5 рази перевищує вартість деталей, які використовують при збиранні техніки на виробництві. Для техніки, що знята з виробництва, запасні частини дорожче в 8-10 разів, тому фірма зацікавлена в поставці споживачам запасних частин, навіть якщо техніка знята з виробництва. Крім ТО, фірма реалізує свій товар, розширює коло покупців, що дозволяє їй збільшити виробництво. Фірми-виробники зацікавлені в проведенні ТО своєї техніки ще й тому, що отримують статистичну інформацію про основні причини відмов техніки, що дозволяє розробити заходи щодо підвищення її надійності, а це сприяє її конкурентоспроможності на ринку аналогічної техніки.

Фірма-виробник і дилер здійснюють ТО протягом всього строку служби техніки.

Дилерами стають, як правило, найкваліфікованіші і найдо-свідченіші працівники фірми-виготовлювача техніки. Відповідно до договору дилер здійснює ТО і ремонт (як в період, так і після гарантії) техніки, що продається, забезпечує клієнтів запасними частинами техніки і різними експлуатаційними матеріалами. В інтервалі між плановими ТО роботи здійснюються за додаткову платню.

Серед закордонних фірм найбільш поширені три види ТО техніки: перед продажем, гарантійне і післягарантійне.

Техніка, що отримана від фірми - виробника, перед продажем спеціально підготовлюється в майстернях, які розташовані якнайближче до покупця.

ТО перед продажем: розпакування і розконсервація техніки; усунення пошкоджень, що виникли при транспортуванні; техніку заправляють паливом і змазкою; перевіряють заводське регулювання, за необхідності його коригують; встановлюють додаткові вузли і деталі, враховуючи вимоги покупця.

Заводські дефекти усувають за рахунок виробника, транспортні пошкодження - за рахунок страхування, а витрати по встановленню додаткового обладнання включають в калькуляцію роздрібної ціни.

Техніку, яка поступає до дилера від фірми-виробника, незалежно від відстані транспортування змащують спеціальною консервуючою речовиною, що забезпечує надійний захист деталей від корозії протягом 3-5 років. Перед продажем техніки, яка зберігалася 2-3 роки, ретельно перевіряють її параметри.

ТО перед продажем і гарантійне ТО виконуються безкоштовно, так як витрати на них є складовою вартості нової техніки. Фірма-виробник продає техніку дилерам на 25-30 % дешевше продажної ціни, завдяки чому дилери отримують 10-15 % прибутку.

Протягом *гарантійного* строку дилер зобов'язаний провести *три ТО* з обов'язковим діагностуванням основних агрегатів і вузлів обладнання. Витрати на гарантійне ТО складають біля 1,5 % вартості нової техніки.

До початку експлуатації техніки здійснюють **установочне ТО**: вивчення правил експлуатації споживачем, інструктаж щодо використання техніки, інструктаж з техніки безпеки, випробування вмиканням.

Післягарантійне ТО техніки здійснюють за викликом клієнта, залежно від часу роботи техніки або з заданою періодичністю, також перед сезоном інтенсивного використання.

Провідні закордонні фірми приділяють велику увагу розробці і застосуванню діагностичного обладнання, зокрема для контролю за станом енергетичного обладнання в процесі експлуатації без вимикання.

Удосконалюються методи випробувань з використанням апаратури на базі програмованих мікропроцесорів і ЕОМ. Вартість застосування цих методів значна, тому використання апаратури на базі програмованих мікропроцесорів і ЕОМ найчастіше здійснюється на відповідальних об'єктах енергетики.

Види та методи технічного обслуговування та ремонту вітчизняної техніки

Види та методи ТО та ремонту вітчизняної техніки, зокрема енергетичного обладнання, визначені стандартом і відрізняються за **організацією, регламентацією та періодичністю виконання, за станом та умовами експлуатації**. ТО енергетичного обладнання за **організацією виконання** може бути централізованим або децентралізованим, може здійснюватися експлуатуючою або спеціалізованою організацією, чи підприємством-виробником обладнання.

ТО може бути *регламентованим, з періодичним або безперервним контролем, періодичним, сезонним, плановим або позаплановим*.

За **етапом експлуатації** розрізняють ТО енергетичного обладнання *під час використання, транспортування, зберігання та очікування*. Можливе виконання ТО за *особливих умов*.

Основні види та методи ремонтів енергетичного обладнання відрізняються за **ступенем відновлення ресурсу (капітальний, середній та поточний ремонт)**, за **плануванням (плановий або неплановий)**, за **регламентацією виконання (регламентований ремонт або ремонт за технічним станом)**, за **збереженням приналежності частин, що ремонтуються, (зберігається чи ні**

приналежність відновлювальних складових частин до визначеного екземпляру об'єкту).

По завершенні процесу роздержавлення землі й майна в сільському господарстві за статистичними даними в Україні склалася така структура організаційно-правових форм господарювання: 45,8 % - господарські товариства; 22,6 % - сільськогосподарські кооперативи; 19,7 % - приватні (приватно-орендні) підприємства; 8,5 % - фермерські господарства; 3,4 % - інші суб'єкти господарювання. Аналізуючи сучасну економічну ситуацію та загальні тенденції розвитку ринкових відносин, можна зробити висновок, що після появи справжніх господарів підприємств АПК почнеться їхня інтенсивна модернізація, зокрема придбання сучасного енергетичного обладнання. Найімовірніше, що найбільш поширеним за організацією виконання в сільських районах буде ТО енергетичного обладнання саме підприємцями - торгівельними посередниками (дилерами). Служби ТО (або підприємства з ТО) енергетичного обладнання підприємств АПК матимуть також різні організаційно-правові форми. Але незалежно від форм власності на кожному підприємстві, де є енергетичне обладнання, повинні бути організовані ТО, планово-запобіжні роботи з підтримання його працездатного стану (або власними силами, або за договором зі спеціалізованими юридично незалежними підприємствами) відповідно до вимог чинної нормативно-технічної документації.

Тема 8. Організація і проведення пусконаладжувальних робіт та здавання-приймання в експлуатацію енергетичного обладнання

1. Допуск до експлуатації енергетичних установок.
2. Загальні положення організації та проведення пусконаладжувальних робіт.
3. Здавання-приймання в експлуатацію енергетичного обладнання.

1. Допуск до експлуатації енергетичних установок.

Обслуговування електроустановок споживачів, у тому числі виконання ремонтних, монтажних, налагоджувальних робіт і оперативних перемикачів в електроустановках, повинні здійснювати спеціально підготовлені електротехнічні працівники, а саме: адміністративно-технічні, оперативні, виробничі та оперативно-виробничі працівники споживача або працівники спеціалізованої організації (за договором).

Обслуговування установок електротехнологічних процесів (електрозварювання, електролізу, електротермії тощо), вантажопідіймальних механізмів, ручних електричних машин, переносних та пересувних струмоприймачів, складного енергонасиченого виробничо-технологічного обладнання, під час роботи якого необхідно постійно проводити технічний нагляд, зміну, коригування ведення технологічних режимів за допомогою штатних засобів регулювання електроапаратури, електроприводів, повинні здійснювати спеціально підготовлені електротехнологічні працівники, які мають навички та знання для безпечного виконання робіт з технічного обслуговування закріпленої за ними установки.

Електротехнологічні працівники виробничих цехів та дільниць, які здійснюють експлуатацію електротехнологічних установок, повинні мати групу з електробезпеки не нижче II.

Керівники структурних підрозділів, яким безпосередньо підпорядковані електротехнологічні працівники, повинні мати групу з електробезпеки не нижчу, ніж у підлеглих працівників. Вони повинні здійснювати технічне керівництво цими працівниками та контроль за їхньою роботою.

Працівники, які обслуговують електроустановки споживачів або технологічні процеси, які базуються на використанні електричної енергії, повинні мати вік понад 18 років.

При прийнятті на роботу, а також періодично під час роботи стан здоров'я цих працівників повинен засвідчуватися медичним оглядом.

Керівник споживача повинен затвердити відповідні положення про спеціальну підготовку і навчання електротехнічних та електротехнологічних працівників з питань технічної експлуатації електроустановок споживачів.

У процесі трудової діяльності електротехнічні та електротехнологічні працівники проходять такі форми навчання з питань технічної експлуатації електроустановок:

інструктажі;

періодичне навчання в спеціалізованих навчальних закладах (СНЗ);

щорічне навчання на підприємстві;

спеціальну підготовку;

стажування;

дублювання;

протиаварійні тренування.

Щорічне навчання на виробництві проходять електротехнічні та електротехнологічні працівники, які зайняті на роботах з підвищеною небезпекою або там, де є потреба в професійному доборі.

Спеціальну підготовку проходять працівники споживача, які забезпечують виробничі процеси в електроустановках споживача. Спеціальна підготовка працівників здійснюється за індивідуальними програмами з урахуванням освіти, відповідної кваліфікації та попереднього досвіду роботи працівника в електроустановках споживача.

Працівник, що має стаж за фахом не менше трьох років, який переходить з одного робочого місця на інше, і при цьому характер його роботи та тип устаткування, на якому він працюватиме, не змінюються звільняється від проходження стажування.

Тривалість стажування працівника встановлюється індивідуально залежно від здобутої освіти, спеціальності, досвіду роботи, займаної посади.

Після закінчення стажування та перевірки знань виробничі працівники допускаються до самостійної роботи, а оперативні - до дублювання.

Новопризначені працівники, що прийняті на роботу, пов'язану з обслуговуванням електроустановок, або при перерві в роботі понад один рік, проходять первинну перевірку знань.

Перевірку знань з вимог ПТЕ проходять:

працівники споживачів (ремонтних, будівельних, монтажних, проектних та інших підприємств і організацій), що експлуатують електроустановки, для яких електрична енергія використовується на підставі договору;

працівники електропередавальних організацій, які оформлюють акти огляду електроустановок споживачів та проводять обстеження технічного стану електроустановок побутових споживачів, а також виконують інші роботи, пов'язані з експлуатацією електроустановок споживачів.

Періодична перевірка знань з питань технічної експлуатації електроустановок споживачів проводиться:

первинне навчання та перевірка знань усіх працівників - до початку виконання роботи;

для працівників, які безпосередньо організовують та проводять роботи з оперативного обслуговування діючих електроустановок чи виконують у них налагоджувальні, електромонтажні, ремонтні, профілактичні випробування або експлуатують електроустановки у вибухонебезпечних, пожежонебезпечних зонах, - один раз на рік;

для адміністративно-технічних працівників, які не належать до попередньої групи, а також для членів комісій з перевірки знань - один раз на три роки.

Забороняється допуск до роботи працівників, які не пройшли навчання та перевірку знань у визначені строки.

Працівник, незалежно від строку проведення попередньої перевірки знань з правил технічної експлуатації електроустановок споживачів, проходить позачергову перевірку знань у разі:

внесення відповідних змін до ПТЕ;

порушення працівником вимог НД;

переведення працівника на іншу роботу або призначення на іншу посаду, що потребує додаткових знань;
перерви в роботі на даній посаді понад шість місяців;
незадовільної оцінки знань працівника - у строки, визначені комісією з перевірки знань, але не раніше ніж через один місяць після одержаної незадовільної оцінки;
вимог Держенергонагляду та Державної служби гірничого нагляду та промислової безпеки України.

2. Загальні положення організації та проведення пусконалагоджувальних робіт

Повністю закінчені будівництвом електроустановки, їх черги чи пускові комплекси повинні бути прийняті в експлуатацію відповідно до вимог, зокрема Порядку прийняття в експлуатацію закінчених будівництвом об'єктів, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 13 квітня 2011 року № 461, та Правил введення в роботу технічно переоснащених або заміненних складових частин об'єктів діючих електричних мереж напругою від 0,38 кВ до 110 (150) кВ, затверджених наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 08 листопада 2011 року № 691.

На період будівельно-монтажних та пусконалагоджувальних робіт замовник (споживач) здійснює кваліфікований технічний нагляд і проводить проміжні прийняття вузлів обладнання і споруд, у тому числі прихованих робіт.

Перед початком проведення пусконалагоджувальних робіт з одночасною подачею напруги живлення за тимчасовими схемами (в тому числі для будівельних майданчиків) замовник, як правило, установлює тимчасовий експлуатаційний режим обслуговування електроустановки оперативними працівниками.

Перед індивідуальними і комплексними випробуваннями повинно бути перевірене виконання вимог НД, зокрема цих Правил, інструкцій з монтажу устаткування тощо.

Для приймально-здавальних випробувань допускається подання напруги на електроустановку, якщо укладено договір про тимчасове постачання електричної енергії без засобів обліку та узгоджено з Державною службою гірничого нагляду та промислової безпеки України.

Індивідуальні та функціональні випробування обладнання й окремих систем проводить генеральний підрядник із залученням працівників замовника, монтажних і пусконалагоджувальних організацій за проектними схемами після закінчення всіх будівельних, монтажних і налагоджувальних робіт.

Комплексне випробування організовує і проводить замовник. Під час комплексного випробування повинна бути перевірена спільна робота основних агрегатів, технологічних схем і всього допоміжного обладнання під навантаженням та безпечність їх експлуатації.

Початком комплексного випробування енергоустановки вважається момент включення її в мережу або під навантаження.

Комплексне випробування передбачає увімкнення в роботу та налагодження засобів вимірювальної техніки, блокувань, пристроїв сигналізації та дистанційного керування, захисту та автоматичного регулювання.

Дефекти й недоробки, допущені в ході будівництва та монтажу, а також дефекти обладнання, виявлені під час випробувань, повинні бути усунені будівельними, монтажними, пусконаладжувальними організаціями та підприємствами-виробниками до оформлення підключення електроустановок до електричної мережі.

Підключення електроустановок до електричної мережі з дефектами та недоробками забороняється.

До прийняття електроустановок в експлуатацію повинні бути:

розроблені експлуатаційні інструкції та оперативні схеми, технічна документація;

експлуатаційні (електротехнічні й електротехнологічні) працівники, які пройшли відповідне навчання та перевірку знань або з керівниками яких укладено договір про надання послуг щодо обслуговування електроустановок з електропередавальною або спеціалізованою організацією;

підготовлені запасні частини й матеріали, випробувані захисні засоби й інструмент;

уведені в роботу засоби зв'язку, установки пожежної сигналізації та пожежогасіння (за участю представника Державної інспекції техногенної безпеки України), аварійного освітлення і вентиляції;

створені безпечні умови роботи для виробничих працівників та перебування людей відповідно до вимог НД з охорони праці, промислової безпеки, пожежної та технологічної безпеки, екологічних та санітарних норм.

Підключення електроустановки закінченого будівництвом об'єкта, який приймається в експлуатацію, до електричної мережі проводиться власником мереж після оформлення власником електроустановки декларації про готовність об'єкта до експлуатації або одержання сертифіката відповідності закінченого будівництвом об'єкта проектній документації, державним будівельним нормам, стандартам і правилам відповідно до Порядку прийняття в експлуатацію закінчених будівництвом об'єктів, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 13 квітня 2011 року № 461, та на підставі договору про постачання електричної енергії (договору про спільне використання технологічних електричних мереж, про технічне забезпечення електропостачання споживача).

3. Здавання-приймання в експлуатацію енергетичного обладнання.

Для прийняття рішення щодо можливості використання енергетичного обладнання за призначенням проводять його випробування.

Випробування - експериментальне визначення кількісних та (чи) якісних характеристик властивостей об'єкта як наслідок дії на нього в процесі його функціонування, моделювання об'єкта та (чи) дій на нього.

Система випробувань - це сукупність засобів випробувань, виконавців і певних об'єктів випробувань, які взаємодіють за правилами, встановленими відповідною нормативною документацією.

Нормативна документація встановлює умови, методи, види та обсяги випробувань.

Умови випробувань – це сукупність факторів впливу і (або) режимів функціонування об'єкта під час випробувань.

Метод випробувань є сукупністю правил застосування певних принципів і засобів випробувань.

Вид випробувань – являє собою класифікаційне угруповання випробувань за певною ознакою.

Обсяг випробувань - це характеристика випробувань, що визначається кількістю об'єктів та видів випробувань, а також сумарною їхньою тривалістю.

Випробування проводяться за програмами випробувань та за визначеними методиками.

Програма випробувань – є обов'язковим для виконання організаційно-методичним документом що встановлює:

- об'єкт та мету випробувань;
- види, послідовність та обсяг експериментів, що проводяться;
- порядок; умови, місце і терміни випробувань;
- забезпечення випробувань;
- звітність про випробування;
- відповідальність за забезпечення та проведення випробувань.

Методика випробувань є обов'язковим для виконання організаційно-методичним документом, що містить:

- опис методу випробувань;
- опис засобів і умов випробувань;
- порядок відбирання проб;
- алгоритми визначення характеристик властивостей об'єкта;
- форми представлення даних і оцінки їхньої точності та достовірності результатів;
- вимоги техніки безпеки і охорони навколишнього середовища.

Результати вимірювань, випробувань оформлюються типовими протоколами, відповідними актами, записами у формулярах, таку документацію дозволяється зберігати в електронному вигляді.

Дані випробувань – це реєстровані під час випробування значення характеристик властивостей об'єкта і (або) умов випробувань та інших параметрів, необхідних для наступної обробки.

Результат випробування – це оцінка характеристик властивостей об'єкта, встановлення відповідності об'єкта заданим вимогами за даними випробувань, результати аналізу функціонування об'єкта під час випробування.

Протокол випробувань є оформленим в установленому порядку документом, що містить необхідні відомості про об'єкт випробувань, застосовані методи і засоби випробувань, результати випробувань та висновки за результатами випробувань.

Енергетичне обладнання має обов'язково пройти окрім суто специфічних випробувань, ще і перевірку механічної частини згідно із заводськими та монтажними інструкціями.

Випробування та вимірювання параметрів електрообладнання проводиться відповідно до методів та нормативно-технічних параметрів, наведених у Нормах і

методах випробувань та вимірювань параметрів електрообладнання та апаратів електроустановок споживачів, які є додатком до ПТЕ.

Норми є обов'язковими для споживачів та населення, які експлуатують електроустановки напругою до 150 кВ незалежно від їхньої форми власності та відомчої підпорядкованості.

Вимірювання параметрів електрообладнання виконуються згідно з атестованими методиками вимірювання за чинними стандартами. Під час перевірок, випробувань та вимірювань електрообладнання, крім Норм, керуються чинними нормативними документами, а також інструкціями заводів-виробників.

Висновок про придатність електрообладнання до експлуатації робиться не тільки на підставі порівняння результатів випробувань з Нормами, але також і за сукупністю результатів усіх проведених перевірок.

Значення параметрів, отриманих під час чергових вимірювань, порівнюють з вихідними даними – їхніми значеннями, наведеними в паспортах і протоколах заводу-виробника або отриманими під час випробувань, які проводяться після капітального ремонту. В окремих випадках результати вимірювань порівнюють з параметрами однотипного електрообладнання або з результатами попередніх вимірювань.

Електрообладнання, у якого значення параметрів, одержаних під час випробувань, не відповідає нормам, має бути виведене з роботи. Рішення про порядок та терміни виведення з роботи цього електрообладнання приймає особа, відповідальна за електрогосподарство.

Під час проведення випробувань та вимірювань вживаються такі терміни і визначення:

випробна (підвищена) напруга промислової частоти - середньоквадратичне значення напруги промислової частоти, яку повинна витримувати протягом заданого часу внутрішня і зовнішня ізоляції електрообладнання за певних умов випробування;

випробна постійна (випрямлена) напруга - амплітудне значення напруги, що прикладається до електрообладнання протягом заданого часу за певних умов випробування;

електрообладнання з нормальною ізоляцією - електрообладнання, призначене для застосування в електроустановках, що зазнають дії атмосферних перенапруг за умов впровадження звичайних заходів захисту від блискавки;

електрообладнання з полегшеною ізоляцією - електрообладнання, призначене для застосування тільки в електроустановках, що не зазнають дії атмосферних перенапруг, або за умови застосування спеціальних заходів для захисту від блискавки, що обмежує амплітуду атмосферних перенапруг до значень, які не перевищують амплітуду однохвилинної випробної напруги промислової частоти.

Випробування та вимірювання параметрів електрообладнання повинні проводитись акредитованими лабораторіями за програмами (методиками), наведеними в стандартах та технічних умовах з урахуванням вимог безпечного виконання робіт.

Результати перевірки, вимірювання та випробування повинні бути оформлені протоколами або актами, які зберігаються разом з паспортами електрообладнання.

Тема 9. Контроль технічного стану ізоляції. Діагностування та способи сушіння ізоляції обмоток електродвигунів

1. Фізична сутність ізоляції.
2. Схема заміщення ізоляції.
3. Способи сушіння ізоляції обмоток електродвигунів та силових трансформаторів

1. Фізична сутність ізоляції.

Під час профілактичних випробувань електрообладнання особливу увагу приділяють ізоляції, так як відмови електрообладнання дуже часто спричиняються саме через відмову ізоляції, а пробій ізоляції може бути небезпечним для життя та здоров'я людей та сільськогосподарських тварин.

Ізоляція електротехнічного виробу – сукупність матеріалів, частіше діелектриків, які протидіють проходженню струму між певними деталями виробу (пристрою).

На ізоляцію струмовідних частин електрообладнання при експлуатації впливають робоча напруга, короточасні перенапруги від грозових розрядів і комутаційних операцій, механічні та теплові навантаження, забруднення, зволоження та інші несприятливі фактори.

Для оцінки технічного стану ізоляції струмовідних частин електрообладнання застосовують такі основні методи:

- вимірювання електричного опору ізоляції постійному струмові;
- визначення коефіцієнта абсорбції;
- використання ємнісних методів оцінки стану ізоляції;
- вимірювання тангенса кута діелектричних втрат;
- випробування ізоляції підвищеною напругою;
- вимірювання струмів витікання.

Оцінка технічного стану ізоляції струмовідних частин електрообладнання за результатами вимірювань та випробувань базується на її фізичній сутності.

Зовнішні елементи конструкції апарата (корпус, осердя) і струмовідні частини (жили кабелю, проводи шини) є обкладками конденсатора, які розділені середовищем – ізоляцією.

Структура ізоляції визначається не лише застосовуваними матеріалами (слюда, папір, картон, трансформаторна олива, синтетичні речовини), але і наявністю її дефектів та ступенем зволоження.

Під дією прикладеної напруги в ізоляції:

- здійснюється миттєва поляризація – пружне зміщення і деформація електронних оболонок атомів та іонів в ізоляції (утворюється струм зміщення I_3);
- здійснюється повільна поляризація – зміщення та поворот дипольних молекул, зокрема води, (утворюється струм абсорбції $I_{абс}$);
- виникає струм наскрізної провідності внаслідок домішок і дефектів – струм витікання $I_{вт}$ (струм витікання – струм провідності, зумовлений недосконалістю ізоляції).

Фізичну сутність ізоляції доцільно розглядати шляхом аналізу процесів, що в ній відбуваються, використовуючи схему заміщення.

2. Схема заміщення ізоляції.

Правильність уяви про ізоляцію, відображеної схемою заміщення (див. рис. 9.1), підтверджує досвід вимірювання опору ізоляції та визначення коефіцієнта абсорбції. Із прикладенням до ізоляції напруги постійного струму спочатку проходить лише струм зміщення I_z до зарядження геометричної ємності C_r , яка визначається геометричними розмірами ізоляції.

Струм I_z швидко затухає, а з накопиченням за цей час на границях ізоляції зарядів різної полярності створюється електричне поле (рис. 9.2). Під дією поля виникає явище поляризації, яка пов'язана із проходженням другої складової струму через ізоляцію – струму абсорбції $I_{абс}$ внаслідок заряджання окремих абсорбційних ємностей, що виникають між шарами ізоляції. Ця складова струму залежить, в основному, від наявності вологи в ізоляції. Повільність орієнтації диполів у електричному полі (див. рис. 9.2), обумовлює повільність затухання струму $I_{абс}$.

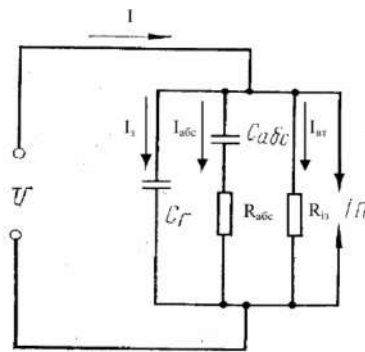


Рисунок 9.1 – Схема заміщення ізоляції:

C_r – геометрична ємність ізоляції; $C_{абс}$, $R_{абс}$ – абсорбційні ємність та опір; $R_{из}$ – опір, що визначає струм витікання $I_{вт}$; I_z , $I_{абс}$ – струми відповідно зміщення та абсорбції; ІП – іскровий проміжок (можливий пробій ізоляції)

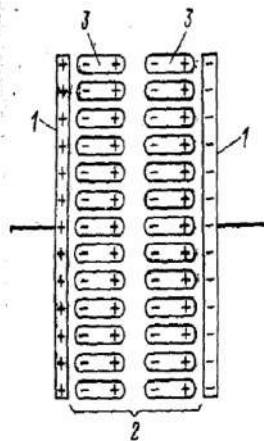


Рисунок 9.2 – Дипольна поляризація у діелектрикові зі складною структурою (умовному конденсаторові):

1 – обкладинки умовного конденсатора (струмовідні частини та корпус електрообладнання чи магнітопровід); 2 – середовище (діелектрик); 3 – диполь

Тривалість заряджання абсорбційної ємності $C_{абс}$ (точніше, значної кількості таких ємностей) визначається з розгляду кола з $R_{абс}$ та $C_{абс}$, що має свою постійну часу $\tau = R_{абс} \cdot C_{абс}$. Чим більш зволоженою є ізоляція, тим меншим буде $R_{абс}$ і, відповідно, струм $I_{абс}$ зростає спочатку, але швидко затухає. Зволоженість ізоляції

насамперед впливає на значення опору $R_{абс}$. У сухій ізоляції опір $R_{абс}$ є досить великим, струм $I_{абс}$ має менше початкове значення, а затухає досить повільно, що описується виразом:

$$I_{абс} = \frac{U}{R_{абс}} e^{-\frac{t}{\tau}},$$

де U – постійна напруга, прикладена до ізоляції;
 t – тривалість прикладання напруги.

Із завершенням процесу поляризації (абсорбційна ємність заряджена) струм $I_{абс}$ повністю затухає, а через ізоляцію продовжує протікати струм витікання $I_{вт}$. Значення цього струму залежить від опору ізоляції постійному струмові, позначеному на схемі заміщення як $R_{із}$. Цей опір теж залежить від стану ізоляції і зменшується із зволоженням та забрудненням її поверхні.

Характер зміни складових струму, що протікає через ізоляцію, та опору ізоляції протягом часу його вимірювання показаний на рисунку 9.3.

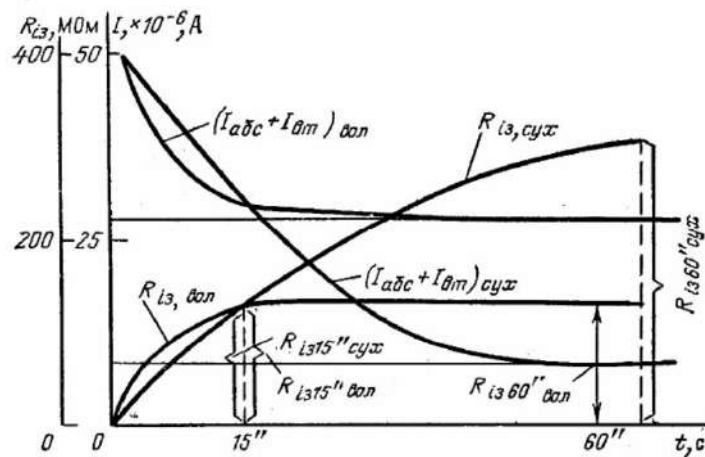


Рисунок 9.3 – Залежності опору ізоляції, струму абсорбції та струму витікання від часу прикладання постійної напруги у процесі вимірювань

Електричний опір ізоляції – електричний опір, вимірюваний за спеціальних умов між двома провідними тілами, ізольованими одне від одного.

Вимірювання електричного опору ізоляції постійному струмові дає можливість оцінити загальний стан ізоляції переважно стосовно її зволоження та забруднення.

Як видно із графіків на рисунку 9.3, обернено пропорційно зміні струму через ізоляцію змінюється опір ізоляції, маючи найменше значення на початку вимірювання і досягаючи усталеного значення приблизно через 60 секунд з моменту прикладення до ізоляції постійної напруги. Кінцеве усталене значення опору визначається струмом витікання через ізоляцію $I_{вт}$, оскільки до цього часу абсорбційна складова встигає практично повністю затухнути (див. рисунок 9.4 – момент часу t_1).

Так як t_1 (момент часу з початку дії на ізоляцію постійної напруги, коли сумарний струм через ізоляцію, що визначає її технічний стан, досягає усталеного значення) дорівнює приблизно 60 секундам, то опір ізоляції позначають як $R_{60''}$.

$$R_{60''} = \frac{U}{I_{вт}}$$

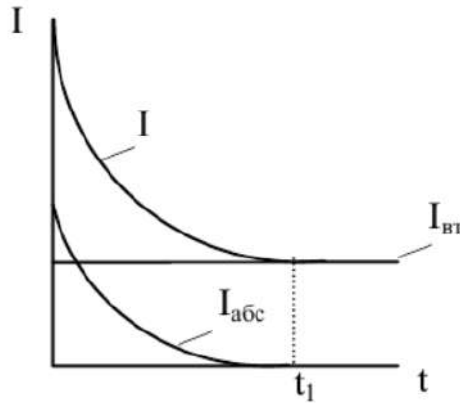


Рисунок 9.4 – Зміна струмів через ізоляцію, до якої прикладена постійна напруга

За вимогами стандарту вимірювання опору ізоляції слід проводити:

- між всіма з'єднаними між собою струмовідними частинами і частинами, до яких при обслуговуванні можливі дотики (наприклад, оболонки, рукоятки);
- між кожною електрично незалежною частиною і заземленими металевими частинами виробу.

Вимірювання опору ізоляції проводиться за допомогою мегаомметрів. Одним із важливих параметрів мегаомметрів (поряд із межами вимірювання) є значення номінальної вихідної напруги. Залежно від номінальної напруги електрообладнання (ліній, проводок) має застосовуватися мегаомметр з відповідними межами вимірювання та номінальною напругою. Конкретні рекомендації щодо цього містяться у чинних нормативних документах та документації заводів-виробників електрообладнання.

Для вимірювання опору ізоляції використовують мегаомметри типу М4100, що містять вбудований генератор із ручним приводом в якості джерела живлення та чутливий логометричний вимірювач. Привод генератора обладнаний відцентровим регулятором швидкості обертання якоря, що дозволяє практично позбавитись коливань напруги. Поряд з цим встановлена номінальна частота обертання рукоятки мегаомметра 120 об/хв, якої слід обов'язково дотримуватися.

Виміряні значення опору ізоляції $R_{60''}$ порівнюють із значеннями, регламентованими нормативними документами. Наприклад, для освітлювальних та силових електропроводок напругою до 1000 В мінімальний опір ізоляції має бути не менше 0,5 МОм.

Як і інші показники стану ізоляції, опір ізоляції дуже залежить від температури. Для прикладу, опір ізоляції класу нагрівостійкості В (130°C) знижується приблизно у два рази з підвищенням температури на кожні 18°C.

Норми випробування електрообладнання встановлюють умови визначення температури ізоляції електрообладнання:

- за температуру ізоляції не нагрітого трансформатора приймається температура верхніх шарів масла, виміряна термометром;
- за температуру ізоляції трансформатора, що нагрівався чи перебував під впливом сонячної радіації, приймається середня температура фази В обмотки вищої напруги, визначена за її опором постійному струму;
- за температуру ізоляції електричних машин, що знаходиться у практично холодному стані, приймається температура навколишнього середовища;

- за температуру ізоляції електричних машин після їхнього нагрівання, приймається середня температура обмоток, визначена за їх опором постійному струму;

- за температуру ізоляції трансформатора струму серії ТФЗМ (ТФН) із масляним заповненням приймається температура навколишнього середовища;

- за температуру ізоляції вводу, встановленого на масляному вимикачеві або на не нагрітому трансформаторі, приймається температура навколишнього середовища або ж температура масла у баці вимикача чи трансформатора.

У разі вимірювань при різних значеннях температури навколишнього середовища їхні результати слід привести до однієї температури

Опір ізоляції не вимірюють за температури нижче $+5^{\circ}\text{C}$, оскільки результати не будуть достовірними внаслідок нестабільної поведінки вологи. За мінусових температур волога перетворюється у лід, що є діелектриком, а тому вимірювання опору ізоляції взагалі не може дати уявлення про її стан – зволоження та наявність дефектів.

3. Способи сушіння ізоляції обмоток електродвигунів та силових трансформаторів

Основною причиною відмови електричних машин є підвищена вологість обмоток, в результаті чого відбувається пробій ізоляції, і як наслідок, вихід з ладу обладнання. Щоб цього не сталося, необхідно регулярно заміряти опір обмоток. Він повинно відповідати нормативам. Для електродвигунів потужністю до 400 кВт опір має становити не менше 10 МОм. Забір опору повинен проводитися при нормальній температурі повітря з нормальною вологістю.

Якщо температура двигуна була робочою, то опір має бути не менше 3 МОм, а при підвищеній вологості повітря не менше 0,5 МОм. Якщо є відхилення в параметрах, то обмотку слід просушити.

Для сушіння застосовують способи:

- зовнішній нагрів;
- прогрів за допомогою індукційних втрат;
- просушка подачею зниженої напруги на обмотки.

У процесі сушіння обмоток будь-яким способом необхідно контролювати температуру і опір ізоляції. При цьому температура сушки повинна бути не вище гранично допустимої для даного класу ізоляції.

У перший період сушіння опір ізоляції дещо знижується, потім, коли волога починає видалятися з ізоляції, він зростає і при досягненні стабільного рівня вологості стабілізується.

Процес сушіння вважається закінченим, якщо значення опору ізоляції залишається незмінним протягом 1-2 годин.

У разі зволоження ізоляції опір після сушки може бути нижче норми, тоді слід провести циклічну сушку. В цьому випадку процес складається з періодичного нагрівання і охолодження обмотки. При охолодженні обмотки волога переходить від більш нагрітих внутрішніх ділянок до поверхні і процес сушіння прискорюється. Якщо і при такому сушінні опір ізоляції залишається нижче нормованого, електродвигун необхідно відправити в капітальний ремонт.

Сушка двигуна за допомогою зовнішнього нагріву

За допомогою зовнішнього нагріву сушать всі типи електродвигунів. Зазвичай для цього використовують спеціальний пристрій. Він являє собою шафу для сушіння, в яку надходить нагріте повітря. В якості нагрівача застосовуються ТЕНи, які обдуваються повітрям.

При цьому способі сушіння тепло передається від статора до обмотці, тому зовнішні її шари висихають швидше, ніж внутрішні. Для більш рівномірного видалення вологи з ізоляції, слід температуру в сушильних шафах піднімати поступово.

Метод індукційних втрат

Для просушування електродвигунів без розбирання застосовують метод індукційних втрат. Суть методу полягає в тому, що зверху корпусу електродвигуна намотується дріт. Для цього застосовується ізольовані проводи. Кількість витків і перетин розраховуються в залежності від напруги живлення і потужності мотора. Нагрівання електродвигуна здійснюється методом індуктивних втрат.

Якщо передбачається сушка обмоток методом теплових втрат, то двигун розбирають. На статор намотують обмотку, за принципом тороїдального трансформатора. Перевагою такого методу є можливість застосувати однофазну напругу 220 вольт. Такий спосіб нагріву потребує контролю струму в обмотках.

Індукційна сушка відбувається при нагріванні машини індукційними струмами, які виникають при пропусканні змінного струму по спеціальній намагнічувальній обмотці, яка розміщена на статорі, її виконують ізольованим проводом. Для регулювання температури її секціонують (рисунок 9.5).

Число витків намагнічувальної обмотки

$$w = \frac{U}{4,44 fBS}$$

де U - напруга джерела, В;

B - магнітна індукція в спинці статора, Тл;

f - частота струму, Гц;

S_c - площа поперечного перетину спинки статора, м².

Сила струму в намагнічувальній обмотці, А

$$I = \frac{\pi H D_0}{w}$$

$$I_{\mu} = \frac{\pi H \cdot D_0}{\varpi}$$

де H - напруженість сталі при максимальній магнітній індукції, А/м;

D_0 - середній діаметр спинки статора, м.

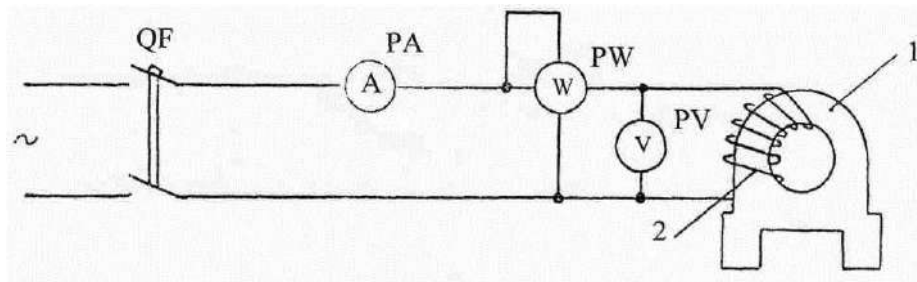


Рисунок 9.5 - Схема індукційної сушки: 1 - статор електродвигуна, 2 - намагнічуюча обмотка.

Щоб прискорити розігрів статора на початку сушки, збільшують індукцію до 0,7 - 0,9 Тл, а при досягненні необхідної температури зменшують до 0,4-0,5 Тл, переключаючи обмотку на більше число витків.

Сушка обмоток зниженою напругою

До методу сушки електродвигуна зниженою напругою вдаються, в разі, якщо опір ізоляції не сильно відрізняється від номінального. Перед операцією розбирання електродвигуна не потрібно. В електричних машинах з короткозамкненим ротором фіксують ротор від провертання. В машинах з фазним ротором закорочуються між собою струмознімальних кільця.

Для сушки асинхронного двигуна трифазним струмом потрібно надійно загальмувати ротор, а до статора підвести від джерела 3-х фазного струму напругу не більше 15-20% номінальної. При цьому сила струму в статорі досягає приблизно номінального значення. При надто швидкому підвищенні температури слід знизити напругу. Джерелом живлення постійного чи змінного струму може служити зварювальний трансформатор. Якщо виведені 6 кінців обмотки статора, то всі фази включають послідовно і через них пропускають змінний струм. Якщо роз'єднати обмотки фаз неможливо, то сушку проводять по схемах (рисунок 9.6). При цьому необхідно періодично переключати фази для рівномірного нагрівання обмоток. Переключення проводяться кожні 2-4 години і в залежності від розмірів машини і швидкості підвищення температури на початку сушки.

Цим методом можна сушити електричні машини всіх типів. Він застосовується головним чином тоді, коли неможливо обертати машину і є джерело низької напруги достатньої сили струму. Так як при цьому методі сушки машина нерухома, то це погіршує умови охолодження порівняно з машиною, яка обертається; тому необхідний для сушки струм значно менший номінального і, наприклад, для машин відкритого типу складає не більше 50-70%.

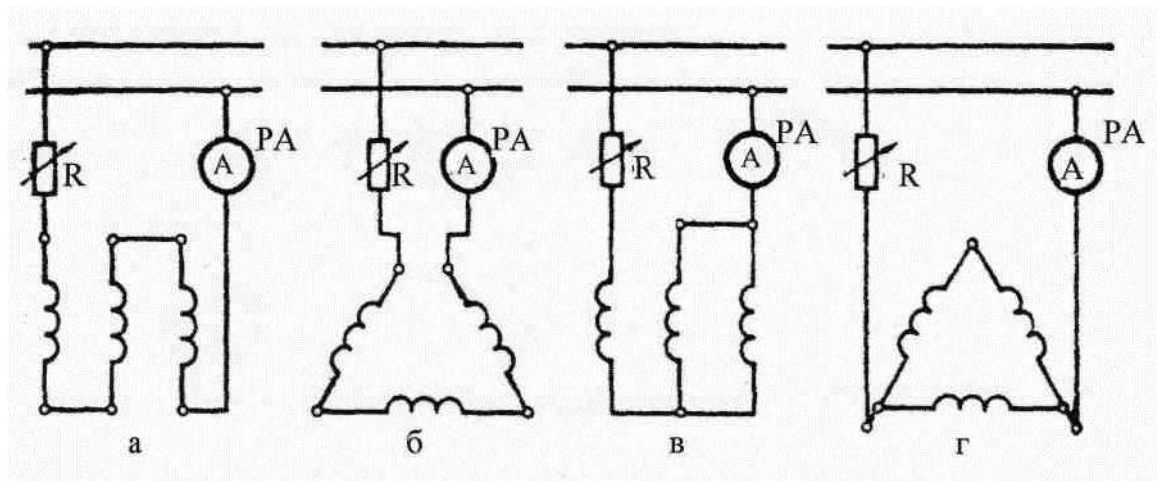


Рисунок 9.6 - Схема сушки асинхронних двигунів при: а, б - наявності шести кінців; в, г - наявності трьох виводів.

В процесі нагрівання періодично розблоковують і прокручують ротор. Це забезпечує вентиляцію двигуна і скорочує час сушіння. Для виключення нерівномірного нагріву в кожній обмотці проводять контроль струму.

Тема 10. Технічна експлуатація засобів керування

1. Загальні вимоги до засобів керування і захисту.
2. Номенклатура засобів керування і захисту.
3. Порядок вибору. Технічне обслуговування, ремонт та випробування засобів керування і захисту.

1. Загальні вимоги до засобів керування і захисту.

Електричними апаратами називають особливі електротехнічні пристрої, призначені для керування, регулювання або захисту електричних кіл і машин. Електричні апарати класифікують:

за призначенням - комутуючі (для вимикання і вмикання електричних кіл), захисні (для захисту електричних кіл і машин шляхом їх вимикання при струмах перевантаження і короткого замикання, а також при змінах напруги та інших порушеннях режимів роботи електроустановки), пускорегулювальні (для здійснення пуску і регулювання частоти обертання, струму і напруги електричних машин), контролюючі (для контролю заданих параметрів електричного кола; при порушенні цих параметрів вони реагують, надсилаючи імпульси струму, що викликають дію сигналу або вимикального апарата);

за принципом роботи - контактні (замиканням і розмиканням рухомих контактних частин здійснюється вплив на кероване електричне коло); безконтактні (які здійснюють керування приєднаними до них електричними колами зміною своїх електричних параметрів - індуктивності, ємності, опору тощо);

за напругою - низької (до 1000 В, але, як правило, до 660 В включно) і високої (понад 1000 В, найчастіше 6 кВ і вище);

за родом струму - постійного або змінного;

за виконанням - у відкритому, захищеному, вибухобезпечному тощо.

Електричні апарати можна класифікувати і за іншими ознаками, наприклад за кількістю полюсів (однополюсні або триполюсні), за способом гасіння в апараті електричної дуги (з гасінням в деіонній ґратці, у маслі або в газовому середовищі), за способом дії (електромагнітні, теплові, індукційні).

Основними і найвідповідальнішими частинами електричних апаратів загальнопромислового призначення є контакти.

Якість контакту в апараті залежить від тиску в контакті, а також від правильності обробки і стану контактних поверхонь. Погано оброблені і окислені (вкриті плівками оксидів) контакти мають значний перехідний опір. Тому під час монтажу електричних апаратів особливу увагу слід звертати на стан їх контактів. Окислені контактні поверхні мідних контактів треба обробляти напилком для створення шорсткості, яка забезпечує, кращий контакт, ніж поліровані або шліфовані поверхні. Поверхні контактів повинні бути чистими, а тиск у контактах - відповідати заводським даним.

В останні роки багато електричних апаратів випускають з контактами, вкритими металокерамікою. Контакти з металокерамічним покриттям очищають, промиваючи чистим бензином. Обробляти їх напилком забороняється.

Електричні апарати, які надходять на монтаж у заводській упаковці і без ознак пошкоджень, відкривати, і тим більше розбирати, не слід. При необхідності

усунення дрібних пошкоджень в апараті всі роботи треба виконувати так, щоб максимально збереглося заводське складання і регулювання контактів, механізму та інших частин апарата.

Апарати, які застосовують для керування електричними колами, поділяються на неавтоматичні і автоматичні.

Неавтоматичними апаратами є рубильники, перемикачі, пакетні вимикачі, ящики з рубильниками, а також барабанні вимикачі та контролери, керування якими здійснюється вручну безпосередньо оператором.

Автоматичними апаратами є контактори, магнітні пускачі і автомати, якими керують дистанційно або які діють автоматично в разі зміни установленого режиму роботи електродвигуна або живильної мережі (перевантаження, зниження чи повне зникнення напруги тощо).

До електричних апаратів висуваються різні вимоги, що визначаються переважно їх призначенням та умовами навколишнього середовища. Всі електричні апарати повинні задовольняти таким загальним вимогам:

- струмопровідні частини мають витримувати нагрівання певної температури, викликані протіканням через них тривало - номінальних струмів і короткочасно - струмів перевантаження і наскрізного короткого замикання;
- контактні частини й механізми повинні витримувати без порушення регулювання гарантовану заводом-виробником кількість циклів вмикань і вимикань;
- контакти мають бути здатні вмикати і вимикати всі струми робочих режимів, а контакти багатьох апаратів - також і струми аварійних режимів;
- деталі повинні витримувати без будь-яких порушень, що перешкоджають їх подальшій нормальній роботі, електродинамічні зусилля, які виникають у струмопровідних частинах під час протікання через них струмів перевантаження або короткого замикання;
- електрична ізоляція повинна забезпечувати надійну і безпечну роботу апарата за заданих значень напруги, а також за короткочасних перевантажень певної величини.

2. Номенклатура засобів керування і захисту.

До ПЗА, КВП і ЗА, які застосовуються в ЕУ на с.г. підприємствах відносяться:

1) **автоматичні вимикачі** (ВА-47, 50,51,88,2000-S фірми «АсКо-УкрЕМ», АВ-50, АВ2М, ВС-160, Компакт NS,NB, ЕТТМАТ - 10, LSN,LST,LSE,PE6,PF6 фірми «Моелер Електрик», NT фірми «Шнейдер Електрик», АЗ790 (Росія), із тих, що знаходяться в експлуатації: АЗ 100, АВМ, АП-50,АЕ-2000 та багато інших);

2) **магнітні пускачі** (КМИ, КТИ, КМ,КМР,КІ,КМН,А.АЕ.ТАЕ,UA (конденсаторні фірми АВВ),МК (модульні контактори)ПМ, ПММ, ПМР, ПМК, СЕМ25.00 (фірми <<ETICON>>), ПМЕ,ПАЕ, ПМА, ПМЛ та багато ін.);

3) **теплові реле** (RE1 ...D фірми «ETICON»), РТЛ, РТТ, РТИ, РТ, РТ2М, ТРП, ТРН та ін.);

4) **пристрої захисного відключення** (диференційні автоматичні

вимикачі KZS,MS-25, АВДТ, ВД1, АД12-АД14, диференційні реле захисту ЕФІ,ЕФІ-4S (фірми ЕТІ), ПЗВ-20000 («АсКо-УкрЕМ»), УВТЗ, ФУЗ і ін.)

5) **технічні засоби** вимірювання, контролю і регулювання:

температури, тиску, витрати рідини і газів, рівня, властивостей і складу речовин, дозування і ін.

3. Порядок вибору. Технічне обслуговування, ремонт та випробування засобів керування і захисту.

Перевірка автоматичних вимикачів

АВ що випускаються промисловістю і що знаходяться в експлуатації за видами захисту діляться:

- з електромагнітними розчіплювачами (для захисту від струмів к.з.);
- з напівпровідниковими розчіплювачами (для захисту від перевантажень);
- з тепловими розчіплювачами (для захисту від перевантажень);
- з комбінованим розчіплювачем (ЕМ і Т) для захисту від к.з. і перевантажень);
- з дистанційними (незалежними) розчіплювачами (для дистанційного управління вимикачем);
- з розчіплювачем мінімальної напруги (що спрацьовує при зниженні U_c до $0,8U_{нс}$).

Кожний автоматичний вимикач має наступні основні характеристики: **часострумову, навантажувальної здатності** при паралельному розміщенні декількох автоматичних вимикачів і **навантажувальної здатності** при зміні температури навколишнього середовища (не у кожного автомата). Для нових автоматичних вимикачів часострумова характеристика розділена на три зони: **В,С,D**, які визначені номінальними струмами вимикачів того чи іншого типу (див. рисунок 10.1).

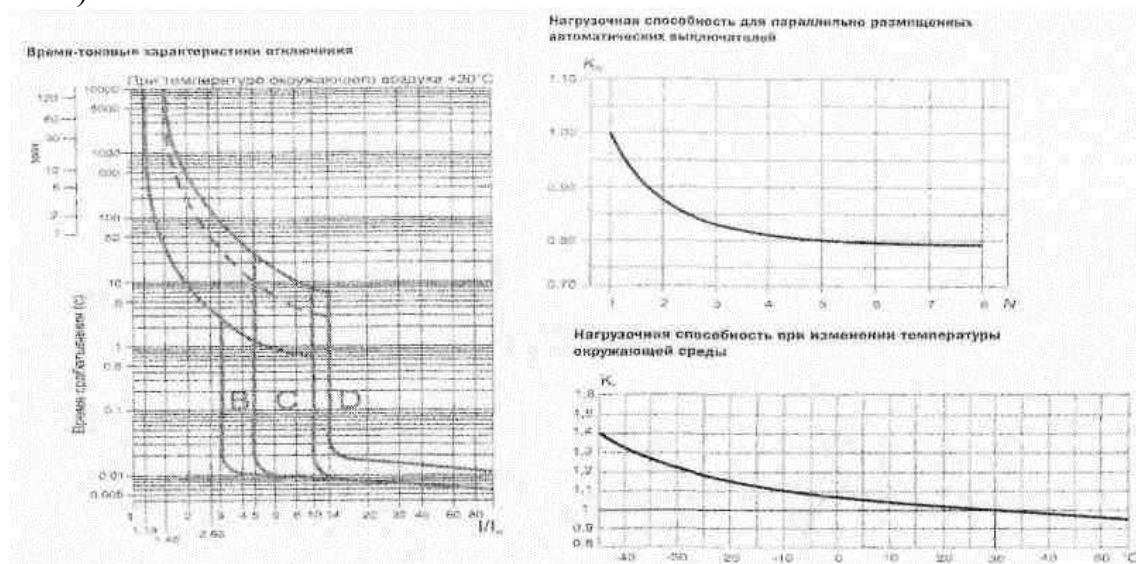


Рисунок 10.1 - Часострумова характеристика та навантажувальні здатності при паралельному розміщенні вимикачів і зміні температури навколишнього середовища, відповідно

АВ з ЕМ- розчіплювачами характеризуються струмами відсічки (спрацьовування):

$$I_{від} = k I_{н.р.}$$

де $I_{н.р.}$ - номінальний струм уставки ЕМ-розчіплювача, А;

k - кратність спрацьовування ЕМ-розчіплювача (визначається зонами В, С, D часошумової характеристики даного типу вимикача, див. рисунок 10.1).

Для захисту АД уставка ЕМ-розчіплювача повинна визначатися з умови:

$$I_{уст.ем} = (1,5 - 1,8) I_{пуск}$$

Для захисту групи ЕД:

$$I_{уст.ем} \geq (1,5 - 1,8) \left[\sum I_n + (I_{нб} - I_{нб}) \right]$$

де $(I_{нб} - I_{нб})$ - різниця між пусковим і номінальним струмами для ЕД, у якого вони мають найбільше значення.

Із зміною температури навколишнього середовища змінюється $I_{н.тр}$, тобто істотно змінюється $\tau_{спр}$ теплового розчіплювача. Тому для АВ з тепловими розчіплювачами струм уставки вибирають залежно від температури навколишнього середовища:

$$I_{уст.тр} = \frac{I_{нр}}{\alpha}$$

де $\alpha = 1 + 0,006(35 - \theta)$,

θ - температура навколишнього середовища, °С; при $\theta = 25^\circ\text{C}$ $I_{уст.тр} = 0,9 I_{н.тр}$; при $\theta = 0^\circ\text{C}$ $I_{уст.тр} = 0,8 I_{н.тр}$;

Для автоматичних вимикачів серії АЗ100 відносна зміна струму теплового розчіплювача визначається:

$$K_t = K_{25} \sqrt{\frac{Q + 25 - V_{окр}}{Q}}$$

де Q - перевищення температури біметалічної пластини щодо навколишнього середовища у момент спрацьовування °С; (береться з таблиці).

K_t K_{25} - кратність струму розчіплювача при температурі навколишнього середовища і 25°С, відповідно;

$V_{окр}$ - температура навколишнього середовища °С;

$$I_{тр(V)} = K_t \cdot I_{н.тр(25)}$$

K_t можна визначити по графіку (див.рисунок)

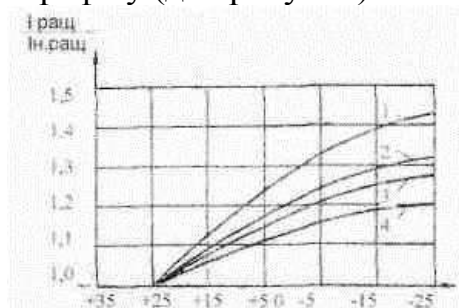


Рисунок 10.2 - Графік відносного збільшення струму розчіплювача в залежності від температури біметалевої пластини: 1- при 50°С; 2 - при 70°С; 3 - при 90°С; 4- при 120°С.

Для деяких нових серій автоматичних вимикачів (наприклад, ВА-47), при визначенні струму уставки Т-розчіплювача, слід враховувати коефіцієнти навантаження (беруться з номограм, рисунок):

- в залежності від кількості паралельно розміщених автоматичних вимикачів K_N ;
- в залежності від температури навколишнього середовища K_t .

$$I_{уст.мр} = 1,13 I_{н.мр} K_N K_t$$

Визначення опору ізоляції

Перевірка опору ізоляції проводиться мегомметром М4100/4 (на 1000 В) між полюсами та між кожним полюсом і заземленими частинами в місці кріплення корпусу вимикача. Для різних типів вимикачів при $t_{нав. ср} = +40^\circ\text{C}$; $W = 60-80\%$:

- $R_{із.ав} = 10...20 \text{ МОм}$ - в холодному стані;
- $R_{із.ав} = 5...6 \text{ МОм}$ - в гарячому (прогрітому розчіплювачі).

Перевірка електромагнітних розчіплювачів

Схема випробування ЕМ-розчіплювачів представлена на рисунку 10.3.

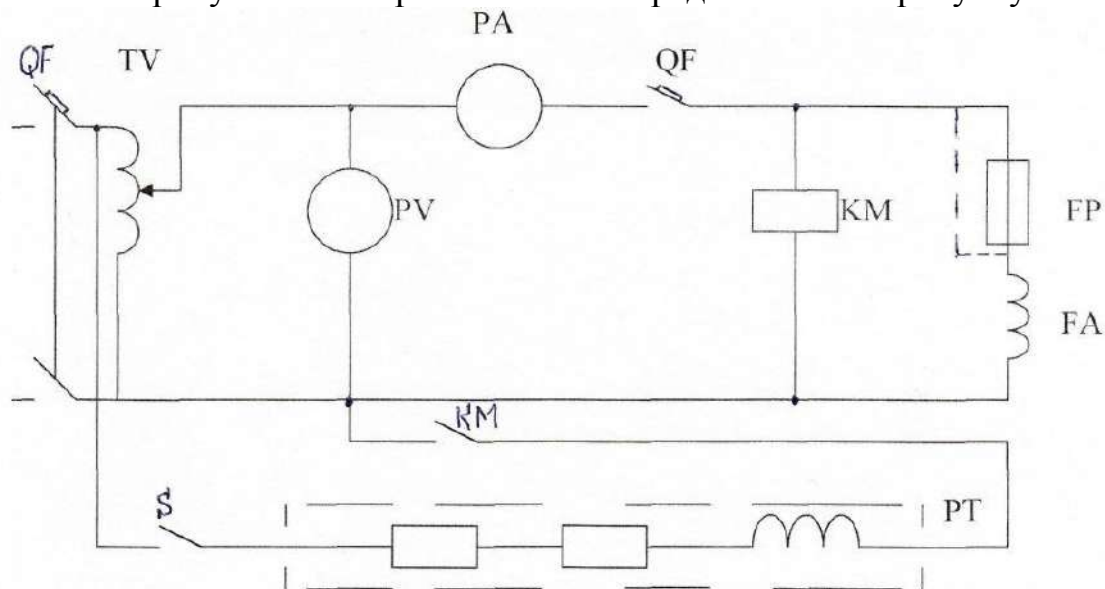


Рисунок 10.3 - Схема для перевірки електромагнітних та теплових розчіплювачів автоматичних вимикачів

Послідовність випробування наступна:

- 1) для перевірки різних типів вимикачів установлюють струм, який дорівнює:

$$I_{вип} = 0,7 - 0,85 I_{від}$$

При цьому вимикач *не повинен спрацювати*

- 2) для різних типів вимикачів установлюють струм, який дорівнює:

$$I_{вип} = 1,15 - 1,3 I_{від}$$

При цьому вимикач *повинен миттєво спрацювати*

- 3) знімають значення струму та час спрацювання електромагнітного розчіплювача ($I_{тр}, \tau_{сраб}$);

$$\tau_{сраб} = \tau_{ср.норм} \pm \Delta\tau$$

- 4) порівнюють ці дані з даними заводу- виробника, різниця не повинна бути більше встановленої $\Delta\tau$.

По роду максимального захисту, наприклад АЗ790, виконуються:

- 1) *струмообмежувального* виконання;
- 2) *селективного* виконання.

Розчіплювачі виконують: для перших - на напівпровідникових, біметалічних і електромагнітних елементах; для других - на напівпровідникових елементах.

Схема випробування наведена на рисунку 10.4

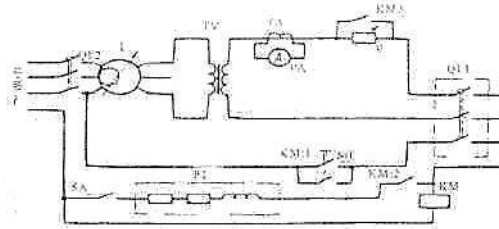


Рисунок 10.4 - Схема для перевірки вимикачів з напівпровідниковими розчіплювачами: SF1 и SF2 — автоматичні вимикачі (перевіряємий і для подання живлення); Т — трифазний індукційний регулятор; TV и ТА -трансформатори напруги (навантаження) і струму; РТ- секундомір; R -резистор; SA - ручний вимикач; SB - кнопка включення; KM - контактор змінного струму

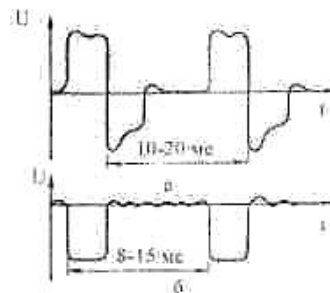


Рисунок 10.5 - Осцилограми, які отримані при струмі уставки напівпровідникового розчіплювача: а - менш заданого; б - рівним заданому в зоні перевантаження

R на рисунку 10.4 підбирають таким чином, щоб $I_{\text{вип}}$ змінювався у межах від $(0.7-1.0) I_{\text{від р}}$ до $1,2 I_{\text{від р}}$.

Послідовність дій така:

1) перевіряють уставку при спрацьовуванні в зоні *короткого замикання*, для чого:

- встановлюють $I_{\text{вип}} = (1,2 - 1,25) I_{\text{від}}$;

- визначають час спрацьовування вимикача і порівнюють з даними заводу виготівника; цей час повинен бути:

$$\tau_{\text{спрац}} = \tau_{\text{спр.норм}} \pm 10\%$$

2) перевіряють уставку при спрацьовуванні в зоні перевантаження, для чого:

- встановлюють $I_{\text{вип}} = 1,25 I_{\text{н.р.}}$; при цьому на екрані осцилографа з'являться двополярні імпульси (див. рисунок 8.5 а)

- зменшуючи $I_{\text{вип}}$ досягти виникнення однополярних імпульсів (див. рисунок 10.5).

Перевірка теплових розчіплювачів

Схема випробування наведена на рисунку 10.6. Послідовність дій наступна:

1) в залежності від типу вимикача встановлюють $I_{\text{вип}} = (2 - 3) I_{\text{н.тр}}$;

2) визначають час спрацювання вимикача і порівнюють з даними заводу-виготівника; цей час повинен бути:

$$\tau_{\text{спр}} = \tau_{\text{сп,норм}} + \Delta \tau_{\text{доп}}$$

3) встановлюють $I_{\text{вип}} = q \cdot I_{\text{н.тр}}$ де q - коефіцієнт перевантаження (значення обираються повільно в зоні часострумової характеристики для даного типу вимикача);

4) по отриманим даним будують часострумову характеристику і порівнюють з типовою. Експериментальна залежність повинна знаходитися в зоні типової;

5) якщо пункти 2 і 4 не виконуються, то:

- при наявності регулювання треба відрегулювати розчіплювачі і знову провести випробування;

- якщо регулювання не передбачено заводом-виготівником, то вимикач бракується.

Слід відмітити, що випробування ЕМ- та Т-розчіплювачів проводяться для кожного полюса окремо і одночасно для всіх полюсів.

Якщо $\tau_{\text{спр}}$ не відповідає заводським даним перевіряють початковий струм спрацювання.

Теплові і Ем-розчіплювачі деяких АВ калібруються на заводі-виробнику, тому в процесі експлуатації вони наладці і не підлягають. При наладці проводиться перевірка їх працездатності.

Перевірка комбінованих розчіплювачів

Випробування автоматичних вимикачів з комбінованим розчіплювачами проводяться аналогічно п.8.1.2.2 і 8.1.2.4. Для визначення, який із розчіплювачів спрацював необхідно вімкнути АВ:

- якщо АВ легко вмикається, то спрацював ЕМ-розчіплювач;

- якщо АВ не вмикається, то спрацював Т-розчіплювач.

Перевірка дистанційних (незалежних) розчіплювачів

Схема проведення випробування наведена на рисунку . Послідовність дій наступна:

1) встановлюють напругу $U_{\text{вип}} = (0,75 - 1,1)U_{\text{н.др}}$ (приблизно три значення); при цьому вимикач повинен чітко спрацювати.

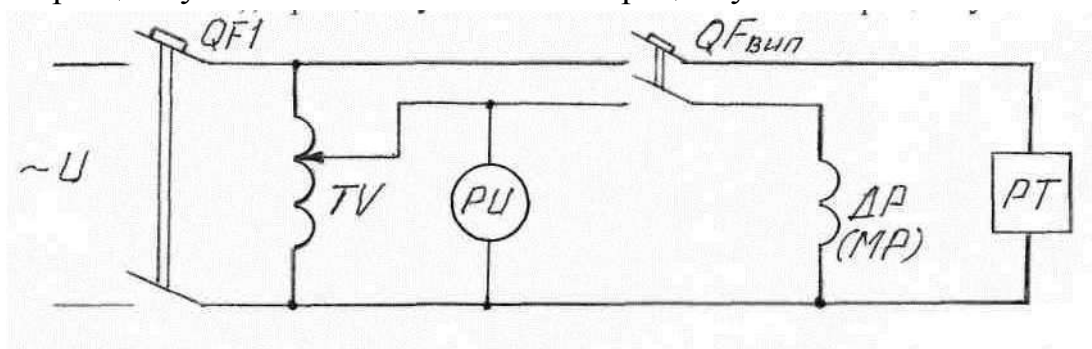


Рисунок 10.6 - Схема для випробування дистанційних та розчіплювачів мінімальної напруги

Перевірка розчіплювачів мінімальної напруги

Схема проведення випробування наведена на рисунку 10.6. Послідовність дій наступна:

- подається напруга $U_{\text{вип}} = (0,3-1,0)U_{\text{н.мнр}}$;
- критерії: при $U_{\text{вип}} = 0,85U_{\text{н.мнр}}$ - включення АВ;
при $U_{\text{вип}} = (0,7-0,35)U_{\text{н.мнр}}$ - відключення АВ;
при $U_{\text{вип}} = 0,35U_{\text{н.мнр}}$ - не допускає включення АВ.

Тема 11. Технічна експлуатація електродвигунів

1. Особливості експлуатації електродвигунів в АПК.
2. Технічні заходи щодо підвищення експлуатаційної надійності електродвигунів.
3. Технічне обслуговування і ремонт електродвигунів.

1 Особливості експлуатації електродвигунів в АПК.

Електродвигуни розраховані на визначений номінальний режим роботи, який відповідає параметрам, приведеним в паспортних (каталожних) даних кожного електродвигуна. Зараз в сільськогосподарському виробництві застосовується велика кількість електродвигунів різних модифікацій.

Основними параметрами, які характеризують номінальний режим роботи електродвигуна, є: активна потужність на валу електродвигуна в кВт (P_n), напруга в вольтах (U_n), номінальний і пусковий струми в амперах (I_n , $I_{пуск}$), момент, який розвиває електродвигун при номінальному режимі (M_n), а також максимальний пусковий моменти (M_{max} , $M_{пуск}$) в Н м, частота обертання ротора (оборотів в хвилину (n_n)). коефіцієнт корисної дії (η_n) - коефіцієнт потужності ($\cos \varphi$) і ін.

Зараз в сільськогосподарському виробництві ще значне розповсюдження мають електродвигуни другої серії. По роду захисту від дії факторів навколишнього середовища вони виконуються в захищеному (А2) або закритому обдуваємому виконанні (АО2). Ці двигуни мають тверду шкалу потужностей (від 0,4 до 100 кВт), яка складається з 18 ступенів. Особливості конструктивного виконання другої серії приведені в довідковій літературі.

Електродвигуни другої серії (А2 і АО2) мають основне виконання і призначені для приводу більшості робочих машин і механізмів, які не пред'являють спеціальних вимог до пуску, перевантаженням, регулюванню швидкості. В цьому випадку двигуни основного виконання розраховані на роботу в приміщеннях з відносною вологістю не більш 80% і не містячих хімічно активних парів або галів в повітрі. Зовні приміщень їх можна використовувати лише під навісом в сухий час року при температурі +40°C

На базі основного виконання серії АО2 розроблені і випускаються промисловістю декілька електричних модифікацій і спеціалізованих виконань; електродвигуни з підвищеним токовим моментом АОС2 з підвищеним ковзанням АОС2, багатошвидкісні 1...9 габаритів, електродвигуни в хімістійкому виконанні АО2...Х, вологоморозостійкі А02...В, тропічного виконання АО2...Т, для текстильної промисловості А02...Т, сільськогосподарські А02...СХ (с.199).

З 1973 року електропромисловістю виробляються електродвигуни серії 4А (ГОСТ 19523-74) потужністю від 0,06 до 400 кВт і мають висоту осі обертання від 50 до 355 мм. Головною перевагою цієї серії є підвищена надійність, зниження металомісткості (на 19%) і підвищення К.К.Д. на 1%.

Електродвигуни четвертої серії випускаються на напругу 220 /380 В потужністю від 0,05 до 0,37 кВт, 220 /380 В і 380/ 660 В потужністю від 0,55 до 110 кВт і 380 /600 В потужністю від 132 до 400 кВт. По ступеню захисту передбачені два виконання: закрите обдуваємо IP44 і захищене IP23. Двигуни мають клас ізоляції по нагрівостійкості Е при висотах осі обертання 50-132 мм і F при висотах осі обертання 160-355 мм.

Електродвигуни серії 4А основного виконання призначені для роботи в приміщеннях і під навісом і при температурі навколишнього середовища від -40

до +40°C і відносної вологості до 80% при температурі -20°C: навколишнє середовище повинне бути невибухонебезпечним, але може бути насиченим водяними парами і струмопроводячим пилом, не повинно містити агресивних газів і парів в концентраціях, руйнуючих метал і ізоляцію.

Крім основного виконання, двигуни четвертої серії мають вологоморозостійке (4А...42), сільськогосподарське (4А... С) і інші виконання (с.202)

Основна задача експлуатації електродвигунів - забезпечення працездатності протягом встановленого терміну служби з найкращими техніко-економічними показниками. Для виконання цієї задачі необхідно проводити планове технічне обслуговування електродвигунів, що дозволить своєчасно виявляти і усувати причини, які можуть визвати несправність або відмову в роботі.

Процедура вибору ЕД полягає в задоволенні ряду **вимог** споживача і зводиться до перебору можливих варіантів: **роду струму, умов пуску, конструктивного виконання, рівня вібрації і шуму, потужності і режиму роботи.**

2. Технічні заходи щодо підвищення експлуатаційної надійності електродвигунів.

Умови навколишнього середовища

Умови навколишнього середовища надають негативну дію на стан ізоляції обмоток, корпусів ЕД: негативна дія обумовлено:

- загазованістю приміщень аміаком, вуглекислим газом, сірководнем;
- різними перепадами температури протягом доби і сезонів;
- підвищеною вологістю повітря в тваринницьких, кормоприготуваннях і ін. подібних об'єктах:

Приклад: в корівнику:

$$T_{\min} = 1^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\max} = 11^{\circ}\text{C}$$

$$W_{\text{відн.}\min} = 60\%$$

$$W_{\text{відн.}\max} = 96\%$$

$$K_{\text{ам}} = K_{\text{NO}_2\min} = 18 \text{ мг/м}^3$$

$$K_{\text{NO}_2\max} = 50 \text{ мг/м}^3$$

Тривалість роботи ЕД протягом року

Тривалість роботи ЕД протягом року, визначає ступінь їх використання. Тривалий простій приводить до зволоження ізоляції і передчасному виходу з ладу. Із загального числа ЕД час їх використання розподіляється таким чином:

$t_{\text{раб, год}}$	К-ть ЕД від загального числа %
0-300	11,5
300-600	24
600-1000	33,5
1000-3000	26,5
Більше 3000	3,5

Коефіцієнт завантаження

Низький коефіцієнт завантаження ЕД, визначуваний режимом роботи технологічної машини, призводить до зниження к.к.д. і $\cos \varphi$, збільшенню втрат енергії.

Найменування машин	Коефіцієнт завантаження $\beta = P_{\text{факт}} / P_{\text{ном}}$
1. Водяні насоси	0,38
2. Подрібнювані соломи	0,80
3. Дошувальні установки	0,97
4. Пилорами	0,72
5. Скреперні установки	0,61
6. Норії	0,71

Вплив живлячої напруги

Широкий діапазон коливань живлячої напруги, який повинен знаходитися в межах $\pm 5\%$. значно перевищує ці межі, що надає несприятливу дію на експлуатаційні показники ЕД:

- збільшення напруги приводить до збільшення споживаної ЕД *реактивної потужності* (на кожен відсоток зростання напруги Q збільшується на 3-7% залежно від $P_{\text{ндв}}$).
- коливання U -ги приводить до зміни співвідношення між $R_{\text{мережі}}$ і $R_{\text{дв}}$; при $R_{\text{мережі}} / R_{\text{дв}} (Z_{\text{с}} / Z_{\text{дв}}) = 0,2$; *кратність $\mu_{\text{мах}}$ знижується* на 35%, що несприятливо позначається для робочих машин з важкими умовами пуску.

Вплив рівня технічного обслуговування

Невисокий рівень технічного обслуговування ЕД, обумовлений:

- недостатньою кваліфікацією обслуговуючого персоналу;
- територіальною розкиданістю об'єктів обслуговування;
- недостатнім оснащенням запчастинами;
- недостатнім матеріально-технічним оснащенням БТО.

Експлуатація електродвигунів

Статистика відмов ЕД. З урахуванням вище наданого, *відмови* електричних машин можна розділити на наступні види:

- конструкційні;
- технологічні (виробництво і ремонт)
- експлуатаційні

Більшість відмов ЕД в с.г. відбувається із-за пошкодження обмоток і розподіляється таким чином:

- міжвиткові замикання - 90 %;
- пробій міжфазної ізоляції - 6 %;
- пробій пазової ізоляції - 4 %.

Пошкодження механічної частини:

- підшипниковий вузол - 5-8%;
- скручування валів, розрив стрижнів ротора - незначна частина.

По видах відмов (статистика):

- конструкційні - 15%;
- технологічні - 35%;
- експлуатаційні - 50% (в основному із-за незадовільного захисту двигунів).

Основними причинами експлуатаційних відмов є:

1. перевищення струму статора, викликане перевантаженням;
2. знижена напруга мережі;
3. невідповідність виконання ЕД середовищу, в якому він експлуатується;
4. перевищення температури, що допускається. ЕД, викликане недостатньою вентиляцією унаслідок засмічення вентиляційних каналів;
5. підвищення напруги живлячої мережі;
6. відсутність надійних засобів захисту і контролю;
7. неправильні дії ЕТ-персоналу;
8. несправність технологічних машин; і ін.

Забезпечення експлуатаційної надійності ЕД. З метою раціональної експлуатації ЕД і підвищення їх експлуатаційної надійності розроблена **класифікація умов** їх експлуатації, що враховує місце установки ЕД, режим його роботи, умови і частоту пусків, рівень вібрації і ряд інших чинників. Ці умови підрозділяються на чотири групи згідно ОСТУ 16.05.10.037-78:

1. **легкі умови**, коли значення одного або декількох чинників відхиляються від номінальних у бік поліпшення;
2. **нормальні**, коли дії не викликають відхилення параметрів ЕД від номінальних;
3. **жорсткі**, коли значення одного з впливаючих чинників перевищує номінальні;
4. **особливо жорсткі**, коли значення двох або більш впливаючих чинників перевищують номінальних.

Згідно ГОСТ 183-74 на електричні машини передбачаються 8 номінальних режимів:

-основні:

S1 (тривалий)

S2 (короткочасний)

S3 (повторно-короткочасний)

S6 (переміжний)

- додаткові:

S4 (повт.-крат. з частими пусками)

S5 (-//- і електричним гальмуванням)

S7 (переміжний з частими реверсами)

S8 (переміжний із зміною частоти обертання.)

Найбільш характерні режими роботи **S1** і **S2**.

Для забезпечення надійності необхідно:

- правильно вибрати ЕД по режиму роботи з урахуванням умов експлуатації;

- передбачити захист від перевантаження по струму (теплові реле, автоматич. вимикачі, ПВТЗ);
- передбачити захист від технологічних перевантажень (приклад - автоматичне регулювання завантаження сировиною універсальних дробарок);
- вибирати ЕД відповідного виконання від дії вологи і підвищеної хімістійкості (просочення обмоток різними компаундами);
- правильно організувати технічне обслуговування і ЕД;
- та інше

3. Технічне обслуговування і ремонт електродвигунів.

При зовнішньому огляді перевіряють: відповідність паспортних даних електродвигуна проекту і механізму; наявність всіх деталей; відсутність механічних пошкоджень корпусу, вивідної коробки, пристроїв охолодження; відсутність пошкодження підвідних проводів (обривів, зломів, порушень ізоляції і ін.); відсутність будь-яких заїдань, подряпин, ударів і т.п. при повертанні вала від руки; наявність заземлюючої проводки від електродвигуна до місця приєднання до загальної мережі заземлення; правильність внутрішніх з'єднань обмоток ("зірка" або "трикутник").

Перевірка схеми з'єднань обмоток

Статори більшості двигунів-змінного струму мають 6 виводів, що відповідають початкам і кінцям фазних обмоток. По стандарту вони позначаються, таблиця 11.1.

Таблиця 11.1. - Позначення виводів обмоток статора

Фази	Обмотка статора за ГОСТ 183-66	
	Початок	Кінець
1	C1	C4
2	C2	C5
3	C3	C6

Звичайно літерні позначення виводів обмоток електродвигунів вибивають на наконечниках або на бирках, надітих на виводи. Однак буває, що ці бирки губляться. При відсутності маркірування кінців обмоток її необхідно відновити, для чого: попередньо контрольною лампою або мегомметром визначають приналежність виводів обмоток відповідним фазам і роблять позначки за допомогою тимчасових картонних бирок: перевіряють взаємну їх погодженість індукційним методом на постійному або змінному струмі (рисунок 9.1).

У великих електричних машин узгодженість обмоток рекомендується перевіряти навіть при наявності заводського маркірування. Виконуючи операції по перевірці маркірування і правильності з'єднання обмотки, необхідно дотримуватись загальних правил техніки безпеки під час роботи з електрообладнанням.

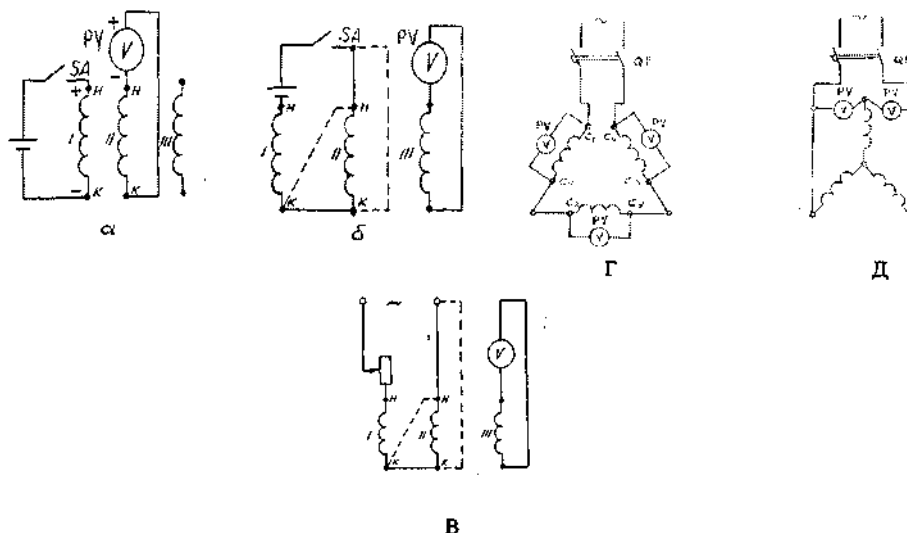


Рисунок 11.1 - Схеми визначення «початку» та «кінців» обмоток: а)- при роздільному включенні обмоток; б)- те ж, але при парному включенні, в) за допомогою джерела змінного струму; г), д)- перевірка правильності з'єднання обмоток статора при послідовному з'єднанні трьох фаз (г) і з трьома вивідними кінцями (д).

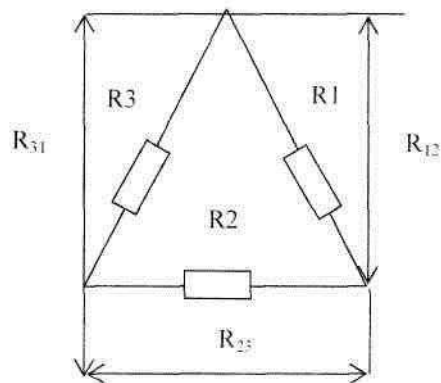
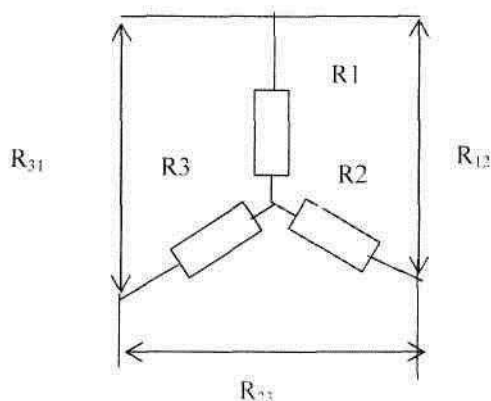
1. Метод перевірки напругою постійного струму В цьому випадку перевірку виводів виконують за допомогою акумулятора (або сухого елементу) і вольтметра (див. рисунок 11.1а)

Батарею включають імпульсом на одну з фаз, як показано на рисунку, до інших фаз по черзі підключають вольтметр. Шляхом приєднання виводів підбирають таке включення вольтметра, при якому у момент подачі напруги стрілка приладу дає відхилення управо. У цьому положенні до плюса батареї і мінуса вольтметра підключені початки фазних обмоток. Потім переносять батарею на іншу фазу і повторюють досвід. У відповідальних випадках маркування виводів може бути проведена за допомогою вольтметра і батареї, але при парному включенні фаз (рисунок 11.1, в). Дві фази включаються послідовно (попарно) між собою і імпульсами включаються на батарею. До третьої фази під'єднується вольтметр. Якщо перші дві фази сполучені однойменними затисками, вольтметр не реагуватиме на включення батареї. При з'єднанні фаз різнойменними затисками (пунктирні лінії) в третій обмотці з'явиться струм і вольтметр відхилиться управо.

Вимірювання опору обмоток постійному струму

В практиці налагоджувальних робіт застосовують наступні методи вимірювання опорів постійному струму: амперметра-вольтметра; одинарного і подвійного моста. Для вимірювання приймають електровимірювальні прилади магнітоелектричної системи класу не нижче 0,5.

Вимірювання опору багатозначних обмоток при наявності виводів початку і кінця всіх фаз слід проводити пофазно. В випадку, якщо фази обмотки статора з'єднані в "зірку" і не мають виводу нульової точки, то вимірювання опору проводяться між кожними двома виводами (фазами)



Результат вимірювання дає суму опорів двох фаз

$$R_{12} = R_1 + R_2; R_{23} = R_2 + R_3; R_{31} = R_1 + R_3$$

Опір кожної фази окремо

$$R_1 = \frac{R_{3,1} + R_{1,2} - R_{2,3}}{2};$$

$$R_2 = \frac{R_{1,2} + R_{2,3} - R_{3,1}}{2};$$

$$R_3 = \frac{R_{2,3} + R_{3,1} - R_{1,2}}{2};$$

У випадку з'єднання фаз в трикутник, опір кожної фази визначаємо.

$$R_1 = \frac{1}{2} \left[\frac{4R_{2,3} \cdot R_{3,1}}{R_{2,3} + R_{3,1} - R_{1,2}} - R_{2,3} + R_{3,1} - R_{1,2} \right];$$

$$R_2 = \frac{1}{2} \left[\frac{4R_{3,1} \cdot R_{1,2}}{R_{3,1} + R_{1,2} - R_{2,3}} - R_{3,1} + R_{1,2} - R_{2,3} \right];$$

$$R_3 = \frac{1}{2} \left[\frac{4R_{1,2} \cdot R_{2,3}}{R_{1,2} + R_{2,3} - R_{3,1}} - R_{1,2} + R_{2,3} - R_{3,1} \right];$$

Якщо розходження вимірених значень не перевищує 2% при з'єднанні фаз в "зірку" і 1,5% - в "трикутник", то опір одної фази можна визначити спрощено: при з'єднанні в "зірку"

$$R_1 = R_2 = R_3 = \frac{R}{2};$$

при з'єднанні в "трикутник"

$$R_1 = R_2 = R_3 = \frac{3}{2} R;$$

де

$$R = \frac{R_{1,2} + R_{2,3} - R_{3,1}}{3}.$$

Тема 12. Технічна експлуатація електротехнологічних установок. Технічна експлуатація освітлювальних та випромінювальних установок

1. Особливості експлуатації електротехнологічних установок в АПК.
2. Особливості експлуатації електрозварювального обладнання.
3. Особливості експлуатації освітлювальних та опромінювальних установок в АПК.

1. Особливості експлуатації електротехнологічних установок в АПК.

До них відносяться водонагрівачі і парогенератори, електрокалорифери.

На застосування ел. установок для ЕНУ повинен бути одержаний **дозвіл**. Для ЕНУ потужністю до 1000 кВт цей дозвіл видає підприємство **Енергонагляду**. Для **отримання дозволу** потрібно мати наступні документи:

- 1) Техніко-економічне обґрунтування ефективності вибраного варіанту електронагріву;
- 2) Перелік ЕНУ, пропонувані до використання з вказівкою їх паспортних даних;
- 3) Перелік заходів, що забезпечують зниження навантаження ЕНУ в години максимуму.

При отриманні дозволу на підключення ЕНУ техніко-економічне **обґрунтування не потрібне** в наступних випадках:

1. Якщо ЕНУ передбачається використовувати в технологічних процесах інкубації і місцевого обігріву молодняка птаха; опромінювання і місцевого обігріву молодняка тварин; обігріву полов в свинарниках-мат очниках; нагріву води в молокоблоках і молочнотоварних фермах.
2. Для опалювання дрібних споживачів виробничого призначення (вагони, побутові, ветсанпропускники, насосні, очисні споруди).

Технічні умови на підключення ЕНУ видає підприємство електричних мереж.

Технічна експлуатація електронагрівальних установок

У об'єм роботи по технічній експлуатації ЕНУ входить:

1. Очищення від мастила, пилу, грязі;
2. Зовнішній огляд (відсутність пошкоджень корпусів і окремих деталей) 3. Підтяжка кріпильних болтів і гайок;
4. Перевірка контактних з'єднань дротів і струмоприймачів;
5. Перевірка стану датчиків температури і регуляторів;
6. Перевірка кріплення заземлюючих провідників до корпусів ЕНУ і магістральній шині заземлення;
7. Перевірка стану ПЗА і апаратура управління (по операціях, передбачених даної номенклатури пристрою);
8. Перевірка опору ізоляції нагрівачів щодо корпусу мегомметром М4100/3(на 500В).

$R_{iz} > 0,5 \text{ МОм}$ для всіх нагрівачів

$R_{iz} > 1,0 \text{ МОм}$ для трубчастих нагрівачів

9. Перевірка перехідного опору між будь-якою металевою частиною корпусу і магістральною шиною заземлення (вимірюється омметром).

$R_{пер} < 0,1 \text{ Ом}$

10. Включення установки в роботу і перевірка відповідності його параметрів необхідним значенням у всіх режимах роботи.

По окремих видах ЕНУ виконують наступні додаткові роботи:

- **для елементних електроводонагрівачів** - очищення від накипу поверхні електронагрівачів, внутрішньої порожнини бака і трубопроводів гарячої води; промивка і очищення зворотного клапана, замочного і зливного кранів, заміна зношених прокладок; перевірка працездатності регуляторів температури і запобіжних клапанів, забарвлення дефектних ділянок зовнішньої поверхні корпусу)

- **для електродних водонагрівачів** - очищення від накипу поверхні електродів, внутрішньої порожнини бака і трубопроводів; промивка, очищення і протирання ізоляторів електродів; заміна зношених прокладок; перевірка плавності ходу регулювального механізму; монтаж елементів електроводонагрівача; перевірка опору ізоляції сухого електроводонагрівача; у установках з ізолюванням від землі корпусом електродкотла - перевірка опору ізоляції між корпусом і контуром заземлення в приміщенні; у установках із заземленим корпусом електродкотла - перевірка справності заземлення; вимірювання опору води і при необхідності її підігрів; заповнення установки водою і перевірка її працездатності;

- **для електрокалориферних установок** - очищення внутрішньої поверхні і при необхідності її забарвлення; перевірка стану електронагрівальних елементів.

2. Особливості експлуатації електрозварювального обладнання.

До даного виду ЕО відносяться:

- зварювальні трансформатори (СТН, ТД; СТЕ і ін);
- зварювальні генератори (СГ, СГС, СГП);
- зварювальні перетворювачі (ПС; ПСУ; ПСО)

Періодичність ТО і ПР установок, електрозварювань, визначені ППРЕСХ (див. таблицю 12.2)

Таблиця 12.1. - Періодичність ТО і ПР зварювальних трансформаторів, зварювальних генераторів і перетворювачів

Електроустаткування	Періодичність, місяців	
	Технічного обслуговування	Поточних ремонтів
Трансформатори зварювальні, що працюють в приміщеннях, що працюють на відкритому повітрі	3	24
	2	18
Генератори зварювальні, що працюють в приміщеннях,	2	18

що працюють на відкритому повітрі	1	12
Перетворювачі зварювальні, що працюють в приміщеннях,	2	18
що працюють на відкритому повітрі	1	12

Технічна експлуатація установок для електрозварювань

У об'єм ТО і ПР входить:

- очищення від забруднень продувкою стислим повітрям;
- перевірка стану заземлення;
- перевірка стану затисків болтових з'єднань;
- перевірка стану живлячих проводів і зварювальних кабелів;
- перевірка стану механізму регулювання зварювального струму;
- перевірка стану з'єднання генератора з приводним двигуном;
- перевірка стану щіткового механізму в генераторах;
- заміна зношених щіток ;
- перевірка стану колектора генератора або перетворювача;
- перевірка стану мастила підшипників;
- вимірювання R_{iz} обмоток трансформаторів, генераторів між собою і щодо корпусу.

R_{iz} не менше 2,5 МОм

- вимірювання R_{iz} , стягуючих шпильок щодо магнітопроводу;
- випробування електричної міцності ізоляції обмоток щодо корпусу і між собою:

а) для первинних обмоток напругою 380В – **$U_{вип} = 2,5кВ$** ;

б) для первинних обмоток напругою 220В - **$U_{вип} = 2кВ$** . Час випробування (тривалість) 1 хв.

— випробування міжвиткової ізоляції обмоток трансформатора при частоті **100 Гц напругою 500В і 280В**, відповідно для котушок розрахованих на напругу **380В і 220В**;

- визначення погрішності показчика зварювального струму:

$$\Delta\% < 7,5\%$$

3. Особливості експлуатації освітлювальних та опромінювальних установок в АПК.

У с.г. застосовують наступні випромінювальні установки:

- інфрачервоного обігріву (світильники ССПО1 з лампами ІКЗК, брудера з термоелементами і лампами ІК - випромінювання);
- ультрафіолетового опромінювання (стаціонарні ЭО1-ЗОМ; 0Э-1; 0Э-2; ОЭСПО2; переносні ОРК-2; ОРКШ; пересувні УОК-1; УО-4);
- ІК і УФ-випромінювання (ИКУФ-1; ИКУФ-1М; «Промінь»)
- бактеріцидної дії (ОБУ; ОБІ; ОБНУ і ін.)

- для опромінювання розсади (ОТ-400; УОРТ-1-6000; ИСП26-400; ЖСП8-400; СОРТ-1-10; Светотрон та ін.)

Всі випромінювальні установки дуже чутливі до якості напруги.

Технічна експлуатація установок освітлення і випромінювання

У об'єм ПНР випромінювальних установок входить:

- зовнішній огляд. Повинна бути відсутність пошкоджень деталей і проводів;
- вимірювання R_{iz} мегаометром М4100/3 (на 500 В) між проводами ізоляційних конструкцій щодо корпусу

$$R_{iz} > 0,5 \text{ МОм при } t^0 15 \text{ С.}$$

- перевірка надійності заземлення корпусу шляхом вимірювання перехідного опору між корпусом і магістральною шиною заземлення

$$R_{iz} < 0,1 \text{ Ом}$$

- перевірити відповідність вживаних ламп напруги мережі;
- перевірити занулення корпусів опромінювачів ;
- перевірка надійності кріплення вимикачів, щитів, ламп, утримувачів і ін;
- перевірити роботу комутаційних апаратів (повинні легко вмикатися і вимикатися);
- перевірити стан і роботу редуктора приводної станції пересувних випромінювальних установок;
- виконати необхідні операції по підготовці ЕД приводної станції до роботи;
- подати напругу на установку і переконаватися в її роботі;
- заміряти фітофотометром фітоопроміненість на поверхні рослин (повинна відповідати нормам);
- заміряти уфіметром УФ-опромінення на рівні знаходження тварин і розрахувати тривалість роботи установки t :

$$t = \frac{H_{e.p.}}{E_{e.p.}}$$

де $H_{e.p.}$ - добова норма опромінювання, мер г/м^2 ;

$E_{e.p.}$ - опроміненість в зоні знаходження тварин, що створюється установкою, мер/м.

При зниженні опроміненості більш ніж на 30 %

- лампа повинна бути замінена;
- заміряти температуру повітря в зоні знаходження тварин (для ІЧ-випромінювання). Якщо $t^0 < t_{зад}$ змінити висоту розташування опромінювача.

ТО випромінювальних установок проводять на місці їх установки без демонтажу і розбирання в плановому порядку 1 раз на 3-6 місяців з урахуванням умов експлуатації в період технологічних пауз.

ПР виконується 1 раз на 12-24 місяці на місці розміщення устаткування або в майстерні.

Обслуговувати опромінюючі і іонізуючі установки дозволяється тільки фахівцям з кваліфікаційною групою не нижче 3, а включати і вимикати - з групою 2.

Тема 13. Технічна експлуатація розподільних пристроїв. Технічна експлуатація внутрішніх електропроводок

1. Особливості експлуатації розподільних пристроїв.
2. Технічне обслуговування, ремонт і профілактичні випробування розподільних пристроїв.
3. Загальні вимоги до внутрішніх силових та освітлювальних проводок.
4. Технічне обслуговування, ремонт і профілактичні випробування внутрішніх електропроводок.

1. Особливості експлуатації розподільних пристроїв.

РП - це прилади, що містять комутаційну апаратуру, пристрої захисту і автоматики, вимірювальні прилади, збірні і сполучні шини, допоміжні пристрої.

Основні призначення РП- розподіл електричної енергії, захист електроустаткування і розподільчих мереж, що відходять, від струмів к.з. і для нечастих комутацій електричних кіл. До РП до 1000В відносяться:

- розподільні щити (шафи) ТП-10/0,4кВ з низької сторони;
- силові внутрішньоцехові розподільчі шафи 0,4кВ (СП-62; СПУ-62);
- внутрішньоцехові розподільчі панелі 0,4кВ (ПР-11; ПР22);
- внутрішньоцехові розподільчі шафи (ІПР1 и ін.).

Одним з основних завдань експлуатації розподільних пристроїв, пускової та захисної апаратури є безаварійність роботи, виключення простоїв виробничих механізмів. Внаслідок зносу окремих частин, старіння ізоляційних матеріалів та неправильного режиму експлуатації пускові, захисні апарати або окремі деталі псуються, руйнуються або повністю виходять з ладу.

Отже, для надійної та безаварійної роботи електрообладнання необхідно своєчасно виявляти ці несправності та усувати.

Своєчасний огляд розподільчих пристроїв, кваліфіковане технічне обслуговування пускової та захисної апаратури забезпечує нормальну їхню експлуатацію, сприяє збільшенню міжремонтного періоду.

При огляді розподільних пристроїв (РП) та апаратури до 1000 В черговий персонал перевіряє наступне:

- 1) стан приміщення, справність дверей та вікон, відсутність протікання дахів, справність опалення, вентиляції, освітлення та мережі заземлення;
- 2) наявність та справність засобів безпеки;
- 3) стан контактів ошиновки та рубильників, автоматів, пускачів та ін;
- 4) цілість пломб у лічильників та реле захисту;
- 5) стан ізоляції (запиленість, наявність тріщин, сколів та ін);
- 6) роботу сигналізації та ін.

Усі несправності, помічені під час огляду, записують до журналу оглядів та ремонтів.

2. Технічне обслуговування, ремонт і профілактичні випробування розподільних пристроїв.

Об'єм, номенклатура ПНР, ТО і ТР, а також періодичність ПР і ТО визначається нормами, передбаченими ПУЕ (ПБЕ), заводом-виготівником і системою ППР і ТО (ППРЕсг), як для силових збірок в цілому, так і з урахуванням періодичності обслуговування МП, АВ, запобіжників і ін., що входить до складу РП, а також визначається умовами, в яких воно працює, числом годин роботи на добу, коефіцієнтом сезонності тощо.

Періодичність технічних обслуговувань визначають переважно умовами, у яких працює устаткування, та її виконанням. При визначенні періодичності технічного обслуговування апаратури управління та захисту електроприводів враховують також кількість годин роботи на добу та коефіцієнт сезонності. Технічне обслуговування зазвичай виконують при відключенні обладнання від електричної мережі та в наступному обсязі.

1. Оглядають та чистять РП, щити, складання (залежно від місцевих умов, але не рідше одного разу на 3 міс).

2. Знявши кришку або кожух апарата, видаляють пил, бруд, кіптяву з зовнішніх і доступних внутрішніх частин, продувають їх стиснутим сухим повітрям і очищають обтиральним матеріалом.

3. Гвинти, що ослабли, і гайки кріплення апарата підтягують.

4. Перевіряють надійність заземлення металевих корпусів збірок, щитів, пускової та захисної апаратури. Ослаблі контакти розбирають, зачищають контактні поверхні, змащують технічним вазеліном і збирають.

5. Перевіряють стан контактів у місці приєднання проводів до апаратів. Ослаблі контакти підтягують, а ті, що мають кольори втечі, потемнілу або окислювану поверхню, розбирають, зачищають і збирають.

6. Переконаються у відсутності механічних пошкоджень, тріщин, відшарувань та обвуглених ділянок на ізоляції проводів, що підводять живлення до апаратів, та проводів ланцюгів вторинної комутації. Ділянки проводів із незначними ушкодженнями ізолюють поліхлорвініловою стрічкою.

7. Переконаються у справній дії апарата при включенні його від руки при знятій напрузі, а потім і під напругою.

8. Перевіряють цілісність ущільнень апарату.

9. Відновлюють написи, що вказують на належність пускової та захисної апаратури до електроприймача.

Технічне обслуговування електрощитів управління, розподільчих пунктів, силових шаф та ящиків. При технічному обслуговуванні необхідно:

1) очистити від пилу та бруду корпус та апаратуру:

2) перевірити кріплення електрощита до основи, ослаблі гайки та болти підтягнути:

3) перевірити цілісність гумових ущільнень. На прокладках ущільнювачів не повинно бути глибоких тріщин і розривів. Місця введення та виведення металевих рукавів, кабелів або труб повинні бути герметичними:

4) перевірити справність запорів та щільність прилягання дверцят до корпусу. Виявлені дефекти усунути;

5) перевірити справність сигнальної апаратури. Ослаблі контакти під'єднувальних проводів піджати. Перегорілі сигнальні лампи замінити;

б) перевірити стан контакту заземлення корпусу, усунути дефекти.

Часто керування та захист електродвигунів, а також технологічного обладнання здійснюють за допомогою розподільних пристроїв типу РПС(А), станцій управління ШАП, ЯАА, ША, САА, ШАІ, ШОА тощо, укомплектованих залежно від потужності та призначення приводу чи установки, обсягу захисту та управління різними типами автоматичних вимикачів, магнітних пускачів та теплових реле. Налагодження, перевірку, випробування та експлуатацію цих елементів проводять відповідно до вказівок, наведених у цьому розділі.

У об'єм операції по ПНР, ТО і ПР входить:

- перевірка відповідності монтажу проекту;
- огляд і очищення РП;
- підтягання послаблених болтів і гайок;
- перевірка надійності заземлення металевих корпусів збірок, щитів, пускової і захисної апаратури;
- перевірка стану контактів в місці приєднання проводів до апаратів (відсутність підгоряння, окислення контактів);
- перевірка відсутності механічних пошкоджень, тріщин, відшаровування ізоляції відповідних проводів силових і вторинних кіл;
- перевірка дії апаратів управління і захисту при включенні від руки без напруги і під напругою;
- перевірка цілісності ущільнення апаратів;
- відновлення написів, вказуючих на приналежність ПЗА до електроприймачів;
- стан робочих контактів рубильників, запобіжників;
- стан ТТ, розрядників РВН-0,5, цілісність плавких вставок запобіжників, справність фотореле, цілісність пломб і стекол на приладах обліку і вимірювання, стан контактів ошиновки 0,4 кВ і її кріплення;
- перевірка захищаючих пристроїв;
- перевірка справності АВ, МП і ін.;
- вимірювання опору ізоляції;
- вимірювання опору розтіканню струму заземлюючих пристроїв;
- випробування підвищеною напругою та ін.

Терміни та обсяг ремонту. Поточний ремонт РП проводять між капітальними ремонтами відповідно до графіка, затвердженого особою, відповідальною за електрогосподарство, але не рідше одного разу на рік.

Капітальний ремонт виконують у строки, встановлені особою, відповідальною за електрогосподарство, але не рідше ніж один раз на три роки.

При поточному ремонті РП перевіряють стан:

- Контактних з'єднань збірних шин; визначають, чи немає місцевих нагрівів; крім того, підтягують усі болтові з'єднання;
- спусків від шин до апаратів, губок ручних вимикачів, запобіжників, місць під'єднання кабелів та проводів; місць розбирання кабелів та їх закріплення;
- трансформаторів струму та вторинних ланцюгів;
- захисних заземлень та сітчастих огорож.

Під час капітального ремонту РП виконують усі операції поточного ремонту, але звертають особливу увагу стан контактних з'єднань. При цьому перевіряють якість затягування болтів, розкриваючи 2-3% з'єднань; цілість

ізоляторів, надійність кріплення шин на них, чи немає прогинів шин; стан їх фарбування та наявність зачищених місць для накладання переносних заземлювачів.

Відповідно до прийнятих позначень фази шин трифазного змінного струму позначають буквами А, В, С, яким відповідають номери 1, 2, 3. Шини забарвлюють у жовтий колір - фаза А, зелений - фаза В і червоний - фаза С.

При ремонті якість припасування плоских поверхонь у контактах перевіряють щупом товщиною 0,02-0,03 мм. У місцях з'єднань щуп не повинен проходити вглиб понад 5 мм від краю.

Тиск болтових контактів контролюють, підтискуючи їх звичайним ключем з динамометром або ключем зі змінними головками, яким можна регулювати момент, що крутить.

Панелі РП фарбують у світлі тони та відновлюють на них написи; ремонтують контур заземлення, замки захисних сітчастих огорож, двері, пристрої освітлення та ін.

Післяремонтні випробування. Перед здачею в експлуатацію після капітального ремонту вимірюють опір ізоляції РП та його елементів, а також випробовують його підвищеною напругою 1 кВ промислової частоти протягом 1 хв. Опір ізоляції кожної секції РП (має бути не менше 0,5 МОм) вимірюють мегаомметром, розрахованим на напругу 1 кВ. Ізоляцію випробовують одночасно з електропроводками силових та освітлювальних мереж, приєднаних до РП.

При встановленні апаратів низької напруги в РП після ремонту повинні бути дотримані допустимі зазори (по повітрю) і відстані витоку (по поверхні ізоляції) між частинами, що знаходяться під напругою, а також між елементом, на якому може бути потенціал, і заземленим.

Відремонтовані електричні апарати напругою до 1 кВ перед введенням в експлуатацію перевіряють відповідно до норм приймальних випробувань (див. розділ 10).

Охорона праці. Щодо заходів безпеки роботи в діючих РП ділять на три категорії: при повністю знятій з установки напрузі; при частково знятій напрузі; без зняття напруги.

При повністю або частково знятій напрузі переносні заземлювачі слід під'єднати з усіх боків, а якщо це неможливо, то вжити заходів, що перешкоджають помилковій подачі напруги до місця роботи (механічний запір приводів, ручних та автоматичних вимикачів, застосування ізоляційних прокладок тощо).

На всіх вимикачах, за допомогою яких може бути подана напруга на відключену установку, необхідно вивісити плакати: "Не вмикати, працюють люди!"

Якщо напруга не знята, то при роботі поблизу струмопровідних частин повинні бути вжиті такі запобіжні заходи: безпечне розташування працюючих щодо струмопровідних частин, що знаходяться під напругою; організація безперервного нагляду за працюючими; застосування основних та додаткових ізолюючих захисних засобів.

На струмоведучих частинах, що знаходяться під напругою, при поточному та капітальному ремонтах не виконують жодних операцій.

Після ремонту проводять прибирання, а відповідальний, оглянувши місце роботи, вкотре вирішує зняти запобіжні заземлювачі, прокладки та плакати. Крім того, він повідомляє оперативному черговому про закінчення робіт і робить запис у наряді та журналі.

Роботи на розподільних щитах, силових складаннях на ділянці до запобіжника слід проводити при відключених та заземлених шинах та устаткуванні.

Ділянки, які підлягають технічному обслуговуванню, мають бути огорожені та забезпечені необхідними плакатами.

Для роботи під напругою потрібно мати дозвіл від вищого оперативного персоналу і проводити її повинні дві особи для того, щоб при попаданні однієї під напругу, інша могла надати відповідну допомогу.

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

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

Огляди в розподільчих щитах на напругу до 1000 може проводити черговий електрик, що має кваліфікаційну групу не нижче третьої.

Під час огляду дозволяється замінювати лампи освітлення, плавкі вставки запобіжників при знятій напрузі, ремонтувати або замінювати вимикачі, ремонтувати двері, замки.

Якщо зняти напругу неможливо, то допускається змінювати плавкі вставки під напругою і під навантаженням, попередньо переконавшись у відсутності короткого замикання на лінії.

При цьому працювати потрібно в запобіжних окулярах, діелектричних рукавичках, або користуватися ізолюючими кліщами.

Чистити апаратуру розподільчого щита слід за знятої напруги. У тих випадках, коли зняття напруги пов'язане з відключенням великої кількості електроустановок, дозволяється чистити апаратуру під напругою при дотриманні наступних умов: працювати слід у діелектричних рукавичках, стоячи на ізолюючій підставі з опущеними та застебнутими рукавами одягу та головного убору; роботу повинні виконувати двоє monterів, один із яких має кваліфікаційну групу не нижче третьої.

3. Загальні вимоги до внутрішніх силових та освітлювальних проводок.

Внутрішня проводка — це сукупність проводів і кабелів з гумовою або пластмасовою ізоляцією, що знаходиться всередині сільськогосподарських будівель і споруд, з їх кріпленнями, що підтримують, і захисними конструкціями, а також настановною арматурою.

Проводка поділяється на силову, призначену для живлення електроприводу та електронагрівальних установок, та освітлювальну — для живлення ламп розжарювання та люмінесцентних. Вона може бути виконана відкрито,

безпосередньо по стінах, на роликах, на ізоляторах, за допомогою ізолюючих кліщів, на тросах, тросовим дротом, у пластмасових або сталевих трубах, у лотках або прихованій під штукатуркою, у підлозі або на стінах з використанням пластмасових або сталевих труб.

При виборі виду електропроводки, проводів та кабелів, способу їх прокладання необхідно враховувати вимоги електробезпеки та пожежної безпеки. Для стаціонарних проводок (крім випадків зазначених у ПУЕ) застосовують в основному алюмінієві проводи та кабелі, а для живлення переносних та пересувних електроприймачів – кабелі з мідними жилами. Допустимі тривалі струмові навантаження на дроти та кабелі приймають з урахуванням температури навколишнього середовища та способу прокладання. Мінімальні поперечні перерізи проводів та жил кабелів, зазначені в ПУЕ, вибирають залежно від способу прокладання та категорії електроприймачів.

4. Технічне обслуговування, ремонт і профілактичні випробування внутрішніх електропроводок.

Обсяг технічного обслуговування внутрішніх проводок включає: огляд та очищення електропроводки; перевірка заземлення; перевірка стану ізоляції; перевірка стану кріплення проводки; перевірка електричних з'єднань; перевірка натягу проводки.

Огляд та очищення електропроводки. Визначають загальний технічний стан проведення. При цьому переконаються у відсутності обривів, збільшенні провисання проводів, перевіряють стан кріплення тощо. Волоссяною щіткою очищають від пилу та бруду дроту та кабелі, зовнішні поверхні труб з електропроводкою, а також відгалужені коробки. У сирих та особливо сирих приміщеннях при очищенні застосовують обтиральний матеріал

Перевірка заземлення. Оглядають заземлювальні проводки та їх з'єднання з несучим тросом або струною, металевими коробками, лотками, металевими оболонками кабелів, трубами, а також перевіряють наявність з'єднання провідника, що заземлює, з контуром заземлення або заземлюючою конструкцією.

Роз'ємні з'єднання розбирають, зачищають до металевого блиску, збирають та затягують. Пошкоджені нероз'ємні сполуки приварюють або припаюють.

Перевірка стану ізоляції. Мегаомметром на 1000 В вимірюють опір ізоляції між струмопровідними провідниками, провідниками та заземленими елементами конструкцій електропроводки. Опір ізоляції при температурі 20 ° С має бути не менше 0,5 МОм. При опорі ізоляції менше 0,5 МОм ділянки проводки з низьким опором підлягають заміні. Якщо під час огляду ізоляції проводів і кабелів виявлено пошкоджені ділянки, їх ізолюють бавовняною або полівінілхлоридною липкою стрічкою ПВХ залежно від середовища (сирі або сирі приміщення).

Перевірка кріплення проводки. Оглядають ізолятори та ролики, пошкоджені замінюють. Перевіряють анкерні пристрої кінцевого кріплення тросової проводки до будівельних елементів будівлі, натяжні пристрої та трос. Ділянки, покриті корозією, зачищають сталеву щіткою або шліфувальною шкіркою та покривають емаллю. Допускається захищені поверхні змащувати технічним вазеліном. Перевіряють надійність кріплення труб з електропроводкою, лотків, коробів, а також пристроїв, що захищають кабелі від механічних пошкоджень.

Ослаблені кріплення підтягують, а за необхідності замінюють.

Перевірка електричних з'єднань. Відкривають кришки відгалужувальних коробок, видаляють пил і вологу з контактів та проводів, перевіряють і при необхідності відновлюють ущільнення кришки та на вводах у коробку. З'єднання, що мають сліди окислення або оплавлення розбирають, зачищають і після збирання змащують технічним вазеліном. Особливу увагу звертають на з'єднання, виконані методом скручування, зварювання, паяння та опресування. У з'єднаннях, що мають обгорілий або пошкоджений ізоляційний шар, знімають її, усувають причину порушення контакту і знову ізолюють ізоляційною стрічкою. У сирих та особливо сирих приміщеннях ізолювання сполук проводять покриттям поліхлорвініловим лаком з наступним намотуванням трьох-чотирьох шарів поліхлорвінілової липкої ізоляційної стрічки.

Перевірка натягу. Огляд виявляють ослаблені (з великою величиною провісу) ділянки проводки. Перевіряють стрілу провісу, яка для тросових та струнних проводок має бути при прольоті 6 м не більше 100-150 мм, а при прольоті 12 м – 200-250 мм. При необхідності ділянки з великою величиною провисання перетягують. Натяг сталевих тросів проводять до мінімально можливої стріли провисання. При цьому зусилля натягу не повинно перевищувати 75% розривного зусилля, що допускається для перерізу троса.

Об'єм поточного ремонту. Під час проведення поточного ремонту силових та освітлювальних електропроводок виконують усі операції технічного обслуговування. Ділянки електропроводки з обривом струмопровідних жил та пошкодження ізоляції, які не можна усунути під час технічного обслуговування, підлягають заміні.

Усі роботи з поточного ремонту електропроводок виконуються при знятій напрузі з дотриманням заходів безпеки.

При заміні відкритих електропроводок застосовуються такі способи прокладання проводів і кабелів: безпосередньо по поверхні стін і стель, на струнах, тросах, роликах, ізоляторах, трубах, коробах, гнучких металевих рукавах та ін.

При прихованій електропроводці застосовується прокладання проводів і кабелів у трубах, замкнутих каналах та порожнечях будівельних конструкцій будівель, а також у заштукатурених борозенках.

У місцях з'єднання, відгалуження та приєднання жил проводів та кабелів необхідно передбачати запас проводу або кабелю, що забезпечує можливість повторного з'єднання.

З'єднання, відгалуження та кінець жил проводів потрібно робити за допомогою опресування, зварювання, паяння або стисків.

Розглянемо деякі особливості ремонту електропроводок.

Заміна дротів відкритих електропроводок. Ділянку проводки з розтрісканою оплавленою ізоляцією проводів або з оголеною струмоведучою жилою від'єднують у відгалужувальних коробках, розподільних та освітлювальних щитах. Провід звільняють від кріплення та видаляють, а для заміни вибирають провід тієї ж марки, що й пошкоджений. Спосіб кріплення дроту при його заміні вибирають в залежності від марки і дотримуються способу кріплення замінного. Знову прокладений провід підключають до місць, де здійснювалося від'єднання пошкодженого.

Ролики з тріщинами та сколами замінюють. При цьому попередньо звільняють проводку від кріплення на ролик.

Для кріплення роликів за їх заміни використовують металеві спіралі, дерев'яні пробки. Останніми роками поширений спосіб закріплення деталей електропроводки з допомогою відрізків поліетиленових трубок. Для цього в стіні за допомогою електродриля свердлять отвір під діаметр шурупа і глибиною на 1/4 більше його довжини. Потім в отвір вставляють два-три відрізки з поліетилену або шматок поліетиленової трубки відповідного діаметра, встановлюють ролик і закріплюють його шурупом.

Ремонт тросових та струнних проводок. При поточному ремонті виконують: зачищення та фарбування троса, відтяжок та кінцевих кріплень, а при необхідності їх замінюють.

Якщо тросові та струнні проводки не мають серйозних пошкоджень, то поверхню троса та розвантажувальних відтяжок, що мають корозію, очищають наждачною шкуркою та протирають ганчіркою, потім покривають лаком ПХВ. Кінцеві кріплення зачищають від корозії сталеву щіткою, протирають ганчіркою, змоченою в бензині, і покривають лаком ПХВ.

Якщо потрібно заміна троса (струни), то роботи виконують у наступній послідовності. Вибирають діаметр троса залежно від навантаження. Допускається застосовувати сталевий канат із оцинкованих дротів або сталевий оцинкований дріт діаметром 6-8 мм.

Навантаження на трос, що допускається, становить: для троса діаметром 5,1 мм — 5189,5 Н; 5,4 мм - 5817,3 Н; 6 мм - 7190,7 Н; 6,5 мм - 8602,4 Н; 7,2 мм - 10447,7 Н. Відповідно для дроту діаметром 6 мм - 3305 Н; 7 мм - 5032,5 Н; 8 мм - 6572,7 Н.

Вибрані трос або дріт розтягують на підлозі приміщення та відрізають на необхідну довжину. На кінцях загинають петлі та закріплюють їх за допомогою спеціальних затискачів.

Від пошкодженого троса від'єднують заземлення, виробляють необхідні від'єднання від мережі, трос з проводкою знімають з анкерних пристроїв та опускають на підлогу приміщення, поряд із підготовленим тросом. Провід та відгалужувальні коробки знімають з кріплення пошкодженого троса і прикріплюють до нового троса. Одночасно проводять ревізію електричних з'єднань у відповідальних коробках.

Підйом до анкерних пристроїв та натяг тросової проводки роблять за допомогою поліспасти або лебідки. Трос закріплюють на анкерних пристроях та до нього підключають заземлення. Заземлення виконують обох кінцях троса. Проведення, дотримуючись фазування, приєднують до мережі.

Операцію із заміни троса можна виконати, не знімаючи проводки з анкерних пристроїв. Для цього трос, підготовлений для заміни, піднімають рівень проводки і з одного боку прикріплюють до анкерного пристрою, друга сторона утримується поліспастом.

Проведення та відгалужувальні коробки звільняють від кріплення на пошкоджену тросі. Перенесення проводки починають із боку закріпленого кінця троса. Після завершення операцій перенесення проводки закріплюють другий кінець троса на анкерному пристрої та натяжною муфтою проводять підтяжку. Пошкоджений трос знімають, звільнивши від кріплення.

Провід з обірваними або оплавленими жилами замінюють у наступній послідовності. Пошкоджену проводку звільняють від кріплення до троса та видаляють. Заготовляють нові дроти, по довжині рівні замінної проводки, залишаючи запас на підключення. Потім дроти кріплять до троса за допомогою кліщів або на металевих підвісках з порцеляновими роликами або ізоляторами, або за допомогою бандажів з перфорованої полівінілхлоридної стрічки.

Відстань між точками кріплення для незахищених ізольованих проводів, з площею перерізу до 6 мм^2 має бути не більшою: при підвісці на кліках або роликах — 1,5 м, при кріпленні бандажами — 0,5 м, при використанні захищених проводів у всіх випадках — 0,5 м.

Ремонт проводок, прокладених у сталевих трубах. При обриві струмопровідних жил проводки або пробої її ізоляції на корпус проводку видаляють з труб. При необхідності трубу додатково закріплюють, очищають від іржі та бруду зовні. Для очищення труби зсередини в трубу заправляють сталевий дріт діаметром 1-1,5 мм, на одному з кінців якого закріплюють тампон із ганчірки. Витягуючи дріт із труби, протягують тампон. При необхідності цю операцію повторюють 2-3 рази до очищення труби.

Провід, призначений для прокладки трубі, відміряють, відрізають і випрямляють. Заправляти провід у трубу необхідно з боку найдовшої прямолінійної ділянки із застосуванням сталевго дроту.

Для з'єднання електропроводки, прокладеної в трубі, з корпусом електроустрою застосовують гнучкі введення типів К900-К908 або гнучкі вводи з полімерним покриттям типів К1080-К1088. За відсутності стандартних гнучких введень застосовують гумові, поліетиленові або полівінілхлоридні трубки. Трубки одягають на кінці електропроводок, що виходять з труби так, щоб вона входила всередину труби на глибину не менше 100-120 мм. Для захисту від механічних пошкоджень проводів, що виходять з труби, використовують відрізок металорукава, один кінець якого прикріплюють до труби за допомогою муфти ТР, а на інший одягають муфту ШВМ для приєднання до струмоприймача. За допомогою гнучкого мідного провідника обидва кінці труби з'єднують із контуром заземлення. Провід закінчують і приєднують до струмоприймача.

При глибоких вм'ятинах, сплюснуттях і тріщинах на трубі вся проводка підлягає демонтажу та заміні.

Мінімальні перетини дротів вибираються виходячи з умови їх механічної міцності, які залежать від способу прокладки і категорії споживачів.

Технічна експлуатація ВП полягає в систематичному виконанні ТО і ПР для підтримки високої експлуатаційної надійності устаткування.

Нормами передбачена періодичність ТО і ТР ВП, силових збірок, освітлювальних щитків з урахуванням способу виконання ВП (кабелів в трубах, коробах, по стінах, прихована і т.д.).

Періодичність ВП складає від 1,5 до 6 місяців залежно від вище перерахованих умов.

Тема 14. Технічна експлуатація силових трансформаторів

1. Технічне обслуговування і ремонт силових трансформаторів.
2. Обсяг профілактичних випробувань та контрольних вимірювань під час обслуговування силових трансформаторів.
3. Експлуатаційна документація.

1. Технічне обслуговування і ремонт силових трансформаторів.

У передачі і розподілі електроенергії провідна роль належить трансформаторам.

Сучасний трансформатор - це складний пристрій з великою кількістю елементів різних типів, призначення і потужності. В енергосистемах трансформатори виконують три основні функції:

- перетворення напруги (трансформація);
- зв'язок між окремими елементами і ділянками схеми електричної мережі, зокрема тими, що відрізняються за напругою і фазою;
- регулювання напруги і потоків потужності.

Іноді ці функції тісно переплетені та здійснюються одним і тим же трансформатором.

Необхідність у трансформації виникає у зв'язку з тим, що виробництво електроенергії, її передача і розподілення проводиться на різних напругах. Це завдання розв'язують за допомогою підвищувальних і знижувальних трансформаторів. За допомогою підвищувальних трансформаторів, які встановлені на електростанціях, забезпечується зв'язок генераторів з мережами вищої напруги (ВН) і таким чином створюється можливість передачі виробленої напруги на далекі відстані. Знижувальні трансформатори використовуються в мережах для зниження напруги до значень, доцільних і допустимих за умовами підведення електроенергії до споживачів. При цьому в більшості випадків неминуча наявність декількох ступенів трансформації з поступовим зниженням (підвищенням) напруги в діапазоні від найвищої, прийнятої в даній енергосистемі, до найнижчої.

Виконуючи трансформацію напруги, трансформатор створює можливість **обміну потужності** між різними за класом напруги ланками енергосистеми. При цьому трансформатори поділяють на ті, які передають потужність тільки в одному якомусь напрямі, і трансформатори зв'язку, напрям потоків потужності в яких може змінюватися, тобто носити реверсивний характер.

В умовах сільського електропостачання, як правило, застосовуються знижувальні трансформатори, у яких первинною обмоткою (тобто тією, до якої підводиться енергія перетворюваного змінного струму) є обмотка ВН. Трансформатори поділяють на дво- і триобмоткові. Вони можуть бути як однофазними, так і трифазними.

Функція регулювання напруги і потоків потужності здійснюється зміною вектора напруги. Для зміни значення напруги придатний будь-який трансформатор зі змінним коефіцієнтом трансформації, тобто із вбудованим регулюванням.

Завдання та основні складові комплексу робіт з обслуговування трансформаторів. У складі комплексу обслуговування трансформаторів з метою підвищення їхньої експлуатаційної надійності можна виділити три складові:

оперативне обслуговування, технічне обслуговування, система планово-попереджувальних ремонтів.

Усі складові комплексу обслуговування трансформаторів є невід'ємною частиною виробничого процесу вироблення, передачі та розподілу електричної енергії. Це насамперед специфікою електроенергетики — безперервністю виробничого процесу. Тісний взаємозв'язок виробництва електроенергії та експлуатаційного обслуговування підвищує значущість як організації, і безпосереднього проведення заходів комплексу. Особливо важливо забезпечити поєднання безперервного характеру виробництва, передачі та розподілення електроенергії з циклічною ремонту, тобто. витримати мінімальну тривалість перерв у роботі трансформаторів як внаслідок відмов, так і у зв'язку з проведенням планових ремонтів.

Заходи оперативного обслуговування - це насамперед ведення належного режиму роботи трансформатора, включаючи регулювання, введення та виведення його з роботи за дотримання допустимих температурних та навантажувальних режимів, а також обмежень за рівнем напруги. Сюди ж відноситься проведення періодичних та позачергових оглядів, періодична фіксація фактичних значень параметрів, що характеризують режим роботи трансформатора та аналіз отриманих значень, виконання організаційно-технічних заходів щодо забезпечення безпечного технічного обслуговування та ремонту трансформатора.

До заходів технічного обслуговування відносяться профілактичний контроль стану ізоляції та контактної системи, а також пристроїв охолодження, регулювання та пожежогасіння, що виконується поза комплексом планово-попереджувального ремонту, роботи з підтримки належного стану ізоляційного масла в трансформаторі, в баку пристрою перемикачів під навантаженням та у вводах, у тому числі заходи щодо відновлення якості оливи (сушіння, регенерація) та з очищення її; мастило та інший догляд за доступними вузлами, що обертаються і труться, підшипниками пристроїв регулювання та охолодження; періодичне випробування резервного допоміжного обладнання, налаштування, перевірка та ремонт вторинних ланцюгів та пристроїв захисту, автоматики, сигналізації, керування.

До заходів системи планово-попереджувального ремонту відносяться поточний та капітальний ремонт та пов'язані з цими роботами випробування та вимірювання.

Усі роботи, що входять до комплексу обслуговування трансформатора, можуть бути як плановими, так і позачерговими. Планові роботи регулярно виконуються із заздалегідь визначеним обсягом та термінами проведення: позапланові роботи можуть знадобитися у зв'язку з відмовою трансформатора або його елемента, виявленням дефекту тощо.

Трансформатори виготовляють за різними технічними умовами і розрахунковими даними, багато заводів з неоднаковою технічною оснащеністю, технологією і культурою виробництва, що зумовлює різні вихідні показники надійності і економічності трансформаторів. Нові стандарти на загальні технічні вимоги і на основні параметри передбачають єдине конструктивне виконання, засноване на застосуванні холоднокатаної електротехнічної сталі і алюмінієвих проводів.

Ці стандарти передбачали зменшення втрат, перегріву обмоток і кількості масла, введення схеми обмоток "зірка-зигзаг", розширення сфери застосування регулювання напруги під навантаженням, підвищення вимог до оснащення трансформаторів пристроями для контролю і зберігання масла. Були також перероблені стандарти на методи випробувань силових трансформаторів, на випробування електричної міцності ізоляції, а також введений новий стандарт на методи динамічних випробувань на стійкість при к.з.

Подальше вдосконалення трансформаторів напругою 10 кВ потужністю до 630 кВА відбувається за рахунок застосування стрічкової просторової конструкції магнітопроводу, обмоток 0,4 кВ з алюмінієвої стрічки і баків з плоскоштампованими радіаторами. Трансформатори цієї конструкції мають невеликі втрати холостого ходу, бо в магнітопроводі нема стиків і напрям магнітного поля співпадає з напрямом прокатки сталі. Вдосконалені трансформатори мають бак трикутної форми з меншим периметром і об'ємом, ніж у бака овальної форми, що дозволило знизити масу конструктивної сталі і масла.

Вдосконалення трансформаторів на 35 кВ потужністю 1000- 6300 кВА передбачається за рахунок застосування магнітопроводів з косим стиком, шарових обмоток з алюмінієвої стрічки, емальпроводів і малоусадочних ізоляційних картонів.

Конструктивні особливості трансформатора, його характеристика і правильна експлуатація багато в чому визначають результати діяльності енергетичних підприємств. Розв'язавши завдання правильної експлуатації трансформаторів, персонал енергосистем може впоратися з виконанням своїх основних обов'язків, визначених Правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів.

2. Обсяг профілактичних випробувань та контрольних вимірювань під час обслуговування силових трансформаторів.

Основні вимоги до силових трансформаторів в умовах експлуатації.

1. Трансформатор повинен забезпечувати надійне електропостачання споживачів. Це положення при проектуванні систем електропостачання підприємств агропромислового комплексу забезпечується правильним, технічно і економічно обгрунтованим вибором числа і потужності трансформаторів з урахуванням категорії споживачів. В експлуатації ж це положення забезпечується технічно правильним режимом роботи трансформаторів і відповідним наглядом за їх станом, а також застосуванням автоматичного включення резерву (АВР).

2. Режим роботи трансформатора повинен бути економічно доцільним. Це положення визначається умовою, яка забезпечує мінімум втрат потужності в силових трансформаторах при роботі їх за заданим графіком навантаження, і досягається відповідним навантаженням трансформатора, усуненням його холостого ходу, від'єднанням трансформаторів, які працюють з малим навантаженням тощо. Дотримання економічно доцільного режиму роботи покладається на оперативний і технічний персонал як району електричних мереж, так і на головного енергетика електротехнічної служби господарства.

3. Установка трансформатора повинна забезпечувати в умовах експлуатації його пожежобезпечність. Виконання цієї умови залежить від дотримання норм і

правил його експлуатації (наявність зливу масла у випадку його загоряння, наявність спеціальних ям з гравійним заповненням тощо).

4. Трансформатор повинен мати відповідні види захисту від різних пошкоджень і ненормальних режимів роботи (від внутрішніх пошкоджень, багатофазних к.з. в обмотках і на виводах, надструмів в обмотках, які зумовлені зовнішніми к.з. або можливими перевантаженнями, від зниження рівня масла тощо). Крім захисту, на трансформаторі повинні бути необхідні вимірювальні прилади для контролю за режимом його роботи.

Випробування трансформаторів є **приймально-здавальні і профілактичні**.

Приймально-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, як правило, у період поточних або капітальних ремонтів для перевірки стану трансформаторів, які знаходяться в експлуатації, і якості виконання ремонту. При необхідності профілактичні випробування проводять між ремонтами для контролю стану ізоляції трансформатора, якщо є ознаки її погіршення.

Обсяг приймально-здавальних і профілактичних випробувань встановлюють згідно з ПУЕ і Нормами випробування електрообладнання.

Обсяг приймально-здавальних випробувань, передбачених ПУЕ, включає такі роботи:

1. визначення умов вмикання трансформаторів;
2. вимірювання характеристик ізоляції;
3. випробування підвищеною напругою промислової частоти ізоляції обмоток разом з вводами та ізоляції доступних стяжних шпильок, пресуючих кілець, ярмових балок (при огляді активної частини);
4. вимірювання опору обмоток постійному струму на всіх відгалуженнях;
5. перевірка коефіцієнта трансформації на всіх ступенях переключення;
6. перевірка групи з'єднання трифазних трансформаторів і полярності виводів однофазних;
7. вимірювання струму і втрат холостого ходу;
8. перевірка роботи перемикального пристрою і зняття колової діаграми;
9. випробування бака з радіаторами гідравлічним тиском;
10. перевірка системи охолодження;
11. перевірка стану силікагелю;
12. фазування трансформаторів;
13. випробування трансформаторного масла;
14. випробування вмиканням поштовхом на номінальну напругу.

Наведений обсяг випробувань обов'язковий для масло наповнених трансформаторів потужністю більшою ніж 1600 кВА, а для трансформаторів потужністю до 1600 кВА випробування проводяться за пунктами 1,2,4,8,9,11...14.

Перед початком випробування необхідно провести зовнішній огляд трансформатора, у процесі якого перевіряють справність бака і радіаторів, стан

ізоляторів, рівень масла, цілість рівня скла показчика масла, заземлення трансформатора тощо.

Умови вмикання трансформатора без сушіння. Питання про вмикання трансформатора без сушіння повинно вирішуватись за результатами випробувань і з урахуванням умов, у яких знаходився трансформатор до і під час монтажу. Обсяг перевірки стану ізоляції і умов вмикання без сушіння залежать від потужності, напруги та умов транспортування трансформаторів.

Для трансформаторів I габариту напругою до 35 кВ включно і потужністю до 1000 кВА, які транспортуються з маслом і розширювачем, при включенні без сушіння необхідно дотримуватись таких умов:

- а) рівень масла повинен бути в межах маслопоказчика;
- б) характеристики масла повинні відповідати діючим нормам;
- в) значення відношення R_{60}/R_{15} обмоток при температурі 10-30°C повинно бути не менше 1,3;

г) якщо перша умова не виконана, але обмотки трансформатора і перемикач покриті маслом, або якщо не виконана друга умова, але в маслі відсутні сліди води і пробивна напруга масла знизилась порівняно з нормованою на більше ніж 5 кВ, необхідно додатково виміряти значення і C_2 / C_{50} , які повинні бути не нижчі за нормовані табл. 14.1 і 14.2.

Таблиця 14.1

Допустимі значення діелектричних втрат

Потужність трансформаторів на напругу 35 кВ, кВА	Найбільше допустиме значення при температурі обмоток трансформаторів, °C						
	10	20	30	40	50	60	70
До 6300	1,2	1,5	2,0	2,6	3,4	4,5	6,0
10000 і більше	0,8	1,0	1,3	1,7	2,3	3,0	4,0

Таблиця 14.2

Допустимі значення відношення ємностей C_2 / C_{50}

Потужність трансформаторів на напругу 35 кВ, кВА	Найбільше допустиме значення відношення C_2 / C_{50} при температурі обмоток трансформаторів, °C		
	10	20	30
До 6300	1,1	1,2	1,3
10000 і більше	1,05	1,15	1,25

Трансформатори II габариту напругою до 35 кВ включно і потужністю від 1600 до 6300 кВ*А, які транспортуються з маслом і розширювачем, при вмиканні без сушіння повинні відповідати тим же умовам, що й трансформатори I габариту. Крім того, при випробуванні за п. "б" значення R_{60} повинно відповідати даним табл. 7.3.

Таблиця 14.3

Найменші допустимі значення однохвилинних опорів ізоляції обмоток трансформаторів у маслі, МОм

Потужність трансформаторів на напругу 35 кВ, кВА	Найменше допустиме значення R_{60} при температурі обмоток трансформаторів, °С						
	10	20	30	40	50	60	70
Від 1600 до 6300	450	300	200	130	90	60	40

Для трансформаторів потужністю до 100 кВА при вмиканні їх у роботу без сушіння достатньо випробувати трансформаторне масло на пробивну напругу. Крім того, повинна додержуватись одна з умов (а, б; в, г; а, г), а в маслі не повинно бути слідів води.

Одночасно з трансформатором оглядають кола первинних і вторинних з'єднань, вимірюють опір ізоляції і випробовують її підвищеною напругою, перевіряють вимірювальні прилади, релейний захист, роботу вимикачів, відокремлювачів, короткозамикачів і роз'єднувачів разом з приводами.

3. Експлуатаційна документація.

Після закінчення монтажу трансформатор має бути прийнятий за актом від організації, яка проводить монтаж, комісією, призначеною головним інженером підприємства електромереж.

Приймання проводять частково в процесі монтажу і в цілому після його закінчення.

При прийманні трансформатора з монтажу організацією, що здає, повинні бути пред'явлені такі матеріали: копія протоколу заводського випробування; копія заводського щитка; протоколи перевірки герметичності з лайки та випробування маслоохолоджувачів; протоколи випробувань та вимірювань відповідно до «Норм випробування електрообладнання»; формуляр із занесеними даними з монтажу; акт внутрішнього огляду з виїмкою активної частини з бака, з оглядом у баку, якщо за чинним положенням була потреба в ревізії та огляді активної частини; протокол сушіння з додатком всіх даних за температурою, вакуумом, опором ізоляції та ін; схеми приєднання системи охолодження зі схемами керування, автоматики та сигналізації; схеми приєднання, дистанційного вимірювання та сигналізації температури оливи, а також захисту та конструктивні креслення; заводські інструкції та вся експлуатаційна супровідна документація, що входить до комплексу постачання.

Приймання трансформатора оформляють актом після перевірки роботи його під напругою.

Перед прийманням на підставі огляду трансформатора та його допоміжного обладнання слід встановити відповідність його технічним умовам постачання та основним експлуатаційним вимогам до встановлення. Усі помічені дефекти необхідно усунути

Тема 15. Технічна експлуатація повітряних та кабельних ліній електропередачі

1. Технічне обслуговування, поточний та капітальний ремонт повітряних ліній електропередачі.
2. Особливості технічної експлуатації кабельних ліній електропередачі.
3. Профілактичні випробування кабельних ліній електропередачі.

1. Технічне обслуговування, поточний та капітальний ремонт повітряних ліній електропередачі.

Повітряна лінія електропередачі є пристроєм для передачі та розподілу електроенергії по проводах, розміщених на відкритому повітрі і прикріплених за допомогою ізоляторів і арматури до опор або кронштейнів чи стояків на будинках та інженерних спорудах (мостах, шляхопроводах тощо).

Повітряні лінії повинні забезпечувати достатньо надійне електропостачання споживачів, потрібну якість електроенергії і відповідати вимогам найбільшої економії стосовно умов проектування та експлуатації.

За вихідні беруть вимоги надійності живлення і якості енергії, передбачені технічними умовами. Прийняті рішення далі коригуються умовами економічності. Виконання цих вимог на основі принципів загальнодержавної економіки є найважливішим завданням інженерної діяльності в галузі електричних мереж і систем.

Питання про надійність електропостачання виникає в зв'язку з тим, що практично всі елементи електричної мережі з часом пошкоджуються. Скорочення можливих пошкоджень часто пов'язане зі значними додатковими витратами. Тому при конструюванні електричних мереж орієнтуються саме на усереднені умови їх роботи. При ускладнених умовах експлуатації, що буває порівняно рідко, звертаються до розрахунків на ймовірність пошкодження мереж. Пошкодження можуть спричинятися не тільки умовами експлуатації ПЛ, але й певними зовнішніми умовами - підвищеною грозовою діяльністю, швидким вітром, великою ожеледдю тощо.

Підвищення надійності електропостачання може забезпечуватись не тільки зниженням пошкоджень і резервуванням елементів мережі, але й п і тими способами, які можуть виявитись більш економічними, зокрема застосуванням пристроїв автоматики (АВР, АПВ), тимчасовою роботою елементів мережі в несиметричних режимах.

В умовах проектування, спорудження та експлуатації електричних мереж треба проводити ретельний аналіз з метою підвищення економічності. Це треба робити при виборі схем з'єднання ліній і параметрів обладнання мережі, аналізі режимів її роботи, з'ясуванні доцільного ступеня її автоматизації, способів резервування тощо.

Основні вимоги до мереж, які проектуються, а також експлуатуються:

- надійність і безпека при дотриманні певних правил роботи мережі;
- забезпечення повної безперебійності живлення (для споживачів I -ї категорії) або швидкого відновлення живлення після аварії;
- обмеження місця аварії одним елементом, трансформатором або відрізком мережі, для чого, як правило, використовують захист з вибірковою дією;

- дотримання економічних показників як за початковими витратами на спорудження мережі, так і за щорічними експлуатаційними витратами;
- забезпечення якості електричної енергії, що подається споживачам, головним чином за рахунок обмеження відхилень напруги;
- можливість розвитку мережі для приєднання нових або посилення потужності існуючих споживачів без корінних змін мережі.

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.

Після закінчення робіт із спорудження або ремонту ПЛ керівництво підприємства призначає робочу комісію для прийняття її в експлуатацію. У складі комісії - представники підприємства електричних мереж (зокрема, голова) підрядника, субпідрядника, проектної та інших зацікавлених організацій. Робоча комісія перевіряє такі документи:

- робочий проект лінії з урахуванням змін, внесених у процесі спорудження і погоджених з проектною організацією;
- виконавчу схему ПЛ (траси), на якій зазначені марки проводів, площі перерізу, типи опор, захисні заземлюючі пристрої тощо;
- акти приймання переходів, перетинів і зближення лінії з усіма інженерними спорудами;
- акти на сховані роботи із спорудження заземлюючих пристроїв і заглиблення опор;
- документи на відведення земельної ділянки;
- протокол вимірювань опору заземлюючих пристроїв;
- паспорт лінії з її основними даними, відомості про випробування та ремонт.

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. Потім організація, за рахунок якої споруджується ПЛ, створює державну комісію з представників замовника, генерального підрядника і районного енергетичного управління.

Державна приймальна комісія, оглянувши лінію, на підставі актів робочої комісії, технічної документації і ряду додаткових документів, визначає якість і можливість здавання ПЛ в експлуатацію. Після включення лінії та її нормальної роботи протягом доби комісія підписує акт приймання.

Забезпечення надійності при експлуатації повітряних ліній

Особливості експлуатації. На ПЛ електропередачі впливають різні механічні навантаження та інші негативні фактори. Опори постійно сприймають вагу власних конструктивних деталей, а також проводів, ізоляторів і арматури, які

в свою чергу зазнають змінних навантажень від вітру та ожеледі. Дерев'яні опори старіють, загнивають і можуть самозайматися.

Проводи ПЛ перебувають під тепловим і динамічним впливом струмів навантаження та аварійних струмів. Разом з тим на них діють коливання температури повітря, грозові розряди, ожеледі та сніг. При експлуатації можуть відбуватися обриви проводів, спричинені високогабаритними машинами, різного роду накидами тощо.

Усі ці фактори і обумовлюють створення спеціальної системи заходів з обслуговування повітряних ліній, які забезпечують їх надійну і безаварійну роботу. До них відносяться:

- дотримання допустимих режимів роботи ПЛ за струмовими навантаженнями;

- постійне спостереження за ПЛ;
- проведення замірів і профілактичних випробувань;
- проведення планово-запобіжних ремонтів;
- ведення технічної документації;
- розслідування причин аварій та розробка заходів з їх усунення.

Документи, які необхідні для прийняття лінії в експлуатацію:

- робочий проект лінії з урахуванням змін, внесених у процесі спорудження і погоджених з проектною організацією;

- виконавчу схему ПЛ (траси), на якій зазначені марки проводів, площі перерізу, типи опор, захисні заземлюючі пристрої тощо;

- акти приймання переходів, перетинів і зближення лінії з усіма інженерними спорудами;

- акти на сховані роботи із спорудження заземлюючих пристроїв і заглиблення опор;

- документи на відведення земельної ділянки;
- протокол вимірювань опору заземлюючих пристроїв;
- паспорт лінії з її даними, відомості про випробування та ремонт.

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. Потім організація, за рахунок якої споруджується ПЛ, створює державну комісію з представників замовника, генерального підрядника і районного енергетичного управління.

Державна приймальна комісія, оглянувши лінію, на підставі актів робочої комісії, технічної документації і ряду додаткових документів, визначає якість і можливість здавання ПЛ в експлуатацію. Після включення лінії та її нормальної роботи протягом доби комісія підписує акт приймання.

2. Особливості технічної експлуатації кабельних ліній електропередачі.

Особливості експлуатації. На ПЛ електропередачі впливають різні механічні навантаження та інші негативні фактори. Опори постійно сприймають вагу власних конструктивних деталей, а також проводів, ізоляторів і арматури, які в свою чергу зазнають змінних навантажень від вітру та ожеледі. Дерев'яні опори старіють, загнивають і можуть самозайматися.

Проводи ПЛ перебувають під тепловим і динамічним впливом струмів навантаження та аварійних струмів. Разом з тим на них діють коливання температури повітря, грозові розряди, ожеледі та сніг. При експлуатації можуть відбуватися обриви проводів, спричинені високогабаритними машинами, різного роду накидами тощо.

Усі ці фактори і обумовлюють створення спеціальної системи заходів з обслуговування повітряних ліній, які забезпечують їх надійну і безаварійну роботу. До них відносяться:

- дотримання допустимих режимів роботи ПЛ за струмовими навантаженнями;
- постійне спостереження за ПЛ;
- проведення замірів і профілактичних випробувань;
- проведення планово-запобіжних ремонтів;
- ведення технічної документації;
- розслідування причин аварій та розробка заходів з їх усунення.

Тривало допустимі струмові навантаження на провід. Провід ПЛ при проходженні по ньому електричного струму нагрівається. Кількість тепла, яка виділяється в проводі за одну секунду при струмі I :

$$Q = I^2 R_\theta, \text{ Вт}$$

де R_θ - опір проводу при температурі θ .

Правилами улаштування електроустановок (ПУЗ) встановлено фанічно допустимі значення температури голих проводів при тривалому проходженні струму $\theta_2=70^\circ\text{C}$. Допустима температура може бути збільшена до $90-95^\circ\text{C}$, якщо всі контакти виготовлені способом, який виключає окислення.

Крім цього, температура нагрівання при тривалому проходженні струму залежить від температури навколишнього середовища та умов відведення тепла. Охолодження неізолюваного проводу відбувається **випромінюванням, конвекцією та теплопровідністю**.

У проводів повітряних ліній тепловіддача відбувається в основному конвекцією, бо теплопровідність повітря мала, а випромінювання при температурі $70... 100^\circ\text{C}$ незначне.

Крім цього, температура нагрівання при тривалому проходженні струму залежить від температури навколишнього середовища та умов відведення тепла. Охолодження неізолюваного проводу відбувається **випромінюванням, конвекцією та теплопровідністю**.

У проводів повітряних ліній тепловіддача відбувається в основному конвекцією, бо теплопровідність повітря мала, а випромінювання при температурі $70... 100^\circ\text{C}$ незначне.

Кількість тепла, яке виділяється провідником у навколишнє середовище в одну секунду дорівнює, Вт:

$$Q = kF(\theta_2 - \theta_1),$$

де k - коефіцієнт тепловіддачі, який залежить від температури проводу, швидкості руху повітря тощо, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;

F - площа поверхні проводу, м^2 ;

θ_2, θ_1 - відповідно температура проводу та навколишнього середовища, $^\circ\text{C}$.

Прирівнявши праві частини рівнянь, визначаємо значення тривало допустимого струму $I_{\text{доп}}$.

$$I_{\text{доп}} = \sqrt{\frac{kF(\theta_2 - \theta_1)}{R_0}}$$

де $I_{\text{доп}}$ - допустимий струм, який вибирається за довідником, А;

$\theta_{\text{гр}}$ - гранична допустима температура проводу, °С;

θ_1 - температура повітря для даних конкретних умов, °С.

Треба взяти до уваги, що при проходженні по проводу тривало допустимого струму збільшуються втрати електричної енергії.

Огляди повітряних ліній. При технічному обслуговуванні проводять обходи і огляди ПЛ - планові та позачергові.

Планові (періодичні) огляди є денні, нічні, верхові і контрольні.

При денних оглядах контролюють і виявляють стан опор, проводів, траверс, ізоляторів, розрядників, роз'єднувачів, приставок, бандажів, хомутів, відбійних труб, льодорізів, нумерації, написів, плакатів, а також стан траси. Елементи лінії, яких не видно з землі неозброєним оком, монтер-обхідник оглядає через бінокль.

Для ПЛ напругою 0,38-20 кВ планові (періодичні) огляди проводять не рідше одного разу на місяць.

Про виявлені поломки аварійного характеру повідомляється керівництву і черговому диспетчеру, використовуючи всі можливі засоби зв'язку або особисто. Такі пошкодження і несправності повинні усуватися негайно. Про інші несправності, виявлені при огляді ПЛ, робиться запис у листі огляду.

Під час нічних оглядів перевіряють, чи нема світіння або іскріння в місцях з'єднань, які виникають при незадовільному стані контактів, а також виявляють дефектні ізолятори ламп вуличного освітлення.

При денних і нічних оглядах обхідник не має права підніматись на опори ліній, які знаходяться під напругою.

Оскільки не всі дефекти можна визначити, спостерігаючи за елементами лінії з землі, проводять **верхові огляди**. Їх роблять при необхідності але не рідше одного разу на шість років. Лінію вимикають, заземлюють, а потім перевіряють кріплення арматури і ізоляторів, ступінь їх забруднення, а також кріплення і натяг розтяжок. **Контрольні огляди** лінії виконує інженерно-технічний персонал підприємства електричних мереж за затвердженим графіком. При цьому перевіряють роботу монтерів-обхідників, виконання протиаварійних заходів, оцінюють стан ПЛ та їх трас.

При періодичних оглядах перевіряють також чистоту траси, чи не торкаються проводи гілок дерев, чи не проводяться на трасі будівельні роботи без дозволу, чи не зберігаються матеріали.

Позачергові огляди виконують при ожеледі, сильних морозах, лісових пожежах, після льодоходу і повені, а також автоматичного вимикання лінії.

Під час оглядів не можна виявити всі несправності ПЛ, тому існуючими Правилами технічної експлуатації передбачено ряд профілактичних перевірок і вимірювань.

3. Профілактичні випробування кабельних ліній електропередачі

Перевірка стану дерев'яних опор. Загнивання деревини відбувається під впливом дереворуйнівних грибків. Спори грибків розносяться вітром і комахами на великі відстані і заражують деревину. У початковій стадії загниваюча деревина помітно змінює колір, набуваючи червонуватого і коричнюватого відтінку, потім змінюється її структура та цілісність, на останній стадії деревина розкладається і стає трухлявою.

На розвиток грибків впливає температура повітря, вологість деревини і наявність кисню. Оптимальна температура для розвитку грибків - $+27...30^{\circ}\text{C}$, а при температурі нижчій за $+5^{\circ}\text{C}$ і вищій за $+45^{\circ}\text{C}$ гниття припиняється. Але при вологості 25-30 відсотків прискорюється їх розвиток, а припиняється при вологості нижчій за 20 відсотків.

Найінтенсивніше загнивання відбувається в деревині, яка перебуває в прямому контакті з вологим ґрунтом. На глинистих ґрунтах дощова вода змочує опори біля поверхні ґрунту, а наявність атмосферного кисню сприяє гниттю деревини на цьому рівні. Дерев'яні деталі опор на глибині 40 см і більше мало піддаються гниттю через нестачу повітря. Пісчані ґрунти більш пористі, добре пропускають повітря і тому гниття установлені в таких ґрунтах деревини відбувається в самому ґрунті, але вище ґрунтових вод. На болотах опори гниють тільки над рівнем води, де є доступ повітря.

Інтенсивному загниванню також піддаються місця опор, де накопичується атмосферна волога і недостатнє випаровування: у тріщинах траверс, розпорок, поперечин, торців, у місцях з'єднання деталей. Загниванню сприяють також затеси і зарубки.

Заболонь більше уражається грибами, ніж ядро дерева. Одноставні опори звичайно загнивають у верхньому торці, у місці з'єднання з пасинком і на рівні землі.

Стійкість проти загнивання залежить від породи деревини. Опори із смереки значно стійкіші проти гниття, ніж опори із сосни і кедра, найбільш уражаються гниттям опори з ялини.

На ПЛ 0,38-20 кВ перевірку на загнивання проводять у такі строки: вперше - через три-шість років після введення ПЛ в експлуатацію, далі - не рідше ніж раз у три роки. Перевірка деревини на загнивання складається з огляду і простукування деталей молотком (масою не більшою ніж 0,4 кг), а також вимірювання величини загнивання в небезпечному перерізі і в місцях, де загнивання найімовірніше.

Загнивання вертикальних елементів опор вимірюють у трьох точках під кутом 120° в небезпечному перерізі. При вимірюваннях не рекомендується свердлик або голку приладів встановлювати на сучках і тріщинах.

При визначенні загнивання приладами конструкції Бранта і ПД-1 деревина вважається нормальною, якщо на проколювання шарів деревини потрібно зусилля більше 300 Н. Менші зусилля свідчать про наявність загнивання деталі опори, яку перевіряють.

Прилад ОЗД-1, який працює на принципі зондування дерев'яних деталей опор ультразвуковими коливаннями, дозволяє визначити наявність загнивання деталей опори і оцінити можливості підйому на опору.

Зовнішній діаметр деталей опори вимірюють діаметроміром або спеціальною стрічкою, проградуєваною так, що при замірах вона показує зовнішній діаметр.

Відбракування загнаних деталей полягає у визначенні величини еквівалентного діаметра перерізу деревини рівної міцності, що не загнила, який порівнюється з іншою розрахунковою величиною - мінімально допустимим діаметром.

Залежно від співвідношення цих величин вирішується питання про заміну деревини чи продовження її експлуатації.

Якщо деталь у місці перерізу, який розглядається, має зарубки або інші пошкодження зовнішньої частини заболоні, усі вони враховуються як зовнішнє загнивання, глибина якого рівна глибині пошкодження.

З метою спрощення методики розрахунку умовно задаються, що при будь-якій формі внутрішнього загнивання деревини частина перерізу, що не загнила, являє собою кільце при неповному внутрішньому загниванні.

За результатами замірів обчислюють середнє значення товщини зовнішнього незагнилого шару, середню товщину гнилого шару деревини і діаметр незагнилої серцевини ядра .

Список рекомендованої літератури

1. Єрмолаєв С. О. Експлуатація енергообладнання та засобів автоматизації в системі АПК : підручник / Єрмолаєв С. О., Мунтян В. О., Яковлев В. Ф. - К. : Мета, 2003. - 543 с.
2. Лут М. Т. Основи технічної експлуатації енергетичного обладнання АПК / Лут М. Т., Мірошник О. В., Трунова І. М. - Харків : Факт, 2008. - 438 с.
3. Єрмолаєв Є. О. Експлуатація і ремонт електрообладнання та засобів автоматизації і С. О. Єрмолаєв, В. Ф. Яковлев. - К. : Урожай, 1996 - 336 с.
4. Мірошник О. В. Організація технічної експлуатації енергетичного устаткування підприємств АПК / О. В. Мірошник, І. М. Трунова. - Харків : ПП ЧЕРВЯК, 2005. - 128 с.
5. Правила улаштування електроустановок / 2-ге вид., перероб. і допов. - Харків : Форт, 2009. - 736 с.
6. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів / Наказ № 258 Мінпаливенерго України від 25.07.2006.
7. Правила технічної експлуатації теплових установок і мереж / Наказ № 71 Мінпаливенерго України від 5.03.2007.

Кравченко Володимир Олексійович
Вольвач Тетяна Сергіївна
Тимошенко Григорій Андрійович

Основи технічної експлуатації енергообладнання та засобів керування

Конспект лекцій

Суми, РВВ, Сумський національний аграрний університет, вул.Г.Кондратьєва,160

Підписано до друку: _____ 2023 р. Формат А5: Гарнітура Times New Roman

Тираж: _____ примірників Замовлення _____ Ум. друк. арк.
