

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет
Кафедра енергетики та електротехнічних систем**



ОСНОВИ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕНЕРГООБЛАДНАННЯ ТА ЗАСОБІВ КЕРУВАННЯ

Методичні вказівки щодо виконання самостійної роботи

СУМИ – 2025

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет
Кафедра енергетики та електротехнічних систем**

ОСНОВИ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕНЕРГООБЛАДНАННЯ ТА ЗАСОБІВ КЕРУВАННЯ

Методичні вказівки щодо виконання самостійної роботи

для здобувачів 4 та 2 с.т. курсу

освітньої програми

«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

денної та заочної форм здобуття освіти

ступеню вищої освіти «Бакалавр»

СУМИ – 2025

УДК 621.311

О 72

Укладачі:

Савойський О. Ю., к.т.н., доцент кафедри енергетики та електротехнічних систем;

Сіренко В. Ф., к.т.н., доцент, доцент кафедри енергетики та електротехнічних систем;

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

Лисенко В. В., завідувач навчально-методичним кабінетом кафедри енергетики та електротехнічних систем.

О 72 Основи технічної експлуатації енергообладнання та засобів керування : методичні вказівки щодо виконання самостійної роботи / укл.: О. Ю. Савойський, В. Ф. Сіренко, Т. С. Вольвач, В. В. Лисенко. - Суми, 2025. – 104 с.

Методичні вказівки спрямовані на надання методичної допомоги здобувачам під час виконання самостійної роботи. Наведено питання для самоконтролю по кожній темі. Методичні вказівки до виконання самостійної роботи призначені для здобувачів 4 та 2 с.т. курсів ступеню вищої освіти «Бакалавр» освітньо-професійної програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Рецензенти:

Сіренко Ю. В., PhD, доцент, доцент кафедри енергетики та електротехнічних систем СНАУ;

Лобода В. Б., к.ф.-м.н., професор, професор кафедри охорони праці та фізики СНАУ.

Відповідальний за випуск:

Чепіжний А.В., к.т.н., доцент, завідувач кафедрою енергетики та електротехнічних систем СНАУ.

Рекомендовано до видання Радою із забезпечення якості освітньої діяльності та якості вищої освіти інженерно-технологічного факультету СНАУ. Протокол №4 від «28» січня 2025 року

© Сумський національний
аграрний університет, 2025

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН.....	7
Тема 1. Основні поняття та визначення теорії технічної експлуатації. Нормативна, технічна та експлуатаційна документація	8
Тема 2. Основні відомості про енергетичне обладнання, що використовують у сільському господарстві	18
Тема 3. Умови виробничої експлуатації енергообладнання.....	19
Тема 4. Основи раціонального вибору та використання енергетичного обладнання	22
Тема 5. Основні положення теорії надійності.....	26
Тема 6. Загальні питання контролю технічного стану енергетичного обладнання	33
Тема 7. Загальні питання організації технічної експлуатації енергетичного обладнання у сільському господарстві	39
Тема 8. Організація і проведення пусконаладжувальних робіт та здавання- приймання в експлуатацію енергетичного обладнання	51
Тема 9. Контроль технічного стану ізоляції. Діагностування та способи сушіння ізоляції обмоток електродвигунів.....	61
Тема 10. Технічна експлуатація засобів керування	71
Тема 11. Технічна експлуатація електродвигунів.....	78
Тема 12. Технічна експлуатація електротехнологічних установок. Технічна експлуатація освітлювальних та випромінювальних установок.....	82
Тема 13. Технічна експлуатація розподільних пристроїв. Технічна експлуатація внутрішніх електропроводок	85
Тема 14. Технічна експлуатація силових трансформаторів.....	92
Тема 15. Технічна експлуатація повітряних та кабельних ліній електропередачі	96
Список рекомендованої літератури.....	103

ВСТУП

Методичні вказівки щодо виконання самостійної роботи з освітнього компонента «Основи технічної експлуатації енергообладнання та засобів керування» розроблені з метою надання студентам практичних рекомендацій для засвоєння теоретичних основ і набуття необхідних практичних навичок. Самостійна робота є важливим елементом освітнього процесу, оскільки вона сприяє поглибленню знань, формуванню технічного мислення, розвитку аналітичних здібностей та закріпленню отриманих умінь.

Дисципліна «Основи технічної експлуатації енергообладнання та засобів керування» охоплює вивчення принципів роботи енергетичних установок, методів технічного обслуговування, діагностики стану обладнання, а також основних засобів автоматизації та контролю. Розуміння цих питань є ключовим для забезпечення ефективної, надійної та безпечної експлуатації енергетичного обладнання в сучасних умовах розвитку енергетичного сектору.

Ці методичні вказівки мають на меті допомогти студентам ефективно організувати самостійну роботу, ознайомити з основними аспектами тематики дисципліни, а також забезпечити послідовність і логічність виконання завдань. Виконуючи завдання, студенти зможуть краще зрозуміти особливості експлуатації енергетичного обладнання, розвинути навички аналізу технічної документації, підготовки розрахунків та прийняття оптимальних рішень у професійній діяльності.

Дотримання цих рекомендацій сприятиме якісному опануванню матеріалу, закріпленню теоретичних знань і практичних навичок, необхідних для подальшої роботи у сфері енергетики.

ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва теми:	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Основні поняття та визначення теорії технічної експлуатації. Нормативна, технічна та експлуатаційна документація	5	8
2	Основні відомості про енергетичне обладнання, що використовують у сільському господарстві	5	8
3	Умови виробничої експлуатації енергообладнання	5	8
4	Основи раціонального вибору та використання енергетичного обладнання	5	8
5	Основні положення теорії надійності	5	8
6	Загальні питання контролю технічного стану енергетичного обладнання	5	8
7	Загальні питання організації технічної експлуатації енергетичного обладнання у сільському господарстві	5	8
8	Організація і проведення пусконаладжувальних робіт та здавання - приймання в експлуатацію енергетичного обладнання	5	8
9	Контроль технічного стану ізоляції. Діагностування та способи сушіння ізоляції обмоток електродвигунів	5	8
10	Технічна експлуатація засобів керування	5	9
11	Технічна експлуатація електродвигунів	5	9
12	Технічна експлуатація електротехнологічних установок. Технічна експлуатація освітлювальних та випромінювальних установок	5	9
13	Технічна експлуатація розподільних пристроїв. Технічна експлуатація внутрішніх електропроводок	5	9
14	Технічна експлуатація силових трансформаторів	5	9
15	Технічна експлуатація повітряних та кабельних ліній електропередачі	6	9
	Разом годин:	76	126

Тема 1. Основні поняття та визначення теорії технічної експлуатації. Нормативна, технічна та експлуатаційна документація

1. Ефективність та економічність експлуатації.
2. Основні поняття і визначення експлуатації.
3. Категорії електротехнічного персоналу та вимоги до нього.

1. Ефективність та економічність експлуатації

Планування раціонального використання електроустаткування слід розглядати як проміжну ланку між етапом попереднього аналізу стану електрогосподарства і безпосередньої організаційно-управлінської роботою ЕТС. При цьому принципові питання, пов'язані з економією електроенергії, вирішуються при плануванні діяльності ЕТС на наступний рік і перспективу.

Загальний комплекс питань щодо економії електроенергії включає в себе наступні етапи.

1. Попереднє обстеження електроустановок сільськогосподарського підприємства: аналіз використання електроенергії і палива в господарстві (на основі матеріалів оперативно-технічного і статистичного обліку), виявлення і кількісна оцінка резервів їх економії; вивчення науково-технічних новинок і передового досвіду організації таких робіт в ЕТС; розробка та економічне обґрунтування системи заходів з регулювання електроспоживання, модернізації діючої і заміні застарілої техніки.

2. Планування раціонального використання електроенергії: розробка приватних (за видами енергії, окремим технологічним установкам, процесам) та зведеного енергобалансу; побудова приватних і зведених графіків електроспоживання.

3. Укладення договору на користування електроенергією з енергопостачальною організацією.

4. Організаційно-управлінська робота забезпечення суворого дотримання проектних параметрів електрообладнання і з цією метою - технічне обслуговування, поточний ремонт, наладка, ревізія, регулювання параметрів установок; проведення робіт з модернізації, оновлення й автоматизації електроустановок; проведення періодичних інструктажів та інших видів технічних навчань для ознайомлення з пристроєм новинок техніки, вироблення навичок обслуговування, виявлення та усунення ймовірних відмов; облік використаної електроенергії, належне утримання приладів обліку контроль своєчасності та правильності розрахунків за електроенергію з енергопостачальною організацією.

Як бачимо, питання раціонального використання електроустаткування сільськогосподарських підприємств і економії електроенергії є багатоплановим і вимагає проведення значного обсягу організаційно-технічних заходів.

2. Основні поняття і визначення експлуатації

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 виробництві електро-монтажних робіт, є діючі Правила пристроїв 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.

Перелік чинних нормативних документів з будівництва щорічно затверджує Міністерство будівництва та архітектури України.

Державними нормативним документам 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.

Нормативні документи по економіці будівництва приведені в Переліку Нормативно-технічних документів з будівництва, що діють на території країни; при виробництві електромонтажних робіт основними з них є Правила про договора підяду на капітальне будівництво, Положення про взаємовідносини організацій-генеральних підрядників з субпідрядними організаціями та ін.

Для визначення кошторисної вартості та розрахунків за виконані роботи з монтажу обладнання застосовують цінники (всього 36) на монтаж устаткування.

При розрахунках за виконані електромонтажні роботи використовують загальну частину до цінників на монтаж обладнання і цінник № 8 «Електричні установки» (з урахуванням доповнень, роз'яснень та поправок). Розрахунки за окремими видами робіт, які виконуються в комплексі з електромонтажними організаціями, виробляють по цінниках: № 9 «Електричні печі», № 10 «Обладнання зв'язку», № 11 «Прилади та засоби автоматизації» та ін.

При розрахунках за виконані електромонтажні роботи по повітряних лініях електропередачі застосовують: збірник № 35 «Лінії електропередачі 35-500 кВ і відкриті розподільні пристрої електричних підстанцій» (вип. 1) і «Лінії електропередачі 0,4-35 кВ» (вип. 2).

Ціни на матеріали, вироби, що виготовляються підприємствами міністерств (відомств), встановлюються на тендерних торгах.

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.

3. Категорії електротехнічного персоналу та вимоги до нього.

1. Обслуговування електроустановок споживачів, у тому числі виконання ремонтних, монтажних, налагоджувальних робіт і оперативних перемикачів в електроустановках, повинні здійснювати спеціально підготовлені

електротехнічні працівники, а саме: керівники і фахівці, оперативні, виробничі та оперативно-виробничі працівники.

2. 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.

3. Перелік посад та професій електротехнічних та електротехнологічних працівників, яким необхідно мати відповідну групу з електробезпеки, затверджує роботодавець.

4. Електротехнологічні працівники виробничих цехів і дільниць, які здійснюють експлуатацію електротехнологічних установок, повинні мати групу з електробезпеки II і вище.

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 і контроль за їхньою роботою.

5. 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 стан здоров'я працівників повинен засвідчуватися медичним оглядом.

6. Роботодавець відповідно до ГНД 34.12.102-2004 та ДНАОП 0.00-4.12-05 з урахуванням місцевих умов та складу енергетичного обладнання повинен затвердити положення про навчання з питань технічної експлуатації електроустановок, охорони праці та про перевірку знань з цих питань. Навчання з технічної експлуатації електроустановок включає такі форми роботи з працівниками, що обслуговують електричні установки: проведення самого навчання з питань технічної експлуатації електроустановок, правил пожежної безпеки, перевірку знань з цих питань, а також інструктажі, стажування, дублювання, проведення аварійних тренувань та допуск до роботи.

7. Для виконання роботи в електроустановках, розміщених у вибухонебезпечних або пожежонебезпечних зонах, працівник повинен пройти спеціальне навчання за програмою пожежно-технічного мінімуму відповідно до НАПБ Б.02.005-2003. Порядок організації навчання визначається НАПБ Б 06.001-2003.

8. Електротехнічні та електротехнологічні працівники повинні проходити інструктажі. Залежно від характеру і часу проведення інструктажі поділяються на: вступний, первинний, повторний, позаплановий, цільовий. За результатами проведеного інструктажу особа, яка інструктує (шляхом опитування), повинна

переконатись, що працівник засвоїв питання, з яких проводився інструктаж. Проведення інструктажів можна здійснювати разом з інструктажами з охорони праці і фіксувати у відповідному журналі. Відповідальність за організацію та проведення інструктажів, усіх форм навчання та перевірки знань з питань технології робіт, пожежної безпеки та охорони праці покладається на роботодавця.

9. У процесі трудової діяльності працівники проходять такі види навчання з питань технічної експлуатації електроустановок:

- професійне навчання кадрів на виробництві, яке проводиться відповідно до Положення про професійне навчання кадрів на виробництві, затвердженого спільним наказом Міністерства праці та соціальної політики України і Міністерства освіти і науки України від 26.03.2001 N 127/151, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 06.04.2001 за N 315/5506:

- періодичне навчання в СНЗ;
- щорічне навчання на виробництві.

10. У кожного споживача для персоналу, який забезпечує виробничі процеси в електроенергетиці, повинні бути затверджені керівництвом план-графіки на проведення щорічного навчання на виробництві та періодичного навчання в СНЗ.

11. Особи, відповідальні за електрогосподарство, проходять не рідше одного разу на три роки періодичне навчання з питань технічної експлуатації електроустановок.

12. Щорічне навчання на виробництві проходять електротехнічні та електротехнологічні працівники, які зайняті на роботах з підвищеною небезпекою або там, де є потреба в професійному доборі. Списки цих працівників щорічно складаються та затверджуються роботодавцем.

13. Після закінчення навчання з питань технічної експлуатації електроустановок працівник повинен пройти перевірку знань з питань технології робіт, правил пожежної безпеки (далі - перевірка знань з технології робіт). Результати перевірки знань з технології робіт заносяться в журнал установлені форми та підписуються всіма членами комісії. Якщо перевірка знань декількох працівників проводилась в один день і склад комісії не змінювався, то члени комісії можуть підписатися один раз після закінчення роботи комісії. При цьому необхідно вказати словами загальну кількість осіб, у яких перевірено знання з технології робіт.

14. Новопризначені працівники, що прийняті на роботу, пов'язану з обслуговуванням електроустановок, або при перерві в роботі понад один рік, проходять первинну перевірку знань. Первинна перевірка знань працівників повинна проводитись у терміни, установлені програмами і планами їх підготовки. Допускається при проведенні перевірки знань використання контрольно-навчальних засобів на базі персональних електронно-обчислювальних машин для всіх видів перевірок, з наступним усним опитуванням, окрім первинної. У цьому разі запис у журналі перевірки знань не відміняється.

15. Допускається не проводити перевірку знань з технології робіт у працівника, якого прийнято на роботу за сумісництвом з метою покладення на нього обов'язків особи, відповідальної за електрогосподарство, при одночасному виконанні таких умов:

- якщо з моменту перевірки знань у комісії за основним місцем роботи минуло не більше одного року;
- енергоємність електроустановок, їх складність в організації експлуатації електрогосподарства за сумісництвом не вища, ніж за місцем основної роботи.

16. У разі переходу на інше підприємство чи переведення на іншу роботу (посаду) у межах одного підприємства або у зв'язку з перервою в роботі особі з електротехнічних працівників, яка успішно пройшла перевірку знань, рішенням комісії може бути підтверджена та група з електробезпеки, яку вона мала до переходу або перерви в роботі.

17. Періодичність навчання та періодичної перевірки знань з питань технології робіт, правил пожежної безпеки та охорони праці (далі - перевірка знань) з присвоєнням відповідної групи з електробезпеки проводиться в такі терміни:

- 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 працівників з охорони праці, допущених до інспектування електроустановок, - один раз на три роки.

Перевірка знань з питань правил пожежної безпеки в працівників, які обслуговують електроустановки у вибухонебезпечних і пожежонебезпечних зонах, здійснюється один раз на рік, в інших випадках - один раз на три роки. Забороняється допуск до роботи працівників, які не пройшли навчання та перевірку знань з питань технології робіт, правил пожежної безпеки, охорони праці, а також у разі закінчення терміну дії попередніх періодичних перевірок знань. Комісією з перевірок знань працівникові може бути присвоєна група з електробезпеки, яку він мав до перерви в роботі.

18. Позачергову перевірку знань працівнику здійснюють незалежно від терміну проведення попередньої перевірки знань у разі:

- уведення в дію нової редакції або перероблених правил;
- переведення працівника на іншу роботу або призначення на іншу посаду, що потребує додаткових знань;
- при перерві в роботі на даній посаді понад шість місяців;
- незадовільної оцінки знань працівника - у терміни, визначені комісією з перевірки знань, але не раніше ніж через два тижні;

- вимог органів Держенергонагляду та Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду (далі - Держгірпромнагляд).

19. Для проведення перевірки знань електротехнічного та електротехнологічного персоналу керівник споживача повинен своїм наказом призначити комісію з перевірки знань. Головою комісії призначається керівник споживача або його заступник, до службових обов'язків яких входить організація роботи з питань технічної експлуатації електроустановок, охорони праці. До складу комісії споживача з перевірки знань входять спеціалісти служби охорони праці, представники юридичних, виробничих, технічних служб, представник профспілки або вповноважена найманими працівниками особа з питань охорони праці. Комісія вважається правочинною, якщо до її складу входять не менше трьох осіб. У разі потреби створюються комісії в окремих структурних підрозділах, їх очолюють керівники відповідних підрозділів чи їх заступники.

20. Перевірку знань з питань технології робіт, правил пожежної безпеки та охорони праці проводять:

1) в особи, відповідальної за електрогосподарство споживача (головного енергетика), його заступника - комісія за участю керівника споживача (його заступника) або комісія організації вищого рівня, інспектора Держенергонагляду, Держгірпромнагляду;

2) в осіб, відповідальних за електрогосподарство структурних виробничих підрозділів, - комісія за участю особи, відповідальної за електрогосподарство споживача. Склад комісії затверджує керівник споживача;

3) у решти працівників - комісія споживача або його підрозділів, склад яких визначає та затверджує керівник споживача, за участю особи, відповідальної за електрогосподарство споживача (підрозділу). До складу вказаних комісій, як правило, повинен входити безпосередній керівник того працівника, чиї знання перевіряє комісія. Члени комісій структурних підрозділів повинні пройти перевірку знань правил в центральній комісії споживача.

21. Споживачі, чисельність яких не дає змоги створити комісію з перевірки знань з питань технології робіт, перевірку знань проходять у комісії територіальних підрозділів Держенергонагляду. У роботі такої комісії, як правило, бере участь керівник споживача, працівники якого проходять перевірку знань, або представники організацій вищого рівня. Комісії для перевірки знань з питань технології робіт можуть також створюватись при СНЗ. Вони призначаються наказом (розпорядженням) керівника СНЗ за погодженням з відповідним територіальним підрозділом Держенергонагляду. Члени комісії повинні пройти перевірку знань в територіальному підрозділі Держенергонагляду. Головою комісії призначається старший державний інспектор з енергетичного нагляду.

22. Дозволяється проводити окремо перевірку знань, крім випадку, зазначеного в підпункті 1 пункту 5.2.20:

- з питань технічної експлуатації електроустановок, правил та інструкцій з пожежної безпеки за участю інспектора Держенергонагляду; - з питань охорони праці та інших нормативних актів з охорони праці за участю інспектора

Держгірпромнагляду. У цьому випадку роблять окремі записи в журналі перевірки знань. Право оперативних переговорів та оперативних перемикачів надається особі, відповідальній за оперативну роботу споживача, при проведенні перевірки знань у комісії з перевірки знань за участю інспектора Держенергонагляду. Представник диспетчерської служби структурного підрозділу електропередавальної організації може брати участь у роботі цієї комісії.

23. Перевірка знань кожного працівника здійснюється індивідуально. Результати перевірки оформляються протоколом та записуються у журнал установлені форми. Записи оформляються окремо з питань технології робіт, правил пожежної безпеки та охорони праці за підписом усіх членів комісії. Керівники споживачів наприкінці року повинні подавати до інспекції Держенергонагляду графік перевірки знань електротехнічних працівників на наступний рік. Про дату перевірки знань представники інспекцій повинні бути повідомлені споживачем не пізніше ніж за 20 днів до її початку.

24. Споживачі, які не мають можливості проводити навчання безпосередньо у себе та створити комісію з перевірки знань з технології робіт, проходять навчання в навчальних закладах та установах, які отримали відповідне рішення Держенергонагляду на проведення навчання з питань технології робіт. Перевірка знань з технології робіт таких посадових осіб проводиться комісією, створеною Держенергонаглядом. У роботі такої комісії, як правило, бере участь керівник споживача, працівники якого проходять перевірку знань, або представники організації вищого рівня. Перевірка знань осіб, відповідальних за електрогосподарство споживачів, незалежно від форм власності та відомчої підпорядкованості, допускається в комісії підприємств вищого рівня або засновників.

25. Після успішної перевірки знань працівник допускається до стажування тривалістю 2 - 15 змін і дублювання на робочому місці у відповідності до вимог ГНД 34.12.102-2004. Допуск оформлюється наказом або розпорядженням керівника споживача (структурного підрозділу) з визначенням тривалості стажувань та призначенням працівника, відповідального за стажування.

26. Стажування проводиться під час спеціальної підготовки та під час підготовки на нову посаду. У процесі стажування працівник повинен:

- закріпити знання щодо правил технічної експлуатації електрообладнання, правил безпечної експлуатації технологічного обладнання та пожежної безпеки, технологічних і посадових інструкцій, інструкцій з охорони праці;

- оволодіти навичками орієнтування у виробничих ситуаціях у нормальних і аварійних умовах;

- засвоїти в конкретних умовах технологічні процеси та методи безаварійного керування обладнанням з метою забезпечення вимог технічної експлуатації, безпеки праці та економічної експлуатації устаткування, що обслуговується.

27. Керівник споживача або структурного підрозділу може звільняти від стажування працівника, що має стаж за фахом не менше трьох років, що

переходить з одного робочого місця на інше, де характер його роботи і тип устаткування, на якому він працюватиме, не змінюються.

Тривалість стажування працівника встановлюється індивідуально в залежності від його рівня професійної освіти, досвіду роботи, професії (посади).

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

Тривалість дублювання на робочому місці встановлюється рішенням комісії з перевірки знань і залежить від кваліфікації працівника та складності обладнання, яке він обслуговуватиме, але не менше шести змін.

28. Під час дублювання особа, що навчається, може робити оперативні перемикання або інші роботи в електроустановці тільки з дозволу і під наглядом відповідального працівника, який її навчає.

Відповідальним за правильність дій дублера і дотримання ним нормативних документів та інструкцій є як працівник, який навчає, так і сам дублер.

29. На підприємстві під керівництвом особи, відповідальної за електрогосподарство, електротехнічні працівники повинні проходити протиаварійні тренування на робочих місцях і відпрацьовувати способи та прийоми запобігання порушенням у роботі обладнання та швидкої ліквідації несправностей і аварій.

30. Керівники спеціалізованих організацій, персонал яких виконує технічне обслуговування і експлуатацію електроустановок споживачів чи проводить у них монтажні, налагоджувальні, ремонтні роботи, випробовування і профілактичні вимірювання за договором, повинні проходити перевірку знань відповідно до вимог цих Правил.

31. Навчання та перевірка знань працівників навчальних закладів, які організовують та проводять навчання з використанням електричного обладнання, здійснюється згідно з вимогами цих Правил та нормативних документів, діючих у відповідній галузі.

32. Відповідальними за своєчасну перевірку знань в електротехнічних та електротехнологічних працівників є керівники підрозділів споживача, у підпорядкуванні яких перебувають ці працівники.

Працівники адміністративно-технічні керівники споживачів, їх заступники, начальники цехів, відділів, служб, районів, ділень, лабораторій та їх заступники, майстри, інженери та їхні посадові особи, на яких покладено адміністративні функції.

Працівники оперативні (чергові) - працівники, які перебувають на чергуванні в зміні і допущені до оперативного управління та/або оперативних перемикань.

Працівники оперативно-виробничі - виробничі працівники, спеціально навчені й підготовлені для оперативного обслуговування в затвердженому обсязі закріплених за ними електроустановок.

Працівники виробничі - працівники, навчені і допущені до ремонту й обслуговування обладнання, пристроїв вторинних кіл та пристроїв ЗДТК в електроустановках.

Працівники електротехнічні - працівники, посада або професія яких пов'язана з обслуговуванням електроустановок, які пройшли перевірку знань з питань технології робіт, правил пожежної безпеки та охорони праці.

Працівники електротехнологічні, посада або професія яких пов'язана з обслуговуванням технологічних процесів, що базуються на використанні електричної енергії, або із застосуванням електричного інструменту, переносних електричних машин, електрозварювального устаткування тощо під час виконання робіт, але не пов'язана з ремонтом і технічним обслуговуванням електроустаткування.

Контрольні питання

1. Які принципові питання вирішуються при плануванні діяльності ЕТС?
2. Які основні нормативні документи є обов'язковими при виробництві електромонтажних робіт?
3. Хто має право виконувати обслуговування електроустановок споживачів, монтажні, налагоджувальні роботи та оперативні перемикання?

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

1. Номенклатура енергетичного обладнання та засобів керування

1. Номенклатура енергетичного обладнання та засобів керування

Енергетичне обладнання, що експлуатується в агропромисловому комплексі (АПК), можна умовно віднести до таких основних груп:

1) енергетичне обладнання системи електропостачання АПК (розподільчі пристрої, трансформатори силові, повітряні та кабельні лінії електропередавання, конденсаторні установки, джерела резервного живлення тощо);

2.) енергетичне обладнання електрифікованих технологічних процесів сільськогосподарського виробництва (електричні обертові машини; обладнання електронагрівання; електроенергетичне обладнання освітлення та опромінення; обладнання електрозварювання; випрямлячі і перетворювачі; апарати керування та захисту, силові збірки, щити і освітлювальні щитки; низьковольтні комплектні пристрої, шафи, станції керування; трансформатори місцевого освітлення і для живлення ручних електричних машин; внутрішні силові та освітлювальні проводки; стаціонарні акумуляторні батареї; електровимірювальні прилади; засоби автоматики; тягові електромагніти; електрична частина технологічного обладнання; пристрої електробезпеки; апаратура зв'язку; установки електротехнологій тощо);

3) енергетичне обладнання тепlopостачання (теплові та тепловикористовувальні установки: геліоустановки, котельні тощо; обладнання теплових пунктів та теплових мереж);

4) енергетичне обладнання газопостачання (обладнання газорозподільної мережі, а саме зовнішні газопроводи, обладнання газорозподільних станцій та газорегуляторних пунктів, системи автоматизованого управління технологічним процесом розподілення газу тощо; обладнання мережі газоспоживання, до якої належать мережа внутрішніх газопроводів, газове обладнання, система автоматики безпеки та регулювання процесу згоряння газу, газовикористовувальне обладнання).

Номенклатура енергетичного обладнання дуже різноманітна і постійно розширюється, оскільки відкриваються нові напрямки застосування енергоресурсів та енергоносіїв у сільськогосподарському виробництві.

Контрольні питання

1. Що належить до енергетичного обладнання системи електропостачання АПК?
2. Що включає в себе енергетичне обладнання газопостачання?

Тема 3. Умови виробничої експлуатації енергообладнання

1. Умови виробничої експлуатації енергообладнання.

1. Умови виробничої експлуатації енергообладнання.

Навколишнє середовище середовище, де встановлене і працює енергетичне обладнання або його окремі елементи.

Умови навколишнього середовища у сільськогосподарському виробництві відрізняються значними коливаннями температури, високою вологістю, наявністю пилу та хімічно активних реагентів.

Досить багато машин та обладнання знаходяться на відкритому повітрі під впливом сукупності кліматичних факторів; температури, атмосферних опадів та сонячної радіації. Часто електрифіковане технологічне обладнання у тваринництві і птахівництві виявляється незахищеним у зоні обробітку дезінфікуючими розчинами та аерозолями.

За різноманітністю умов навколишнього середовища сільськогосподарському виробництву практично неможливо знайти аналог в інших галузях народного господарства. До того ж, усі негативні фактори діють тут сукупно, що суттєво інтенсифікує їхню руйнівну дію.

Ситуація ускладнюється ще і тим, що певна частина енергетичного обладнання, зокрема електрообладнання, за своїм виконанням зовсім чи частково не відповідає умовам навколишнього середовища. Мають місце також серйозні порушення технології виконання монтажних робіт. Внаслідок цього термін служби обладнання різко скорочується аж до виходу його з ладу, що приносить значні збитки.

Питання взаємодії енергетичного обладнання з навколишнім середовищем настільки важливе, що потребує детального розгляду. Навколишнім середовищем для основних видів енергетичного обладнання є повітря, ґрунт, вода, ізолюювальна рідина.

Для повітряних ліній електропередавання, зовнішніх розподільчих пристроїв, комплектних трансформаторних підстанцій тощо - це атмосферне повітря, для внутрішніх електроустановок - повітря у приміщеннях, де вони розташовані. Для кабельних ліній електропередавання навколишнім середовищем частіше слугує земля, для заглибних електронасосних агрегатів та нагрівних елементів водонагрівників - вода, для обмоток масляних силових трансформаторів - трансформаторне масло.

Вплив навколишнього середовища на обладнання можна розглядати як дію таких груп факторів:

- кліматичних, як природних, так і штучних (температура, вологість, забрудненість атмосфери);
- біологічних (плісняві гриби, бактерії, комахи, гризуни);
- механічних (перевантаження, вібрація).

У сільськогосподарському виробництві показники кліматичних факторів сягають таких значень:

- температура навколишнього середовища протягом року коливається від мінус 5°C до плюс 40°C (для зовнішніх електроустановок розширюється нижня межа);
- відносна вологість змінюється від 18% до 100%;
- вміст пилу у повітрі виробничих приміщень сягає:
корівники, свинарники .. 3...6 мг/м³;
пташники... 10...20 мг/м³;
млини, комбикормові заводи 0,2...240 мг/м³;
- вміст аміаку (ІН₃) та сірководню (Н₂8) у тваринницьких приміщеннях знаходиться в межах 10...30 мг/м³;
- вуглекислий газ (СО₂) становить за об'ємом від 0,1 до 0,2%.

Вказані значення значно перевищують допустимі, а тому з метою підтримання належного рівня експлуатаційної надійності енергетичного обладнання його необхідно захистити від впливу навколишнього середовища. При цьому необхідно мати чітке уявлення про механізм цього впливу (див. таблицю 1).

Таблиця 1

Вплив умов навколишнього середовища на експлуатаційну надійність енергетичного обладнання

Фактори впливу	Прояв впливу
Надміру висока температура повітря	Прискорене старіння електроізоляційних матеріалів; зменшення в'язкості рідких діелектриків, заливних мас кабельних муфт та мастила у підшипниках
Різкі коливання температури	Погіршення електричних властивостей діелектриків; механічні пошкодження (зокрема розтріскування) електроізоляційних матеріалів
Висока температура за недостатньої вологості повітря	Висихання і деформація елементів ізоляції
Підвищена вологість повітря	Корозія металевих деталей і вузлів; погіршення електричних та механічних властивостей електроізоляційних матеріалів (зокрема електричної міцності трансформаторного масла, опору ізоляції); зародження плісняви
Сонячна радіація (УФ та 14 випромінювання)	Скорочення терміну служби гумової та полівінілхлоридної ізоляції проводів і кабелів; розтріскування окремих елементів ізоляції, лакофарбового покриття
	Прискорене розтріскування обертових частин; при високій вологості погіршення властивостей

Наявність пилу (зокрема абразивних частинок)	електроізоляційних матеріалів, погіршення тепловіддачі електродвигунів (утворення "панцира")
Надмірний вміст аміаку (NH ₃), сірководню (H ₂ S), вуглекислоти (CO ₂)	Погіршення стану електричних контактів, поверхонь тертя, корозія металевих виробів
Біологічні фактори	Корозія металевих виробів, погіршення властивостей електроізоляційних матеріалів. Втрата гнучкості та еластичності гумовими виробами внаслідок дії плісняви. Руйнування елементів обладнання з органічних матеріалів мікроорганізмами, комахами і гризунами. Погіршення електроізоляційних властивостей внаслідок скупчення павутини
Механічні навантаження та перевантаження	Пошкодження деталей і вузлів внаслідок ударів, поштовхів і вібрації, викликані поганою якістю монтажу, несиметрією напруги у мережі живлення тощо

Контрольні питання

1. Які основні фактори навколишнього середовища впливають на енергетичне обладнання у сільськогосподарському виробництві?
2. Як механічні навантаження та вібрація можуть вплинути на обладнання?
3. Які наслідки можуть мати механічні пошкодження, викликані несиметрією напруги у мережі живлення?

Тема 4. Основи раціонального вибору та використання енергетичного обладнання

1. Вибір за кліматичним виконанням та категорією розміщення обладнання.
2. Вибір за ступенем захисту від впливу навколишнього середовища.

1. Вибір за кліматичним виконанням та категорією розміщення обладнання.

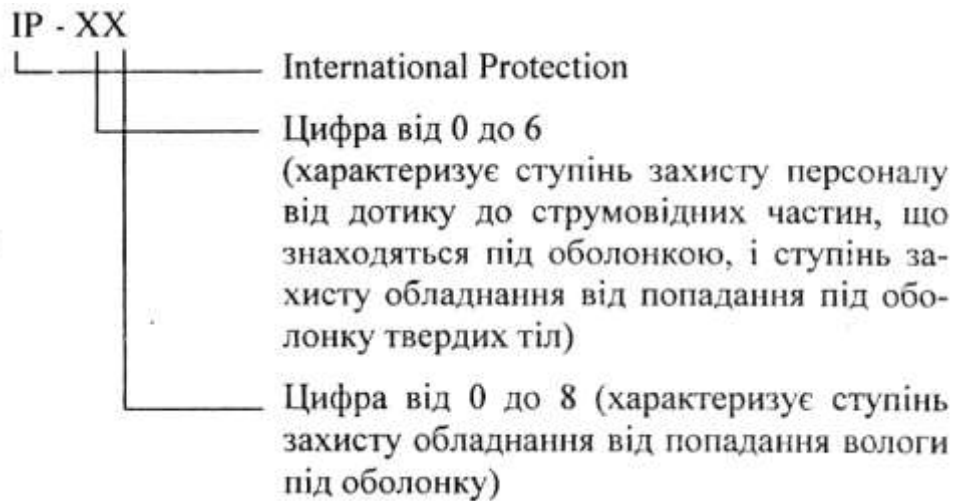
Раціональний вибір енергетичного обладнання - це, насамперед, вибір енергетичного обладнання за умовою відповідності його кліматичного виконання та виконання за категорією розміщення тим умовам навколишнього середовища, в яких воно буде експлуатуватися.

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.

Дієвим заходом щодо підвищення експлуатаційної надійності енергетичного обладнання є його захист від впливу навколишнього середовища. В умовах експлуатації мова йде про відповідність виконання обладнання реальним значенням факторів впливу.

Нормативними документами визначені як загальні положення захисту, так і конкретні вказівки для окремих видів обладнання щодо ступеню його захисту від впливу навколишнього середовища та захисту персоналу. Наприклад, ступінь захисту електрообладнання від впливу навколишнього середовища нормується, насамперед, від попадання під оболонку твердих тіл та від попадання вологи під оболонку, а ступінь захисту персоналу - від дотику до струмовідних частин, що знаходяться під оболонкою електрообладнання. Застосовується таке позначення ступеню захисту електрообладнання:



Тлумачення першої цифри у позначенні ступеню захисту електрообладнання:

0 - відсутній захист персоналу від випадкового дотику до струмовідних чи рухомих частин, що знаходяться під оболонкою, а також обладнання від попадання твердих сторонніх тіл;

1 - захист від випадкового дотику великої ділянки поверхні людського тіла до струмовідних та рухомих частин, що знаходяться під оболонкою. Захист обладнання від попадання під оболонку твердих тіл, діаметр яких перевищує 52,5 мм;

2 - захист від випадкового дотику пальцями до струмовідних чи рухомих частин, що знаходяться під оболонкою. Захист обладнання від попадання під оболонку твердих сторонніх тіл діаметром не менш 12,5 мм;

3 - захист від дотику інструменту, дроту чи інших подібних предметів товщиною понад 2,5 мм зі струмовідними або рухомими частинами, що знаходяться під оболонкою. Захист обладнання від попадання під оболонку дрібних твердих сторонніх предметів діаметром не менш 2,5 мм;

4 - захист від дотику інструменту, дроту чи інших подібних предметів товщиною понад 1 мм зі струмовідними частинами, що знаходяться під оболонкою. Захист обладнання від попадання під оболонку твердих сторонніх тіл товщиною понад 1 мм;

5 - повний захист персоналу від випадкового дотику до струмовідних чи рухомих частин, що знаходяться під оболонкою. Захист обладнання від шкідливих відкладень пилю;

6 - повний захист персоналу від випадкового дотику до струмовідних чи рухомих частин, що знаходяться під оболонкою. Повний захист обладнання від попадання пилю.

Тлумачення другої цифри у позначенні ступеню захисту:

0 - обладнання не захищене від проникнення води під оболонку;

1 - захист від крапель сконденсованої води. Краплі сконденсованої води, що падають вертикально на оболонку, не повинні шкідливо діяти на обладнання, що знаходиться під оболонкою;

2 - захист від крапель води, що падають на оболонку, з нахилом під кутом 15° до вертикалі. Краплі не повинні шкідливо діяти на обладнання, що знаходиться під оболонкою;

3 - захист від дощу. Дощ, що падає на оболонку, з нахилом під кутом не більш 60° до вертикалі, не повинен шкідливо діяти на обладнання, що знаходиться під оболонкою;

4 - захист від бризок, що падають під будь-яким кутом. Бризки не повинні шкідливо діяти на обладнання, що знаходиться під оболонкою;

5 - захист від струменів води. Водою з брандспойта з насадкою поливають оболонку за умов, що зазначені в стандартах чи технічних умовах на окремі види електрообладнання. При цьому вода не повинна шкідливо діяти на обладнання, що знаходиться під оболонкою;

6 - захист від впливів, характерних для палуби корабля (включаючи палубне водонепроникне обладнання). У разі заливання морською хвилею вода не повинна проникати під оболонку за умов, що зазначені у стандартах чи технічних умовах на окремі види електрообладнання;

7 - захист у разі занурення у воду на час, передбачений стандартами або технічними умовами на окремі види електрообладнання. Вода не повинна проникати під оболонку;

8 - захист від занурення у воду необмеженої тривалості за тиском, що зазначений у стандарті чи технічних умовах на окремі види електрообладнання. Вода не повинна проникати під оболонку.

Для електротехнічних виробів сільськогосподарського призначення здебільшого застосовуються ступені захисту IP23; IP30; IP31; IP41; IP44; IP51; IP54; IP55. Умовне позначення ступеню захисту електрообладнання має наноситися безпосередньо на оболонку або ж на табличку з паспортними даними (чи в інших місцях, обумовлених стандартами або технічними умовами).

2. Вибір за ступенем захисту від впливу навколишнього середовища.

Вибір обладнання за технічними характеристиками включає в себе оцінку відповідності його умовам навколишнього середовища і передбачуваним режимам роботи (потужності, струму, напрузі). Вибір з урахуванням параметрів навколишнього середовища повинен виключити застосування електроприймачів в умовах, на які вони не розраховані.

Електричні вироби, що випускаються промисловістю можуть мати наступне кліматичне виконання: У - з поміркований кліматом, ХЛ - з холодним кліматом, ТВ - з вологим тропічним кліматом, Т - з сухим тропічним кліматом, О - загально кліматичного виконання.

Категорії розміщення позначаються наступним чином: 1 - для роботи на відкритому повітрі; 2-для роботи в приміщеннях, що мають ту ж температуру, що і на відкритому повітрі, 3 - для роботи в закритих неопалюваних

приміщеннях, 4 - для роботи в приміщеннях з штучно регульованим кліматом, 5 - для роботи в приміщеннях з підвищеною вологістю. Для застосування електроустаткування в особливих умовах випускаються вироби сільськогосподарських виконання (С) і хімічностійких виконання.

При перевірці встановленого або заміні, того що вийшло з ладу електрообладнання на резервне, варто звернути увагу на відповідність його умов навколишнього середовища в місці установки.

Кліматичне виконання і категорія розміщення вказуються на заводській табличці після всіх позначень, що відносяться до модифікації виробу (у вигляді букв і цифр). Наприклад, електродвигун 4A160M2 у виконанні У (для помірного клімату), категорії розміщення 3 (робота в закритих приміщеннях з природною вентиляцією) має позначення 4A160M2УЗ, а при спеціалізованому сільськогосподарському виконанні - 4A160M2СУЗ.

Враховуючи різноманітність умов експлуатації електричних машин в сільському господарстві і велику номенклатуру типорозмірів використовуваного обладнання, розроблено та затверджено документ, який регламентує вибір електродвигунів серії 4А за умовами навколишнього середовища - РТМ 105/23/46/70/16-0-153- 81.

Крім вибору по кліматичному виконанню і категорії розміщення електрообладнання слід перевіряти *за ступенем захисту*. Для позначення ступеня захисту застосовуються букви ІР і наступні за ними дві цифри. Перша позначає ступінь захисту персоналу від зіткнення з рухомими або тими що під напругою частинами, а також від потрапляння всередину твердих предметів, друга - ступінь захисту від попадання вологи. Якщо немає необхідності в одному з видів захисту, то в умовному позначенні пропущена цифра замінюється знаком Х. Електродвигуни загального застосування за ступенем захисту виготовляються двох виконань ІР44 - закриті, обдувається і ІР23 - захищений. Інше електрообладнання, яке використовується в сільському господарстві, повинно мати переважні ступені захисту ІР30, ІР41, ІР44, ІР54, ІР55.

Вибір ступеня захисту проводиться залежно від конкретних умов роботи електрообладнання, тобто від конкретних приміщень. Зазвичай характеристику ступеню захисту на корпусах виробів або на табличках з паспортними даними.

Контрольні запитання

1. Які умови навколишнього середовища враховуються при виборі енергетичного обладнання?
2. Чому важливо забезпечити відповідність ступеню захисту електрообладнання реальним умовам експлуатації?
3. Які фактори враховуються при виборі обладнання за технічними характеристиками?
4. Де зазвичай розміщується характеристика ступеня захисту обладнання?

Тема 5. Основні положення теорії надійності

1. Закони розподілу випадкових величин.

1. Закони розподілу випадкових величин.

Як відомо з теорії ймовірностей **закон розподілу випадкової величини** - це співвідношення, що встановлює зв'язок між можливими значеннями випадкової величини і відповідними їм ймовірностями.

Випадкова величина, яка в дослідах може прийняти те чи інше значення, причому невідомо заздалегідь, яке саме. Випадкова величина може бути дискретною або безперервною.

Дискретна випадкова величина - величина, між окремими можливими значеннями якої є лише кінцева кількість інших можливих її значень.

Неперервна випадкова величина - величина, можливі значення якої неперервно заповнюють деякий проміжок.

Для дискретних випадкових величин, наприклад, справедливий **закон Пуассона**, який дозволяє визначити ймовірність того, що в n ($n \rightarrow \infty$) випробуваннях деяка дискретна випадкова подія з'явиться k разів, якщо ймовірність цієї події мала (прагне до 0), за формулою

$$P_n(k) = \frac{\lambda^k}{k!} \cdot e^{-\lambda}$$

де λ - математичне сподівання ($M[X]$) дискретної випадкової величини.

Математичним сподіванням дискретної випадкової величини називається сума добутків всіх можливих значень (x_i) випадкової величини X на ймовірності цих значень (p_i), тобто

$$M[X] = \sum_{i=1}^n p_i \cdot x_i$$

Для оцінки розсіяння випадкової величини навколо математичного сподівання застосовують числові характеристики, якими є дисперсія та середнє квадратичне відхилення.

Дисперсією випадкової величини X називається математичне сподівання квадрата відхилення випадкової величини від її математичного сподівання.

$$D[X] = M[X - M(x)]^2$$

Середнім квадратичним відхиленням випадкової величини X називається арифметичний квадратний корінь з дисперсії.

$$\sigma[X] = \sqrt{D[X]}$$

Приклад. Завод відправив па базу 10000 ламп розжарення. Ймовірність того, що в період транспортування лампа може стати непрацездатною 0,0001. Знайти ймовірність того, що на базу буде доставлено 5 непрацездатних ламп.

Розв'язання. Так як n - число велике, а ймовірність мала, то для випадкової величини k справедлива формула Пуассона. Підраховуємо значення параметру λ :

$$\lambda = p \cdot n = 0,0001 \cdot 10000 = 1.$$

Середнє число непрацездатних ламп (математичне сподівання) буде дорівнювати $\lambda = 1$.

За формулою Пуассона знайдемо ймовірність:

$$P_n(k) = \frac{\lambda^k}{k!} \cdot e^{-\lambda} = \frac{1^5}{5!} \cdot e^{-1} \approx 0,003$$

Універсальною характеристикою випадкових величин є функція розподілу. Вона є законом розподілу як для дискретних, так і для неперервних випадкових величин.

Функцією розподілу $F(x)$ (інтегральною функцією) випадкової величини X називається ймовірність того, що вона приймає значення менше, ніж задане значення x :

$$F(x) = P(X < x).$$

Закон розподілу неперервної випадкової величини можна задати ще й *функцією густини (або густиною) розподілу* $f(x)$, яка дорівнює першій похідній від функції розподілу:

$$f(x) = F'(x).$$

Функції розподілу випадкових величин в теорії надійності використовують в моделях відмов.

Модель відмов математична модель у вигляді функції розподілу відмов чи ймовірності появи відмови у заданий момент часу (функція наробітку до відмови).

Основні характеристики розподілу відмов - це функція розподілу ($F(t)$), густина ймовірності появи відмови у заданий момент часу ($f(t)$), ймовірність безвідмовної роботи ($R(t)$), математичне сподівання ($M(t)$), дисперсія ($D(t)$) тощо.

Найбільше практичне застосування в теорії надійності знайшли експоненціальний та нормальний закони розподілу випадкових величин.

Основні характеристики **експоненційного розподілу відмов** визначаються за виразами

$$F(t) = 1 - \exp(-\lambda \cdot t),$$

$$f(t) = \frac{1}{\lambda} \cdot \exp(-\lambda \cdot t),$$

$$M(t) = \frac{1}{\lambda},$$

$$D(t) = \frac{1}{\lambda^2}.$$

Графічний вигляд залежностей за виразами наведено на рисунку 1.

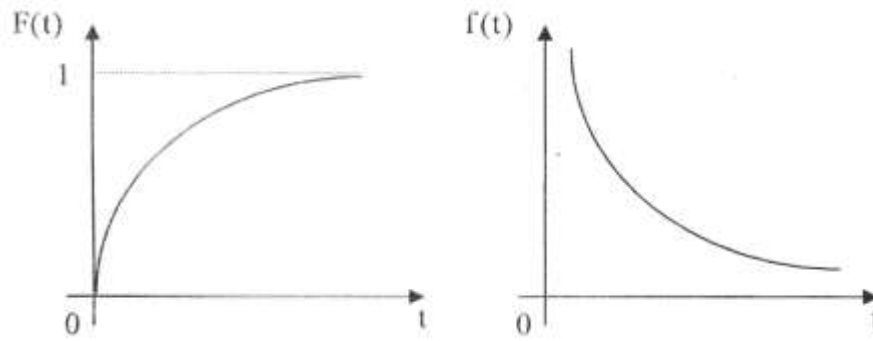


Рис. 1

Випадкова величина X розподілена за *нормальним законом* (або *законом Гауса*), якщо функція та густина розподілу випадкової величини мають вигляд відповідно:

$$F(x) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \int_{-\infty}^{\infty} \exp\left(-\frac{(x-a)^2}{2 \cdot \sigma^2}\right) \cdot dx,$$

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \exp\left(-\frac{(x-a)^2}{2 \cdot \sigma^2}\right), (\sigma > 0).$$

де a , σ - параметри, які визначають нормальний закон розподілу випадкової величини.

Графічний вигляд залежності за виразом для нормального закону розподілу випадкової величини наведено на рисунку 2.

Для нормального закону розподілу випадкової величини:

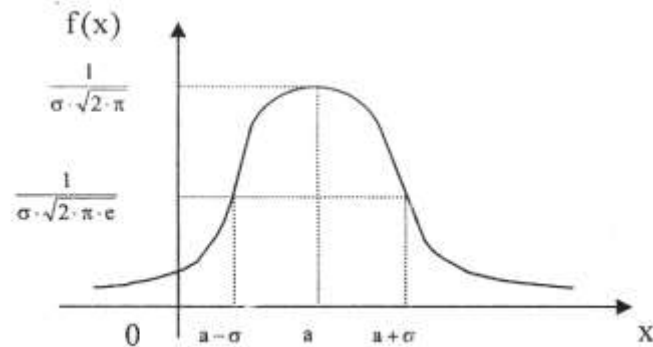


Рис. 2

Основні характеристики *логарифмічного нормального розподілу відмов* визначаються за виразами

$$F(t) = \Phi\left(\frac{\ln t - \mu}{\sigma}\right),$$

$$f(t) = \frac{1}{t \cdot \sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \exp\left[-\frac{(\ln t - \mu)^2}{2 \cdot \sigma^2}\right],$$

$$R(t) = \Phi\left(\frac{\mu - \ln t}{\sigma}\right),$$

Де μ, σ - параметри, які визначають логарифмічний нормальний закон розподілу відмов;

Φ - функція нормованого нормального розподілу.

Інтенсивність відмов техніки, зокрема енергетичного обладнання, залежить від тривалості експлуатації виробу. Встановлено, що для усіх видів техніки ця залежність має три ділянки, що характеризують загальну закономірність появи відмов (рисунок 3).

Інтервал $0 - t_1$ називають **періодом припрацювання** техніки. У цей час переважно виявляються раптові відмови техніки внаслідок конструктивних та виробничих причин, а поступові практично відсутні. Після заміни або відновлення елементів, що відмовили в цей період, та після припрацювання деталей інтенсивність раптових відмов λ_p зменшується і наприкінці періоду знижується до деякого найменшого значення (рисунок 3,а).

Інтервал $t_1 - t_2$ називають **періодом нормальної експлуатації** техніки. На цьому інтервалі раптові відмови техніки внаслідок конструктивних та виробничих причин продовжують зменшуватися (рисунок 3,а), але одночасно зростає частка поступових відмов (рисунок 3,б). Сумарна інтенсивність залишається найменшою і приблизно однаковою (рисунок 3,в). Інтервал часу нормальної експлуатації техніки звичайно в десятки разів більший періоду припрацювання.

Протягом періоду припрацювання та нормальної експлуатації техніки (рисунок 3,в) показники надійності достатньо точно описуються експоненціальним законом розподілу випадкових величин.

Інтервал $t_2 - t_3$ називають **періодом зношення техніки**. У цей час переважають поступові відмови через знос та старіння техніки і для опису показників надійності в більшій мірі підходить нормальний закон розподілу випадкових величин.

В теорії надійності технічних пристроїв (в основному механічних об'єктів) також застосовується **закон розподілу випадкових величин Вейбулла** - закон розподілу наробітку до відмови пристроїв, якщо втрата їхньої працездатності за деякий час спричиняється спільною дією зношення та втоми матеріалу елементів пристрою.

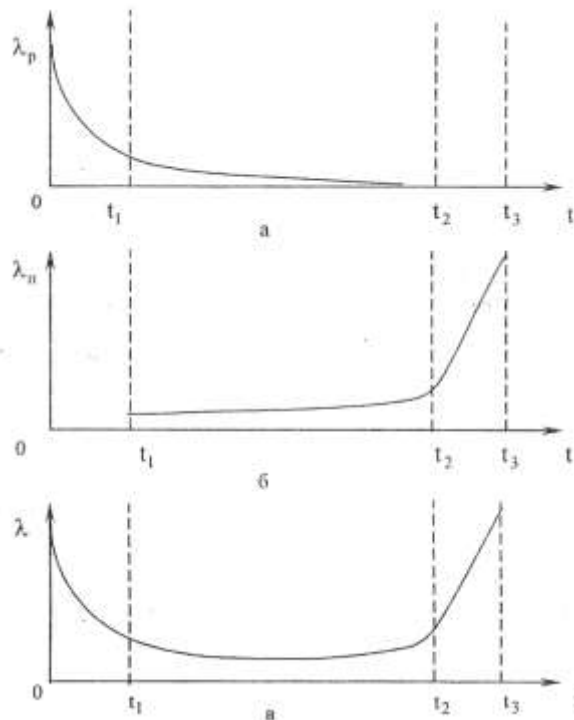


Рис. 3 - Залежність інтенсивності відмов техніки від тривалості її експлуатації

Функція та густина розподілу випадкової величини X в даному випадку мають вигляд відповідно:

$$F(x) = 1 - \exp(-\alpha \cdot x^n),$$

$$f(x) = |\alpha| \cdot x^{n-1} \cdot \exp(-\alpha \cdot x^n),$$

де $\alpha > 0$ - деяка константа,

n - ціле число.

Графічний вигляд залежності за виразом наведено на рис. 4.

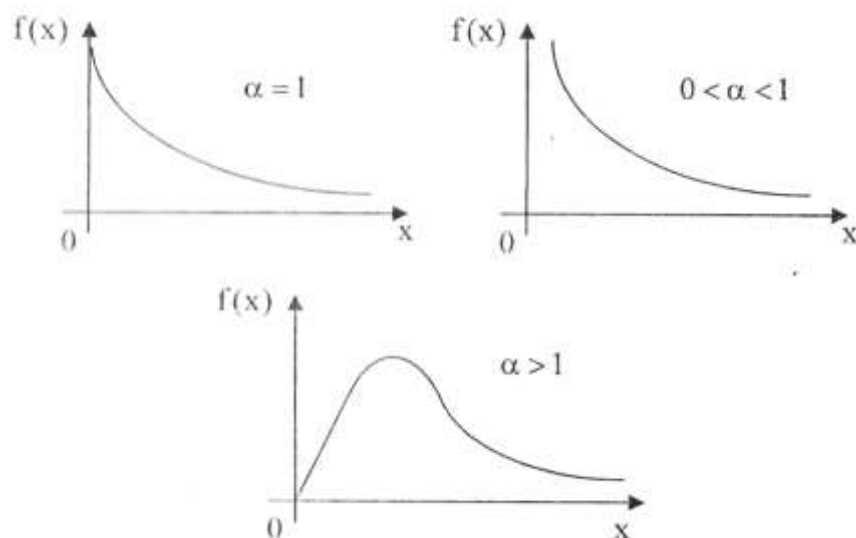


Рис. 4

При цьому математичне сподівання випадкової величини X визначається за виразом

$$M[X] = \Gamma \cdot \left(1 + \frac{1}{n}\right) \cdot \alpha^{-\frac{1}{n}},$$

де $\Gamma(z) = \int_0^{\infty} x^{z-1} \cdot \exp(-x) \cdot dx$ - гамма-функція,

$$D[X] = \alpha^{-\frac{2}{n}} \cdot \left[\Gamma \cdot \left(1 + \frac{2}{n}\right) - \left(\Gamma \cdot \left(1 + \frac{1}{n}\right) \right)^2 \right].$$

Основні характеристики *розподілу відмов*, що описується *законом розподілу випадкових величин Вейбулла*, визначаються за виразами

$$F(t) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t}{a} \right)^b \right],$$

$$f(t) = \frac{b}{a} \cdot \left(\frac{t}{a} \right)^{b-1} \cdot \exp \left[- \left(\frac{t}{a} \right)^b \right],$$

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t}{a} \right)^b \right],$$

$$M(t) = a \cdot \Gamma \cdot \left(1 + \frac{1}{b} \right),$$

$$D(t) = a^2 \left\{ \Gamma \cdot \left(1 + \frac{2}{b} \right) - \left[\Gamma \cdot \left(1 + \frac{1}{b} \right) \right]^2 \right\},$$

де a - параметр масштабу та його оцінки;

b - параметр форми та його оцінки.

В теорії надійності використовується також *a -розподіл підмов*. Основні характеристики цього розподілу визначаються за виразами

$$F(t) = \Phi \cdot \left(\frac{\alpha \cdot t - \beta}{t} \right),$$

$$f(t) = \frac{\beta}{t^2 \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \exp \left[- \frac{(\alpha \cdot t - \beta)^2}{2 \cdot t^2} \right],$$

$$R(t) = \Phi \cdot \left(\frac{\beta - \alpha \cdot t}{t} \right),$$

$$M(t) = \frac{\beta}{\alpha} \cdot \left(1 + \frac{1}{\alpha^2} \right),$$

$$D(t) = \frac{\beta^2}{\alpha^4} \cdot \left(1 + \frac{8}{\alpha^2} \right),$$

де α - параметр форми та його оцінки;
 β - параметр масштабу та його оцінки.

Контрольні запитання

1. Які основні характеристики випадкових величин використовуються в теорії надійності?
2. Які види випадкових величин існують, і чим вони відрізняються?
3. Які параметри визначають закон Вейбулла, і як вони впливають на його характеристику?

Тема 6. Загальні питання контролю технічного стану енергетичного обладнання

1. Ключові аспекти технічної діагностики.
2. Підбір діагностичних засобів.

1. Ключові аспекти технічної діагностики.

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, ремонтівність**):

- 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.

Якщо в експлуатації знаходяться $m(t)$ однотипних видів енергетичного обладнання і за деякий період часу від t_1 до t_2 підмовили $m(t_1, t_2)$ виробів, то ймовірність безвідмовної роботи

$$\hat{R}(t_1, t_2) = 1 - \frac{m(t_1, t_2)}{m(t)},$$

де $R(t_1, t_2)$ - статистична оцінка ймовірності.

Приклад. Завод-виробник гарантує відповідно до вимог державного стандарту для трифазних асинхронних електродвигунів серії 4А потужній ю під 0,06 до 400 кВт ймовірність безвідмовної роботи електродвигунів не менше 0,9 за умови 10000 годин наробітку. Це означає, що за умови дотримання нормованих заводом-виробником умов експлуатації за 10000 годин використання з кожних 100 двигунів 90 збережуть працездатність, а 10 можуть вийти з ладу

$$(\hat{R}(10000) = 1 - \frac{10}{100} = 0,9)$$

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

$$\hat{\lambda}(t) = \frac{m(t_1, t_2)}{m(t) \cdot (t_1, t_2)}.$$

Середній наробіток до відмови (MTTF або T_0) - математичне сподівання наробітку об'єкта до першої відмови.

$$T_0 = \int_0^{\infty} R(t) dt,$$

$$\hat{T}_0 = \frac{1}{m(t_1, t_2)} \cdot \sum_{i=1}^{m(t_1, t_2)} t_{i*}$$

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 ($\mu(t)$) умовна густина ймовірності відновлення працездатності об'єкта, визначена для певного моменту часу, за умови, що до цього моменту відновлений не завершилося.

Середня тривалість відновлення (MTTR) - 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 погрібні 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 використовуюваного 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.

2. Підбір діагностичних засобів.

Як відомо з теорії ймовірностей **закон розподілу випадкової величини** - це співвідношення, що встановлює зв'язок між можливими значеннями випадкової величини і відповідними їм ймовірностями.

Випадкова величина, яка в дослідах може прийняти те чи інше значення, причому невідомо заздалегідь, яке саме. Випадкова величина може бути дискретною або безперервною.

Дискретна випадкова величина - величина, між окремими можливими значеннями якої є лише кінцева кількість інших можливих її значень.

Неперервна випадкова величина - величина, можливі значення якої неперервно заповнюють деякий проміжок.

Для дискретних випадкових величин, наприклад, справедливий **закон Пуассона**, який дозволяє визначити ймовірність того, що в n ($n \rightarrow \infty$) випробуваннях деяка дискретна випадкова подія з'явиться k разів, якщо ймовірність цієї події мала (прагне до 0), за формулою

$$P_n(k) = \frac{\lambda^k}{k!} \cdot e^{-\lambda}$$

де λ - математичне сподівання ($M[X]$) дискретної випадкової величини.

Математичним сподіванням дискретної випадкової величини називається сума добутків всіх можливих значень (x_i) випадкової величини X на ймовірності цих значень (p_i), тобто

$$M[X] = \sum_{i=1}^n p_i \cdot x_i$$

Для оцінки розсіяння випадкової величини навколо математичного сподівання застосовують числові характеристики, якими є дисперсія та середнє квадратичне відхилення.

Дисперсією випадкової величини X називається математичне сподівання квадрата відхилення випадкової величини від її математичного сподівання.

$$D[X] = M[X - M(x)]^2$$

Середнім квадратичним відхиленням випадкової величини X називається арифметичний квадратний корінь з дисперсії.

$$\sigma[X] = \sqrt{D[X]}.$$

Приклад. Завод відправив па базу 10000 ламп розжарення. Ймовірність того, що в період транспортування лампа може стати непрацездатною 0,0001. Знайти ймовірність того, що на базу буде доставлено 5 непрацездатних ламп.

Розв'язання. Так як n - число велике, а ймовірність мала, то для випадкової величини k справедлива формула Пуассона. Підрахуємо значення параметру λ :

$$\lambda = p \cdot n = 0,0001 \cdot 10000 = 1.$$

Середнє число непрацездатних ламп (математичне сподівання) буде дорівнювати $\lambda = 1$.

За формулою Пуассона знайдемо ймовірність:

$$P_n(k) = \frac{\lambda^k}{k!} \cdot e^{-\lambda} = \frac{1^5}{5!} \cdot e^{-1} \approx 0,003$$

Універсальною характеристикою випадкових величин є функція розподілу. Вона є законом розподілу як для дискретних, так і для неперервних випадкових величин.

Функцією розподілу $F(x)$ (інтегральною функцією) випадкової величини X називається ймовірність того, що вона приймає значення менше, ніж задане значення x :

$$F(x) = P(X < x).$$

Закон розподілу неперервної випадкової величини можна задати ще й функцією густини (або густиною) розподілу $f(x)$, яка дорівнює першій похідній від функції розподілу:

$$f(x) = F'(x).$$

Функції розподілу випадкових величин в теорії надійності використовують в моделях відмов.

Модель відмов математична модель у вигляді функції розподілу відмов чи ймовірності появи відмови у заданий момент часу (функція наробітку до відмови).

Контрольні питання

1. Які види показників надійності існують?
2. Як визначається інтенсивність відмов об'єкта?
3. Які одиничні показники характеризують безвідмовність об'єкта?
4. Які характеристики описують довговічність об'єкта?

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

1. Енергетична служба, структура енергетичної служби, штатний розклад, посадові інструкції.
2. Визначення місця розташування енергослужби
3. Визначення штатної чисельності персоналу енергослужби
4. Структура енергослужби

1. Енергетична служба, структура енергетичної служби, штатний розклад, посадові інструкції.

Власник електроустановки повинен забезпечити:

- експлуатацію електроустановок (електротехнічного та електротехнологічного обладнання) згідно з вимогами ПТЕ та інших чинних нормативних документів;
- організацію надійної роботи електроустановок і безпечного їх обслуговування;
- виконання заходів із запобігання використанню технологій і методів роботи, що негативно впливають на навколишнє природне середовище;
- дотримання встановлених режимів споживання електричної енергії та потужності;
- виконання приписів органів державного нагляду.

З цією метою на підприємстві створюється енергослужба, або укладається договір зі спеціалізованим підприємством для технічної експлуатації електроустановок споживача.

Енергослужба (енерговідділ) структурний підрозділ підприємства, організації, установи споживача, який відповідно до наданих повноважень здійснює організацію технічної експлуатації, ремонт та безпечне обслуговування енергетичних установок, а також якісне, безперебійне та економне енергозабезпечення.

Керує енергослужбою особа відповідальна за електрогосподарство. За наявності у споживача посади головного енергетика обов'язки особи, відповідальної за електрогосподарство, як правило, покладаються на нього. Допускається виконання обов'язків особи, відповідальної за електрогосподарство, та/або її заступника, за сумісництвом. Організація вищого рівня споживача може призначати особу, відповідальну за електрогосподарство, для своїх структурних підрозділів.

Особа, відповідальна за електрогосподарство, та особа, яка буде її замінювати у разі відсутності, допускаються до виконання своїх обов'язків наказом по підприємству тільки після успішної перевірки знань з технічної експлуатації електроустановок, правил пожежної безпеки та охорони праці та присвоєння цим особам IV групи з електробезпеки для обслуговування електроустановок напругою до 1000 В та V групи з електробезпеки для обслуговування електроустановок напругою понад 1000 В.

Споживачі, у яких електрогосподарство включає тільки ввідно-розподільний пристрій, освітлювальні установки, прилади побутового призначення напругою до 220 В, особу, відповідальну за електрогосподарство, можуть не призначати. При цьому відповідальність за технічно грамотне та безпечне користування електроустановкою за письмовою згодою територіального підрозділу Держенергонагляду покладається на керівника споживача. Ця особа повинна пройти навчання в спеціалізованому навчальному закладі за 8-годинною програмою. Надалі вона проходить інструктаж в енергопостачальній організації з питань технічної та безпечної експлуатації електроустановок в обсязі знань, що відповідає II групі з електробезпеки, про що робиться запис у журналі інструктажу споживачів і в договорі про користування електроенергією. За умови відсутності змін в умовах виробництва та складі електрообладнання періодичність проведення інструктажів установлюється один раз на два роки. Але, якщо під час здійснення енергетичного нагляду виявляються порушення умов експлуатації та умов електроспоживання, то постачання електроенергії припиняється або обмежується в установленому порядку до призначення на цьому об'єкті особи, відповідальної за електрогосподарство, або електроустановку передають на обслуговування спеціалізованій організації.

Експлуатація електроустановок з напругою понад 1000 В, власниками яких є населення, дозволяється у разі, якщо споживач має V групу з електробезпеки або оформив договір про надання послуг щодо обслуговування електроустановок зі спеціалізованою організацією або з фізичною особою. Електротехнічні та електротехнологічні працівники також повинні мати відповідну групу з електробезпеки. Перелік посад та професій цих працівників, затверджує роботодавець. Електротехнологічні працівники виробничих цехів і дільниць, які здійснюють експлуатацію електротехнологічних установок, повинні мати групу з електробезпеки II і вище. 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 і 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 прийомі на роботу, а також періодично стан здоров'я працівників повинен засвідчуватися медичним оглядом.

Для ефективної технічної експлуатації енергетичних установок необхідно проводити навчання персоналу. Положення про навчання з технічної експлуатації енергетичних установок, охорони праці та про перевірку знань з цих питань затверджує роботодавець з урахуванням місцевих умов та складу енергетичного обладнання.

Навчання з технічної експлуатації електроустановок включає такі форми роботи з працівниками, які обслуговують електричні установки: проведення самого навчання з технічної експлуатації електроустановок, правил

пожежної безпеки, перевірку знань з цих питань, а також інструктажі, стажування, дублювання, проведення аварійних тренувань та допуск до роботи.

Стажування набуття особою практичного досвіду виконання виробничих завдань і обов'язків на робочому місці підприємства після теоретичної підготовки до початку самостійної роботи під безпосереднім керівництвом досвідченого фахівця.

Дублювання самостійне виконання оперативним, оперативно-виробничим працівником (дублером) професійних обов'язків на робочому місці під наглядом досвідченого працівника з обов'язковим проходженням протиаварійного і протипожежного тренування.

Інструктаж - доведення до працівників змісту основних вимог щодо організації безпечної роботи і правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів, аналіз допущених чи можливих помилок на робочих місцях осіб, яких інструктують, поглиблення знань

Залежно від характеру і часу проведення інструктажі поділяються на вступний, первинний, повторний, позаплановий, цільовий.

За результатами проведеного інструктажу особа, яка інструктує (шляхом опитування), повинна переконатись, що працівник засвоїв питання, з яких проводився інструктаж. Проведення інструктажів можна здійснювати разом з інструктажами з охорони праці і фіксувати у відповідному журналі. Відповідальність за організацію та проведення інструктажів, усіх форм навчання та перевірки знань з технології робіт, пожежної безпеки та охорони праці покладається на роботодавця.

У процесі трудової діяльності працівники проходять такі види навчання з технічної експлуатації електроустановок: професійне навчання кадрів на виробництві, періодичне навчання в спеціалізованому навчальному закладі, щорічне навчання на виробництві.

У кожного споживача для електротехнічного персоналу повинні бути затверджені керівництвом план-графіки на проведення щорічного навчання на виробництві та періодичного навчання в спеціалізованому навчальному закладі.

Особи, відповідальні за електрогосподарство, проходять не рідше одного разу на три роки періодичне навчання з технічної експлуатації електроустановок.

Щорічне навчання на виробництві проходять електротехнічні та електротехнологічні працівники, які зайняті на роботах з підвищеною небезпекою або там, де є потреба в професійному доборі. Списки цих працівників щорічно складаються та затверджуються роботодавцем.

Після закінчення навчання з технічної експлуатації електроустановок працівник повинен пройти перевірку знань з питань технології робіт, правил пожежної безпеки (далі - перевірка знань з технології робіт). Результати перевірки знань з технології робіт заносяться в журнал установлені форми та підписуються всіма членами комісії.

Новопризначені працівники, які прийняті на роботу, пов'язану з обслуговуванням електроустановок, або в разі перерви в роботі понад один рік, проходять первинну перевірку знань. Первинна перевірка знань працівників

повинна проводитись у терміни, установлені програмами і планами їхньої підготовки.

Допускається не проводити перевірку знань з технології робіт у працівника, якого прийнято на роботу за сумісництвом з метою покладення на нього обов'язків особи, відповідальної за електрогосподарство, у разі одночасного виконання таких умов:

- якщо з моменту перевірки знань у комісії за основним місцем роботи минуло не більше одного року;
- енергоємність електроустановок, їхня складність в організації експлуатації електрогосподарства за сумісництвом не вища, ніж за місцем основної роботи.

У разі переходу на інше підприємство чи переведення на іншу роботу (посаду) у межах одного підприємства або у зв'язку з перервою в роботі електротехнічного працівника, який успішно пройшов перевірку знань, рішенням комісії може бути підтверджена та група з електробезпеки, яку він мав до переходу або перерви в роботі.

Періодичність навчання та періодичної перевірки знань з технології робіт, правил пожежної безпеки та охорони праці (далі - перевірка знань) з присвоєнням відповідної групи з електробезпеки проводиться в такі терміни:

- 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 працівників з охорони праці, допущених до інспектування електроустановок, - один раз на три роки;
- перевірка знань з питань правил пожежної безпеки у працівників, які обслуговують електроустановки у вибухонебезпечних і пожежонебезпечних зонах, здійснюється один раз на рік, в інших випадках - один раз на три роки.

Допуск до роботи працівників, які не пройшли навчання та перевірку знань з технології робіт, правил пожежної безпеки, охорони праці, а також у разі закінчення терміну дії попередніх періодичних перевірок знань забороняється.

Позачергову перевірку знань працівника здійснюють незалежно від терміну проведення попередньої перевірки знань у разі:

- введення в дію нової редакції або перероблених правил;
- 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 терміни, визначені комісією з перевірки знань, але не раніше ніж через два тижні;
- вимог органів Держенергонагляду та Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду (Держгірпромнагляд).

Для проведення перевірки знань електротехнічного та електротехнологічного персоналу керівник споживача повинен своїм наказом призначити комісію з перевірки знань. Головою комісії призначається керівник споживача або його заступник, до службових обов'язків яких входить організація роботи з технічної експлуатації електроустановок, охорони праці. До складу комісії споживача з перевірки знань входять спеціалісти служби охорони праці, представники юридичних, виробничих, технічних служб, представник профспілки або уповноважена найманими працівниками особа з питань охорони праці. Комісія вважається правочинною, якщо до її складу входять не менше трьох осіб. У разі потреби створюються комісії в окремих структурних підрозділах, їх очолюють керівники відповідних підрозділів чи їхні заступники.

Перевірку знань з технології робіт, правил пожежної безпеки та охорони праці проводять:

- в особи, відповідальної за електрогосподарство споживача (головного енергетика), його заступника - комісія за участю керівника споживача (його заступника) або комісія організації вищого рівня за участю інспектора Держенергонагляду, Держгірпромнагляду;

- в осіб, відповідальних за електрогосподарство структурних виробничих підрозділів, - комісія за участю особи, відповідальної за електрогосподарство споживача. Склад комісії затверджує керівник споживача;

- у решти працівників - комісія споживача або його підрозділів, склад якої визначає та затверджує керівник споживача, за участю особи, відповідальної за електрогосподарство споживача (підрозділу). До складу вказаних комісій, як правило, повинен входити безпосередній керівник того працівника, чиї знання перевіряє комісія.

Члени комісій структурних підрозділів повинні пройти перевірку знань правил в центральній комісії споживача.

Споживачі, чисельність яких не дає змоги створити комісію з перевірки знань з технології робіт, перевірку знань проходять у комісії територіальних підрозділів Держенергонагляду. У роботі такої комісії, як правило, бере участь керівник споживачі, працівники якого проходять перевірку знань, або представники організацій вищого рівня.

Комісії для перевірки знань з технології робіт можуть також створюватись при спеціалізованому навчальному закладі.

Перевірка знань кожного працівника здійснюється індивідуально. Результати перевірки оформляються протоколом та записуються у журнал установленної форми. Записи оформляються окремо з технології робіт, правил пожежної безпеки та охорони праці за підписом усіх членів комісії.

Керівники споживачів наприкінці року повинні подавати до інспекції Держенергонагляду графік перевірки знань електротехнічних працівників на наступний рік.

Про дату перевірки знань представники інспекцій повинні бут и повідомлені споживачем не пізніше ніж за 20 днів до її початку.

Споживачі, які не мають можливості проводити навчання безпосередньо у себе та створити комісію з перевірки знань з технології робіт, проходять

навчання в навчальних закладах та установах, які отримали відповідне рішення Держенергонагляду на проведення навчання з технології робіт. Перевірка знань з технології робіт таких посадових осіб проводиться комісією, створеною Держенергонаглядом. У роботі такої комісії, як правило, бере участь керівник споживача, працівники якого проходять перевірку знань, або представники організації вищого рівня.

Перевірка знань осіб, відповідальних за електрогосподарство споживачів, незалежно від форм власності та відомчої підпорядкованості, допускається в комісії підприємств вищого рівня або засновників.

Після успішної перевірки знань працівник допускається до стажування тривалістю 2 - 15 змін і дублювання на робочому місці. Допуск оформлюється наказом або розпорядженням керівника споживача (структурного підрозділу) з визначенням тривалості стажувань та призначенням працівника, відповідального за стажування.

Стажування проводиться під час спеціальної підготовки та під час підготовки на нову посаду.

Спеціальна підготовка - додаткове навчання працівників електроенергетики, які мають спеціальну освіту (повну вищу, базову вищу, професійно-технічну) для їхньої підготовки до виконання своїх функціональних обов'язків.

У процесі стажування працівник повинен:

- закріпити знання щодо правил технічної експлуатації електрообладнання, правил безпечної експлуатації технологічного обладнання та пожежної безпеки, технологічних і посадових інструкцій, інструкцій з охорони праці;

- оволодіти навичками орієнтування у виробничих ситуаціях у нормальних і аварійних умовах;

- засвоїти в конкретних умовах технологічні процеси та методи безаварійного керування обладнанням з метою забезпечення вимог технічної експлуатації, безпеки праці та економічно раціональної експлуатації устаткування, що обслуговується.

Керівник споживача або структурного підрозділу може звільняти від стажування працівника, який має стаж за фахом не менше трьох років, який переходить з одного робочого місця на інше, де характер його роботи і тип устаткування, на якому він працюватиме, не змінюються. Тривалість стажування працівника встановлюється індивідуально в залежності від його рівня професійної освіти, досвіду роботи, професії (посади).

Після закінчення стажування і перевірки знань ремонтні працівники допускаються до самостійної роботи, а оперативні - до дублювання. Тривалість дублювання на робочому місці встановлюється рішенням комісії з перевірки знань і залежить від кваліфікації працівника та складності обладнання, яке він, обслуговуватиме, але не менше шести змін. Під час дублювання особа, яка навчається, може робити оперативні перемикання або інші роботи в електроустановці тільки з дозволу і під наглядом відповідального працівника, який її навчає. Відповідальним за правильність дій дублера і дотримання ним

вимог нормативних документів та інструкцій є як працівник, який навчає, так і сам дублер.

На підприємстві під керівництвом особи, відповідальної за електрогосподарство, електротехнічні працівники повинні проходити протиаварійні тренування на робочих місцях, і відпрацьовувати способи та прийоми запобігання порушенням у роботі обладнання та швидкої ліквідації несправностей і аварій.

Відповідно до вимог ПТЕ керівники спеціалізованих організацій, персонал яких виконує технічне обслуговування і експлуатацію електроустановок споживачів чи проводить у них монтажні, налагоджувальні, ремонтні роботи, випробовування і профілактичні вимірювання за договором, повинні також проходити перевірку знань, з питань технології робіт, правил пожежної безпеки та охорони праці.

2. Визначення місця розташування енергослужби

Якщо існує можливість побудови або придбання будівлі (приміщення) для розміщення енергослужби (або спеціалізованого підприємства з технічної експлуатації енергетичного обладнання), виникає потреба визначити найбільш доцільне місце його розташування. При цьому необхідно враховувати поряд з суто будівельно-монтажними особливостями місцевості (зокрема, розвиток інфраструктури) ще і розташування технологічних об'єктів обслуговування (підприємств АПК, окремих сільськогосподарських приміщень, де знаходиться енергетичне обладнання, що підлягає ТО та ремонту), та трудомісткості їхнього ТО та ремонту. Визначення найбільш доцільного місця розташування енергослужби особливо актуально при розміщенні технологічних об'єктів обслуговування на відстані понад 5 км одне від одного, внаслідок необхідності скорочення часу на переходи та переїзди обслуговуючого персоналу та запобігання надмірним витратам палива транспортними засобами. Тому визначають еквівалентні координати доцільного місця розташування енергослужби, використовуючи карту, де вказуються місця розташування технологічних об'єктів обслуговування (див. рисунок 1), за виразами

$$X_{\text{екв}} = \frac{\sum_{j=1}^n X_j \cdot Q_{pj}}{Q_p},$$

$$Y_{\text{екв}} = \frac{\sum_{j=1}^n Y_j \cdot Q_{pj}}{Q_p},$$

де n - кількість технологічних об'єктів, де використовується енергетичне обладнання, що підлягає ТО та ремонту;

X_j, Y_j - координати j -го технологічного об'єкту обслуговування;

Q_{pj} - розрахункова річна трудомісткість планових робіт технічної експлуатації на i -му технологічному об'єкті обслуговування, люд.-год., для j -го технологічного об'єкту обслуговування;

Q_p - сумарна розрахункова річна трудомісткість планових робіт технічної експлуатації, люд.-год.

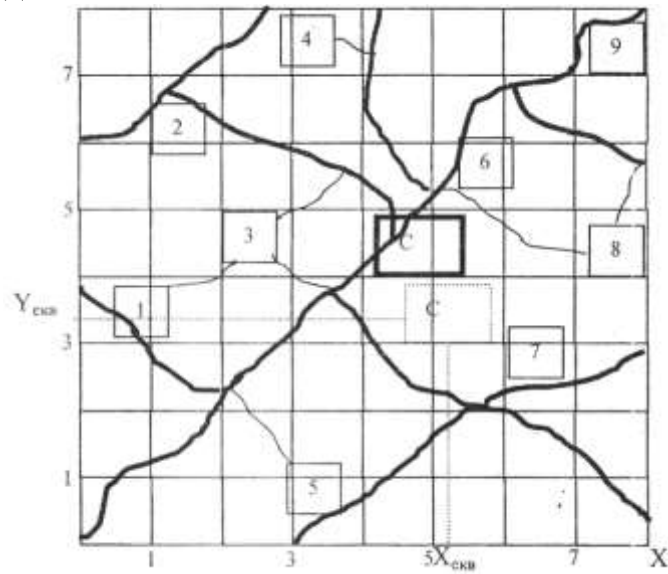


Рис. 1 - Карта розташування технологічних об'єктів
Умовні позначення на рис. 1:

 технологічні об'єкти, де використовується енергетичне обладнання, що підлягає ТО та ремонту (на рис. 1 $j = 1 - 9$);

 енергослужба (або спеціалізоване підприємство з технічної експлуатації енергетичного обладнання);

 енергослужба (або спеціалізоване підприємство з технічної експлуатації енергетичного обладнання), місце розташування якої (якого) обрано з врахуванням автомобільних шляхів;

 автомобільні шляхи з твердим покриттям;

 автомобільні шляхи з ґрунтовим покриттям.

Визначивши еквівалентні координати енергослужби, обирають найбільш доцільне місце її розташування, що має координати, найближчі до еквівалентних (див. рис. 1), враховуючи інфраструктуру місцевості (наприклад, перехрестя автомобільних шляхів, близькість АЗС тощо).

Місце розташування енергослужби враховується при визначенні річного фонду робочого часу робітника за виразом:

$$\Phi = (d_k - d_v - d_c - d_{відп}) \cdot (t - t_{от}) \cdot \eta - \Delta t \cdot d_n$$

де d_k , d_v , d_c , $d_{відп}$, d_n - кількість відповідно календарних, вихідних, святкових, відпускних, передсвяткових днів;

t - тривалість зміни, год. ($t = 8,2$ год. - при п'ятиденному робочому тижні; $t = 6,83$ год. - при шестиденному робочому тижні);

η - коефіцієнт використання робочого часу, що враховує поважні причини ($\eta = 0,93 \dots 0,96$);

Δt - скорочення передсвяткового дня ($\Delta t = 1$ год.);

t_n - час, що втрачається на переїзди і переходи до енергетичного обладнання, год.

$$t_n = \frac{l_e \cdot 2}{V}$$

де V - середня швидкість руху людини (якщо енергетичне обладнання знаходиться на відстані до 5 км від місця розташування енергослужби) або транспортного засобу (якщо енергетичне обладнання знаходиться на відстані понад 5 км від місця розташування енергослужби);

l_e - еквівалентна відстань до енергетичного обладнання, км

$$l_e = \frac{\sum_{j=1}^n l_j \cdot Q_{pj}}{Q_p},$$

де l_j - відстань від місця розташування енергослужби до j -го технологічного об'єкта, де знаходиться енергетичне обладнання (див. рис. 1), км.

Визначення доцільного місця розташування енергослужби з урахуванням трудомісткості планових робіт та місцевої інфраструктури дозволить підвищити рентабельність енергослужби внаслідок скорочення часу на переходи та переїзди персоналу до об'єктів обслуговування та запобігання надмірної витрати палива транспортними засобами.

Приклад. Визначити еквівалентні координати доцільного місця розташування спеціалізованого підприємства з технічної експлуатації енергетичного обладнання при таких вихідних даних щодо 1-го, 2-го, 3-го, 4-го технологічних об'єктів, енергетичне обладнання яких підлягає ТО та ремонту:

1. $Q_{p1} = 234$ люд.-год.; $X_1 = 4$; $Y_1 = 2$;
2. $Q_{p2} = 404$ люд.-год.; $X_2 = 1$; $Y_2 = 7$;
3. $Q_{p3} = 105$ люд.-год.; $X_3 = 6$; $Y_3 = 9$;
4. $Q_{p4} = 371$ люд.-год.; $X_4 = 8$; $Y_4 = 5$.

1) Визначаємо сумарну річну трудомісткість планових робіт спеціалізованого підприємства з технічної експлуатації енергетичного обладнання

$$Q_p = Q_{p1} + Q_{p2} + Q_{p3} + Q_{p4} = 234 + 404 + 105 + 371 = 1114.$$

2) Визначаємо еквівалентні координати доцільного місця розташування спеціалізованого підприємства з технічної експлуатації енергетичного обладнання

$$X_{\text{екв}} = \frac{\sum_{j=1}^4 X_j \cdot Q_{pj}}{Q_p} = \frac{4 \cdot 234 + 1 \cdot 404 + 6 \cdot 105 + 8 \cdot 371}{1114} = 4,4.$$

$$Y_{\text{екв}} = \frac{\sum_{j=1}^4 Y_j \cdot Q_{pj}}{Q_p} = \frac{2 \cdot 234 + 7 \cdot 404 + 9 \cdot 105 + 5 \cdot 371}{1114} = 5,5.$$

3. Визначення штатної чисельності персоналу енергослужби

Так як завдання визначення чисельності обслуговуючого персоналу має декілька невідомих даних, що зумовлено нерівномірністю завантаження робітників протягом доби і року, відсутністю відомостей про витрати часу на переходи, переїзди, підготовку та закінчення робіт тощо, то для прийняття правильного рішення слід визначити насамперед нормативну середньорічну чисельність робітників за виразом

$$\bar{N} = \sum_{i=1}^n \bar{N}_i,$$

де n - кількість складових виробничої програми енергослужби (або спеціалізованого підприємства з технічної експлуатації енергетичного обладнання);

$\bar{N}_i$ - нормативна середньорічна чисельність робітників для виконання i -ої складової виробничої програми енергослужби (ТО та ПР, оперативне обслуговування тощо):

$$\bar{N}_i = \frac{Q_{pi}}{\Phi},$$

де Q_{pi} - річна трудомісткість виконання i -ої складової виробничої програми енергослужби, люд.-год. ;

Φ - річний фонд робочого часу одного робітника, год., визначається по числу робочих днів року і тривалості робочого дня в годинах/

Наприклад, нормативна середньорічна чисельність робітників для ТО і ПР енергетичного обладнання визначається за виразом:

$$\bar{N}_{\text{ТОіП}} = \frac{Q_1 + Q_2}{\Phi},$$

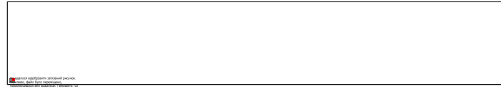
а нормативна середньорічна чисельність робітників для оперативного обслуговування енергетичного обладнання визначається за виразом

$$\bar{N}_o = \frac{Q_3}{\Phi}.$$

Розрахунки передбачають, що кожний вид робіт відповідає нормованій трудомісткості, та кожний робітник використовує робочий час з нормованою продуктивністю. На практиці всі ці припущення не виконуються, тому гарантована чисельність робітників визначається за виразами

$$N_{\Gamma} = \sum_{i=1}^n N_{\Gamma i},$$

де $N_{\Gamma i}$ - гарантована чисельність робітників для виконання i -ої складової виробничої програми енергослужби:



Де K_Q , K_F - коефіцієнти варіації обсягу робіт і продуктивності робітників (визначають за результатами обстеження енергослужби);

$d=1 \dots 2$ - оцінка довічного інтервалу зміни випадкових величин.

В наближених розрахунках використовують вирази:



Де $q_{\max}$, $q_{\min}$, $q_{\text{ср}}$ - відповідно найбільша, найменша і середня трудомісткість виконання ТО (ремонту) однотипового енергетичного обладнання одним і тим же робітником;

$f_{\max}$, $f_{\min}$, $f_{\text{ср}}$ - відповідно найбільша, найменша і середня трудомісткість виконання різними робітниками ТО (ремонту) одного і того ж енергетичного обладнання.

Коефіцієнти варіації змінюються в межах: $K_Q=0,03 \dots 0,12$; $K_F=0,05 \dots 0,15$, при цьому чим вище рівень експлуатації, тим менші значення коефіцієнтів.

Кінцеве рішення щодо чисельності робітників приймають при обґрунтуванні структури енергослужби (або спеціалізованого підприємства з технічної експлуатації енергетичного обладнання підприємств АПК).

4. Структура енергослужби

Важливим і відповідальним моментом організації енергослужби (або спеціалізованого підприємства АПК) є обґрунтування структурної схеми служби, що відображає взаємозв'язки між окремими підрозділами, функції та підлеглість. Приклад загальної структури енергослужби за складовими виробничої програми зображено на рис. 2.

В кожному конкретному випадку розробляють таку структуру енергослужби, яка найбільш доцільна в конкретних умовах.

Наприклад, можна виділити спеціалізовану бригаду оперативного обслуговування енергетичного обладнання. Кількість членів цієї бригади. Члени бригади можуть періодично змінюватися (бути черговими). Можна створити спеціалізовану бригаду з ТО та ремонту контрольно-вимірювальних приладів та засобів автоматизації. Бригади можуть закріплюватися за окремими ділянками або отримувати наряди на роботу щоразу на іншій ділянці обслуговування.



Рис. 2 Приклад загальної структури енергослужби за складовими виробничої програми

При обґрунтуванні структури енергослужби слід враховувати, що за вимогами безпеки праці в бригаді для виконання деяких робіт технічної експлуатації електрообладнання повинно бути не менше двох електромонтерів, один з яких призначається старшим.

На ділянках обслуговування 1 категорії з обсягом робіт понад 200 у.о. (або з річною трудомісткістю робіт понад 3720 люд.-год.) керівництву підприємства допускається мати додатковий персонал. Розряди робітників встановлюються залежно від категорії ділянок обслуговування.

Штат інженерно-технічних працівників енергослужби визначають за типовими штатними нормативами, що враховують загальну кількість у.о. (або річну трудомісткість робіт), річне споживання електроенергії на виробничі потреби, потужність котелень, площу теплиць та парників на технічному обігріві за Системою ПЗРЕсг, Системою TOP EO тощо.

Контрольні питання

1. Які види навчання з технічної експлуатації електроустановок проходять працівники в процесі трудової діяльності?
2. Які фактори необхідно враховувати при виборі місця розташування енергослужби?
3. В яких межах змінюються коефіцієнти варіації та від чого це залежить?
4. Яка мета обґрунтування структурної схеми енергослужби?

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

1. Основні принципи організації та виконання пусконаладжувальних робіт систем керування.
2. Приймання в експлуатацію енергетичного обладнання.

1. Основні принципи організації та виконання пусконаладжувальних робіт систем керування.

Монтажно-налагоджувальні роботи виконуються за договором з замовником спеціалізованими підприємствами або самим замовником за умови наявності необхідного матеріально-технічного забезпечення і відповідної кваліфікації персоналу.

Енергетичне обладнання, конструкції, комплектувальні деталі, вузли вітчизняного та іноземного виробництва мають відповідати вимогам чинних нормативних документів України. Енергетичне обладнання, що підлягає обов'язковій сертифікації, має супроводжуватися сертифікатом відповідності або свідоцтвом при визнанні іноземного сертифікату згідно з Державною системою сертифікації УкрСЕПРО.

У разі постачання енергетичного обладнання з-за кордону замовник має отримати сертифікат відповідності *до укладання контракту* на його поставку.

Можливі відхилення від нормативної документації мають бути узгоджені з представниками Держстандарту України, Держнаглядохоронпраці України та замовником *до укладання контракту* на їхню поставку. Копії погоджень і сертифікати додаються до паспорту енергетичного обладнання.

Експлуатаційна документація (паспорт, інструкція та ін.), що поставляється з енергетичним обладнанням, повинна мати переклад українською (або також й російською) мовою.

Монтажно-налагоджувальні роботи мають виконуватися відповідно до ТУ на приєднання, узгодженої проектної документації, ПУЕ, ПБЕ та інших нормативних документів.

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

Перед початком проведення пусконаладжувальних робіт з одночасною подачею напруги живлення за тимчасовими схемами замовник, як правило, установлює тимчасовий експлуатаційний режим обслуговування електроустановок оперативним персоналом.

Після закінчення усіх будівельних та монтажних робіт за проектними схемами підрядчиком виконуються пусконаладжувальні роботи. Потім проводяться приймально-здавальні випробування (за винятком проміжного прийняття вузлів обладнання і споруд, в тому числі прихованих робіт, коли також необхідно провадити приймально-здавальні випробування). Метою приймально-здавальних випробувань є перевірка відповідності монтажу, налагодження електроустановок нормативним документам, показників

електроустановок показникам, зазначеним в паспортних даних, в протоколах попередніх випробувань (зокрема, на заводі-виробнику).

Норми приймально-здавальних випробувань наведені в ПУЕ та Г'КД 34.20.302-2002. *Норми випробування електрообладнання* (з позначкою П).

Перед прийманням електроустановок в експлуатацію повинні бути проведені:

- індивідуальні випробування обладнання і функціональні випробування окремих систем (індивідуальні пуски); комплексне випробування обладнання.

Перед індивідуальними і функціональними випробуваннями повинно бути перевірене виконання вимог і положень П Т Е , державних будівельних норм, стандартів, норм технологічного проектування. Правил державного нагляду, ПУЕ, правил та норм з охорони праці і промислової санітарії, правил вибухо- і пожежобезпеки, вказівок заводів-виробників, інструкцій з монтажу устаткування тощо.

Для приймально-здавальних випробувань дозволяється подання напруги на електроустановки, якщо укладений договір про тимчасове електропостачання.

Індивідуальні та функціональні випробування обладнання й окремих систем проводить генеральний підрядник із залученням персоналу замовника, монтажних і пусконаладжувальних організацій за проектними схемами після закінчення всіх будівельних, монтажних і наладжувальних 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 електроустановки вважається момент увімкнення її в мережу або під навантаження.

Комплексне випробування передбачає увімкнення в роботу та налагодження контрольно-вимірювальних приладів, блокувань, пристроїв сигналізації та дистанційного керування, захисту та автоматичного регулювання.

Комплексні випробування вважаються проведеними за умови нормальної і безперервної роботи основного і допоміжного обладнання протягом 72 годин, а ліній електропередавання - протягом 24 годин.

Дефекти й недоробки, допущені в ході будівництва та монтажу, а також дефекти обладнання, виявлені під час випробувань, повинні бути усунені відповідно будівельними, монтажними, пусконаладжувальними організаціями ' та заводами-виробниками до приймання електроустановок в експлуатацію.

Приймання електроустановок в експлуатацію з дефектами та недоробками забороняється.

Приймання електроустановок від будівельної та монтажної-наладжувальної організацій здійснюється споживачем за актом, додатком якого є всі протоколи випробувань, акти усунення дефектів, протоколи повторних випробувань.

Допуск на підключення електроустановок інженерного електрозабезпечення об'єкта замовника здійснює організація, яка видала ТУ, під

час огляду цих електроустановок у складі робочої комісії. Допуск на підключення електроустановок, призначених для виробництва електроенергії, здійснює державна технічна комісія у встановленому законодавством порядку. До її скликання створюється робоча комісія, до складу якої включаються представники замовника, власника електромереж та відповідної регіональної інспекції Держенергонагляду. *Акт допуску на підключення електроустановки* (об'єкта) до електричної мережі або акт технічної комісії про готовність електроустановки до прийняття в експлуатацію оформляється у разі позитивних результатів приймально-здавальних випробувань електроустановки.

Для оформлення акту допуску замовник звертається до власника електричних мереж із заявою про проведення технічного огляду та допуску на підключення електроустановок до електричної мережі. До заяви додаються такі документи:

- ТУ приєднання електроустановок та довідка про їх виконання організації, яка видала ТУ;

- погоджена проектна документація;

- однолінійна схема електрозабезпечення електроустановок;

- акт розмежування балансової належності та експлуатаційної відповідальності сторін;

- відомості про встановлені та змонтовані засоби обліку електроенергії, а в разі встановлення засобів диференційного обліку електроенергії та локального устаткування збору і обробки даних - протоколи їх параметризації у віні та таблиці «Перелік засобів обліку електроенергії».

Додатково юридичні особи та фізичні особи (крім населення) надають:

- приймально-здавальний акт між будівельно-монтажною і налагоджувальною організацією та замовником;

- протокол перевірки знань та наказ про призначення особи, відповідальної за електрогосподарство, або договір на обслуговування електроустановок організацією, яка має право на виконання таких робіт;

- список осіб оперативного та оперативно-ремонтного персоналу, яким дозволяється від імені споживача давати заявки на відключення та підключення електроустановок, вести оперативні переговори та записи;

- виконавчі схеми, акти на приховані роботи;

- документація в залежності від типу обладнання, яке допускається до підключення, згідно з Нормами приймально-здавальних випробувань.

Зауваження щодо наданої документації письмово надаються замовнику протягом 5 робочих днів з дня прийняття заяви. Після цього узгоджується дата та час технічного обстеження електроустановок.

Технічний огляд електроустановок проводиться робочою комісією за участі особи, відповідальної за електрогосподарство замовника, протягом 5 робочих днів з дня розгляду заяви. Робоча комісія перевіряє відповідність спорудження електроустановок замовника затвердженій проектній документації. Після розгляду наданої документації, обстеження електроустановок та комплексного випробування складається акт допуску на підключення до електричної мережі електроустановок, де міститься висновок про відповідність будівельно-

монтажних та налагоджувальних робіт затвердженій проектній документації та про можливість підключення електроустановок до електричної мережі. До акта додається складена власником електромереж однолінійна схема інженерного електрозабезпечення із зазначенням основних параметрів мережі та обладнання, яка підписується замовником. Акт допуску оформляється у двох примірниках: один залишається у замовника, другий - у структурному підрозділі установи, яка проводила допуск.

У разі неготовності електроустановок власник електромереж разом з замовником складають акт, в якому зазначається перелік недоліків з посиланням на конкретні пункти норм і правил, проектної документації, які порушені. Замовник зобов'язаний усунути виявлені при обстеженні порушення. Після цього електроустановки підлягають повторному обстеженню.

Підключення електроустановок замовника до електричної мережі проводиться відповідно до умов договору про приєднання протягом 5 робочих днів після виконання таких вимог:

- схема електрозабезпечення і електроустановки замовника, схема розрахункового обліку електричної енергії відповідають вимогам чинних нормативних документів, ТУ, проектній документації та всім узгодженням, що були зроблені в установленому порядку;
- виконавча, технічна, приймально-здавальна документація надана замовником у повному обсязі і відповідає вимогам нормативних документів;
- оформлено допуск на підключення електроустановок інженерного електрозабезпечення об'єкта;
- замовником сплачена визначена договором вартість послуг приєднання та підключення;
- укладений договір про постачання електричної енергії та (або) інші договори, що передбачені Правилами користування електричною енергією;
- установлені та перевірені засоби розрахункового (комерційного) обліку;
- у замовника є оперативний та оперативно-ремонтний персонал та особа, відповідальна за електрогосподарство, або укладений договір про обслуговування електроустановок замовника з організаціями або фізичними особами, які атестовані, пройшли навчання, перевірку знань та мають право на виконання таких робіт.

Після отримання акта допуску на підключення електроустановок до електричної мережі подається напруга на електроустановки (не пізніше ніж через 5 робочих днів).

Підключення до електричної мережі електроустановок та об'єктів, які протягом місяця були знеструмлені, здійснюється після технічного огляду і оформлення акта допуску на підключення електроустановок до електричної мережі в установленому порядку.

Постачання електричної енергії для забезпечення потреб електроустановок здійснюється на підставі договору про постачання електричної енергії, що укладається між власником цих електроустановок та постачальником електричної енергії за регульованим тарифом, або договору про купівлю-продаж

електричної енергії, що укладається між власником цих електроустановок та постачальником електричної енергії за нерегульованим тарифом.

В *типовому договорі* про постачання електричної енергії обумовлюються взаємовідносини сторін договору:

- предмет договору;
- зобов'язання сторін;
- права сторін;
- відповідальність сторін;
- порядок визначення та узгодження договірних величин споживання електричної енергії та потужності;
- порядок обмеження та припинення електропостачання;
- облік електричної енергії та порядок розрахунків;
- відносини із третьою стороною, об'єктивно присутньою у процесі забезпечення споживача електричною енергією;
- інші умови;
- місцезнаходження та банківські реквізити сторін.

До кожного з договорів, що укладаються для користування електричною енергією, додається акт балансової належності та експлуатаційної відповідальності сторін, де фіксується межа експлуатаційної відповідальності між споживачем та електропередавальною організацією за стан і обслуговування електроустановок.

Межа експлуатаційної відповідальності між споживачем та електропередавальною організацією за технічний стан і обслуговування електроустановок напругою до 1000 В встановлюється:

- при повітряному відгалуженні - у точці кріплення проводів лінії електропередачі до перших ізоляторів на будівлі або на трубостояку, або на ввідних клеммах першого комутаційного апарата, встановленого на ввідному пристрої будівлі споживача;
- при кабельному вводі - на наконечниках кабеля живлення, приєднаних до ввідних клем першого комутаційного апарата, встановленого у ввідному пристрої будівлі споживача.

Відповідальність за технічний стан контактних з'єднань на межі балансової належності та на межі експлуатаційної відповідальності електромережі в будинках, що належать житловим організаціям, установам та іншим невиробничим споживачам, несе електропередавальна організація.

Межа експлуатаційної відповідальності між споживачем, та електропередавальною організацією за технічний стан і обслуговування електроустановок напругою 1000 В і вище встановлюється:

- на з'єднувачі прохідного ізолятора повітряної лінії із зовнішньої сторони закритих розподільчих пристроїв або на виході проводу з натяжного затискача порталльної відтяжної гірлянди ізоляторів відкритих розподільчих пристроїв;
- на наконечниках кабельних або повітряних ввідів живильних чи розподільчих ліній.

Відповідальність за технічний стан зазначених в обох випадках з'єднань несе організація, яка експлуатує підстанції або розподільчі пристрої.

Межа експлуатаційної відповідальності між споживачем - фізичною особою (власником) багатоквартирних будинків та власником електричних мереж за технічний стан і обслуговування суміжних електроустановок встановлюється:

- для квартир багатоповерхових будинків - на відхідних клеммах розрахункових засобів обліку поверхових або квартирних електроциклів або ввідних клеммах комутаційних апаратів, якщо останні встановлені всередині квартири;

- для індивідуальних будинків:

У разі відгалуження від лінії електропередачі неізолюваним проводом — у точці кріплення проводів лінії електропередачі до перших ізоляторів на будівлі або на трубостояку (при повітряному вводі);

У разі кабельного вводу або використання ізолюваного проводу при відгалуженні від лінії електропередачі - на наконечниках кабеля живлення або ізолюваного проводу на ввідному пристрої будівлі, або на вихідних клеммах розрахункового засобу обліку, якщо ввідно-розподільний пристрій та засіб обліку розміщені ззовні будівлі. Відповідальність за технічний стан контактних з'єднань на межі експлуатаційної відповідальності та на вхідних і вихідних клеммах опломбованих розрахункових засобів обліку несе електропередавальна організація.

Може бути встановлена інша обґрунтована межа експлуатаційної відповідальності, яка обумовлена особливостями експлуатації електроустановок або пристроїв РЗА і зв'язку.

2. Приймання в експлуатацію енергетичного обладнання.

Допуск до експлуатації - оформлена органами Державного енергетичного нагляду актом установленого зразка подія, що фіксує готовність теплових мереж, теплопостачальних установок і вузлів обліку теплової енергії до експлуатації. Допуск до експлуатації здійснюється відповідно до вимог *Правил користування тепловою енергією*.

Для приєднання споживача до теплових мереж енергопостачальної організації, зміни виду теплоносія або значень параметрів теплоносія чи зміни кількості спожитої теплоенергії на діючих об'єктах він повинен подати заявку енергопостачальній організації про видачу *технічних умов* (ТУ).

Енергопостачальна організація після одержання *заявки* від замовника, на основі затвердженої схеми теплопостачання або техніко-економічного обґрунтування розвитку системи теплопостачання міста (населеного пункту) та за наявності технічної можливості *видає у двотижневий термін ТУ* на теплопостачання об'єктів (підприємств, будівель, споруд, частин забудови, окремих виробництв, які будуються заново або реконструюються). За відсутності технічної можливості підключення додаткового теплового навантаження споживача (за умови повного використання потужності теплоджерела або пропускної спроможності мереж) енергопостачальна організація видає у двотижневий термін попередні ТУ теплопостачання об'єктів, за якими виконуються техніко-економічні порівняння варіантів їхнього розміщення на різних майданчиках, або техніко-економічні розрахунки

використання альтернативних джерел тепла, розширення або реконструкції теплогенераторів і теплових мереж.

У разі реконструкції або розширення теплоспоживчих установок і систем теплоспоживання споживача, які потребують зміни кількості спожитої енергії, споживач повинен одержати від енергопостачальної організації ТУ на приєднання їх до теплових мереж.

Розгляд попередніх ТУ і намічених рішень щодо теплопостачання нових або діючих об'єктів виконується енергопостачальною організацією і відображається на титульному аркуші проекту (техніко-економічного обґрунтування).

При складанні ТУ на приєднання об'єкта до мереж енергопостачальної організації мають бути визначені:

- джерело теплопостачання й місце приєднання до теплових мереж;
- теплові навантаження установок споживача, які приєднуються (максимальні та середні теплові потоки), із зазначенням видів теплоносія (гаряча вода, пара) та розподілом за видами теплоспоживання (опалення, вентиляція, кондиціонування повітря, гаряче теплопостачання, технології) з урахуванням перспективних навантажень; параметри теплоносія, гідравлічний режим в місці приєднання до теплової мережі з урахуванням зростання теплових навантажень у системі теплопостачання (тиск, зокрема статичний), температура теплоносія, а для води в тепломережі - також метод та графік центрального регулювання подачі тепла в систему теплопостачання;
- обґрунтовані вимоги щодо збільшення пропускної спроможності діючих мереж, потужності теплогенератора, а також розширення або реконструкції установок для хімічного очищення та очищення конденсату теплового джерела;
- кількість, якість, режим відкачування конденсату, що повертається, вимоги до його очищення споживачем;
- необхідність використання вторинних енергоресурсів на підприємстві;
- необхідність будівництва резервного джерела тепла або резервної тепломагістралі з урахуванням підвищення надійності теплопостачання об'єкта;
- вимоги до обліку теплової енергії, встановлених контрольно-вимірювальних приладів та диспетчеризації.

Енергопостачальна організація видає ТУ на встановлення тільки побудинкових приладів обліку.

Виконання ТУ, визначених енергопостачальною організацією, є обов'язковим для усіх замовників і проектних організацій.

Після закінчення терміну дії ТУ замовник повинен оформити в енергопостачальній організації продовження терміну, якщо він закінчується до реального завершення будівництва об'єкта. Якщо замовник завчасно не звернувся до енергопостачальної організації протягом періоду дії ТУ з мотивованою заявою про їх продовження, то ці ТУ втрачають силу (анулюються).

В окремих випадках, коли під час проектування об'єктів виникає потреба часткового відхилення від ТУ, ці відхилення мають бути узгоджені замовником або за його письмовим дорученням - проектною організацією з

енергопостачальною організацією, яка видала ТУ. Обов'язковому розгляду енергопостачальною організацією підлягають робочі проекти тих елементів систем теплопостачання, які перебувають на її балансі (джерела тепла, магістральні та розподільчі теплові мережі, насосні станції, теплофікаційні камери і павільйони тощо) або ті елементи системи теплопостачання, які після закінчення будівництва передаватимуться на баланс і в експлуатацію енергопостачальній організації. Сюди ж відносяться також проектні рішення стосовно теплових мереж і обладнання теплових пунктів, приладів обліку тепла і контролю витрат теплоносія споживачем, від якості роботи яких залежить надійність і техніко-економічні показники роботи систем теплопостачання.

Послуги енергопостачальної організації на видачу ТУ і дозволу мають бути оплачені замовником (споживачем) згідно з калькуляцією затрат на виконані роботи.

Замовник (споживач) за участю проектної організації подає в енергопостачальну організацію, до початку будівельних робіт на об'єкті, робочі креслення відповідних розділів проекту (робочого проекту) об'єкта. Енергопостачальна організація в двотижневий термін перевіряє відповідність прийнятих проектних рішень ТУ і видає дозвіл на приєднання до теплових мереж. В окремих випадках, коли потрібна додаткова перевірка, термін розгляду проектної документації може бути збільшений до одного місяця. У тих випадках, коли в розглянутій проектній документації будуть виявлені порушення вимог ТУ, споживачеві надсилається лист з обґрунтуванням відмови в дозволі на приєднання об'єкта до мереж енергопостачальної організації. Після видачі дозволу на приєднання до теплових мереж - два примірники проекту передаються енергопостачальній організації безкоштовно.

Споживач зобов'язаний укласти з енергопостачальною організацією договір про користування тепловою енергією до початку приєднання його до теплових мереж.

Приєднання споживача до діючих теплових мереж енергопостачальної організації (врізка) виконується силами останньої за рахунок споживача. З дозволу чи за погодженням з енергопостачальною організацією приєднання може виконуватися замовником. Улаштування нових, розширення і реконструкція діючих теплоспоживальних установок споживача виконується силами й за рахунок споживача. Витрати на злив теплоносія та наповнення ним систем теплопостачання в разі нового підключення або реконструкції покладаються на споживача.

За резервування потужності на термін більший за зазначений в ТУ нормативний, споживач повинен компенсувати збитки за недовантаження джерела тепла відповідно до затверджені калькуляції енергопостачальної організації.

Участь у розвитку систем теплопостачання енергопостачальних організацій визначається спільно з органами місцевого самоврядування і оформляється договором між замовником і енергопостачальною організацією.

Усі нові, реконструйовані, технічно переоснащені системи теплоспоживання, які приєднуються до теплової мережі, мають бути виконані

згідно з проектною документацією, будівельними нормами і правилами, іншими нормативними документами, відповідати вимогам ПТЕ ТВУ і ТМ, Правил користування тепловою енергією, а також бути забезпечені технічною і приймально-здавальною документацією.

До пуску в експлуатацію систем теплоспоживання вони повинні пройти приймально-здавальні випробовування та бути прийняті замовником за участю енергопостачальної організації згідно з вимогами нормативних документів та з оформленням відповідного акта. Після цього споживач повинен передати енергопостачальній організації проектну, виконавчу, приймально-здавальну документацію.

Для проведення пусконаладжувальних робіт за заявкою споживача енергопостачальна організація вмикає систему теплоспоживання на заявлений термін із укладенням тимчасового договору про теплопостачання.

Нові та реконструйовані системи теплоспоживання перед введенням в експлуатацію мають бути пред'явлені замовником відповідним органам Держенергонагляду та енергопостачальній організації.

Допуск системи теплоспоживання до експлуатації можливий лише за наявності підготовленого персоналу, який пройшов атестацію, і призначення особи, відповідальної за теплове господарство.

У разі виявлення Держенергонаглядом або енергопостачальною організацією недоліків у монтажі в системах теплоспоживання споживачів; невиконання умов теплопостачання, обумовлених у договорі, проекті; порушень у виконанні виданих ТУ, а також нормативних документів - допуск системи теплоспоживання до експлуатації можливий лише за умов усунення всіх недоліків, зазначених у приписі Держенергонагляду. У разі невиконання припису повторний допуск проводиться за окремою оплатою згідно з калькуляцією затрат.

Енергопостачальна організація видає споживачеві дозвіл на введення систем теплопостачання в експлуатацію після прийняття об'єкта державною (робочою) комісією, одержання акта-допуску в органах Держенергонагляду та за наявності договору про користування тепловою енергією з передачею виконавчої документації енергопостачальній організації.

Системи теплоспоживання споживачів повинні бути забезпечені необхідними приладами регулювання параметрів теплоносія, розрахунковими (комерційними) приладами обліку витрат теплової енергії та контролю її якості. Прилади обліку повинні бути встановлені згідно з нормативними документами, затвердженими в установленому порядку для кожного типу приладу.

Вибір і монтаж устаткування вузла обліку виконується на підставі проекту, розробленого відповідно до вимог чинних нормативно-технічних документів та погодженого з енергопостачальною організацією. Після монтажу приладів обліку енергопостачальна організація та споживачі складають акт прийняття вузла обліку в експлуатацію.

Підключення до теплових мереж енергопостачальної організації перепродавців, споживачів (у т.ч. виконавців комунальних послуг) без приладів обліку витрат теплової енергії не допускається. Зазначена вимога поширюється

на всі заново споруджувані теплові мережі й теплоспоживчі установки. Як виняток, можливе тимчасове, на термін до 6 місяців, підключення теплових мереж і установок споживача без приладів обліку.

Розрахункові (комерційні) прилади обліку витрат теплової енергії для розрахунків за теплову енергію між енергопостачальною організацією та споживачем повинен придбати споживач. За узгодженням між споживачем і енергопостачальною організацією прилади обліку можуть бути передані на обслуговування енергопостачальній організації за окремим договором.

Облік кількості відпущеної теплової енергії, витрат і значень параметрів теплоносія, якості теплової енергії повинен виконуватися на межі балансової належності теплових мереж енергопостачальної організації і споживача або в іншій точці обліку за домовленістю сторін. Застосовуються лише ті розрахунки, які виконані за показаннями приладів обліку, позначених тавром державного метрологічного контролю, за умови, що термін дії метрологічної перевірки не скінчився.

За межу балансової та експлуатаційної відповідальності між енергопостачальною організацією та споживачем береться зовнішня поверхня стіни теплової камери в бік споживача, в якій встановлені засувки на відгалуження до споживача по ходу гарячого теплоносія, які належать енергопостачальній організації (у разі влаштування наземної та естакадної прокладки зовнішньої тепломережі - 500 мм після засувки в бік споживача).

Щорічно, перед початком опалюваного періоду, у разі відсутності зауважень до вузла обліку, енергопостачальна організація видає споживачу акт про готовність приладів до періоду опалення.

Контрольні запитання

1. Хто може виконувати монтажно-налагоджувальні роботи та за яких умов?
2. Відповідно до яких документів повинні виконуватися монтажно-налагоджувальні роботи?
3. Які випробування повинні бути проведені перед прийманням електроустановок в експлуатацію?
4. Чи дозволяється приймання електроустановок в експлуатацію з дефектами?

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

1. Методи визначення стану ізоляції
2. Діагностування ЕД. Загальні положення

1. Методи визначення стану ізоляції

Вимірювання опору ізоляції постійному струму (або мегаомметром)

Зміна струму I в часі в сухій і вологій ізоляції можна представити (з урахуванням явища поляризації) таким чином (див. рисунок).

Величина R_{iz} залежить від часу з моменту прикладення напруги. Правильний результат може дати вимірювання $I_{пр}$ після 60 с, за які $I_{аб}$ затухає. При вимірюванні R_{iz} застосовуються прилади М4100/1 ... М4100/5 (двограничні) для апаратури до 1000В. Мегомметри типу Ф-2 - для апаратів високої напруги. Опір ізоляції слід вимірювати при температурі не нижче +5 С.

Метод коефіцієнта абсорбції

Ступінь зволоження ізоляції точніше можна визначити по коефіцієнту абсорбції $K_{аб}$:

$$K_{аб} = \frac{R_{60}}{R_{15}} \quad (7.4)$$

де R_{60} , R_{15} - відповідно, опори ізоляції зміряні через 60 і 15 с, Ом;

При сухій ізоляції ($I_{аб} + I_{пр}$) змінюються повільно, при вологій швидше. Тому R_{iz} , зміряні через 15 і 60 с в першому випадку істотно відрізнятимуться. В другому випадку ці значення майже не зміняться. Прийнято вважати, що якщо $K_{аб} > 1,3$, то ізоляція суха, а якщо $K_{аб} < 1,3$ (значно ближче до одиниці), то ізоляція - волога.

Коефіцієнт абсорбції, як і R_{iz} залежить від температури і з її підвищенням $K_{аб}$ наближається до одиниці. Тому $K_{аб}$ служить хорошим показником якості ізоляції тільки при температурі не вище +35+40 °С.

Визначення зволоженості ізоляції ємнісними методами

По $K_{аб}$ і R_{iz} для електроустаткування з волокнистою ізоляцією не можна судити, що дане устаткування не вимагає сушки перед включенням його в роботу. У цих випадках додатково перевіряють ступінь зволоженості ізоляції ємнісними методами.

Метод «ємність - температура», полягає в порівнянні ємностей електрообладнання, зміряних при різних температурах. Верхня межа температури не більше 70 °С, а нижній - 20°С. При цьому відношення C_v і C_{20} ел. устаткування (у нагрітому стані по відношенню до холодного) не повинно перевищувати 1,15 для сухої ізоляції. Перевищення цієї величини є показником зволоження.

Фізична суть. Для $R_{iz,сух.}$ значення C_v і C_{20} відрізняються незначно. Для $R_{iz,вл.}$ - C_v і C_{20} мають істотну різницю, із-за розчинення у волозі залишків лугів і кислот з

підвищенням температури. Залежності C_v/C_{20} , $R_{із.сух}$ і $R_{із.вл}$ від температури представлені на рис. 1.

Недолік : Потрібен нагрів випробовуваного ЕО.

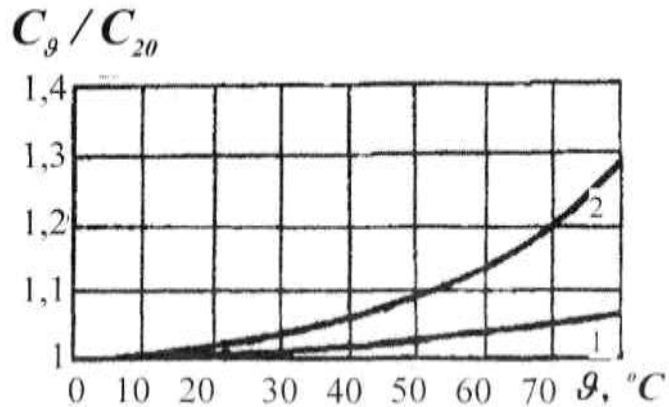


Рис. 1 - Залежність відношення C_v/C_{20} від температури: 1- для сухої ізоляції, 2 – для вологої

Метод «ємність - частота». Для геометричної ємності $C_{зм}$ струм $I_{зм}$ змінюється як при сухій, так і при вологій ізоляції дуже швидко (в межах першого напівперіоду) $t_3=0,01$ с. $C_{аб}$ заряджає набагато повільніше.

Встановлено, що при частоті 50 Гц виявляється лише геометрична ємність, не залежно від того суха або волога ізоляція. При $f=2$ Гц, то в сухій виявляється тільки $C_{зм}$, а в вологій - ще і абсорбційна $C_{аб}$. Тому C_2/C_{50} для сухої - 1,0, а для вологої - 2,0. При цьому температура вимірювання не повинна бути нижче +10 °С.

Залежності C_2/C_{50} від температури навколишнього середовища наведені на рис. 2.

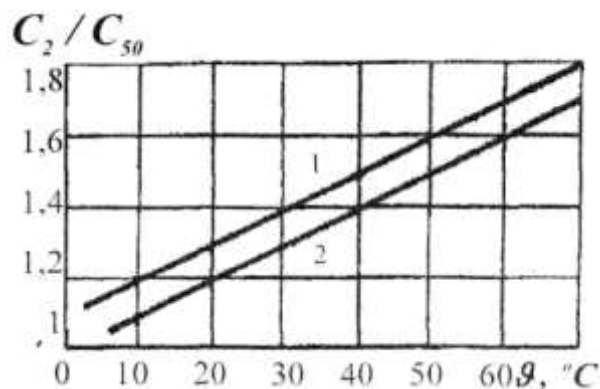


Рис. 2 - Залежність відношення C_2/C_{50} від температури для електрообладнання: 1 - до 35 кВ, 2 - 110 і вище

Метод «ємність - час» характеризується тим, що спочатку створюють ємність випробовуваного об'єкту, а потім здійснюють його двократний розряд: швидкий - відразу після закінчення заряду, і повільний - через 1 с. Приріст ΔC для сухої ізоляції буде не значний (0,02 - 0,08) С; для вологої - $\Delta C > 0,1$ С.

Для випробування ізоляції цими методами використовуються прилади ПКВ-7, ПКВ-8.

Метод коефіцієнта нелінійності.

У багатошаровій сухій ізоляції класу «В» поляризація дуже значна, тому ємнісні методи тут не застосовні. В даному випадку ступінь зволоження $R_{із}$ визначають по вольт-амперній характеристиці, тобто $I_{пр}=f(U)$ (див. рис.3)

Для сухої ізоляції (2) залежність має майже лінійну характеристику, а для вологої (1) - нелінійну. Іонізація настає при певному значенні напруги, і як наслідок, різкому збільшенні $I_{пр}$. Показником вологості служить коефіцієнт нелінійності $K_{нел}$:

$$K_{нел} = \frac{R_{0,5U_H}}{R_{U_{max}}} \leq 2$$

де $R_{0,5U_H}$ - опір ізоляції, визначений по $I_{пр}$ при $U_{випроб} = 0,5 U_H$;

$R_{U_{max}}$ - те ж, але при $U_{випроб} = U_{max}$ випроб;

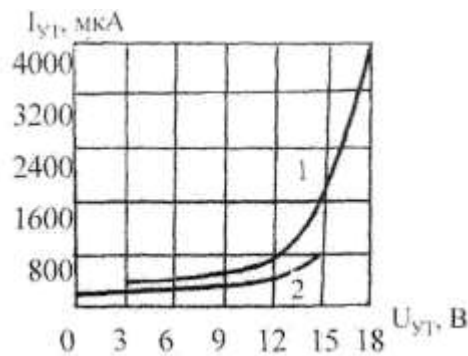


Рис. 3 - Залежність струму витіку від прикладеної напруги: 1 - для вологої ізоляції, 2 - для сухої

Метод діелектричних втрат

Методом діелектричних втрат перевіряють ізоляцію введенень, прохідних ізоляторів, трансформаторів і т.д. Діелектричні втрати або пропорційні їм $tg\delta$ служить однієї з основних характеристик електричної ізоляції.

Як відомо з вище сказаного $I_{зм}$ є чисто реактивним струмом (ємнісним), а $I_{аб}$ - активно-ємнісним і має дві складові $I_{абр}$ і $I_{аба}$, а струм $I_{пр}$ - носить чисто активний характер.

Тоді при прикладенні напруги до діелектрика матимемо:

$$I_a = I_{аба} + I_{пр}; \quad I_p = I_{абр} + I_{зм}$$

На векторній діаграмі це виглядає таким чином (див. рис.4)

$$\frac{I_a}{I_p} = tg\delta$$

У свою чергу $I_p = U \cdot \omega \cdot C$, тоді з урахуванням, одержимо

$$I_a = U \cdot C \cdot \operatorname{tg} \delta$$

Активна потужність, виділяється в діелектрику буде дорівнювати:

$$P_a = I_a \cdot U = U^2 \cdot \omega \cdot C \cdot \operatorname{tg} \delta$$

Це і є потужність діелектричних втрат

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{P_a}{\omega C U^2}$$

$\operatorname{tg} \delta$ - тангенс кута діелектричних втрат.

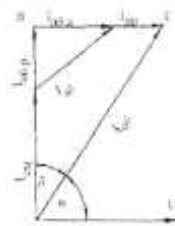


Рис. 4 - Векторна діаграма струмів у діелектрику, який знаходиться під напругою

Звичайно $\operatorname{tg} \delta$ не перевищує сотих або десятих долей одиниці. Значення $\operatorname{tg} \delta$ не повинно перевищувати значень, встановлених «Нормами випробувань електроустаткування».

Необхідно врахувати, що $\operatorname{tg} \delta$ для будь-якого діелектрика залежить від температури і частоти. Звичайно вимірювання проводять при $U=10$ кВ, $t=20^\circ\text{C}$. При вимірюванні використовуються мости типів МД-16, Р595, Р5026.

Випробування ізоляції підвищеною напругою

Це основний і обов'язковий вид випробування електроустаткування. При цьому виді випробування можна з'ясувати її місцеві і загальні дефекти, які не можна виявити іншими способами. Залежно від виду устаткування і характеру випробувань застосовують або підвищена змінна або постійна напруга. Підвищену напругу підводять після оцінки стану ізоляції іншими методами.

Ізоляція вважається такою, що витримала випробування, якщо не було відмічено приватних її порушень, виявлені за свідченнями приладів або спостереженнями (виділення газу, поява диму, ковзаючих розрядів по поверхні).

Залежно від типу електроустаткування час випробування і величина прикладеної напруги різні і регламентуються «Нормами випробувань електроустаткування». До методики випробування пред'являють наступні вимоги:

- випробування повинні бути не руйнуючими, тобто не надавати на ізоляцію шкідливої дії;
- позитивні результати повинні давати упевненість в безаварійній роботі електроустаткування до наступного випробування або ремонту;

5. Ел.двигуни з $P_n > 100$ кВт	10000- 100000
---------------------------------	---------------

При остаточному виборі потужності випробувального трансформатора враховують відношення:

$$U_{ном тр} / U_{вип}$$

де $U_{ном тр}$ - номінальна напруга випробувального трансформатора. Залежно від цього корегується необхідна потужність трансформатора:

$$S_{вип.тр.} = S_{вип} \frac{U_{ном.тр}}{U_{исп}} = \omega C_x \frac{U_{ном.тр}}{U_{исп}} 10^{-9}$$

Для випробування устаткування підстанцій, застосовують спеціальний однофазний тр-р типу, один вивід якого забезпечений високовольтним ізолятором, розрахованим на повну випробувальну напругу, а другий - заземлений. $T_{вип}$ - не більше 30 хв. Тр-р повинен бути захищений шаровим розрядником. Для випробування ізоляції ел. об. можна використовувати вимірювальні трансформатори типу НОМ. Час дії $U_{вип}$ складає:

- 5 мін - для міжвиткової ізоляції
- 1 мін - для головної ізоляції

При випробуваннях збільшувати напругу рекомендується від значення 25 - 30 % випробувального. При цьому швидкість збільшення напруги до 50 % $U_{вип}$ може бути повільною, а далі - на 1 - 2 % у секунду. Після певної витримки напругу плавно знижують до 0,3 $U_{вип}$. Після чого $U_{вип}$ може бути відключене.

Вимірювання проводять на стороні низької напруги. При відповідальних випробуваннях (генераторів, великих ел. дв) - на стороні високої. У останньому випадку застосовують тр-ри напруги або електростатичні вольтметри.

Схема випробування ізоляції підвищеною випрямленою напругою, представлена на рис. 6.

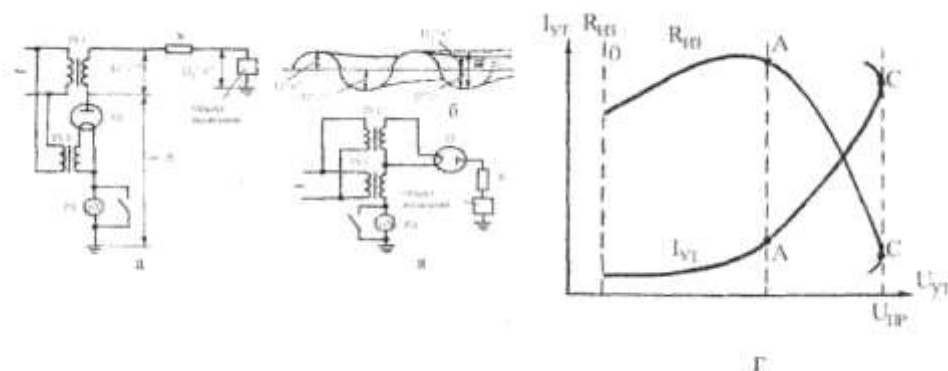


Рис. 6 - Схема випробування ізоляції підвищеною випрямленою напругою: а - включення випрямляча зі сторони заземленої обмотки трансформатора; б - діаграма напруг; в - включення випрямляча зі сторони обмотки, яка знаходиться під повною напругою; TV1 і TV2 випробувальний і накальний трансформатори; R - резистор; VL - вакуумний випрямляч; РА - міліамперметр, г - залежність опору ізоляції R_{iz} і струму витоку $I_{вит}$ від прикладеної випрямленої напруги: ділянка

ОА - дефект не проявляється; А - критична точка, після якої R_{iz} різко падає, а струм витoku $I_{вит}$ різко зростає; ділянка АС - сильна іонізація дефектного проміжку; форсування умов для пробою; С - точка пробою ізоляції при напрузі пробою $U_{пр}$.

При випрямній напрузі легше встановити місцеві дефекти. При оцінці стану ізоляції контролюють струм витoku. Вимірювання проводять вольтметром, включеним на стороні нижчої напруги.

Струм, що проходить через ізоляцію, як правило, не перевищує 5-10 мА, що обумовлено невеликою потужністю випробувального тр-ра. Залежність $R_{вип}$ і струму витoku $I_{вит}$ від прикладеної напруги $U_{вип}$ наведена на рисунку 7.10 г. Після випробування об'єкт розряджається на землю.

Випробування ізоляції апаратів, вторинних ланцюгів і електропроводок напругою до 1000 В виконуються відповідно до вимог ПУЕ. Випробування проводиться підвищеною напругою промислової частоти протягом 1 хв. Схема випробування представлена на рис. 7.

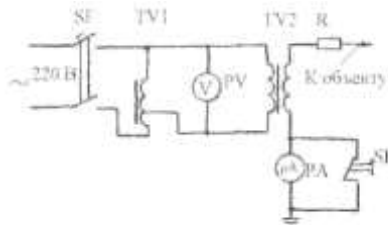


Рис. 7. Схема випробування ізоляції підвищеною змінною напругою електрообладнання і кіл управління до 1000 В: SF - автоматичний вимикач; TV1 - регулюючий трансформатор; TV2 - трансформатор напруги; SB - кнопка включення мікроамперметра при вимірюваннях; R - резистор 1000 Ом; PA - мікроамперметр; PV - вольтметр.

Випробування проводять при повністю зібраній схемі. При великому числі розгалужень, щоб уникнути перевантаження випробовуваного тр-ра струмами, ємностей, випробування проводять роздільно по ділянках.

Перед початком випробування в схемі знімають всі заземлення, від'єднують вторинні обмотки тр-ра напруги, акумуляторні батареї, а також всю апаратуру, ізоляція яких не підлягає випробуванню. В цьому випадку з схеми випробування виводяться: конденсатори, напівпровідникові елементи, слабкострумові реле, закорочують виведення вимірювальних тр-ів, котушок відключення приводів і ін. елементів з великою індуктивністю.

2. Діагностування ЕД. Загальні положення

Метою діагностики є визначення працездатності електричної машини в даний момент часу і виявлення дефектів окремих її вузлів, причому дуже важливим є визначення як характеру дефекту, так і точне місце його знаходження. Все це необхідно знати для здійснення ремонтних робіт і для зміни характеру експлуатації машин. По результатам діагностування робиться

висновок про відповідність даного електродвигуна технічним умовам, а також визначаються міри, необхідні для відновлення двигуна. Таким чином, питання діагностики тісно пов'язані з критеріями працездатності вузлів електричних машин. На основі вимірювання цих критеріїв формується діагноз про технічний їх стан. Для процесу діагностики необхідно виявити найбільш інформативні параметри із ряду критеріїв працездатності, а також таких величин, як напруга, струми, моменти і інші електромагнітні і електромеханічні параметри електричних машин. Для кожного класу машин, а також в залежності від напруг і потужностей інформативність тих чи інших параметрів змінюється і повинна визначатися в кожному конкретному випадку спеціально.

Прогнозування технічного стану виробу може здійснюватися як в процесі його розробки, так і в період експлуатації. В останньому випадку метою прогнозування є вчасне виявлення несприятливого стану виробу і розробка рекомендацій по підвищенню його надійності.

Можливість вирішення задачі прогнозування стану виробів зумовлюється тією обставиною, що в більшості випадків їх відмови є наслідком поступового накопичення пошкоджень, старіння і зношування. Вказане відноситься як до поступових відмов, так і до раптових.

Основоположним принципом прогнозування є використання минулого досвіду. Інформація про виріб є базою для реалізації процесу прогнозу, для отримання оцінок в майбутньому.

Види діагностування

Враховуючи викладене вище, інститут ВНИИВИД запропонував ввести в систему ППРЕсг - діагностування. В організаційному плані діагностування можна застосовувати в ***двох варіантах***.

Перший варіант, є перехідним, передбачує проведення робіт в відповідності з строками, передбаченими системою ППРЕсг, але при настанні строку ремонту електродвигуни діагностують і встановлюють, чи слід проводити ремонт або електродвигун ще може пропрацювати без ремонту певний час. При цьому ці нормативи ППР при плануванні робіт залишаються незмінними, а додаткові витрати на діагностування компенсуються в декілька раз за рахунок скорочення витрат на ремонт електродвигунів.

Згідно другого варіанту електрообладнання (зокрема електродвигуни) в процесі експлуатації піддаються наступними видам впливів: технічному обслуговуванню; плановому діагностуванню, яке проводиться періодично згідно річного графіка. В залежності від кількості обслуговуваних електродвигунів і місцевих умов діагностування може проводитися діагностичною групою (бригадою) або ремонтно-діагностичною групою (бригадою). Найбільш прийнятно, коли на підприємстві є велика кількість електродвигунів. Проведення діагностування ремонтно-діагностичною групою (бригадою) доцільно при наявності порівняно невеликої кількості двигунів.

Способи сушки ізоляції обмоток ЕД

При експлуатації, транспортуванні і зберіганні ізоляційні конструкції електричних машин звожуються під дією навколишнього середовища. При попаданні вологи погіршуються діелектричні характеристики і машина

передчасно може вийти з ладу. Вологість обмоток електричних машин напругою до 0,5 кВт контролюють по зміні опору ізоляції, який вимірюють мегомметром (0,5-1 кВ) між фазами і корпусом. ($K_{аб} > 1,3$).

Згідно діючих стандартів як вказувалось раніше, опір ізоляції обмоток при температурі 75°C повинен бути не нижче 0,5 МОм.

Якщо температура обмотки відрізняється від 75°C, то допускається перерахунок опору ізоляції, виходячи з зниження його в два рази на кожні 20°C підвищення температури. Для перевірки стану ізоляції при ревізії з врахуванням температури слід результат вимірювання порівняти з даними, отриманими при вводі в експлуатацію висушеної машини.

Якщо перед пуском опір ізоляції обмоток виявиться нижче нормального, то машину слід підсушити.

Існує декілька способів сушки: **конвективна** (в сушильних шафах), **струмова, індукційна** (втратами в сталі статора) та ін.

В тих випадках, коли машина має тільки невелике і до того ж поверхнєве зволоження, викликане зупинкою, допускається контрольна сушка і підсушка при понижений напрузі або в режимі часткового навантаження при достатньо холодній обмотці, але з дотриманням наступних умов:

- при початковій температурі і в процесі підсушки машини опір ізоляції R і коефіцієнт абсорбції $K_{аб}$ повинні бути не менше указаних вище;
- швидкість підняття температури обмотки не повинна перевищувати 4°C/год.;
- по можливості проводити контрольні вимірювання опору ізоляції і коефіцієнта абсорбції (бажано через 2 год.);
- при підсушці під навантаженням машина не повинна знаходитися в розпорядженні диспетчера до моменту досягнення позитивних результатів.

Основна мета сушки - усунути вологу з обмотки машини. Цей процес відбувається за рахунок так званої термічної дифузії, яка викликає переміщення вологи в напрямку потоку тепла, тобто від більш нагрітої частини до більш холодної. Переміщення вологи відбувається внаслідок перепаду вологи в різних шарах ізоляції: з шарів з більшою вологістю волога переміщується в шари з меншою вологістю. Перепад вологості створюється перепадом температури. Чим більше температурний перепад, тим інтенсивніше відбувається сушка. Тому, нагріваючи внутрішні частини обмотки (наприклад, струмом), можна створити перепад температури між внутрішніми і зовнішніми шарами ізоляції і цим прискорити процес сушки. Температурний перепад можна створити також: швидким періодичним охолодженням зовнішніх шарів ізоляції шляхом періодичного продування холодного повітря і наступним повторним нагріванням. Подібними прийомами можна користуватися при сушці сильно зволжених обмоток.

Вибір методу сушки залежить головним чином від місцевих умов, наявних можливостей і, в деяких випадках, від ступеню зволоження ізоляції. Найбільш інтенсивною сушкою сильно зволжених обмоток є сушка струмом, при якій внутрішні шари ізоляції нагріваються сильніше зовнішніх. Однак сушка струмом, який пропускають по обмотці з сильно зволоженою ізоляцією, може

привести до вздуття останньої, сушка такої обмотки постійним струмом може здійснити **електролітичну дію**. Тому в подібних випадках рекомендується проводити сушку іншими методами, наприклад, втратами в активній сталі, методом зовнішнього нагрівання і т.п. Після попередньої підсушки цими методами можна застосувати сушку струмом.

Конвективна сушка проводиться в спеціальних шафах. В якості джерела теплоти використовується пара, електроенергія або газ. Теплота передається від статора до обмотки, тому зовнішні її шари висихають швидше, ніж внутрішні. Для більш рівномірного усунення волого з ізоляції температуру в сушильній шафі слід підвищувати поступово.

Контрольні питання

1. Які основні методи визначення стану ізоляції?
2. Які додаткові методи перевірки ступеня зволоженості ізоляції існують?
3. Які види напруги застосовуються при випробуванні ізоляції підвищеною напругою?
4. Чому сушка струмом сильно зволоженої ізоляції може бути небезпечною?

Тема 10. Технічна експлуатація засобів керування

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

1. Порядок вибору.

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.

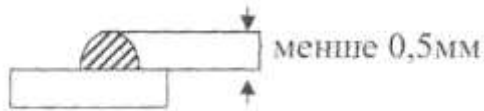
Перевірка і налагоджування магнітних пускачів

У с.г. виробництві застосовують дуже багато кількості типів магнітних пускачів, деякий перелік яких наведено вище. Операції по випробуванню та налагоджуванню для всіх типів пускачів однакова.

Зовнішній огляд

До складу зовнішнього огляду входить:

- перевірка стану головних і блокувальних контактів (наявність нагару, слідів окислення, перегріву);
- перевірка товщини металокерамічного шару головних контактів



- перевірка стану пружин головних і блокувальних контактів (відсутність корозії і пошкоджень);
- перевірка стану дугогасящих камер (відсутність тріщин, сколов, підгорянь);
- перевірка стану магнітної системи (щільність прилягання якоря до ярма перевіряється щупом 0,05 мм);
- перевірка цілісності к.з. витка;
- перевірка стану котушки МП (відсутність пошкоджень лакових покриттів, підтікання лаку, обрив дротів);

Визначення опору ізоляції

Перевіряється мегомметром М4100/3(500В) або М4100/4(1000В); заміри проводяться між полюсами та між кожним полюсом і заземленими частинами в місці кріплення корпусу пускача. При цьому $R_{\text{із}}$ повинно бути: $R_{\text{із}} > 0,5\text{Мом}$.

Перевірка і регулювання механічної частини

Перевірка та регулювання механічної частини полягає у наступному (див. рис. 1):

- перевірка розчинів головних контактів $h_{\text{рг}} =$ от 2,5 мм для ПМЕ до 3,7 мм для ПАЕ
- перевірка розчинів контактів блоку $h_{\text{рб}} = 2,5$ до 3,0 мм
- перевірка провалів головних контактів $h_{\text{пт}} = 2,0 \pm 0,4$ мм до $2,5 \pm 0,5$ мм

- перевірка провалів блокувальних контактів $h_{нб} = 2,0 \pm 0,4$ мм до $2,5 \pm 0,5$ мм

Перевірка під струмом

При перевірці під струмом виконуються наступні дії:

- перевірка натиснення пружин (проводиться динамометром)

а) для головних контактів $P_{ус.г} = 0,11-0,45$ кГс

б) для блок-контактів $P_{ус.г} = 0,1-0,27$ кГс

$$P_{ус.г} = 0,11-0,45 \text{ кГс} = (1,1-4,4) \text{ Н}$$

$$P_{ус.г} = 0,11-0,27 \text{ кГс} = (0,98-2,6) \text{ Н}$$

- вимірювання напруги котушки МП при втягуванні і відпуску якоря

а) надійне втягування при $U_k = 0,85 U_{н.п}$

б) відпуск при $U_k < 0,7 U_{н.п}$

- вимірювання падіння напруги на головних контактах:

а) $U_{конт} = 70$ мВ при $I_{н.п} = 50$ А

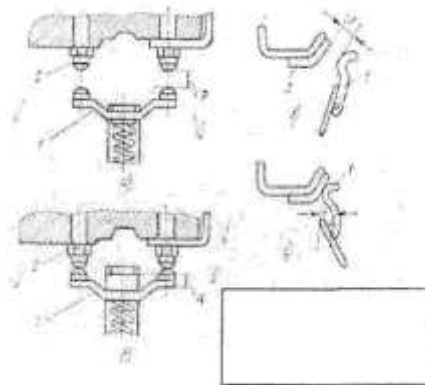


Рис. 1 - Контактна система магнітних пускачів і контакторів:

а,в – розчини; б,г – провали

б) при $I_{вип} < 50$ А

$$\Delta U = \frac{\Delta U_{вим} \cdot I_{н.п.}}{I_{випр}}$$

- вимірювання опору котушки пускача постійному струму (вимірюємо U в мВ і струм в мА). Опір розраховується за виразом:

$$R_x = \frac{\frac{U_1}{I_1} + \frac{U_2}{I_2} + \dots + \frac{U_n}{I_n}}{n}$$

При цьому повинно бути: $R_{к. const. вим} = R_{к. const. заб} \pm 2-3\%$

Перевірка і налагоджування теплових реле

Номенклатура теплових реле, які застосовуються для захисту електроустановок наведено вище. Вставки в теплових реле лежать в діапазоні від 0,2 до 1,0 $I_{н.тр}$, залежно від типу реле і розрахункового струму (або I_n) електроустаткування, що захищається.

Реле РТЛ і РТТ не мають змінних нагрівальних елементів, але забезпечують:

- прискорене спрацьовування при обриві однієї з фаз;
- температурну компенсацію;
- регулювання струму неспрацьовування. Перш ніж приступити до

регулювання реле необхідно:

- провести зовнішній огляд;
- зміряти опір ізоляції;
- зняти часострумову характеристику і порівняти з типовою;

Зняття часострумової характеристики. Схема для випробування реле представлена на рис. 2. При цьому послідовність дій наступна:

- встановлюють $I_{\text{вип}} = k I_{\text{н.уст}}$, де $k = 1,2; 1,5; 2,5$; і т.д.;
- знімають час, за який відбувається спрацьовування $\tau_{\text{спр.тр}}$;
- за одержаними даними будують часострумову характеристику і порівнюють з типовою;

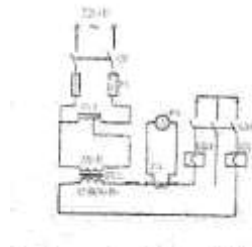


Рис. 2 - Схема для випробування теплових реле:

QS - ручний вимикач; FU - запобіжник; TV1 - автотрансформатор; TV2 и ТА — трансформатори напруги (навантажувальний) і струму; КМ — контакти магнітного пускача; КК1 и КК2 — теплові елементи.

При цьому експериментальна характеристика повинна лежати в зоні *типової* для холодного або гарячого стану (рис. 3) . Ручне повернення здійснюється через 1-2 хв. після спрацьовування.

Регулювання реле проводиться при:

- першій їх установці;
- заміні нагрівальних елементів;
- нормальній експлуатації—один раз на 2-3 роки.

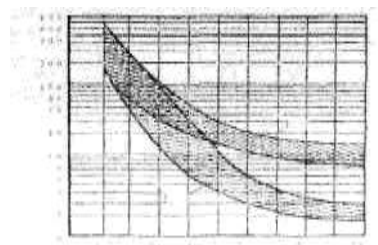


Рис. 3 - Типова часострумовею характеристика теплового реле: 1-холодний стан;
2-гарячий стан.

Послідовність дій при регулюванні теплових реле наступна:

- для реле без температурної компенсації:

- 1) визначають установку реле без температурної компенсації

$$N = \frac{I_p - I_{н.уст}}{c \cdot I_{н.уст}}$$

де c - коефіцієнт ділення шкали; $c = 0,05$

- 2) визначаємо поправку на температуру навколишнього середовища

$$N = \frac{V_0 - 30}{10}$$

де V_0 - температура навколишнього середовища, $^{\circ}\text{C}$;

Поправка необхідна в тих випадках, коли температура V_0 відрізняється від максимальної (+40) більш чим на 10°C

- 3) визначають сумарну уставку

$$N_{\Sigma} = N_1 + N_2$$

N_{Σ} може бути «+» чи «-»

- 4) на отримане ділення шкали встановлюють стрілку регулюючого гвинта.

- для реле з температурною компенсацією

- 1) ексцентрик встановити в положенні +5;

- 2) встановити $I_{\text{вип}} = 1,5 I_{н.уст}$;

- 3) через 145с (70с для ТРН-10) ексцентрик повернути убік -5 до спрацювання реле;

- 4) знеструмити реле і охолодити;

- 5) подати живлення і зміряти $\tau_{\text{ср}}$; якщо $\tau_{\text{ср}} = 145 \pm 2\text{с}$ — припинити регулювання.

Перевірка і налагоджування пристроїв захисного відключення

Пристроїв захисного відключення, які використовуються в електроустановках дуже багато кількість. Одним з них є пристрої вмонтованого температурного захисту: УВТЗ-1; УВТЗ-1М; УВТЗ-4А; УВТЗ-5, які захищають електродвигуни: при тривалих перевантаженнях; підвищенні температури що оточує середовища.

Ці пристрої складаються з: датчика-позистора з позитивним температурним коефіцієнтом опору і самого реле.

Температура при якій відбувається різкий скачок опору позистора зветься класифікаційної. Оскільки вона узгоджується з допустимою температурою ізоляції відповідного класу: Y, A, B, C, F, H (90-105-120-135-155-180): СТ-14-ІБ-

-105°C ; $CT-14-2-115-115^{\circ}\text{C}$; $CT-14-1 A-130^{\circ}\text{C}$; $CT-2-130-130^{\circ}\text{C}$; $CT-14-2-145-145^{\circ}\text{C}$. Опори позисторів при $t = 25^{\circ}\text{C}$ складає $40-150\ \Omega$; при температурі спрацьовування – $2100 \pm 200\ \Omega$ (див рис. 4);

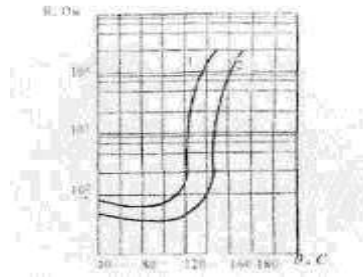


Рисунок 4 – Температурні характеристики позисторів: 1 – CT14-1Б; 2 – CT14-1 А.

Настройка і регулювання пристроїв захисного відключення (наприклад, з температурним захистом) здійснюється у сліdkуючій послідовності (див. рис. 5):

- знімають залежність $R_{\text{сп}} = f(\theta)$;
- визначають $R_{\text{спр}}$ і $R_{\text{пов}}$;
- визначають коефіцієнт повернення при $U_{\text{жив}} = (0,7-1,1)U_{\text{н}}$;

$$K_{\text{нов}} = \frac{R_{\text{нов}}}{R_{\text{спр}}}$$

- перевіряють спрацьовування УВТЗ при обриві і к.з. в колі позистора

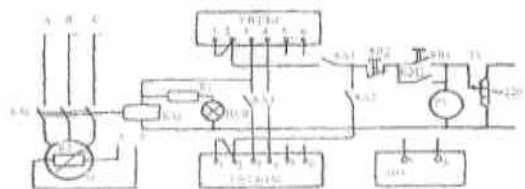


Рис. 5 — Схема випробування пристрою УВТЗ: МО – магазин опорів; HLR – сигнальна лампа; SA1...SA3 – перемикачі ручні; KM – магнітний пускач; SB1 і SB2 – кнопки «Пуск» і «Стоп»; TV — регулятор напруги; R1 – резистор; R2 – позистор.

2. Технічне обслуговування, ремонт та випробування засобів керування і захисту.

При обслуговуванні КВП і А використовують *три принципи*:

- 1) **календарний** - полягає в тому, що обслуговування планують і проводять після закінчення певного календарного терміну незалежно від їх напращування;
- 2) **принцип напращування** - полягає в тому, що ТО проводиться після певного числа годин роботи;

3) **змішаний принцип** - застосовується для засобів автоматизації, у яких відмови виникають в результаті старіння або зношування.

Крім всього при організації ТО виділяють певні етапи:

- підготовчий (планують роботи);
- основний (проведення роботи);
- налагоджувальний (регулювання і наладка);
- завершальний (запуск в роботу).

Періодичність, трудомісткість і зміст робіт визначають згідно ППРЕсх

Експлуатація основних типів елементів ЗА полягає в наступному.

Вимірювальні перетворювачі температури. Це термопари і термометри опору (мідні ТСМ, реле платинове ТСП) напівпровідникові (СП-позистори), термістори (УПТР, УВТЗ).

Основні несправності:

- а) обрив чутливих елементів;
- б) міжвиткове замикання термометрів опору;
- в) зниження опору ізоляції;
- г) пошкодження захисної лінзи.

Для виявлення несправностей використовують прилади: *комбіновані Ц4300; мегомметри на 500В; мости МО-62* (для визначення опору чутливості елементів).

При виході з ладу проводять *ремонт*, перевіряють номінальний *опір* і термометра і проводять *градування* (див. рис. 7):

а) у ємність з маслом або водою поміщають випробовуваний термометр РК;

б) підігрівають рідину;

в) по термометру РК (ТЛ) дивляться температуру в місткості;

г) вимірюють опір РК мостом МО-62.

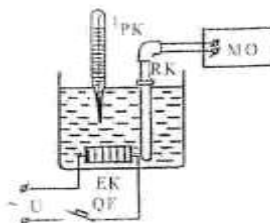


Рис. 7 - Схема для перевірки працездатності мідних термометрів опору: РК - зразковий термометр; РК - перевіряємий термометр опору; МО - зразковий міст; ЕК - нагрівальний елемент; QF - автоматичний вимикач.

Для *платинових* термометрів опору проводять градування по аналогії з мідними ТС. При цьому використовують прилад вищого класу точності.

Вимірювальні прилади можуть бути: *пневматичні; манометричні; електричні*. Вони також підрозділяються на: ті що *показують*; *самописні* (реєструючі); ті що *підсумовують* (інтегруючі).

Характерні несправності:

- а) порушення роботи кінематики;
- б) обрив токопроводів і з'єднань трубопроводів.
- в) збільшення тертя в опорах підвіски;
- г) обрив або вигин струмопровідної пружини;
- д) обрив і міжвиткове замикання обмоток (замінюють новими);
- є) погіршення магнітних властивостей і стабільності характеристик магнітів вимірювальної системи.

Працездатність вимірником приладів за допомогою відповідних зразків (наприклад, на установках УЗ09. УЗ 13 можна перевірити амперметри, вольтметри, омметри і др).

До релейних елементів автоматики відносяться: проміжні реле; реле часу; фотореле; реле теплові, диференціальні, газові і ін.

Основні несправності:

- а) підгоряння контактів;
- б) обрив обмоток і міжвиткового замикання;
- в) поломка приводу годинникового механізму;
- г) поломці ртутних перемикачів різних реле (наприклад, диференційне реле тиску РДС)

Технічне обслуговування *релейних елементів автоматики* включає:

- очищення від пилу і грязі;
- перевірка стану рухомих осей (відсутність рисок, деформацій);
- перевірка подовжніх і поперечних зазорів осей;
- перевірка стану і регулювання контактів;
- перевірка стану обмоток (обрив, підгоряння)
- перевірка опору ізоляції струмоведучих частин;
- надійність кріплення окремих частин;
- перевірка працездатності (УСХА, 13УН-1).

Контрольні запитання

1. Яка послідовність дій при виборі магнітного пускача?
2. Що необхідно зробити перед регулюванням реле?
3. Яка послідовність налаштування та регулювання пристроїв захисного відключення?
4. Які види вимірювальних приладів існують?

Тема 11. Технічна експлуатація електродвигунів

1. Вимір опору ізоляції

1. Профілактичні випробування електродвигунів.

При вимірюванні опору ізоляції слід пам'ятати, величина опору ізоляції обмоток характеризує їх електричну міцність, яку необхідно знати перед проведенням основних випробувань:

- вимірювання опору ізоляції повинне проводитись перед випробуванням електричної міцності обмоток підвищеною напругою:
- при проведенні пусконаладжувальних робіт опір ізоляції обмоток кожної фази вимірюється по відношенню до заземленого корпусу і двом іншим фазам;
- згідно норм випробування електрообладнання та апаратів електроустановок споживачів для двигунів напругою до 0,66 кВ в холодному стані опір ізоляції обмоток статора повинен бути не менше 1 МОм, а при температурі 60°C - не менш як 0,5 МОм. У електродвигунів напругою більше 0,66 кВ опір ізоляції не нормується, але це повинне враховуватися при вирішенні питання про необхідність їхньої сушки.

Опір ізоляції можна визначити також за виразом:

$$R_{60} = \frac{U_n}{(1000 + 0,01P_n)},$$

де U_n - номінальна напруга даної обмотки, кВ;

P_n - номінальна потужність машини, кВт;

Крім того у електродвигунів напругою вище 3 кВ або потужністю $P_n > 3$ кВт, також вимірюють відношення R_{60}/R_{15} , тобто коефіцієнт абсорбції K_{a6} . Слід врахувати, що величина K_{a6} навіть при добром стані ізоляції в значній мірі залежить від температури машини і видів застосованих ізоляційних матеріалів.

Для незволоженої обмотки при $t = 10 - 30^\circ\text{C}$, $K_{a6} = 1,3 - 2,0$, для зволоженої обмотки він близький до одиниці.

Зниження опору ізоляції обмоток нижче вказаних значень відбувається через проникання в товщу ізоляції вологи, поверхневу зволоженість або осіданням струмопроводячого пилу на виводах і обмотках. В цих випадках рекомендується продути машину і почистити виводи обмоток і ізоляційні деталі щіткотримачів, після цього слід повторно виміряти опір ізоляції. Якщо станеться, що очистка не допомогла, то необхідно перст випробуванням ізоляції обмоток підвищеною напругою провести сушку.

Пробний пуск і перевірка електродвигуна на холостому ході і під навантаженням

Після закінчення налагоджувальних робіт по перевірці і випробуванню апаратів, схем керування і випробування нерухомого електродвигуна проводять короткочасний його пуск на 2-3 с з метою перевірки: напрямку обертання; стану ходової частини; надійності дії відключаючих пристроїв. Короткочасне

включення повторюють 2-3 рази, постійно збільшуючи тривалість включення. У всіх випадках отримані сигнали про несправність схеми керування машини чи механізму приводу електродвигун терміново відключається. Якщо при пробному пуску зауважень немає, то приступають до перевірки електродвигуна на холостому ході і під навантаженням.

Перевірку на холостому ході проводять при від'єднаному механізмі. В випадку неможливості від'єднання перевіряють при ненавантаженому механізмі. Величина струму холостого ходу не нормується. Тривалість перевірки - 1 год.

Одночасно перевіряють *нагрівання* підшипників, обмоток в доступних місцях і сталі, *відсутність* вібрації, *характер* шуму підшипників.

Після перевірки на холостому ході переходять до перевірки **під навантаженням**, при цьому контролюють струми в кожній фазі. Навантаження електродвигуна повинно бути не менше 50% номінального.

В процесі обкатки електродвигуна підтримують напругу на шинах в межах від 100 до 105% номінальної, при цьому струм статора не повинен перевищувати номінальний більш ніж на 5%.

Після пробного включення на 20-30 хв. приступають до включення двигуна з механізмом на тривалу обкатку протягом 8 год. і більше. При цьому припрацьовуються рухомі вузли механізмів, виявляють слабкі місця схеми керування і перевіряють електрообладнання на нагрівання. На відміну від попередніх пусків, режим випробування при обкатці знаходиться під контролем представників механічної служби.

Двигуни, які допускають тільки повторно-короткочасний режим роботи (наприклад планові та ін.), з'єднані звичайно з механізмами, які мають обмежений хід, обкатують по спеціальному графіку або в умовах експлуатації.

Всі види випробування і підготовка до пуску здійснюються згідно ПУЕ (ПБЕ) і в відповідності з ГОСТ183-74 і 11677-85, так як електричні машини після їх монтажу або капітального ремонту підлягають приймально-здавальним випробуванням; при цьому проводять розглянуті вище операції: зовнішній огляд; перевірку схеми з'єднання обмоток; вимірювання опору обмоток постійному струму; вимірювання опору ізоляції; випробування електричної міцності ізоляції обмоток підвищеною напругою підвищеної частоти; пробний пуск електродвигуна; перевірку роботи електродвигуна на холостому ході і під навантаженням. Після закінчення всіх пусконаладжувальних робіт складають протокол випробувань і дають висновок про придатність електродвигуна для тривалої експлуатації.

Крім того слід враховувати загальні вимоги та методики розрахунку ЕД при пуску, якщо потужність ЕД сумірна з потужністю джерела живлення. При пуску асинхронного короткозамкнутого електродвигуна виникає великий струм, який створює в джерелі живлення і в мережі допоміжну втрату напруги. Так як момент, який розвиває асинхронний двигун, пропорційний квадрату напруги, яка підводиться, то він може знижуватися на стільки, що пуск стане неможливим. Працюючі в мережі електродвигуни при зниженні напруги на їх затискачах загальмовуються, а при значному навантаженні на валу зупиняються. Тому виникає необхідність в визначенні максимально допустимої потужності

електродвигуна по умовам пуску як від мереж малої потужності, так і від резервного джерела живлення (ДЕС) обмеженої потужності. Розрахунок в основному зводиться до визначення втрат напруги на затискачах електродвигуна.

Приклад 1. Електродвигун включається в мережу поблизу трансформатора, що працює вхолосту.

Максимальна втрата напруги на затискачах двигуна при пуску дорівнює:

$$\Delta U \% = \frac{Z_{mp}}{Z_{mp} + Z_{дв}} \cdot 100,$$

де Z_{mp} - повний опір трансформатора при короткому замиканні, Ом.

$$Z_{mp} = \frac{u_k \%}{100} \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot I_n},$$

де U_n - номінальна фазна напруга трансформатора. В;

I_n - номінальний струм трансформатора. А;

$$Z_{дв} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot K_i I_n}$$

де $Z_{дв}$ - повний опір двигуна при короткому замиканні, Ом;

Якщо виразити повний опір при короткому замиканні через потужність короткого замикання трансформатора і двигуна, то втрата напруги на затискачах двигуна при пуску в аналізованому випадку буде дорівнювати:

$$\Delta U \% = \frac{S_{дв.к}}{S_{дв.к} + S_{тр.к}},$$

де $S_{дв.к}$ - потужність короткого замикання електродвигуна. кВА.

$$S_{дв.к} = \frac{K_i \cdot P_{дв.н}}{\eta \cdot \cos \varphi_n},$$

де $P_{дв.н}$ - номінальна потужність двигуна, кВт;

K_i - кратність пускового струму (за каталогом);

η_n - ККД двигуна при номінальному навантаженні (за каталогом);

$\cos \varphi_n$ - коефіцієнт потужності двигуна при номінальному навантаженні

$S_{тр.к}$ - потужність короткого замикання трансформатора, кВА.

$$S_{тр.к} = \frac{100}{u_k \%} \cdot S_{тр.н},$$

де $S_{тр.н}$ - номінальна потужність трансформатора, кВА;

$u_k\%$ - напруга короткого замикання трансформатора, % (за каталогом).

Прямий пуск асинхронних двигунів із короткозамкнутим ротором допускається тільки в тому випадку, якщо напруга мережі знижується не більш ніж на 15...20% номінальної.

При рішенні питання про прямий пуск асинхронних двигунів у залежності від роду джерела живлення можна користуватися даними таблиці 2.

Таблиця 2 - Гранична потужність короткозамкнутих двигунів, що пускаються безпосередньо від повної напруги (у залежності від роду джерела живлення).

Джерело живлення	Гранична потужність ел. двигуна
Трансформатор, що живить чисто силову мережу	20% потужності трансформатора при частих пусках 30% потужності трансформатора при рідкісних пусках
Трансформатор, що живить мережу загальну для сили і світла	4% потужності трансформатора при частих пусках 8% потужності трансформатора при рідкісних пусках
Електростанція малої потужності	12% потужності електростанції

Контрольні запитання

1. Що характеризує величина опору ізоляції обмоток?
2. Які дії рекомендується виконати при зниженні опору ізоляції?
3. Яка проблема виникає при пуску асинхронного короткозамкнутого електродвигуна, якщо його потужність сумірна з потужністю джерела живлення?
4. Якими даними можна користуватися при вирішенні питання про прямий пуск асинхронних двигунів у залежності від роду джерела живлення?

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

1. Технічне обслуговування та ремонт електронагрівного обладнання.

1. Технічне обслуговування та ремонт електронагрівного обладнання.

Загальні положення

Електронно-іонна технологія включає такі процеси, в яких у якості робочого органа безпосередньо використовується електричне, магнітне або електромагнітне поля, ультразвук і ін.

До електроустаткування електронно-іонної технології відносяться установки:

- аероіонізації повітря в тваринницьких приміщеннях;
- діелектричні сепаратори типу СД-1;
- для обробки ґрунту електричним струмом;
- ультразвукові установки гомогенізації молока ЭУ-100; зварювальні апарати;
- обробки насіння НВЧ-енергією "Агро"
- електрогідравлічного удару;
- і цілий ряд інших.

Особливістю цього устаткування є використання напруги вище 1000В (50 кВ, 100 кВ)

Технічна експлуатація електрообладнання електронно-іонної технології У об'єм ТО і ПР даного устаткування входять наступні операції:

- систематичний контроль правильності зібраних схем;
- перевірка справності захисту і блокувань від випадкового доторкання до електричних кіл, які знаходяться під напругою;
- перевірка стану заземлення і занулення установок;
- перевірка працездатності;
- перевірка стану корпусу і механічних частин;
- забарвлення поверхонь;
- заміна пошкоджених деталей;
- перевірка стану і випробування високовольтних ізоляторів і електродної системи;
- випробування генераторів, трансформаторів, помножувачів і ін. частин, які входять до складу виробу, відповідно до регламенту ТО і ПР для даного виду устаткування;
- включення установки і перевірка її працездатності.

Періодичність ТО - не рідше за 1 раз на 1 місяць; **ПР** - не рідше 1 разу на рік.

Вимірювання опору ізоляції високовольтних вводів. Вимірювання $R_{із}$ проводиться мегомметром М4100/4(1000В) або М4100/5(2500В). При цьому:

$$R_{із} > 1000 \text{ МОм}$$

Схема для вимірювання опору ізоляції наведена на рис. 1.

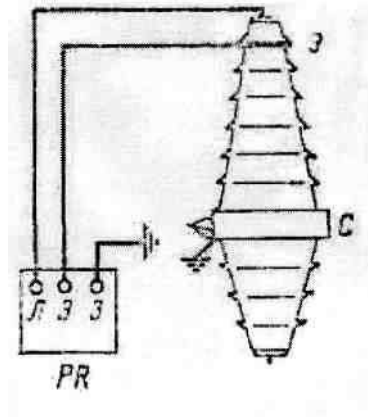


Рисунок 1 - Схема вимірювання R_{iz} : Э— екран - кільце; PR—мегомметр; С— вивід, який випробується.

Вимірювання тангенса кута діелектричних втрат $tg\beta$. Схема випробування приведена на рис. 2

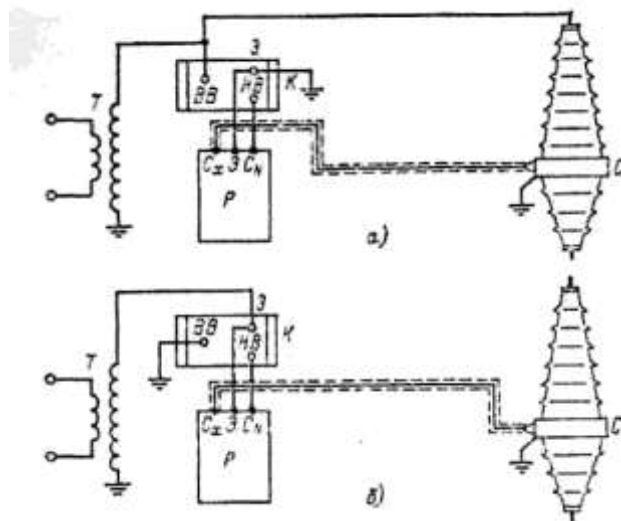


Рисунок 2 — Вимірювання $tg\beta$ ізоляції прохідних ізоляторів: а - пряма схема; б - перевернута (зворотна) схема.

Вимірювання проводиться за допомогою моста Р5026

$$tg\beta_x = \frac{R_x}{X_{cx}} = \frac{R_x}{\frac{1}{\omega C_x}} = \omega R_x C_x$$

При рівновазі моста:

$$tg\beta_x = tg\beta_1; tg\beta_4 = \omega R_4 C_4$$

Тоді:

$$\operatorname{tg} \beta_x = \omega R_4 C_4$$

Значення $\operatorname{tg} \beta_x$ повинні бути не нижче, %

Таблиця 1

Об'єкт випробування і вид основної ізоляції	Номинальна напруга			
	3-15	20-35	60-110	150-220
1. Мастиконаповнені вводи і ізолятори (прохідні)	-	3,0	2,0	2,0
2. Вводи і прохідні ізолятори з бакелітовою ізоляцією	3,0	3,0	2,0	-

Випробування підвищеною напругою промислової частоти.

Схема випробувань представлена на рис. 3. Тривалість випробувань складає 1 хв.

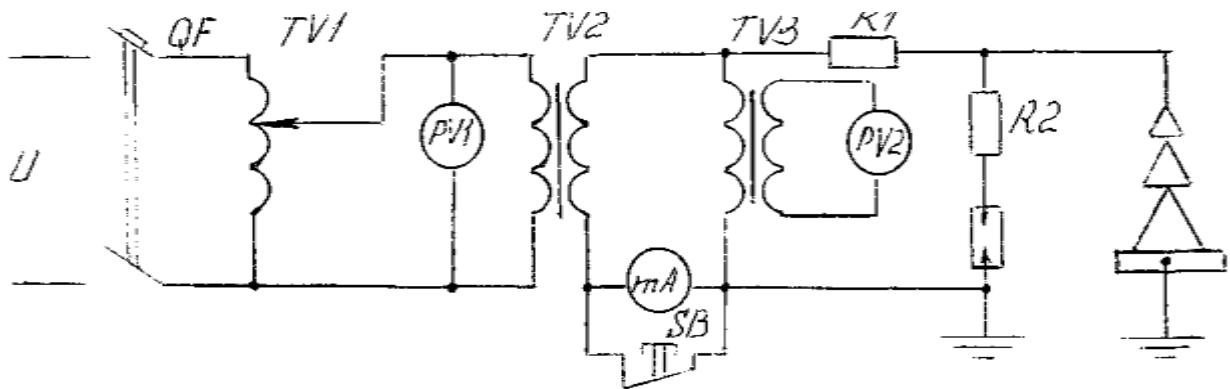


Рис. 3 - Схема випробування ізоляторів підвищеною напругою промислової частоти

Контрольні запитання

1. Якими мегомметрами проводиться вимірювання опору ізоляції високовольтних вводів?
2. Яке обладнання відноситься до електроустаткування електронно-іонної технології? Наведіть приклади.
3. Яка схема випробувань ізоляторів підвищеною напругою промислової частоти?

Тема 13. Технічна експлуатація розподільних пристроїв. Технічна експлуатація внутрішніх електропроводок

1. Вимоги до внутрішніх електричних мереж живлення та освітлення.
2. Комплекс заходів з підтримки внутрішніх електромереж в належному стані.

1. Вимоги до внутрішніх електричних мереж живлення та освітлення.

По кількості, номенклатурі і встановленій потужності ЕО АПК займає одне з перших місць серед галузей народного господарства. Ця номенклатура ЕО складає більше 300 найменувань. Одні тільки ЕД складають 200 типорозмірів, ЕНУ -30, електроосвітлювальні установки - 60 і т.д. Все ЕО можна класифікувати:

- по виду використовуваної енергії:

- 1) електричне устаткування, що використовує для перетворення електричної енергії;
- 2) теплоенергетичне устаткування, що використовує для перетворення енергії пара, гарячої води, теплотворну енергію твердого або рідкого палива;
- 3) газоенергетичне устаткування, що використовує для перетворення енергії природного газу;
- 4) холодильно-компресорне устаткування, що використовує для перетворення енергії стислого повітря або газу.

- за призначенням:

- 1) ЕО для водопостачання технологічних процесів і утилізації виробничих і побутових відходів (каналізації);
 - 2) технічні засоби автоматизації ЕО і технологічних процесів.
- У кожному з перерахованих класів ЕО існує ряд різновидів по їх конкретному застосуванню.

2. Комплекс заходів з підтримки внутрішніх електромереж в належному стані.

1. Електротехнічне устаткування

Електродвигуни складають 19% від загальної кількості ЕД, встановленого в АПК, які в свою чергу підрозділяються: по типах (серіям) А02, 4А, 4АМ, 5А, 6А, по модифікації та ін.:

- з підвищеним пусковим моментом (АОП2, 4АР. 4АМР);
- з підвищеним ковзанням (АОС2, 4АС, 4АМС):
- багатошвидкісні. 6/4/2/;
- з вбудованим температурним захистом (4АМ .. .БУЗ);
- пилозахищені (4АМ... УП);
- сільськогосподарського призначення (4АМ... СУ 1);
- по потужності, визначуваній габаритами, завдовжки станини статора, заввишки осі обертання (для серії 4АМ - від 0,06 до 90кВт).

Крім всього ще існує ЕД спеціального призначення:

- для приводу осьових вентиляторів (4А.. .ПА .; 4АМ.. .ПА .);

- для приводу транспортерів тваринницьких ферм (4АМ...БПТС);
- для приводу ходових частин дощувальних машин (4А...Б.);
- для приводу занурених насосів (ПЕДВ.) і ін.

Електронагрівальні установки (ЕНУ):

1) електрокалорифери, які призначені для обігріву повітря в системах вентиляції тваринницьких і птахівницьких приміщень, зерноочисних пунктах, овоче- і фрукто-сховищах і ін. Основними з них є: СФОА потужністю 22,5-45-67,5 до 90 кВт; СФОЦ - п'яти розмірів 16-25-40-60-100 кВт;

2) *водонагрівачі і котли* - для підігріву води в тваринницьких приміщеннях і для водяного опалювання с.г. приміщень, які класифікуються:

- по числу фаз живлячої мережі (одно- і трьох-);
- конструктивним особливостям (переносні, підлогові, настінні);
- по напрузі живлення мережі.

У с.г.широко використовуються:

- ВЭТ (водонагрівач електричний термос) потужністю від 6 до 31,5кВт і місткістю 200-1600 л;
- УАП (універсальний автоматичний підігрівач) $P_n = 12-30$ кВт; $V = 400-1600$ л;
- САОС (нагрів опором, акумулятивного типу з відкритою системою гарячого водопостачання) $P_n = 12-30$ кВт; $V = 400-1600$ л;
- САЗС (...із закритою системою);
- ЭВ (електричний водонагрівач $P_n = 6$ кВт; $V = 150$ л);
- ЭПЗ (котел електродний проточний для замкнутої системи гарячого водопостачання) $P_n = 25-60-100$ кВт;
- КЭВ (котел електродний водогрійний) $P_n = 40-63-100-160$ кВт;
- КЭПР;КЭП (котел електродний паровий, регульований)
- $P_n = 160; 250$ кВт, Q , кг/ч - до 200 (350)

Установки для електрозварювань:

- ПСО-200 - ПСО-800 (генератори-перетворювачі для однопостової ручної дугової зварки постійним струмом $I_{св} = 200-800$ А.)

- СТН-350-СТН-500 (однополюсні апарати з вбудованим дроселем, призначені для дугової зварки змінним струмом) $I_{св} = 350-500$ А.

Освітлювальні установки - 79% . Це джерела оптичного випромінювання (лампи розжарювання, газорозрядні високого (ДРЛ) і низького (ЛБ) тиску), з відповідною арматурою (світильником ПВЛМ, ЛСП, НСП03, НСП02)

Опромінювальні установки - джерела УФ- і ІЧ- опромінювання в тваринницьких, птахівницьких приміщеннях і застосовуються також в рослинності:

- Э01-30М; ЭОСП (еритемні опромінювачі)
- УОК-1; ИКУФ; "Промінь" (опромінювання і обігрів молодняка);
- ОТ -400; з лампами ДРЛФ -400 для опромінювання рослин.

Системи електропостачання

Із загального числа ТП встановлених в господарствах АПК використовують:

- у тваринництві - 27%
- рослинності - 10%
- підсобні підприємства - 14%

- житлово-побутові навантаження - 49%

Середня потужність встановленого по агропідприємству електроустаткування складає:

- електропривод - до 1350 кВт;
- ЕНУ - до 300 кВт;
- світлотехнічне устаткування - до 60 кВт;
- електрифіковані дома - до 400 кВт
- потужність підстанцій 10/0,4 кВ - 1300 кВт

2. Теплоенергетичне устаткування

Основними генераторами теплоти призначеними для вироблення водяної пари або отримання гарячої води є котельні установки, що складаються з котлів і ряду допоміжних пристроїв, число і характер яких визначаються головним чином потужністю і призначенням котельної:

- опалювальна;
- виробнича;
- опалювально-виробнича.

Головним елементом всіх котельних установок є котел, який характеризується наступними основними параметрами:

- продуктивністю (маса водяної пари, виробленої за 1 годину ; кг/год; т/год);

- тиском(Па, кПа);

- температурою пари °С;

- видом палива, на якому працює котел: тверде (Т), рідке (Ж), газоподібне (Г).

До допоміжних пристроїв відносяться: бойлери, напірні вентилятори, водопаропроводи, під'ємні насоси, повітрязабірники і т.ін.

Основні типи котлів (див. таблицю 1)

Таблиця 1.

Тип	Продуктивність, кг/год	Теплова потужність, кВт	Температура пара, °С	ккд	Вид палива
1.Котли-перетворювачі з надмірним тиском пару до 68,7 кПа					
1.1 КВ-300М(котел-К, водотрубний-В)	400	298	130	85	Ж
1.2Д-721А(Д-димогарножаротрубний)	900	668	115	91	Ж
2.Парові котли з надмірним тиском					
більше 68,7 кПа					
2.1 Котли серії Е (автоматизовані котлоагрегатні) Е-1,0-9Г (МЗК-1Г)	1000	692	174,5	86	Г
2.2Е-1,0-9Ж(МЗК-1Ж)	1000	692	174,5	84	Ж
2.3Е-1/9-1	1000	692	174,5	72,8	т
3. Котли серії ДКВР (2-х барабанні					

водотрубі реконструйовані)					
3.1 ДКВР-2,5-13-250	2500	1,75-10 ³	194,1	86	Г,Ж
3.2 ДКВР-10-13-250	10000	—	194,1	83,5	Е,Ж
4. Котли серії ПТВМ (прямоточний стальний водогрійний котел)					
4.1 ПТВМ-30	30000	30Н) ³	150	88	Г,Ж
4.2 ПТВМ-50	—	50-10 ³	150	87,8	Г,Ж
5. Водогрійні котли низького тиску					
5.1 Энергия-6	1000	—	95	728	ж,г,г
5.2 Универсал-6	1000	---	195	73,1	Ж,Г

Теплогенератори, що є джерелами повітряного опалювання і застосовуються для сушки різних с.г. культур, досушування трави засобом активного вентилявання. Працюють на півному або побутовому паливі і підрозділяються на стаціонарні (ТГ), пересувні (ТГП) і воздухонагрівачі (ВПТ).

ТИП	Теплова потужність, кВт	Об'єм нагр. повітря, м ³ /год	Температура нагрівання, °С	Витрата палива, кг/год	Прим.
1	2	3	4	5	6
1.ТГ-75А	81,3	5300	50-55	8	Стаціонарні
2.ТГ-1А	116,3	5700	60	12	
3.ТГ-2,5	290,8	15400	52	30	
4.ТГП-400	116,3	6000	45	12	Пересувні
5.ТГП-1000	290,8	19500	45	30	
6.ТГП-400	350	25000	50	40	
7.ТГП-600	525	40000	50	60	

Пароводяні калорифери, призначення яких теж, що і електрокалориферів - обігрів приміщень. Теплоносіями в ПК є пара або вода(гаряча). Радіатори ПК можуть бути або коридорного або зигзагоподібного розташування трубок.

Продуктивність ПК визначається за площею поверхні нагріву. Промисловістю випускаються ПК наступних типів:

- КВБ, КЗПП, К4ПП (одноходові, спіральні-навивні);
- КВС-П, КВБ-П, КЗВП, К4ВП (пластинчасті, багатоходові);
- АПВС (агрегати пароводяні).

Основні характеристики АПВС

Тип	Теплова потужність, кВт		Подача по повітрю,
	Пара (Ризб=196кПА)	Вода (t _н =130°C t ₀ =70°C)	
АПВС50-30	58,2	35	3,3

АПВС70-40	79,7	45,4	3,9
АПВС200-140	233	163	13,9

3. Газоенергетичне устаткування

Газоводонагрівачі застосовуються для місцевого опалювання і гарячого водопостачання.

У с.г. широко застосовуються автоматичні газові водонагрівачі (АГВ).

Тип	Теплова потужність, кВт	Тривалість нагріву,мін (від 20°C до 80°C)	Площа опалювання приміщення м2	к.к.д.
АГВ-50М	4,88	55	30-40	70
АГВ-80М	5,23	70	50-60	75
АГВ-120	10,77	60	75-85	75

Газові опалювальні прилади, призначені для місцевого обігріву.

Газовий опалювальний прилад "Вогник" - для опалювання житлових, службових і підсобних приміщень, площею $S = 20\text{ м}^2$ з тепловою потужністю $P_{\text{теп}} = 1860\text{ Вт}$; $t_{\text{тегр.воздуха}} = 70^\circ\text{C}$; $\eta = 80\%$.

Газові пальники інфрачервоного випромінювання ГИИ, призначені для опалювання (місцевого) при безполум'яному спалюванні газу.

Суть роботи - суміш П і Г ретельно перемішується в інжекційному змішувачі 1 і поступає в розподільну камеру 2 і проходить через блок керамічних плиток 3 з великою кількістю каналів (до 2000) малого діаметру (від 0,8 до 1,6 мм). Проходячи по каналах, суміш підігрівається до температури займання і згорає на самій поверхні керамічного екрану, утворюючи рівне короткофакільне полум'я. Зовнішня поверхня керамічних плиток розжарюється до температури $800-900^\circ\text{C}$. Велика частина теплоти (близько 60%), що виділяється в зоні горіння, передається в навколишнє середовище у вигляді променистої енергії короткого діапазону (15-0,76 мкм) ІЧ-області випромінювання (звідси і назва приладу).



Рис. 1

Тип	Теплова потужність, кВт	Витрата газу, м ³ /ч	Надмірний тиск газу, кПА
ГИИВ-1	2,8-5,25	0,28-0,53	0,59-1,96
ГИИВ-1А	2,6-4,7	0,1-0,18	1,47-1,57
ГИИ-19А	7,45	0,75	1,28
"Зірочка"	1,8-3,15	0,18-0,32	0,49-1,57

На цьому ж принципі працюють газові брудери і конвектори.

4. Холодильно-компресорне устаткування

Хладонові (фреонові) холодильні машини (ФХ-100; ХФМ-16 з $R_{\text{хн}} = 18,6$ кВт); (ХМ-ФВ-20; ХМ-ФУ з $R_{\text{хн}} = 17,5 - 95,5$)

Аміачні автоматизовані холодильні машини

$$\left. \begin{array}{l} \text{ХМ} - \text{АВ} - 22 \\ \text{ХМ} - \text{АУ} - 45 \\ \text{ХМ} - \text{АУУ} - 90 \end{array} \right\} \text{ з } R_{\text{хн}} = 17,5 - 105 \text{ кВт}$$

На тваринницьких фермах для отримання "крижаної води" для охолодження молока

- 1) Холодильні установки МХУ-8С $R_{\text{хн}} = 9,3$ кВт.

$$2) \quad \left. \begin{array}{l} \text{ТОМ} - 2\text{А} \\ \text{СМ} - 1200 \\ \text{КСА} - 500 \\ \text{УВ} - 100 \\ \text{АВ} - 30 \end{array} \right\} V = \left. \begin{array}{l} 2000 \text{ л} \\ 1200 \text{ л} \\ 500 \text{ л} \\ 100 \text{ л} \end{array} \right]$$

- 3) Охолоджувально-пастеризаційна установка

ОПУ-3М з $Q=3000 \text{ л/ч}$

ОПФ-1-20 при $t=76 \pm 2^\circ\text{C}$ витримка = 20с

ОПФ-1-300 $t_{\text{выд}}=300\text{с}$

- 4) Холодильні агрегати

ФАК 5)

5)

- 5) Холодильні машини

ИФ-49

АКФВ-4М (з водяним охолодженням конденсатора).

5. Устаткування водопостачання

Погружні насоси ПЭДВ-2,8-144(Р_н) (D-діаметр двигуна) до ПЭДВ-65-270 Автонапувалки :

АГК-12(групова пересувна напувальна установка з $V=3\text{м}^3$) -поїння тварин на пасовищі.

АГК-4А (групова автонапувалка для КРС безпривязного утримання).

АП-1 ;ППС-1 -індивідуальні напувалки.

ПБС-1;ПБП-1 (соскові напувалки)

ГАО-4 (групові напувалки).

Водопідіймальні машини і установки

1) плаваючі насоси (ЦМВП-40 з $Q=4\text{л}^3/\text{ч}$; $H_{\text{п}}$ = до 40 м)

2) поршневі насоси (ПНП-1М,2М,3М)

3) вихрові насоси

4) диафрагмені насоси.

6. Технічні засоби автоматизації

За призначенням засоби автоматизації поділяються на декілька груп:

- засоби вимірювання, контролю і регулювання температури;
- засоби вимірювання, контролю і регулювання тиску, розрідження і перепаду тиску;
- засоби вимірювання, контролю і регулювання витрати і кількості рідин та газів;
- засоби вимірювання, контролю і регулювання рівня речовин;
- засоби для визначення складу і властивостей газів, рідин, твердих і сипучих речовин;
- засоби для вимірювання і дозування мас та ін.

Контрольні питання

1. За якими видами енергії класифікується ЕО? Наведіть приклади для кожного виду.
2. Які основні типи електрокалориферів та їх потужності?
3. Які основні генератори теплоти використовуються для вироблення водяної пари або отримання гарячої води?
4. Для чого призначені газові опалювальні прилади?

Тема 14. Технічна експлуатація силових трансформаторів

1. Технічне обслуговування пристроїв регулювання напруги.

1. Технічне обслуговування пристроїв регулювання напруги.

При зволоженні ізоляції обмоток у процесі монтажу, а також після капітального ремонту трансформатора з повною або частковою заміною обмоток або ізоляції вони підлягають сушінню. Сушити трансформатори можна різними методами, але при будь-якому з них на видалення вологи з ізоляції впливають такі фактори: **перепад тисків; перепад вологи; перепад температур.**

У першому випадку, чим нижчий тиск середовища, у якому відбувається сушіння, тим інтенсивніший цей процес. Тому сушіння у вакуумі більш сприятливе. Найбільш довершеним є сушіння у спеціальних вакуумних шафах з глибоким вакуумом (приблизно 93,31 МПа), але в умовах сільської електрифікації воно не знаходить застосування, бо потребує складного дефіцитного обладнання.

У другому випадку волога в процесі сушіння переміщується від більш зволжених шарів ізоляції до менш зволжених і сухих.

У третьому випадку волога під час сушіння переміщується від більш нагрітих місць до менш нагрітих.

При нормальному тиску особливого значення набуває третій фактор. Сушіння ізоляції протікає найбільш сприятливо, якщо напрями потоків тепла і вологи співпадають.

Оскільки волога переміщується звичайно із внутрішніх шарів ізоляції у зовнішні, а потім видаляється в атмосферу, бажано мати для сушіння джерело живлення всередині самого трансформатора.

В умовах експлуатації набули поширення найбільш економічні і зручні методи сушіння ізоляції трансформаторів: **втратами у власному баку (індукційний метод) і струмами нульової послідовності.** У першому і другому випадках трансформатори сушать на місці їх установки при будь-якій температурі. При цьому масло з баків необхідно злити.

Сушіння втратами у власному баку (індукційний метод)

доцільне для трансформаторів III габариту і вище. Нагрівання відбувається за рахунок втрат у баку, для чого на бак трансформатора намотують намагнічувальну обмотку, звичайно ізольованим проводом з кроком між витками 5-6 мм. Якщо застосовують голий провід, то його намотують на дерев'яні рейки з кроком між витками не меншим ніж 20 мм. Для більш рівномірного розподілення температури всередині бака більшу частину витків намагнічувальної обмотки («2/3») розташовують на нижній половині бака. Для запобігання нерівномірному навантаженню живильної мережі намагнічувальну обмотку виконують трифазною, з'єднаною в "зірку", при цьому фази обмотки розташовують одна над одною по висоті бака. Середню фазу намотують назустріч крайнім. Для зменшення викривлення фазних напруг намагнічувальну обмотку доцільно виконати з різним числом витків: крайні фази - 1,3 ш, середню фазу - 0,4 ш розрахованого значення. У цьому випадку розподілення струмів по фазах намагнічувальної обмотки майже рівномірне.

Провід для обмотки може бути вибраний будь-який. Число її витків

$$\varpi = \frac{UA}{l},$$

де U - напруга джерела струму, В;

A - коефіцієнт, який характеризує втрати (табл. 4);

l - периметр бака, м.

Значення A визначають залежно від питомих втрат потужності ΔP

$$\Delta P = k_{\tau} \frac{F}{F_0} (\vartheta_k - \vartheta_0),$$

де k_{τ} - коефіцієнт тепловіддачі, для утепленого бака $k_{\tau}=5$, для неутепленого

$$k_{\tau} = 12 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2 \cdot \text{C}^0};$$

F - площа поверхні бака трансформатора, м^2

- F_0 - площа поверхні бака, на якій розташована обмотка, м^2 ; $\vartheta = 105^{\circ}\text{C}$ - температура нагрівання бака;
- ϑ_0 - температура навколишнього середовища, $^{\circ}\text{C}$.

Таблиця 4

Значення величини A від питомих втрат ΔP

ΔP	A	ΔP	A	ΔP	A
0,75	2,33	1,1	1,92	1,8	1,59
0,80	2,26	1,2	1,84	2,0	1,54
0,90	2,12	1,4	1,74	2,5	1,42
1,0	2,02	1,6	1,65	5,0	1,34

Сила струму в обмотці де $\cos \varphi$ - коефіцієнт потужності, рівний 0,5-0,7 для трансформаторів з гладкими чи трубчастими баками; 0,3 - для трансформаторів з ребристими баками.

Чим товстіші стінки бака і масивніші деталі зовнішнього кріплення, тим вище значення $\cos \varphi$.

Температуру нагрівання трансформатора регулюють, змінюючи підведену напругу, число витків намагнічувальної обмотки або періодично вимикаючи її живлення.

Як зазначалося вище, сушіння активної частини трансформатора у власному баку індукційними втратами для трансформаторів I і II габариту недоцільне. Причиною є недостатня товщина стінки бака і, відповідно, недостатня величина втрат, що виділяються. Кращі результати для трансформаторів I і II габаритів дає сушіння у власному баку струмами нульової послідовності

Сушіння струмами нульової послідовності (СНП) відрізняється від попереднього методу тим, що намагнічувальною служить одна з обмоток трансформатора, яка з'єднана за схемою, вказаною на рис. 1. У трансформаторів, які застосовуються в сільському господарстві, частіше нульова група з'єднання

обмоток. У цьому випадку дуже зручно використовувати як намагнічувальну обмотку нижчої напруги з виведеною нульовою точкою.

- площа поверхні бака, на якій розташована обмотка, m^2 ; $t = 105^\circ C$ температура нагрівання бака;
- температура навколишнього середовища, $^\circ C$.

Сила струму в обмотці

$$I = \frac{\Delta P \cdot F_0}{U \cdot \cos \varphi},$$

де $\cos \varphi$ - коефіцієнт потужності, рівний 0,5-0,7 для трансформаторів з гладкими чи трубчастими баками; 0,3 - для трансформаторів з ребристими баками.

Чим товстіші стінки бака і масивніші деталі зовнішнього кріплення, тим вище значення $\cos \varphi$.

Температуру нагрівання трансформатора регулюють, змінюючи підведену напругу, число витків намагнічувальної обмотки або періодично вимикаючи її живлення.

Як зазначалося вище, сушіння активної частини трансформатора у власному баку індукційними втратами для трансформаторів I і II габариту недоцільне. Причиною є недостатня товщина стінки бака і, відповідно, недостатня величина втрат, що виділяються. Кращі результати для трансформаторів I і II габаритів дає сушіння у власному баку струмами нульової послідовності

Сушіння струмами нульової послідовності (СНП) відрізняється від попереднього методу тим, що намагнічувальною служить одна з обмоток трансформатора, яка з'єднана за схемою, вказаною на рис. 1. У трансформаторів, які застосовуються в сільському господарстві, частіше нульова група з'єднання обмоток. У цьому випадку дуже зручно використовувати як намагнічувальну обмотку нижчої напруги з виведеною нульовою точкою.

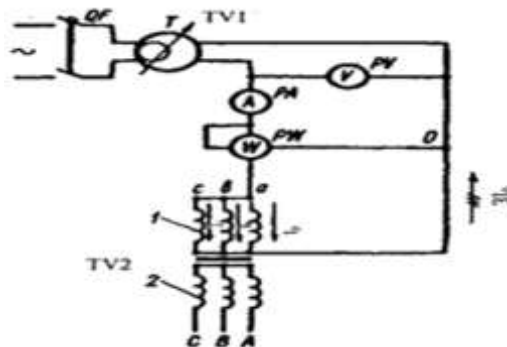


Рис. 1.14. Схема сушіння трансформатора струмами нульової послідовності: 1 і 2 - відповідно обмотки нижчої та вищої напруги; (У - автоматичний вимикач; ТУ - однофазний індукційний регулятор.

Нагрівання відбувається за рахунок втрат потужності в намагнічувальній обмотці, сталі магнітопроводу, його конструктивних деталях і в баку, тобто за рахунок внутрішніх і зовнішніх джерел тепла. Таке сушіння відбувається двома способами: струмом к.з. і втратами у власному баку. Параметри сушіння

визначають таким чином. Потужність, яка споживається намагнічувальною обмоткою, кВт:

$$\check{P}_0 = \Delta PF,$$

де ΔP - питомі втрати потужності (для трансформаторів без теплової ізоляції бака, сушіння яких протікає при температурах активної частини 100-110°C і навколишнього середовища 10-20°C, $\Delta P = 0,65 \dots 0,9$ кВт/м²; для трансформаторів меншої потужності це значення нижче).

При з'єднанні намагнічувальної обмотки зіркою підведена напруга, кВ:

$$U = \sqrt{\frac{P_0 Z_0}{3 \cos \varphi}},$$

де - повний опір нульової послідовності фазної обмотки, Ом (можна визначити дослідним шляхом за схемою рис. 1.14).

Чим вища потужність трансформатора, масивніші деталі його внутрішнього кріплення, товщі стінки бака, менша відстань між магнітопроводом і баком, тим більше значення, яке також можна знайти дослідним шляхом.

Контрольні питання

1. Які фактори впливають на видалення вологи з ізоляції при сушінні трансформаторів?
2. Як переміщується волога в процесі сушіння з точки зору вологості шарів ізоляції?
3. Для трансформаторів яких габаритів сушіння індукційними втратами є недоцільним та чому?
4. Яка група з'єднання обмоток частіше зустрічається у трансформаторів, що застосовуються в сільському господарстві, та як це впливає на вибір намагнічувальної обмотки?

Тема 15. Технічна експлуатація повітряних та кабельних ліній електропередачі

1. Огляди повітряних ліній.
2. Комплекс випробувань для забезпечення надійної роботи кабельних ліній.

1. 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 і степових 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.

2. Комплекс випробувань для забезпечення надійної роботи кабельних ліній.

Поширення загнивання по перерізу деталі має різний характер і чітко визначити діаметр d_e дуже важко. Тому при оцінці стану деревини користуються наближеними методами.

При зовнішньому загниванні деталі за результатами замірів визначають середній розмір загнивання b_{cp} і зовнішній діаметр деталі зменшується на подвійну величину B_c •

$$b_{cp} = \frac{b_1 + b_2 + b_3}{3},$$

$$d_e = D_s - 2b_{cp},$$

$$d_{доп} \cong d_e \sqrt{\frac{k}{3,5}} = C d_e,$$

де $b_{доп}$ - допустимий діаметр;

$d_e - d_{cp}$ - еквівалентний діаметр (розрахунковий) опори або приставки в небезпечному перерізі, см; k - допустимий запас міцності в небезпечному перерізі; C - коефіцієнт зносу. Допустимі значення запасу міцності та коефіцієнта зносу наведено в табл. 1.

Для ПЛ 6-20 кВ мінімальне допустиме значення $d_{доп}$ береться: для стояків і приставок - 12 см; для траверс - 10 см.

Для ПЛ 0,38 кВ значення $d_{доп}$ наведено в табл. 2.

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.

Визначення d_e для деталей з внутрішнім загниванням трохи складніше. При повному внутрішньому загниванні (рис. 1.а) або при кільцевому (рис.1.б) залежність механічної міцності деталі від товщини частини, що не загнила, має складний характер.

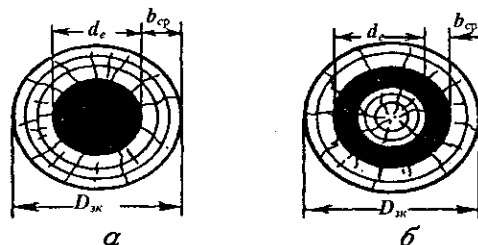


Рис. 1. Умовний переріз деталі дерев'яної опори: а - при повному внутрішньому загниванні; б - при частковому внутрішньому загниванні

Допустимі запаси міцності і коефіцієнти зносу деталей опор в
небезпечному перерізі

Деталь опори	Сосна, дуб, модрина		Ялина	
	к	С	к	С
Одностоякові опори (стояки і приставки)	1,4	0,75	2,0	0,85
П- і А-подібні опори (стояки, приставки, підтраверсні бруски)	1,2	0,70	1,4	0,75
Траверси всіх типів опор	1,4	0,75	-	-

Таблиця 2

Розрахункові і найменші допустимі діаметри основних деталей опор ПЛ 0,38 кВ

Тип опори	Марка проводу (число проводів на опору)	Діаметр приставки (стояка) біля землі, см	
		Розрахунковий	Найменший допустимий
Одностоякова	До 9 проводів А50(5) і ПСО(4)	23	17
А-подібна кінцева	Те ж	24	17
А-подібна кутова	Те ж	26	18

З метою спрощення методики розрахунку σ_e умовно задаються, що міри 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 {овнішнього незагнилого шару , середню товщину гнилого шару деревини B_{cp} і діаметр незагнилої серцевини ядра δ_{e2} •

Момент опору загнилих деталей 1У, що мають у перерізі форму кільця, визначається за формулою:

$$W = \frac{\pi}{32} \left(\frac{D_{\text{жк}}^4 - d_{\text{жк}}^4}{D_{\text{жк}}} \right) \cdot k,$$

де o - зовнішній діаметр кільця;

$\sigma_{\text{жк}}$ - внутрішній діаметр кільця;

k - поправочний коефіцієнт. Момент опору рівномічних деталей із деревини, що не загнила, дорівнює:

$$W = \frac{\pi}{32} d_e^3 \approx 0,1 d_e^3,$$

$$d_e = \sqrt[3]{\left(\frac{D_{\text{жк}}^4 - d_{\text{жк}}^4}{D_{\text{жк}}} \right) k}$$

Залежності еквівалентного діаметра при різному ступені загнивання від моментів опору $и/ = ОД \cdot \wedge^3$ наведено на графіках рис. 2.

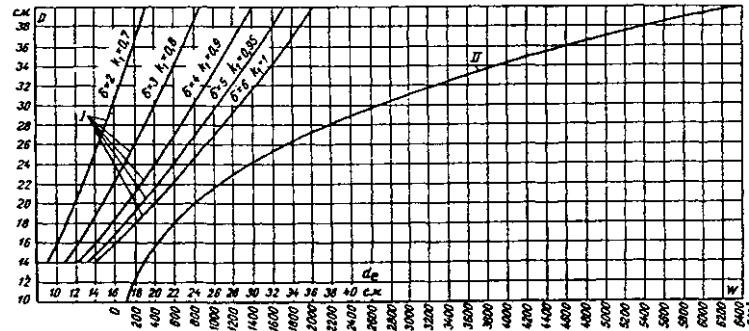


Рис. 2. Криві залежності еквівалентних діаметрів і моментів опорів

Приклади користування методом відбракування деревини при I внутрішньому загниванні подано нижче.

Приклад 1. Пасинок із зовнішнім діаметром у небезпечному (перерізі $\mathcal{L}$) $=30$ см має повне внутрішнє загнивання в тому ж перерізі (рис. 1.a).

Мінімально допустимий діаметр пасинка $\wedge_{\text{тип}}=19$ см.

Виміри дають: 3/10; 4/10; 5/10, де в чисельнику вказано, на якій глибині (у сантиметрах) від поверхні починається внутрішнє загнивання, а в знаменнику - на якій глибині воно закінчується.

У місці загнивання є наскрізна поздовжня тріщина. Оскільки в даному випадку повне внутрішнє загнивання, то переріз здорової частини має форму кільця. Середня товщина здорової частини деоевини:

$$\delta_{\text{cp}} = \frac{3+4+5}{3} = 4 \text{ см.}$$

Приклад 2. Пасинок із зовнішнім діаметром у небезпечному перерізі $p = 26$ см має неповне внутрішнє кільцеве загнивання в тому ж перерізі (рис. 1.6). Мінімально допустимий діаметр пасинка $\text{ci}_{\text{тип}}= 18$ см.

Виміри дають: 2/5; 3/6; 4/7.

Оскільки загнивання внутрішнє неповне, переріз здорової частини має форму кільця з ядром у центрі. Середня товщина зовнішнього шару.

$$\delta_{\text{cp}} = \frac{2+3+4}{3} = 3 \text{ см.}$$

За кривою I (рис. 2) для $\mathcal{L} = 3$ см і $o = 26$ см знаходимо еквівалентний діаметр для кільця 18 см.

У даному випадку враховується також міцність здорової серцевини (ядра).

Діаметр її:

$$d_c = 26 - \frac{5+6+7}{3} \cdot 2 = 14 \text{ см.}$$

За кривою II (рис. 3.2) знаходимо для $\text{ci}_e = 18$ см $\backslash U_e = 580 \text{ см}^3$; для $\wedge = 14$ см $y/_e = 280 \text{ см}^3$.

Для визначення еквівалентного діаметра ci_a перерізу у формі кільця і ядром необхідно знайти його момент опору. Його знаходять наближено як суму $y/_e$ і $\backslash \mathbb{X}_c$, тобто 860 см^3 .

За тією ж кривою II для $\rho_0 = 860 \text{ см}^3$ знаходимо відповідний діаметр $d = 20,5 \text{ см}$, який виявляється більшим мінімально допустимого. Таким чином, пасинок не треба заміняти.

Перевірка стану залізобетонних опор і приставок. У процесі виготовлення, транспортування і експлуатації в залізобетонних опорах і приставках можуть утворюватися тріщини. Незначні тріщини безпечні, а в більші може попадати волога, що призведе до корозії арматури і різкого зниження механічної міцності опори.

Перевірку стану залізобетонних опор і приставок здійснюють ювнішнім оглядом не рідше ніж раз на шість років. При цьому звертають увагу на наявність раковин, відколів і тріщин. Особливу увагу приділяють юні земля-повітря, де можуть виникати пошкодження, зумовлені механічними навантаженнями або в результаті протікання струмів тмикання на землю при пробіі ізолятора. Вимірювання ширини тріщин проводиться спеціальним щупом, а розмірів відколів і тріщин - спеціальною лінійкою. Розкриття тріщин в опорах з ненапруженою арматурою допускається до 0,2 мм, на один метр довжини опори не повинно бути більше ніж шість тріщин. Для опор, виготовлених із застосуванням попередньо напруженої арматури, розкриття тріщин не допускається.

Товщина захисного шару бетону повинна бути не менша ніж 10 мм. Для визначення товщини захисного шару і зміщення каркасу арматури користуються приладом контролю арматури ПКА-1М або АІ-15. Візуально перевіряють положення, кріплення і стан антикорозійного покриття траверс і відтяжок.

Одночасно з перевіркою стану залізобетонних приставок перевіряють їх кріплення зі стояком опори (дротяні бандажі, хомути). Відхилення стояків опор від вертикалі вздовж і впоперек осі ПЛ понад нормовані значення не допускаються.

Перевірка стану заземлюючих пристроїв. З часом опір заземлюючих пристроїв може змінитися. В основному це відбувається через несталість питомого опору ґрунту, що залежить від вмісту вологи в ґрунті. Крім того, може змінюватися площа перерізу заземлювачів і заземлюючих провідників внаслідок їх руйнування від корозії або механічного пошкодження.

Заземлюючі пристрої оглядають і вимірюють їх опір один раз на шість років, починаючи з дев'ятого року експлуатації. Вибірково розкопують ґрунт, перевіряючи глибину закладання (не менше ніж 0,5 м, а в ріллі 1 м), а також розміри інших заземлювачів і заземлюючих провідників.

Опір заземлюючих пристроїв на ПЛ 6-20 кВ для залізобетонних, металевих і дерев'яних, а також залізобетонних і металевих опор у населеній місцевості при питомому опорі ґрунту ρ (Ом-м) до 100 - 10 Ом; від 100 до 500 - 15 Ом; від 500 до 1000 - 20 Ом; понад 1000 - 30 Ом, а для електрообладнання, встановленого на опорах ліній 6-20 кВ - 10 Ом.

Опір кожного з повторних заземлювачів нульового проводу на ПЛ-0,38 кВ не повинен перевищувати 30 Ом.

Значення опору заземлюючого пристрою не повинно перевищувати нормоване ПУЗ більше ніж на десять відсотків. Опір заземлюючих пристроїв

слід контролювати в періоди найменшої провідності ґрунту: літом - при найбільшому просиханні, взимку - при найбільшому промерзанні. Результати перевірки і вимірювань опору заземлювачів заносять у відомість.

Для надійного захисту ПЛ-0,38 кВ з глухозаземленою нейтраллю, з метою забезпечення автоматичного вимикання аварійної ділянки, один раз на п'ять-шість років вимірюють опір петлі "фаза-нуль". При цьому визначають величину струму короткого замикання між фазами і заземлюючими провідниками. Цей струм повинен мати визначену кратність відносно номінального струму плавкої вставки або розчіплювача автомата з'єднання, яке захищається.

Для захисту ПЛ-0,38 кВ запобіжниками струм короткого замикання повинен перевищувати номінальний струм плавкої вставки не менше ніж у три рази, а при захисті автоматичними вимикачами - у 1,25-1,4 разу струм спрацювання максимального вимикача.

Перевірку проводять для найвіддаленіших і найпотужніших електроприймачів, але не менше ніж для десяти відсотків їх загальної кількості.

Це можна зробити за допомогою приладу типу М417, а також ИПЗ-2М, ИТК-1 тощо. Виміри здійснюють без вимикання напруги живлення ПЛ. Опір заземлюючих пристроїв вимірюють спеціальними приладами типу МС-08 і М416.

Перевірка відстані від проводів до поверхні землі або різних об'єктів. При експлуатації ПЛ проектні габарити їх можуть бути порушені внаслідок витягання з плином часу проводу, вислизання проводу із підтримуючого затискача при нерівномірному навантаженні в сусідніх прогонах і витягання проводів з болтових натяжних затискачів, нахилу опор, зміни розмірів опори під час ремонту або переміщення її на нове місце тощо. Тому для перевірки відповідності фактичних габаритів ПЛ їх вимірювання провадяться відповідно до ПУЗ та Інструкції по експлуатації повітряних ліній електропередач напругою вище 1000 В.

Габарити можна вимірювати без вимикання ліній або із зняттям напруги. У першому випадку вимірювання провадять за допомогою кутомірних приладів або ізольованих штанг і капронового каната. Для вимірювань на вимкнених лініях можуть бути використані звичайні рулетки або мотузки, як кутомірні прилади - теодоліти. Вимірювання за допомогою геодезичних або спеціальних оптичних кутомірних інструментів слід проводити відповідно з інструкціями щодо використання цих приладів.

Перевірка стріли провисання проводів може бути проведена шляхом окомірного візування. При цьому на стояках двох суміжних опор закріплюють по рейці на відстані (по вертикалі від точки кріплення проводу), що дорівнює величині стріли провисання проводу для прогону і даної температури (за монтажними таблицями), рис. 3.3. Спостерігач розташовується на одній із опор так, щоб його очі були на рівні рейки, і дивиться на рейку, прикріплену на суміжній опорі. Якщо нижня точка провисання проводу знаходиться на прямій лінії, що з'єднує обидві візирні рейки, провід змонтований правильно; якщо ж вона вища або нижча за вказану пряму лінію, провід змонтований з відхиленням від заданого натягу - з перенатягом або недонатягом. У цьому випадку для

визначення фактичної стріли провисання переміщують обидві рейки вгору або вниз до такого положення, коли нижня точка проводу збігається з прямою, яка з'єднує обидві вказані рейки. Величина стріли провисання визначається як середнє арифметичне з відстаней по вертикалі від точки підвішування проводу до кожної рейки.

Контрольні питання

1. Які види оглядів повітряних ліній існують і чим вони відрізняються?
2. У яких випадках виконуються позачергові огляди ПЛ?
3. Як розраховується момент опору для дерев'яних деталей з внутрішнім загниванням?
4. Які методи застосовуються для перевірки стану заземлюючих пристроїв?

Список рекомендованої літератури

1. Лут М. Т. Основи технічної експлуатації енергетичного обладнання АПК / Лут М. Т., Мірошник О. В., Трунова І. М. - Харків : Факт, 2018. - 438 с.
2. Мірошник О. В. Організація технічної експлуатації енергетичного устаткування підприємств АПК / О. В. Мірошник, І. М. Трунова. - Харків : ПП ЧЕРВЯК, 2019. - 128 с.
3. Лут М. Т. Організація і планування технічного обслуговування та ремонту електрообладнання сільськогосподарських підприємств / Лут М. Т., Хоменко І. В., Хоменко Ю. І. -К. : НАУ, 2017. - 59 с.
4. 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» / В.О.Кравченко, Т.С.Вольвач, Г.А.Тимошенко. - Суми, СНАУ, 2023. – 112 с.
5. Єрмолаєв, С. О., Яковлев, В. Ф. (2006). Експлуатація, і ремонт електрообладнання та засобів автоматизації. Київ: Урожай, 334 с.
6. Експлуатація електроустановок: Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / Г.Г. Півняк, А.В. Журахівський, Г.А. Кігель, Б.М. Кінаш, А.Я. Рибалко; Нац. гірн. ун-т, Нац. ун-т "Львів. політехніка". - Д.: НГУ, 2005. - 446 с. - Бібліогр.: с. 438-440.
7. Буряк, В. М. Експлуатація електрообладнання систем електропостачання [Текст] : навчальний посібник / В. М. Буряк. – 2-ге вид., переробл. та випр. – Х. : Тимченко А.М., 2008. – 496 с.
8. Експлуатація кабельних ліній електропередачі: навч. посіб. / М.О. Головатюк, В.О. Леонтьєв, В.А. Видмиш; Вінниц. нац. техн. ун-т. - Вінниця, 2009. - 108 с.
9. Трансформатори. Монтаж, обслуговування та ремонт: навч. посіб. / М.В. Принц, В.М. Цимбалістий. - Л.: Оріяна-Нова, 2007. - 184 с.
10. Савойський, О. Ю., Сіренко, В. Ф., Вольвач, Т. С., Сіренко, Ю. В. (2024). Підвищення надійності районних трансформаторних підстанції за рахунок орнітологічного захисту ліній електропередачі. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наукове фахове видання, 24, Т.2, 130-139. <https://doi.org/10.32782/2078-0877-2024-24-2-11>.
11. Савойський, О. Ю., Фандікова, Л. С. Способи підвищення надійності роботи районних трансформаторних підстанції. Технології XXI сторіччя: Збірник тез за матеріалами 29-ої міжнародної науково-практичної конференції. (Ч2, с. 81-82), 20-22 листопада, 2023, Суми, Україна, СНАУ.
12. Савойський, О. Ю., Клімак, М. С. (2022). Аналіз аварійних відключень живлячих повітряних ліній 110 кВ районної трансформаторної підстанції. Технології XXI сторіччя: Збірник тез за матеріалами 28-ої міжнародної науково-практичної конференції (23-25 листопада 2022 р.). Ч.2. – Суми: СНАУ, 139-140.
13. Савойський, О. Ю., Клімак, М. С. (2022). Аналіз можливих причин пошкоджень високовольтних ліній електропередачі. Технології XXI сторіччя:

Збірник тез за матеріалами 28-ої міжнародної науково-практичної конференції (23-25 листопада 2022 р.). Ч.2. – Суми: СНАУ, 150-151.

14. Савойський, О. Ю., Руденко, Д. М. Щодо необхідності здійснення моніторингу якості електроенергії в мережах 0,4 кВ. Інноваційні технології в Індустрії 5.0: Збірник тез за матеріалами 30-ої міжнародної науково-практичної конференції, Ч.2. (с. 67–68). 21-23 жовтня, 2024. Суми: СНАУ

15. Крекотень, О. А., Савойський, О. Ю., Лисенко, В. В. Використання автоматизованих систем моніторингу силових трансформаторів для підвищення надійності роботи знижувальних підстанцій. Інноваційні технології в Індустрії 5.0: Збірник тез за матеріалами 30-ої міжнародної науково-практичної конференції, Ч.2. (с. 92–93). 21-23 жовтня, 2024. Суми: СНАУ

16. Савойський, О. Ю., Шевель, О. Є., Лисенко, В. В. Використання дронів при виконанні експлуатаційних робіт на ПЛ 6/10 та 0,4 кВ. Інноваційні технології в Індустрії 5.0: Збірник тез за матеріалами 30-ої міжнародної науково-практичної конференції, Ч.2. (с. 94–96). 21-23 жовтня, 2024. Суми: СНАУ

17. 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» / В.О.Кравченко, Т.С.Вольвач, Г.А.Тимошенко. - Суми, СНАУ, 2023. – 112 с.

18. Експлуатація і ремонт електротехнічного обладнання. Методичні вказівки до лабораторної роботи № 3 «Дефектація трифазного асинхронного електродвигуна» для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». - Таврійський державний агротехнологічний університет, 2017. – 15 с.

19. ПУЕ Правила улаштування електроустановок (перше переглянуте, перероблене, доповнене та адаптоване до умов України видання, станом на 21.08.2017).

20. Сіренко, В. Ф., Лисенко, В. В., Майборода, В. Г. Автоматизовані системи контролю та діагностики силових трансформаторів. Інноваційні технології в Індустрії 5.0: Збірник тез за матеріалами 30-ої міжнародної науково-практичної конференції, Ч.2. (с. 69–70). 21-23 жовтня, 2024. Суми: СНАУ

21. Сіренко, В. Ф., Лисенко, В. В., Майборода, В. Г. Аналіз методів діагностування та моніторингу стану силових трансформаторів. Інноваційні технології в Індустрії 5.0: Збірник тез за матеріалами 30-ої міжнародної науково-практичної конференції, Ч.2. (с. 85–87). 21-23 жовтня, 2024. Суми: СНАУ

Савойський Олександр Юрійович
Сіренко Віктор Федорович
Вольвач Тетяна Сергіївна
Лисенко Віта Василівна

Основи технічної експлуатації енергообладнання та засобів керування

Методичні вказівки щодо виконання самостійної роботи

Суми, РВВ, Сумський національний аграрний університет, вул.Г. Кондратьєва, 160

Підписано до друку: січень 2025 р.

Формат А5:

Гарнітура Times New Roman

Тираж: ____ примірників

Замовлення _____ Ум. друк. арк. 4,2
