

**Анатолій Войцицький  
Інна Нездвецька  
Юрій Новосилецький  
Веніамін Мельничук**

## **ДІАГНОСТУВАННЯ ТА ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ**



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЖИТОМИРСЬКИЙ АГРОТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ  
КОЛЕДЖ**

**ДІАГНОСТУВАННЯ ТА ТЕХНІЧНИЙ  
СЕРВІС ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ**

**НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК**

**ЖИТОМИР – 2024**

**УДК 621.38 (075.8)**

**В 51**

*Схвалено на засіданні науково-методичної ради Житомирського агротехнічного фахового коледжу  
Протокол № 4 від 23 січня 2024 р.*

**Рецензенти:**

Гончаренко Ю.П. – к.т.н., доцент, завідувач кафедри електрифікації, автоматизації виробництва та інженерної екології Поліського національного університету

Журавльов В.П. – д. ф/м. н., професор кафедри вищої та прикладної математики Поліського національного університету

Діагностування та технічний сервіс електрообладнання навчальний посібник: / А. П. Войцицький, І. В. Нездвецька, Ю. Л. Новосилецький, В. В. Мельничук.– Житомир : ПП Рута. 196 с.

**ISBN 978-617-581-618-9**

Навчальний посібник «Діагностування та технічний сервіс електрообладнання» спрямований на допомогу у вивченні здобувачами освіти електротехнічних спеціальностей питань діагностування технічного стану енергетичного обладнання з використанням сучасних методів, технічних засобів та систем. Завдання навчального посібника – допомога у засвоєнні основних положень технічного діагностування, сфер його застосування, а також набуття практичних навичок оцінки технічного стану конкретних видів енергетичного обладнання.

© Войцицький А. П.  
Нездвецька І. В.  
Новосилецький Ю. Л.  
Мельничук В. В.  
© ПП «Рута», 2024

## ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	8
Частина 1 ТЕХНІЧНЕ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ	10
Розділ 1 ТЕХНІЧНЕ ДІАГНОСТУВАННЯ. ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ	11
1.1 Загальні відомості	11
1.2 Діагностична термінологія	12
1.3 Основи технічного діагностування	13
1.3.1 Методи діагностування	14
1.3.2 Експлуатаційні показники електрообладнання	16
1.4 Методика дослідження показників діагностування електрообладнання	18
1.4.1 Ймовірність помилки діагностування	19
1.4.2 Ймовірність правильного діагностування та апостеріорна ймовірність помилки діагностування	19
1.4.3 Середня тривалість діагностування	20
1.5 Система управління технічним станом та місце контрольно-діагностичних робіт	20
Розділ 2. НАДІЙНІСТЬ	23
2.1 Базове поняття надійності	23
2.2 Пошкодження та відмови. Класифікація відмов	25
2.3 Надійність технічних об'єктів	26
2.3.1 Показники надійності	27
2.3.2 Підвищення надійності	28
2.3.3 Основні фактори впливу на надійність	29
2.3.4 Інтенсивність відмов	30
2.3.5 Розрахунок надійності за експоненціальним розподілом	31
Розділ 3 ЗАГАЛЬНІ АСПЕКТИ ДІАГНОСТИКИ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ	36
3.1 Загальна інформація	36
3.2 Методи діагностування електрообладнання. Загальні відомості	37
3.3 Технічне діагностування електрообладнання	39
3.4 Застосування методів прогнозування технічного стану електрообладнання. Загальні положення	41
3.5 Достовірність діагностування	46
Розділ 4 ДІАГНОСТУВАННЯ ТРАНСФОРМАТОРНОГО	

ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ	49
4.1 Загальна інформація	49
4.2 Основні дефекти силових трансформаторів	53
4.3 Основні напрями діагностування силових трансформаторів	55
4.4 Діагностування трансформаторного масла	58
4.5 Оцінка зносу ізоляції силових трансформаторів	60
Розділ 5 МЕТОДИ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ЗМІННОГО ТА ПОСТІЙНОГО СТРУМІВ	62
5.1 Загальні відомості	62
5.2 Електроприводи з електромашинами змінного струму	64
5.3 Електроприводи з двигунами постійного струму	66
5.4 Електроприводи з синхронними двигунами	67
5.5 Характеристика експрес-методів діагностування асинхронних двигунів	69
5.5.1 Діагностування асинхронного електроприводу за даними вимірів робочого режиму	71
5.5.2 Метод контролю параметрів електричного двигуна на основі аналізу пускових струмів	72
5.5.3 Аналіз параметричної несиметрії асинхронного двигуна в процесі експлуатації	73
Розділ 6 ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ТА ЇХ ОБЛАДНАННЯ	75
6.1 Електричні мережі	75
6.2 Система моніторингу технічного стану розподільчих електричних мереж	76
6.3 Діагностування повітряних ліній	79
6.3.1 Загальні відомості	79
6.3.2 Діагностики стану опорно-стрижневих ізоляторів і кераміки високовольтних вводів	82
6.3.3 Оцінки стану вентиляційних розрядників	83
6.3.4 Дефектоскопія проводів і грозозахисних тросів повітряних ліній електропередачі	85
6.3.5 Тепловий метод діагностики повітряних ліній	86
6.3.6 Ультразвукова діагностування опор повітряних ліній	88
Розділ 7 СУЧАСНІ МЕТОДИ ДІАГНОСТУВАННЯ	91
7.1 Розробка блок-схем алгоритмів діагностування	91
7.1.1 Графічне представлення алгоритмів діагностування	91
7.1.2 Вибір етапів діагностування електроустаткування	92

7.2	Моделювання компонентів електроустаткування	94
7.3	Мехатронні системи діагностування	95
7.4.	Підготовка алгоритму пошуку несправностей і діагностики.	
	Бінарні системи діагностики	97
	Частина 2 ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ	101
	Розділ 1 ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС ПОСЛУГ	102
1.1	Основні завдання системи сервісу	102
1.2	Основні поняття та визначення теорії технічної експлуатації.	
	Нормативна, технічна та експлуатаційна документація	103
1.2.1	Основні поняття та визначення теорії технічної експлуатації	104
1.2.2	Технічна та експлуатаційна документація	106
1.3	Організація технічного сервісу	113
	Розділ 2 ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ	115
2.1	Загальні питання технічного обслуговування	115
2.2	Види технічного обслуговування	117
2.3	Організація технічного обслуговування і ремонту електрообладнання	118
2.4	Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів	122
	Розділ 3 ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТРАНСФОРМАТОРІВ	124
3.1	Загальні відомості	124
3.2	Випробування трансформаторів	126
3.3	Порядок проведення технічного обслуговування силових трансформаторів	127
3.3.1	Обслуговуванні масляного трансформатора	131
3.3.2	Обслуговування сухого трансформатора	133
	Розділ 4 СИСТЕМА ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ	136
4.1	Загальна інформація	136
4.2	Технічне обслуговування електричних мереж	137
4.3	Повітряні лінії електропередачі напругою 0,4-20 кВ, трансформаторні підстанції 6-20/0,4 кВ і розподільні пункти 6-20 кВ	141
4.3.1	Експлуатаційне обслуговування електричних мереж напругою 0,4-20 кВ	141
4.3.2	Капітальний ремонт ПЛ 0,4-20 кВ	143
4.3.3	Капітальний ремонт ТП напругою 6-20/0,4 кВ	

розподільних пунктів напругою 6-20 кВ	144
Розділ 5 ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН	146
5.1 Загальні відомості	146
5.2 Обсяг робіт по технічному обслуговуванню й ремонту електромашин постійного	147
5.3 Обсяг робіт по технічному обслуговуванню й ремонту електромашин змінного струму	152
5.4 Обсяг робіт по технічному обслуговуванню й ремонту електромашин широкого застосування	154
5.5 Приймально-здавальні випробування і підготовка до пуску	159
Розділ 6 ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ АПАРАТІВ КЕРУВАННЯ ТА ЗАХИСТУ	161
6.1 Загальна інформація	161
6.2 Перевірка електромагнітних автоматичних вимикачів	164
6.3 Перевірка теплових розчіплювачів автоматичних вимикачів	166
6.4 Технічне обслуговування апаратів керування і захисту	167
6.4.1 Технічне обслуговування плавких запобіжників	167
6.4.2 Технічне обслуговування автоматичних вимикачів	169
6.4.3 Технічне обслуговування магнітних пускачів	170
6.4.4 Технічне обслуговування електротеплових реле	172
6.5 Поточний ремонт апаратів керування та захисту	174
Розділ 7 ПОВІРКА ТА РЕМОНТ ЛІЧИЛЬНИКІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ	176
7.1 Загальні відомості	176
7.2 Періодичні повірки	178
7.3 Позапланова повірка	179
7.4 Повірка лічильників електроенергії для юридичних осіб	180
7.5 Повірка лічильників електроенергії для фізичних осіб	180
7.6 Ремонт лічильників	181
ГЛОСАРІЙ	184
СПИСОК ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ	188
ДОДАТКИ	191

## ПЕРЕДМОВА

*Згідно з теорією інформації, один з найбільш об'єктивних показників, що дозволяють чисельно оцінити корисність (інформативність) отриманої ознаки – діагностична цінність.*

Одним з головних завдань господарств, які пов'язані з електропостачанням та активним його використанням, є підтримка електрообладнання обладнання в працездатному стані в умовах наростання темпів і обсягів його старіння.

Так, значна більшість потребує його модернізації, оскільки значна частина експлуатованого устаткування вже вичерпала свій ресурс і потребує поетапної реконструкції, оновлення або заміни. Тому підтримка працездатності, підвищення ефективності використання наявного електрообладнання обладнання та застосовування нових методів діагностування його технічного стану є одним з актуальних завдань.

Стан електроустаткування, що виконує функцію електропостачання, багато в чому визначає ефективність основного виробництва.

Вихід з ладу (відмова) устаткування системи електропостачання може спричинити небезпеку для життя людей, розлад складного технологічного процесу, масовий недовідпуск продукції і інший матеріальний збиток.

Тому основною метою експлуатації електроустаткування є забезпечення необхідного рівня його надійності впродовж терміну служби, а для цього необхідно своєчасно проводити діагностування та сервісні послуги.

*Метою діагностування є забезпечення раціональної експлуатації електрообладнання при заданих показниках надійності й скорочення витрат на його технічне обслуговування та ремонт.*

Ця мета досягається шляхом управління технічним станом електрообладнанням в процесі експлуатації, що дозволяє виконувати технічне обслуговування та ремонт відповідно до даних діагностування.



*Основне завдання технічного діагностування* – отримання достовірної інформації про технічний стан електрообладнання в процесі експлуатації.

Воно вирішується на основі вимірювання, контролю, аналізу й обробки кількісних і якісних показників значень параметрів електрообладнання, а також шляхом управління обладнанням відповідно до алгоритму діагностування.

Безпечна та ефективна робота електрообладнання у першу чергу залежить від стратегії організації профілактичних та ремонтних робіт.

Технічний рівень електроремонтних підприємств, як правило, нижче відповідного показника, характерного для електромашинобудівних заводів, з кількох причин: в системі підприємств електромеханічної промисловості електроремонтні підприємства не є основними, тобто базовими, і їм уваги приділяється менше; в структурі інших галузей промисловості немає реальних можливостей створити умови, хоча б частково відповідають умовам електромашинобудівних заводів.

Все це змушує удосконалити або реорганізувати структуру управління підрозділами, або відповідними підприємствами технічного сервісу, на зразок провідних країн світу.

Тому основна ціль сервісних послуг – забезпечити максимальну ефективність експлуатації електрообладнання і звести до мінімуму витрати на відновлення працездатності техніки.

Зазначена ціль досягається за рахунок своєчасної кваліфікованого діагностування технічного стану складових електрообладнання – на підставі яких приймаються рішення щодо профілактики, ремонту, експлуатації без ремонту, заміни складових частин тощо.

І як наслідок технічний сервіс – один із найбільш прогресивних видів комплексних послуг споживачу.

У підсумку можна зауважити, що за обсягом і змістом матеріалу навчальний посібник орієнтований більшою мірою на широке коло фахівців, які будуть пов'язані з діагностуванням та сервісом електрообладнання.

Автори висловлюють подяку рецензентам за слушні зауваження та поради, спрямовані на вдосконалення навчального посібника.

# **Частина I**

## **ТЕХНІЧНЕ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ**

---

---



- Розділ 1 ТЕХНІЧНЕ ДІАГНОСТУВАННЯ. ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ**
- Розділ 2 НАДІЙНІСТЬ**
- Розділ 3 ЗАГАЛЬНІ АСПЕКТИ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ**
- Розділ 4 ДІАГНОСТУВАННЯ ТРАНСФОРМАТОРНОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ**
- Розділ 5 МЕТОДИ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ЗМІННОГО ТА ПОСТІЙНОГО СТРУМІВ**
- Розділ 6 ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ТА ЇХ ОБЛАДНАННЯ**
- Розділ 7 СУЧАСНІ МЕТОДИ ДІАГНОСТУВАННЯ**

# Розділ I

## ТЕХНІЧНЕ ДІАГНОСТУВАННЯ. ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ

### *Загальні відомості*

*Основні методи діагностування*

*Основи технічного діагностування*

*Методи діагностування*

*Експлуатаційні показники електрообладнання*

*Методика дослідження показників  
діагностування електрообладнання*

### **1.1 Загальні відомості**

Найбільш ефективним підходом до діагностування технічного стану технологічних систем є безперервний автоматичний контроль, тобто моніторинг стану обладнання. Цей підхід легко реалізувати за допомогою вбудованих засобів моніторингу та діагностування, які можуть бути реалізованими як на етапі проектування та створення, так і в результаті до оснащення вже діючого технологічного обладнання.

Обсяги впровадження та результуючий економічний ефект підтверджує перспективність таких систем. Аналіз причин виникнення та прояву дефектів різних типів електрообладнання свідчить про те, що технічний стан кожного з них характеризується як індивідуальними, так і спільними ознаками.

Для кожного типу обладнання характерні свої типові дефекти, які багаторазово трапляються в процесі експлуатації. Об'єднавши всі дефекти й ознаки їх появи в окремі групи, отримаємо структуру діагностування електрообладнання, яка складається з трьох рівнів і підсистем:

1. Перевірки функціонування електрообладнання.
2. Виявлення дефектів при експлуатації.
3. Оцінки та прогнозування працездатності.

При цьому кожний наступний рівень використовує результати попередніх.

При розробці системи діагностування для забезпечення взаємодії об'єкта і засобу діагностування мають бути вирішені такі завдання:

- техніко-економічне обґрунтування вибору виду і призначення системи діагностування; аналіз фізичних процесів, що відбуваються в об'єкті діагностування, для виявлення механізмів виникнення та ознак прояву пошкоджень і дефектів;
- збирання і вивчення апріорних даних про характерні пошкодження і дефекти аналогічних виробів або їхніх складових частин;
- вибір методу діагностування; розробка моделі об'єкта діагностування;
- розробка алгоритму діагностування; розробка конструктивних вимог до об'єкта діагностування для забезпечення його діагностування і розробка відповідної технічної документації;
- вибір і розробка засобів діагностування;
- розробка пристроїв спряження об'єкта і засобів діагностування;
- розробка експлуатаційної і ремонтної документації для діагностування;
- випробування системи діагностування.

## **1.2 Діагностична термінологія**

*Діагностування* – контроль технічного стану складових частин технічного об'єкту за діагностичними параметрами, зовнішніми ознаками з потрібною точністю. При цьому технічний об'єкт не підлягає розбиранню. Знімання окремих деталей для приєднання приладів не є розбиранням.

*Діагноз* – висновок про технічний стан електрообладнання або її складової частини.

*Параметр* – якісна характеристика (міра), що пояснює властивості складових частин електрообладнання або процесу (явища).

Значення параметра характеризується кількісною мірою, воно може бути номінальним, нормальним, допустимим і граничним.

*Номінальне (розрахункове) значення параметра* — показник максимально ефективного використання складових частин електрообладнання за техніко-економічними показниками.

Цей показник служить початком відліку відхилень, як правило, він має бути характерним для нових і капітально відремонтованих машин після їх обкатування.

*Нормальне значення параметра* — показник, що не виходить за межі допустимого значення параметра.

*Допустиме значення параметра* — показник, при якому забезпечується безвідмовна нормальна робота машини при допустимих техніко-економічних показниках без виконання ремонтно-обслуговуючих операцій.

*Граничне значення параметра* — показник, при якому подальше використання електрообладнання в роботі недоцільне за техніко-економічними показниками.

При досягненні граничних значень, хоча б одного з параметрів, подальше використання машини недопустиме через інтенсивність зношування її складових частин.

*Ресурсний параметр* — параметр, що позначає фізичну величину, зміна якої вище граничного значення обумовлює втрату працездатності електрообладнання через вичерпання ресурсу.

*Прогнозування* — визначення залишкового ресурсу (терміну служби складальної одиниці) до моменту досягнення граничного стану основних, параметрів, зазначених у технічних вимогах.

### **1.3 Основи технічного діагностування**

*Технічне діагностування* є частиною технологічного процесу обслуговування і ремонту електрообладнання. Його проводять при введенні електрообладнання в експлуатацію, технічному обслуговуванні і ремонті.

За результатами діагностування приймають рішення про доцільність подальшої експлуатації обладнання, визначають терміни його роботи до чергового поточного чи капітального ремонту або необхідність постановки на ремонт; визначають вид ремонту. При технічному обслуговуванні діагностуванням

визначають якість роботи окремих складальних одиниць, механізмів і систем.

Результати діагностування служать для визначення переліку розбирально-складальних, регулювально-налагоджувальних і інших робіт, які необхідно виконати при технічному обслуговуванні.

Діагностуванням забезпечується контроль у процесі виконання ремонтно-обслуговуючих робіт, оцінюється якість технічного обслуговування і ремонту машин за їхнім дійсним технічним станом.

Своєчасне діагностування за дійсним технічним станом виключає передчасне виконання розбирально-складальних і регулювальних операцій, а також заміну деталей з недовикористаним ресурсом.

Несвоєчасне діагностування, проведене пізніше ніж того вимагає дійсний технічний стан машин, призводить до збільшення обсягу ремонтно-обслуговуючих робіт, витрат запасних частин, часу простою машин в обслуговуванні і ремонті за рахунок появи аварійного зношування деталей і передчасних відказів – знижується ефективність використання електрообладнання.

Основною метою впровадження технічного діагностування є збереження високої надійності електрообладнання, як комплексної характеристики їх безвідказності, довговічності та ремонтпридатності.

Основним завданням технічного діагностування є: перевірка робоздатності електрообладнання в цілому або його складових частин, виявлення дефектів, збір вихідних, даних для прогнозування залишкового ресурсу.

Завдяки технічному діагнозу, встановленому при діагностуванні, приймають рішення про можливість подальшого використання електрообладнання, обсяг робіт з технічного обслуговування чи ремонту.

### **1.3.1 Методи діагностування**

Діагностування електрообладнання і його складових частин здійснюється *суб'єктивними* (органолептичними) і *об'єктивними* (інструментальними) методами.

До *суб'єктивних методів* відносяться:

- зовнішній огляд;
- прослуховування;
- прощупування;
- випробування;
- простукування;
- послідовне виключення з роботи окремих елементів системи;

- перевірка на запах тощо.

За допомогою *суб'єктивного* діагностування перевіряють:

- зовнішнім оглядом – стан ущільнень, витік палива, мастила, охолодної і гальмівної рідини, електроліту, пошкодження зовнішніх деталей;

- прослуховуванням – удари, стукоти, шуми й інші звуки, що відрізняються від нормальних робочих;

- прощупуванням – місця нагрівання деталей і рухомих спряжень, температурні режими, які відрізняються від робочих;

- випробуванням – роботу елементів системи електроустаткування і гідравлічну систему.

*Суб'єктивним* діагностуванням в основному визначають якісне відхилення від норми в роботі електрообладнання.

Ці методи дозволяють виявляти з допустимою похибкою причини відказів і втрати працездатності машин.

Для визначення кількісних змін параметрів технічного стану електрообладнання, що змінюються в часі в зв'язку зі зношуванням деталей вдаються до *об'єктивного діагностування*, тобто діагностуванню за допомогою спеціального обладнання і приладів.

Технічні засоби можуть бути вмонтовані в електрообладнання і приєднуватись до неї. До вмонтованих відносяться датчики, щиткові покажчики, сигнальні світлові індикатори, лічильник наробітку тощо. станції, ручні комплекти, окремі прилади і пристосування.

*Об'єктивні* (інструментальні) методи діагностування використовують для вимірювання параметрів технічного стану електрообладнання, користуючись при цьому діагностичними

При обслуговуванні масляного трансформатора його:

- оглядають зовні і усувають виявлені дефекти;
- чистять ізолятори, бак і радіатори;
- видаляють бруд з розширювача;
- доливають масло;
- перевіряють мастилопоказчик, спусковий кран і ущільнення, надійність контактних з'єднань;
- беруть пробу масла, проводять випробування і вимірювання.

Для переміщення при монтажі і ремонті трансформатор закріплений сталевими катками.

Магнітопроводи набирають із ізольованих між собою (для зменшення сили від вихрових струмів) листів холоднокатаної електротехнічної сталі товщиною 0,35 – 0,5мм. У якості міжлистової ізоляції частіше всього застосовуються лаки, які після нанесення на метал і запікання утворюють плівку з високими ізоляційними властивостями, механічно прочну і малостійку.

Обмотки виконують із мідного або алюмінієвого проводів круглого або прямокутного перерізу. У якості ізоляції проводів використовують кабельний папір, а також бавовняну пряжу.

В процесі огляду перевіряють герметичність ущільнень. Якщо вона порушена і є течі мастила між кришкою і баком або фланцевими з'єднаннями, то підтягають гайки. Якщо ж це не допомагає, ущільнення замінюють новими, з мастилостійкої гуми. Бак трансформатора і радіатори очищають від пилу і мастила, ізолятори протирають бензином. Видаляють бруд з розширювача і перевіряють роботу мастилопоказчика.

При необхідності доливають мастило. Необхідно пам'ятати, що температура мастила, що доливається повинна відрізнитися від температури мастила в трансформаторі не більше ніж на 5°C. Потім перевіряють повітряосушувач. Якщо індикаторний силікагель має рожевий колір, його замінюють новим (блакитним).

Силікагель для повторного використання відновлюють шляхом сушки:



- індикаторний – при 100 - 120 °С протягом 15 - 20 год. (до яскраво-блакитного кольору),

- гранульований — при 400 - 500 °С протягом 2 год.

Перезарядка термосифонного фільтру виконується, якщо кислотне число масла – 0,1мг КОН (за наслідками випробування проби мастила). Для цього зливають мастило з розширювача, знімають кришку фільтра, а потім грати з силікагелем. Вживаний силікагель замінюють свіжим, сухим. Встановивши кришку, заливають мастило в розширювач, заздалегідь випустивши повітря з фільтру через пробку на його кришці.

Мастило доливають до відповідної відмітки на мастилопоказчику розширювача залежно від температури мастила, яку контролюють термометром, встановленим на кришці бака. У корпус оправи термометра також заливають трансформаторне мастило.

### **3.3.2 Обслуговування сухого трансформатора**

Сухі трансформатори набули широкої популярності завдяки своїм позитивним характеристикам. Заміна масляних трансформаторів на сухі трансформатори несе з собою багато переваг.

*По-перше* – використання сухих трансформаторів економічно вигідно. З огляду на їхню високу пожежну безпеку трансформаторні пункти можна розміщувати максимально близько до споживачів електроенергії. При цьому значно знижуються втрати при передачі електро-енергії в мережах низької напруги.

*По-друге* – з'являється унікальна можливість встановлення трансформаторів в районах з джерелами водопо-стачання і підвищеними екологічними вимогами, а також встановлювати їх в метрополітені, поруч з АЕС, тощо.

Сухі трансформатори не вимагають трудомісткого технічного обслуговування: відпадає необхідність в таких роботах з технічного обслуговування, як герметизація, відновлення захисту баків від корозії, очищення масла.

Трансформатори з ізоляцією епоксидною смолою вимагають тільки повітря для охолодження. Немає необхідності контролювати рівень масла і очищати його.

Сухі трансформатори справляються з коротко час-ними піками навантаження, наприклад, при пуску двигунів. Кожна енергетична установка повинна перебувати під ретельним увагою, а також піддаватися періодичним перевіркам і профілактичним оглядам. Так, в сухому трансформаторі повинен забезпечуватися повний контроль над струмовідводами. Сильний перегрів струмовідвідного роз'єму за короткий період виводить обмотки з нормального робочого режиму. В таких ситуаціях не допоможуть навіть спеціальні струмознімання, яким характерний великий показники потужності резерв, оскільки відвід тепла дуже поганий. Монолітні обмотки трансформатора сухого типу виробляються за технологією «глибокий вакуум». Важливо знати, що показник розширення обмоток і литого ізоляційного матеріалу різні

Трансформатори сухого типу найбільше схильні до утворення мікротріщин. Мікротріщини є причиною тліючих розрядів через те, що при високій напрузі опір на конкретній ділянці занадто маленьке. Даний процес набирає згодом обертів і переходить в освіту замикання між витками і шарами. У підсумку, одна невелика тріщина призводить до повного вигорання силових обмоток і ось до чого знеструмлення електролінії.

На сьогоднішній день в процесі виготовлення трансформаторів розпізнати дані мікроскопічні тріщини на обмотці дуже складно. Очевидних причин для виникнення пошкоджень, що призводять до тліючим розрядами, немає. Час, за яке виникають подібні проблеми, довгий і нерідко доходить до декількох місяців. При цьому основна частина коефіцієнта корисної дії витрачається на нагрів обмотки з ушкодженнями. Більш того, навіть застосування спеціальних способів дослідження литих обмоток високоефективними пристроями дуже рідко дає плоди.

Отже, сухий трансформатор відрізняється найбільшими вимогами, які необхідно дотримуватися при експлуатації, в порівнянні з масляним типом обладнання.

Багато проблем, що виникають під час експлуатації, можуть бути вирішені безпосередньо власником трансформатора. Втручання автоматичного захисту можливе внаслідок безлічі інших причин. Слід переконатися у відсутності інших несправностей (коротких замикань і так далі) перед будь-якими новими спробами повернути трансформатор в експлуатацію.

Дуже важливо тримати в нормі температуру експлуатації, оскільки вихід за межі режиму призводить до утворення дефектів на ізоляційному матеріалі. Не менш важливо забезпечити правильну температуру і при зберіганні пристроїв. При обслуговуванні сухого трансформатора необхідно потрібно упевнитися у відсутності механічних пошкоджень обмоток, ізоляторів і інших частин трансформатора.

Після закінчення обслуговування заміряють опір ізоляції обмоток трансформатора  $R_{60}''$  і визначають коефіцієнт абсорбції:

$$K_{обс.} = R_{60}'' / R_{15}'' , \quad (3.1)$$

де  $R_{60}''$  – опір ізоляції через 60с;

$R_{15}''$  – опір ізоляції через 15с після початку вимірювання) мегомметром на 2500 В. Опір ізоляції вимірюють між кожною обмоткою і корпусом і між обмотками.



### Запитання для самоперевірки

1. Які існують види випробування трансформаторів?
2. Що роблять при обслуговуванні трансформаторів?
3. У якій спосіб здійснюються обслуговування масляних та сухого трансформаторів?

## **Розділ 4**

# **СИСТЕМА ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ**

### *Загальна інформація*

*Технічне обслуговування електричних мереж*

*Забезпечення технічного обслуговування  
та ремонту*

*Повітряні лінії електропередачі напругою 0,4-20 кВ,*

*трансформаторні підстанції 6-20/0,4 кВ*

*і розподільні пункти 6-20 кВ*

*Капітальний ремонт*

### **4.1 Загальна інформація**

*Електрична мережа або електромережа* – взаємозв'язана мережа, та призначена для постачання та розподілу електричної енергії від постачальників до кінцевих споживачів.

До складу електричних мереж входять наступні основні об'єкти:

- повітряні лінії (ПЛ) електропередач напругою 0,4-20 кВ;
- трансформаторні підстанції (ТП) напругою 6-20/0,4 кВ, розподільних пунктів (РП) напругою 6-20 кВ;
- повітряні лінії електропередач (ПЛ) напругою 35-150 кВ;
- кабельні лінії електропередач (КЛ) напругою 0,4-150 кВ;
- електричні підстанції напругою 35 кВ і вище;
- повітряні лінії електропередач (ПЛ) напругою 220-800 кВ;
- виробничі будівлі і споруди;
- засоби релейного захисту і автоматики;
- засоби диспетчерського і технологічного управління.

Система технічного обслуговування та ремонту електричних мереж передбачає виконання комплексу робіт, які проводяться з визначеною періодичністю і послідовністю, скерованих на забезпечення справного стану електричного обладнання, його надійної та економічної експлуатації при оптимальних трудових і матеріальних витратах.

Комплекс робіт, в основному, включає в себе:

- чітко організоване технічне обслуговування електричного обладнання;
- встановлення оптимальної періодичності проведення капітальних ремонтів електричного обладнання;
- впровадження прогресивних форм організації та управління ремонтом електричного обладнання;
- впровадження спеціалізації ремонтних робіт;
- контроль якості виконання робіт в процесі ремонту;
- своєчасне забезпечення ремонтних робіт матеріалами, запчастинами і комплектуючим обладнанням;
- аналіз параметрів технічного стану обладнання до і після ремонту.

#### **4.2 Технічне обслуговування електричних мереж**

Технічне обслуговування електричних мереж (далі – технічне обслуговування) є методом обслуговування, при якому виконуються всі необхідні роботи комплексу робіт, спрямовані на підтримання працездатності та запобігання передчасному спрацюванню елементів об'єкта електричних мереж, що досягається оглядами, виконанням профілактичних перевірок і вимірювань та окремих видів робіт із заміною спрацьованих деталей та елементів електричних мереж, усуненням пошкоджень.

*Капітальний ремонт* електричних мереж (далі – капітальний ремонт) – це метод ремонту, при якому одночасно виконується комплекс заходів, спрямованих на підтримання або відновлення їх початкових експлуатаційних характеристик, що досягається ремонтом спрацьованих деталей і елементів або заміною їх на надійніші та економічніші, що в свою чергу, значно поліпшить експлуатаційні характеристики об'єктів.

Забезпечення технічного обслуговування та ремонту, підтримання в працездатному стані електричних мереж покладено на енергопостачальні компанії (далі – Обленерго), Державне підприємство Національна енергетична компанія “Укренерго” та його відособлені одиниці – електроенергетичні системи, а саме – підрядні організації залучаються для виконання великих обсягів капітального ремонту і реконструктивних робіт, пов'язаних з масовою заміною

основних елементів ПЛ, ТП, РП, КЛ, або аварійно-відновних робіт.

*Для забезпечення проведення капітального ремонту, технічного обслуговування* доцільно створювати ремонтно-виробничі бази (РВБ), ремонтно-механічні станції (РМС), ремонтно-експлуатаційні пункти (РЕП), а також запаси обладнання і матеріалів на випадок проведення аварійно-відновних робіт (АВР).

*Технічне обслуговування та ремонт об'єктів електричних мереж* – доцільно проводити комплексним методом. Їх виконання групується в комплекси за номенклатурою і періодичністю. Виконання робіт при цьому проводять бригади централізованого обслуговування, які виконують повний обсяг робіт на об'єкті.

При комплексному проведенні робіт засоби механізації і персонал концентруються на ремонтваному об'єкті. Метод комплексного проведення робіт при експлуатаційному обслуговуванні електричних мереж дозволяє:

1. Перейти від вибіркового і сезонних робіт до планомірного і впорядкованого ведення експлуатаційного обслуговування.

2. Підвищити продуктивність праці персоналу за рахунок виключення невиробничих витрат часу на підготовчо-заклучні операції (підготовку інструменту і матеріалів, організацію робочих місць, вимкання і вмикання електроустановок), переходи і переїзди, підвищення рівня механізації робіт шляхом концентрації механізмів на об'єкті.

3. Скоротити загальний час ремонту і технічного обслуговування, в тому числі простоювання об'єктів електромереж у вимкненому стані.

4. Підвищити рівень технічного керівництва, поліпшити організацію і умови праці персоналу, контроль за дотриманням заходів з техніки безпеки,

5. Забезпечити якість робіт, виявлення і ліквідацію дефектів обладнання, елементів і споруд електричних мереж.

6. Рационально використати трудові та матеріальні ресурси.

Бригади централізованого обслуговування повинні бути забезпечені:

- Автотранспортом, спецмеханізмами та машинами, засобами механізації, захисту, такелажем, інструментом та інвентарем.

- Засобами зв'язку.

Необхідність технічною документацією та інструкції:

1. Комплексом споруд (склади, майстерні, гаражі, лабораторії тощо). Спецмеханізми, машини, пристрої та інше обладнання закріплюються за бригадами, які цими механізмами постійно користуються. Відповідальний за їх технічний стан, своєчасний ремонт і випробовування несуть підрозділи Обленерго та відособлені підрозділи електроенергетичної системи. Вибір методу ремонту і технічного обслуговування проводиться на базі техніко-економічного обґрунтування з урахуванням місцевих умов, в тому числі забезпечення матеріальними ресурсами, засобами механізації, транспорту, кваліфікації і кількості персоналу та інших факторів.

2. Періодичність і тривалість ремонту і технічного обслуговування об'єктів електричних мереж встановлюється нормативно-технічною документацією в залежності від технічного стану об'єкта, місцевих умов експлуатації.

3. При ремонті і технічному обслуговуванні об'єктів електричних мереж необхідно виконувати вимоги нормативних, технологічних та конструкторських документів.

4. Повітряні лінії електропередачі напругою 35 кВ і вище – Інструкція з експлуатації. Кабельні лінії напругою до 35 кВ і вище. Інструкція по експлуатації.

5. Технологічними картами та картами організації праці також відповідними схемами. Відповідальність за організацію технічного обслуговування і ремонту електричних мереж напругою 0,4-150 кВ несе керівництво Обленерго.

Відповідальність за організацію технічного обслуговування і ремонту електричних мереж напругою 220-800 кВ несуть відособлені підрозділи Державного підприємства "Національна енергетична компанія "Укренерго".

Для цього потрібно виконувати:

1. Багаторічні (перспективні) та річні плани, графіки ремонту і технічного обслуговування об'єктів електричних мереж напругою 0,4 – 150 кВ розробляють відповідні виробничі служби РЕМ та виробничо-експлуатаційні служби Обленерго, погоджують і затверджують з їх керівництвом, а електричних мереж напругою 220 – 800 кВ – відособлені підрозділи Державного підприємства "Національна енергетична компанія "Укренерго".

2. Плани матеріально-технічного постачання повинні відповідати планам і графікам ремонту та технічного обслуговування об'єктів електричних мереж.

3. Виконання робіт з ремонту та реконструкції на об'єктах електричних мереж, які знаходяться на сільськогосподарських угіддях, слід проводити за погодженням із землекористувачем.

Роботи з технічного обслуговування та ліквідації аварій, або ліквідації аварійної ситуації на об'єкті, яка загрожує життю людей, дозволяється проводити в будь-який час, без погодження із землекористувачем. Після закінчення робіт виконавець зобов'язаний привести земельні угіддя до попереднього стану. Завдані збитки під час проведення даних робіт землекористувачеві відшкодовує власник об'єкта.

*Для забезпечення оперативної ліквідації аварійних ситуацій в електричних мережах* необхідно створити аварійний запас електроустаткування, матеріалів і виробів.

Обсяг аварійного запасу та умови його зберігання і поповнення визначається на базі нормативних документів "Норми аварійного запасу устаткування та матеріалів для магістральних електричних мереж напругою 220-750 кВ" ГКД 34.10.383, "Норми аварійного запасу електроустаткування, будівельних конструкцій та матеріалів для електричних мереж напругою 0,38-150 кВ" ГКД 34.10.384.

Вартість ремонтів і технічного обслуговування на електрооб'єктах визначається кошторисами, складеними на базі нормативних документів «Норми часу на ремонт і технічне обслуговування електричних мереж» ГКД 34.05.834, т.т. 1-6, а саме:



- том 1 – повітряні лінії напругою 0,4 – 150 кВ, трансформаторні підстанції напругою 6 – 20/0,4 кВ, розподільні пункти напругою 6 – 20 кВ;

- том 2 – повітряні лінії напругою 35 – 150 кВ;

- том 3 – кабельні лінії напругою 0,4 – 35 кВ;

- том 4 – повітряні лінії напругою 220 – 750 кВ;

- томи 5, 6 – капітальний, поточний ремонт і технічне обслуговування ремонт обладнання електричних підстанцій напругою 35 кВ і вище.

На роботи, які не вказані в вищезазначених документах, кошториси складаються на базі державних норм і розцінок на будівництво, монтаж та ремонтні роботи електричного обладнання або місцевих норм часу та калькуляцій. Для визначення вартості проведення ремонтів і ТО електричних мереж доцільно використовувати автоматизовану систему розрахунку кошторисно-фінансової документації на базі вищеназваних нормативних документів.

### **4.3 Повітряні лінії електропередачі напругою 0,4 – 20 кВ, трансформаторні підстанції 6 – 20/0,4 кВ і розподільні пункти 6 – 20 кВ**

Експлуатаційне обслуговування електричних мереж напругою 0,4 – 20 кВ полягає в організації технічного обслуговування і капітального ремонту. Об'єктом електричних мереж, який підлягає експлуатаційному обслуговуванню, слід вважати:

- повітряну лінію напругою 0,4 кВ;

- повітряну лінію електропередачі напругою 6 – 20 кВ;

- трансформаторну підстанцію 6 – 20/0,4 кВ;

- розподільний пункт 6 – 20 кВ.

При технічній можливості підприємство електричних мереж може приймати за об'єкт електричних мереж всі ПЛ напругою 0,4 кВ від одного ТП 6 – 20/0,4 кВ, всі ТП 6 – 20/0,4 кВ від однієї ПЛ 6 – 20 кВ тощо.

### 4.3.1 Експлуатаційне обслуговування електричних мереж напругою 0,4-20 кВ

Обслуговування як правило, виконує структурний підрозділ Обленерго – районне підприємство електричних мереж (РЕМ). Технічне обслуговування повітряних ліній електропередачі 0,4–20 кВ, трансформаторних підстанцій 6–20/0,4кВ і розподільних пунктів 6–20 кВ повинно проводитись, виходячи з результатів огляду конкретного об'єкта, за висновком начальника (головного інженера) РЕМ.

Таблиця 4.1 – Перелік робіт

Назва роботи	Термін проведення
1. Періодичний огляд ТП, РП 1.1 Огляд всіх об'єктів електромонтерами 1.2 Огляд об'єктів, які є в плані капремонту,	Не менше ніж 1 раз на 12 місяців Річний графік Упродовж року
2. Позачергові огляди після вимкнення короткого замикання	
3. Вимірювання навантажень і напруги на трансформаторах та лініях, що від них відходять	1 раз на рік
4. Вимірювання опору ізоляції трансформатора	1 раз на рік
5. Вимірювання опору заземлюючого пристрою	
6. Заміна дефектних елементів	
7. Відбір проб масла, доливання масла в апарати. Контроль за температурним режимом масла	
8. Ревізія контактних з'єднань	
10. Перевірка стану запобіжників та автоматичних вимикачів	
11. Перевірка наявності трансформаторного масла в апаратах	
12. Чищення і змащення робочих контактів роз'єднувачів, ВН, автоматичних вимикачів, рубильників, дугогасильних камер	1 раз на рік
13. Прогрівання кабельних воронок з доливанням мастики	1 раз на рік

Перелік робіт, які виконуються при технічному обслуговуванні ПЛ напругою 0,4-20 кВ, наведений в таблиці 4.1 див додаток А., а перелік робіт, які виконуються при технічному обслуговуванні трансформаторних підстанцій напругою 6-20/0,4 кВ і розподільних пунктів 6-20 кВ (табл. 4.1)

Результати оглядів, перевірок, вимірювань заносяться в листки оглядів (перевірок), які наведені в додатку 40. В листку оглядів майстер вказує терміни і спосіб ліквідації несправностей. Несправності, які потребують термінової ліквідації, заносяться у відповідні “Журнали дефектів”, в яких майстер вказує термін і спосіб ліквідації несправностей, а після ліквідації – дату ліквідації.

#### **4.3.2 Капітальний ремонт ПЛ 0,4-20 кВ**

1. Капітальний ремонт ПЛ 0,4-20 кВ на залізобетонних опорах необхідно проводити 1 раз на 10 років.

2. Капітальний ремонт ПЛ 0,4-20 кВ на дерев'яних опорах повинен виконуватись 1 раз на 5 років.

Якщо ПЛ складається з дерев'яних і залізобетонних опор і перевагу складають дерев'яні опори, то капітальний ремонт повинен проводитись 1 раз на 5 років.

Конкретні терміни проведення ремонтів встановлюються в залежності від технічного стану електро-об'єкта і наявних матеріально-технічних ресурсів. Пріоритетність об'єктів при плануванні ремонтів встановлюється із врахуванням вимог і надійності електропостачання (категорійності) споживачів.

Комплекс робіт з технічного обслуговування передбачає

1. Розчищення траси від кущів, звалених дерев.
2. Вирубування дерев, що загрожують падінням на проводи.
3. Встановлення відбійних тумб.
4. Заміна опор, стояків траверс, підкосів, приставок.
5. Встановлення приставок та підкосів.
6. Заміна проводів.
7. Перетягування проводів до житлових будинків і виробничих будівель та споруд (встановлення і заміна з'єднувачів, ремонтних муфт, бандажів).
8. Встановлення приставок до стійок опор, підкосів.

9. Перенесення опор та закріплення опор в слабких ґрунтах.
10. Регулювання, ремонт та заміна роз'єднувачів, кабельних муфт, грозозрядників.
11. Заміна та встановлення додаткових заземлень.
12. Встановлення додаткових опор для підсилення ПЛ.
13. Заміна ізоляторів по всій довжині ПЛ.
14. Вирівнювання опор по всій довжині ПЛ.
15. Встановлення подвійного кріплення проводів.
16. Встановлення додаткових траверс, гаків та ізоля-торів.
17. Заміна траверс.
18. Заміна заземлюючих спусків і заземлювачів.
19. Заміна відгалужень на вводах та виконання глухого кріплення проводів.

#### **4.3.3 Капітальний ремонт ТП напругою 6-20/0,4 кВ та розподільних пунктів напругою 6-20 кВ**

Капітальний ремонт проводиться 1 раз на 5 років.

Перелік робіт, які виконуються при капітальному ремонті трансформаторних підстанцій, розподільних пунктів напругою 6-20/0,4 кВ:

1. Очищення, ремонт і фарбування металевих конструкцій, корпусів обладнання, шаф, панелей, щитів РП.
2. Ремонт або заміна обладнання, збірних шин, блокувальних пристроїв.
3. Заміна обладнання ТП, РП та ремонт.
4. Заміна щитів КТП, КСО, ЩО.
5. Заміна і ремонт вводів напругою 0,4-10 кВ.
6. Встановлення, заміна і ремонт заземлюючих пристроїв, заміна заземлюючих провідників;
7. Заміна і ремонт засобів телемеханіки, зв'язку, релейного захисту і автоматики.
8. Демонтаж незадіяного і пошкодженого обладнання;
9. Зміна силових трансформаторів після проходження ними капітального ремонту в ремонтних майстернях, заводах.
10. Заміна і ремонт будівельної частини ТП, РП.

Закінченням капітального ремонту об'єкта електричних мереж вважається момент ввімкнення його в мережу, якщо при

ввімкненні під напругу не виникла відмова.



### **Запитання для самоперевірки**

---

---

1. Які основні об'єкти входять до складу електричних мереж?
2. Капітальний ремонт електричних мереж...
3. Для забезпечення проведення капітального ремонту потрібно...
4. Що необхідно для забезпечення оперативної ліквідації аварійних ситуацій в електричних мережах ?
5. Об'єктом електричних мереж, який підлягає експлуатаційному обслуговуванню, слід вважати...
6. Що передбачає комплекс робіт з технічного обслуговування?

## **Розділ 5**

### **ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН**

#### *Загальні відомості*

*Обсяг робіт по технічному обслуговуванню й ремонту електромашин*

*Обсяг робіт по технічному обслуговуванню й ремонту електромашин широкого застосування*

Для підтримки тривалої працездатності електричних машин велике значення має їх технічне обслуговування в міжремонтні періоди. До технічного обслуговування допускається фахівці в обов'язки яких входить стежити за температурним режимом машини, станом її щіткового контакту, колектора і контактних кілець, вібрацією, станом підшипників і їх мастила.

#### **5.1 Загальні відомості**

Для підтримки тривалої працездатності електричних машин велике значення має їх технічне обслуговування в міжремонтні періоди. Найважливішою умовою правильної експлуатації електричних машин є своєчасне проведення планово-попереджувальних ремонтів і періодичних профілактичних випробувань.

Профілактика огляду електричних машин відповідно до системи планово-попереджувальних ремонтів через певні проміжки часу проводять планові огляди, перевірки (випробування) і різні види ремонту.

За допомогою системи планово-попереджувальних ремонтів електричні машини підтримують у стані, що забезпечує їх нормальні технічні параметри, частково запобігають випадки відмов, поліпшують технічні параметри машин при планових ремонтах у результаті модернізації.

Для підтримки тривалої працездатності електричних машин велике значення має їх технічне обслуговування в міжремонтні періоди.

До технічного обслуговування допускається фахівець в обов'язки якого входить стежити за температурним режимом

машини, станом її щіткового контакту, колектора і контактних кілець, вібрацією, станом підшипників і їх мастила тощо.

## **5.2 Обсяг робіт по технічному обслуговуванню й ремонту електромашин постійного струму**

### *Підготовка та перевірка перед використанням*

У першу чергу потрібно та необхідно:

1) очистити двигун від пилу, щіткового порошку та бруду;  
2) перевірити опір ізоляції двигуна. Зазвичай він не повинен бути меншим за 0,5 МОм. Якщо він нижчий ніж 0,5МΩ, його потрібно висушити перед використанням;

3) чи гладка та чиста поверхня коммутатора – разі виявлення механічних пошкоджень або слідів іскрового опіку комутатор необхідно відремонтувати;

4) чи щітки не зношені занадто коротко, чи достатній тиск щіткотримача та чи відповідає положення щіткотримача нормам. Щітку потрібно замінити, якщо вона не відповідає вимогам, – відповідно до встановленого розміру та моделі.

### *Підтримка двигуна постійного струму в робочому стані*

Для двигуна (генератора) постійного струму в експлуатаційному режимі необхідно проводити діагностування та регулярне технічне обслуговування, щоб вчасно виявити ненормальні умови роботи, усунути дефекти обладнання та забезпечити тривалу безпечну роботу двигуна, а для цього:

1) Під час роботи двигуна слід перевіряти: температуру, вібрацію, звук і комутацію кожної частини, зміну кольору від перегріву та запах горілої ізоляції.

2) Якщо система циркуляції масла перебуває під тиском, вона також повинна перевіритися на відповідність тиску масла та температури масла, що надходить і виходить, зазначеним вимогам. Як правило, температура масла на вході повинна бути менше 40 градусів, а температура масла на виході повинна бути менше або дорівнювати 65 градусам.

3) Потрібно перевірте звук кожної рухомої частини за допомогою палички для прослуховування та зверніть увагу на те, чи є інші звуки тертя між ротором і статором, крім електромагнітного звуку та звуку вентиляції.

4) Для точок з'єднання та ізоляторів основного ланцюга живлення необхідно звернути увагу на те, чи немає специфічного запаху, від перегріву, наприклад, горіння ізоляції.

5) Для закритої системи охолодження потрібно звернути увагу на температуру води та повітря, а також перевірити, чи є в охолоджувачі витік води та конденсація, а також чи заблокована мережа додаткового повітря.

6) Завжди потрібно зверти увагу на значення струму та напруги двигуна щоб не перевантажувати. Для системи постійного струму з пристроєм перевірки ізоляції необхідно регулярно перевіряти її ізоляцію на землю.

7) Потрібно перевірити, чи нормальний колір оксидної плівки на поверхні колектора, чи є іскра між щіткою та комутатором, накопичення вугільного порошку та мастила на поверхні колектора та пил на щіткотримачі та щіткотримачі.

8) Перевірте, чи краї щіток не сколені і не зношені до мінімально допустимої довжини.

9) Перевірте, чи добре з'єднання щітки з щіткотримачем, а не застрягли та не хитаються в щіткотримачі.

10. Перевірте, чи комутатор не зношений нерівномірно, чи нерівність перевищила допустиме значення, і чи немає між листами опуклості слюди, яка викликає вібрацію щітки.

*Типові несправності та методи обслуговування двигунів постійного струму.*

Двигун постійного струму не запускається – можлива причина несправності:

1) Двигун не підключено до відповідної напруги або відсутність її від джерела живлення.

2) Схема обмотки збудження є розімкненою.

3) Щітки мають поганий контакт.

4) Не достатній струм під час запуску.

*Методи та навички обслуговування*

Для цього потрібно:

1) за допомогою мультиметра, виміряти наявність вихідної напруги блока живлення, і при потребі відновити його робоздатність.

2) Перевірити, чи не перегорів запобіжник ланцюга живлення, також дію пристрою захисту від перевантаження.



Якщо пристрою захисту спрацював, його слід скинути після визначення причини, а потім перезапустити двигун.

3) Надмірне навантаження є однією з важливих причин, чому двигун постійного струму не запускається. Спочатку поверніть муфту двигуна або ведучий шків вручну, щоб перевірити, чи може він гнучко обертатися. Якщо двигун перевантажений або застряг, причину слід знайти в механічній трансмісії та відремонтувати механічне обладнання; якщо сам підшипник двигуна пошкоджений і застряг, необхідно розкрити двигун і замінити підшипник такого ж типу.

4) Після запуску двигуна постійного струму швидкість обертання ротора занадто висока або занадто низька, і це супроводжується сильними іскрами

*Можлива причина несправності:*

1) Якір і обмотки збудження мають наявність короткого замикання або розриву.

2) Навантаження двигуна послідовного збудження занадто мале.

3) Послідовна обмотка збудження змінюється на протилежну.

*Методи та навички обслуговування*

Для цього потрібно:

1) перевірити, при необхідності відрегулювати положення щітки.

Перегрів двигуна при його нормальному навантаженні можливий через погіршення охолодження (пошкодження крил вентилятора, засмічення вентиляційних каналів і отворів) або при збільшенні температури довкілля вище 400С.

Нагрів двигунів визначають термометром або спеціальними вбудованими приладами, що встановлюються на двигунах потужністю більше 100 кВт.

За відсутності таких приладів нагрів двигунів зазвичай перевіряють на дотик рукою. Якщо дуже гаряче, вимірюють переносним термометром, краще спиртовим, що не має погрешності в магнітному полі.

Активну частину термометра щільно обгортають алюмінієвою фольгою і притискають до місця виміру на

поверхні двигуна, а зверху місце ізоляції накривають теплоізоляційною ватою.

Перевірка стану колектора і контактних кілець.

Нормальна робота електричної машини постійного струму в значній мірі залежить від стану колектора, який вимагає ретельного догляду.

При обертанні на колектор осідає вугільний і металевий пил, забруднюючи його щітковий контакт, що наводить до іскріння в зоні зіткнення щіток з пластинами колектора, викликаючи нагар на його ковзаючій поверхні. Підвищене іскріння може призвести до виникнення на поверхні колектора «кругового вогню», тобто короткого замикання між щітками різної полярності через колектор. Ступінь іскріння на колекторі електричних машин визначають під збігаючим краєм щітки.

Відповідно до ДЕРЖСТАНДАРТ 18322-78 використовують два види ремонту – поточний і капітальний, хоча для окремих видів електроустаткування передбачається й середній ремонт.

Період між двома плановими капітальними ремонтами називається ремонтним циклом. Для електричних машин, що вводяться знову в експлуатацію, ремонтний цикл – це наробіток від уведення в експлуатацію до першого планового капітального ремонту.

Існують три форми організації ремонтів – централізована, децентралізована, змішана.

*При централізованій формі* ремонт, випробування й налагодження електричних машин здійснюються спеціалізованими ремонтно-налагоджувальними організаціями. Ця форма є найбільш прогресивної, тому що забезпечує мінімальну вартість ремонту при більшій якості.

*При децентралізованій формі* ремонт, випробування й налагодження здійснюються ремонтними службами виробничих підрозділів підприємств, при змішаній частині робіт виконується централізовано, частина – децентралізовано, причому ступінь централізації залежить від характеру підприємства, типу й потужності електроустаткування.

Зі збільшенням кількості спеціалізованих ремонтних підприємств і їхньої потужності поліпшується якість ремонтних робіт, зменшуються їхня собівартість і строки ремонту.

Удосконалення централізованого ремонту припускає створення централізованого обмінного фонду електричних машин і розширення їхньої номенклатури, поширення сфери послуг ремонтних підприємств на виробництво поточних ремонтів і профілактичного обслуговування.

Тривалість ремонтного циклу визначається умовами експлуатації, вимогами до показників надійності, ремонт опридатністю, правилами технічної експлуатації, інструкціями заводу-виготовлювача.

Звичайно ремонтний цикл обчислюється в календарному часі виходячи з 8-годинного робочого дня при 41-годинному робочому тижні.

При визначенні тривалості ремонтного циклу виходять із графіка розподілу відмов електричних машин у функції часу експлуатацію. На ньому можна виділити три області:

- область I – після ремонтну приробітку, коли ймовірність відмов підвищена за рахунок можливого застосування при ремонті неякісних вузлів, деталей і матеріалів, недотримання технології ремонту тощо.

- область II – нормальний етап роботи електричних машин із практично незмінним числом відмов у часі;

- область III – старіння окремих вузлів електричної машини, що характеризується ростом числа відмов.

Тривалість ремонтного циклу не повинна перевищувати тривалості нормального етапу роботи II.

При плануванні структури ремонтного циклу (види й послідовність чергування планових ремонтів) виходять із того: в електричній машині поряд зі швидкозношуваними деталями (щітки, підшипники кочення, контактні кільця), відновлення яких виробляється їхнім незначним ремонтом або заміною на нові, є вузли з більшим строком наробітку (обмотки, механічні деталі, колектори), ремонт яких досить трудомісткий і займає багато часу.

Тому протягом наробітку між капітальними ремонтами електричні машини повинні пройти кілька поточних ремонтів.

Поточні ремонти, як правило, не порушують ритму виробництва, у той час як капітальний ремонт при відсутності резерву пов'язаний із припиненням виробництва (технологічного процесу). Тому міжремонтний період для електричних машин варто дорівнювати до міжремонтного періоду основного технологічного устаткування, якщо останній виявляється меншим.

### **5.3 Обсяг робіт по технічному обслуговуванню й ремонту електромашин змінного струму**

Ремонт асинхронних електродвигунів передбачає, перемотування роторів, статорів, відновлення підшипникових щитів, балансування тощо.

Перед ремонтом бажано провести діагностування.

Ремонтні роботи передбачають: поточний та капітальний ремонти.

*Поточний ремонт* – планова діагностування щодо вимірювання зазорів підшипників ковзання, промивання та заміна мастила підшипників кочення. Перевірка та виміри опору діелектричної міцності ізоляції.

Разом із плановим ремонтом проводять ревізію механізмів, агрегатованих із двигуном. Муфти, шківни та ремінні шківни також підлягають заміні або ревізії.

Складання агрегату має бути центроване і відбалансоване. Періодичність поточного ремонту визначається заводом-виробником та режимом роботи двигуна. Післяремонтний двигун проходить діагностування та атестацію на рівні нового.

*Капітальний ремонт електродвигуна* – повне розбирання двигуна, діагностування кожної деталі. Ревізія щіткового вузла, випробування чи заміна мідної обмотки, дефектування вузлів, визначення зносу корпусу, кожуха, перепресування листів сталі активної частини статора. Тяжка експлуатація призводить до швидкого зносу підшипників, посадкових місць, обриву обмотки, зміни швидкості обертання валу.

Головні показники для перемотування та капітального ремонту двигуна:

- Запах горілої ізоляції.
- Спрацювання захисних пристроїв від перегріву, короткого замикання, перевантаження.
- Механічні несправності – заклинювання, деформування валу, тріщини у станині.
- Електричні ушкодження – обрив у стрижнях біличного колеса, міжвиткове замикання.
- Швидкість обертання валу не відповідає паспорту.
- Робочі та пускові струми завищені.
- Наявність сторонніх шумів під час експлуатації.

Перемотування та ремонт у сервісних цехах

Три сервісні цехи в Україні з ремонту та перемотування електродвигунів у Києві, Дніпрі та Харкові. Після закінчення ремонту, двигун проходить атестацію та укладання ВТК, перевірка порівнюється до вимог нового двигуна.

Гарантія на перемотані та відновлені електромотори до 12 місяців.

Робота з електрикою:

- Випробовування пристрою під специфічні умови експлуатації.
- Просочення обмоток лаком, додаткове просочення під специфічні умови експлуатації.
- Балансування.
- Відновлення та заміна ротора.
- Установка датчиків теплозахисту, теплове реле.
- Відновлення посадкових місць під підшипники.
- Заміна сальника, крильчатки охолодження.
- Перемотування електродвигунів шиною, проводом.
- Порошкове фарбування двигуна.
- Заміна вивідних кінців, клемної коробки.

Перегрів корпусу двигуна та спрацювання захисту від перевантаження під час експлуатації може вказувати на несправності в обмотці та міжвиткове замикання. Замикання між собою кількох витків призводить до нагрівання замкнутої ділянки. Пошкодження обмотки порушує електричний ланцюг,

перебіг струму припиняється - двигун перестає працювати. Шляхом виміру мегаомметром або мультиметром на опір ізоляції можна визначити причину поломки.

Просочення обмоток електродвигуна ГОСТ 6244-70 підвищує надійність та працездатність. Покриття лаком мідної обмотки збільшує електричні та механічні ізоляційні властивості, що забезпечують стійкість до перегріву.

*Заміна підшипників, балансування, механічні несправності*

Збій центрування та розбалансування викликають дефекти механіки. Механічні поломки у асинхронних електродвигунів пов'язані зі зносом, збільшенням зазорів підшипників кочення, відсутністю мастила та розбалансування.

Визначити механічний дефект можна за сторонніми звуками в роботі, вібрації та нагрівання торцевої частини. Недостатнє або неправильне мастило призводить до передчасних поломок. Сколи лопатей призводять до биття та порушують балансування. Закриті підшипники кочення не змащують, їх сепаратори закриті від зовнішнього середовища.

На ротор кріпляться лопаті для вентиляції двигуна. Збільшення зазорів у підшипниках спричиняє додаткові поломки: Агрегат обертається нерівномірно - виходить з ладу дороге обладнання. При вібрації ротор деформується, магнітопровід статора ушкоджується.

#### **5.4 Обсяг робіт по технічному обслуговуванню й ремонту електромашин широкого застосування**

Для електричних машин масового застосування, не віднесених до основного устаткування й яка має достатній резерв, можна перейти від системи планово-попереджувального ремонту до після відмовної системи ремонту.

Доцільність такого переходу повинна підтверджуватися техніко-економічним аналізом. Тривалість  $T$  ремонтного циклу, а також тривалість між ремонтного періоду  $t$  визначають, виходячи з нормальних умов експлуатації при двозмінній роботі з даних, наведеним у табл. 5.1.

Для колекторних машин постійних і змінний струмів наведені тривалості ремонтного циклу й між ремонтного

періоду зменшують шляхом введення коефіцієнта ВДО = 0,75 – табл.5.1

Величини  $T$  і  $t$  залежать також від змінності роботи електричних машин, коефіцієнта використання, характеру роботи (пересувні або стаціонарні установки, основне або допоміжне устаткування).

Таблиця 5.1 – Тривалість ремонтних циклів

Умови роботи електричних машин	Коефіцієнт попиту $K_c$	$T$ табл., років	$t$ табл., міс.
Сухі приміщення	0,25	12	12
Гарячі гальванічні, хімічні цеха	0,45	4	6
Забруднені ділянки - сухого шліфування й ін.	0,25	6	8
Тривалі цикли безперервної роботи з високим ступенем завантаження - приводи насосів, вентиляторів, компресорів, кондиціонерів і ін.	0,75	9	9

Перед ремонтом проводяться випробування електричних машин для виявлення й наступного усунення дефектів.

Типовий обсяг робіт по технічному обслуговуванню включає:

- щоденний нагляд за виконанням правил експлуатації й інструкцій заводу-виготовлювача (контроль навантаження, температури окремих вузлів електричної машини, температури охолодного середовища при замкнутій системі охолодження, наявності змащення в підшипниках, відсутності ненормальних шумів і вібрацій, надмірного іскріння на колекторі й контактних кільцях і ін.);

- щоденний контроль за справністю заземлення;
- контроль за дотриманням правил техніки безпеки працюючими на електроустановці;
- відключення електричних машин в аварійних ситуаціях;
- дрібний ремонт, здійснюваний під час перерв у роботі основного технологічного устаткування й не потребуючої спеціальної зупинки електричних машин (підтяжка контактів і кріплень, заміна щіток, регулювання траверс, системи захисту, чищення доступних частин машини й т.д.);
- участь у приймально-здавальних випробуваннях після монтажу, ремонту й налагодження електричних машин і систем їхнього захисту й керування;
- планові огляди експлуатованих машин по затвердженому головним енергетиком графікові із заповненням карти огляду.

Типовим обсягом робіт при поточному ремонті включає:

- виробництво операцій технічного обслуговування; відключення від живильної мережі й від'єднання від приводного механізму (двигуна);
- очищення зовнішніх поверхонь від забруднень; розбирання електричної машини в потрібному для ремонту обсязі;
- перевірку стану підшипників, промивання їх, заміну підшипників кочення, якщо зазори в них перевищують допустимі, перевірку й ремонт системи примусового змащення, заміну змащення; перевірку, очищення й ремонт кріплення вентилятора, перевірку й ремонт системи примусової вентиляції;
- огляд, очищення й продувку стисненим повітрям обмоток, колектора, вентиляційних каналів;
- перевірку стану й надійності кріплення лобових частин обмоток, усунення виявлених дефектів;
- усунення місцевих ушкоджень ізоляції обмоток, сушіння обмоток, покриття лобових частин обмоток покривним лаком;
- перевірку й підтяжку кріпильних з'єднань і контактів із заміною дефектних кріпильних деталей; перевірку й регулювання щіткотримачів, траверс, коротко замикаючих



пристроїв, механізму підйому щіток; зачищення й шліфування колектора й контактних кілець, перевірку стану й правильності позначень вивідних кінців обмоток і клемних колодок з необхідним ремонтом; заміну фланцевих прокладок і ущільнень;

- приєднання машини до мережі й перевірку її роботи на холостому ході й під навантаженням; усунення ушкоджень фарбування;

- проведення приймально-здавальних випробувань і оформлення здачі машини в експлуатацію.

Типовим обсягом робіт при капітальному ремонті включає:

- виробництво операцій поточного ремонту;
- перевірку осевого розбігу ротора й радіальних зазорів підшипників ковзання з наступним пере заливанням вкладишів;
- заміну підшипників кочення;
- повне розбирання машини із чищенням і промиванням всіх механічних деталей;

- заміну дефектних обмоток (включаючи ремонт коротко замкнутих обмоток), очищення й продувку обмоток, що зберігаються;

- просочення й сушіння обмоток, покриття лобових частин обмоток покривними лаками й емалями;

- ремонт колекторів, контактних кілець і щіткових вузлів (аж до їхньої заміни на нові);

- ремонт статора й ротора, включаючи часткову заміну листів; відновлення пресовки;

- ремонт підшипникових щитів, корпусу, відновлення розмірів посадкових місць;

- ремонт вала;

- ремонт або заміну вентилятора; заміну несправних пазових клинів, різних ізоляційних деталей;

- складання й фарбування машини;

- проведення випробувань і оформлення здачі машини в експлуатацію.

Перед установкою електродвигуна двигуна на робочу машину необхідно виконати наступні підготовчі роботи:

- Очистити корпус двигуна від пилу – ганчіркою, змоченої в гасі або бензині, зняти антикорозійне змащення з вільного кінця вала.

- Перевірити кріпильні деталі двигуна.

- Перевірити наявність змащення в підшипникових вузлах.

- Виміряти опір ізоляції між фазами й корпусом мегомметром на напругу 500В. Якщо опір ізоляції виявиться менш 0,5 МОм, обмотку двигуна необхідно підсушити.

- Сушити обмотку можна фотополяриметром способом (з розбиранням двигуна або без її), у сушильній шафі або лампами накаливання. Під час сушіння температура обмоток не повинна перевищувати 100 градусів по Цельсію. У процесі сушіння фото поляриметром образом необхідно контролювати температуру обмотки.

- Виміряти температуру обмотки двигуна в будь-якій частині можна термопарою або термометром, кулька якого обертають алюмінієвою фольгою, а зовнішню частину покривають теплоізоляцією (повстю, ватою й т.д.). Температура в пазовій частині обмотки на 10 - 15 градусів вище, ніж у лобовий. Температуру обмоток можна визначити по зміні її опору ( в Ом ) у період нагрівання.

- Опір обмотки можна виміряти вольтметром/-амперметром або мостом постійного струму.

$$t_{об} = (235 + t_1) / R_1 + t_1, \quad (6.1)$$

де  $t_{об}$  – температура обмотки в період сушіння;

$R_1$  – опір обмотки в холодному стані, Ом;

$R_2$  – опір обмотки під час сушіння, у  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_1$  – температура обмотки до початку сушіння, у  $^{\circ}\text{C}$ .

Сушать обмотки доти, поки, опір ізоляції не досягне значення 0,5 МОм. Якщо опір ізоляції не піднімається до зазначеної величини (обмотка сильно відволожилася), сушіння продовжують.

## **5.5 Приймально-здавальні випробування і підготовка до пуску**

Згідно з ПУЗ і відповідно до ГОСТ 183-74 і 11677-85 та ДСТУ електричні машини після їх монтажу або капітального ремонту підлягають приймально-здавальним випробуванням; при цьому проводять 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 ходу та під навантаженням. Після закінчення всіх пусконаладжувальних робіт складають протокол випробувань і роблять висновок про придатність електродвигуна для тривалої експлуатації.

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

*Перевірка схеми з'єднання обмоток.* Статори більшості двигунів змінного струму мають шість виводів, що відповідають початкам і кінцям фазних обмоток.

Звичайно літерні позначення виводів обмоток електродвигунів вибивають на наконечниках або на бирках, надітих на виводи. Але буває, що ці бирки губляться. При відсутності маркування кінців обмоток їх необхідно відновити, для чого спочатку контрольною лампою або мегомметром визначають належність виводів обмоток до відповідних фаз і роблять позначки за допомогою тимчасових картонних бирок, а потім перевіряють їх взаємну погодженість індукційним методом на постійному або змінному струмі.



### Запитання для самоперевірки

1. Для підтримки тривалої працездатності електричних машин велике значення має...
2. Де визначають ступінь іскріння на колекторі електричних машин...
3. Який вводять коефіцієнт для зменшення тривалості ремонтного циклу?
4. Що включає типовий обсяг робіт по технічному обслуговуванню?
5. Типовим обсягом робіт при капітальному ремонті передбачається...
6. Які передбачаються роботи перед установкою електродвигуна двигуна на робочу машину?
7. За якою формулою можна визначити температуру обмотки

## **Розділ 6**

# **ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ АПАРАТІВ КЕРУВАННЯ ТА ЗАХИСТУ**

### *Загальна інформація*

*Перевірка електромагнітних розчіплювачів  
автоматичних вимикачів*

*Перевірка теплових розчіплювачів автоматичних  
вимикачів*

*Технічне обслуговування апаратів керування  
і захисту*

*Поточний ремонт*

### **6.1 Загальна інформація**

Апарати керування та захисту призначені для керування роботою і захисту струмоприймачів від аномальних режимів, а також здійснюють захист елементів систем централізованого і місцевого електропостачання від можливих аварійних режимів та ситуацій роботи:

- коротких замикань;
- тривалих за часом перевантажень.

За своєю комутаційною здатністю повинні відпо-відати струмам короткого замикання на початку ділянки електричної мережі, яку вони захищають.

Апарати керування за типом приводу поділяються на ручні і електромагнітні.

До ручних апаратів керування відносяться:

- рубильники;
- пакетні вимикачі;
- універсальні перемикачі;
- кнопковий вимикач.

До електричних апаратів дистанційного керування відносяться:

- контактори;
- електромагнітні пускачі;
- електромагнітні реле.

Електричні апарати керування характеризуються двома параметрами – номінальною напругою  $U_{ном.ап.}$  та номінальним струмом  $I_{ном.ап.}$ .

Вибирають електричні апарати керування за принципом обмеження:

$$U_{ном.ап.} \geq U_{мер}, \quad (6.1)$$

де  $U_{мер}$  - напруга мережі живлення.

$$I_{ном.ап.} \geq I_{ел.уст.} \quad (6.2)$$

де  $I_{ел.уст.}$  – струм електроприймача.

Апарати захисту призначені для запобігання небезпечних наслідків струмових перевантажень, коротких замикань та струмів витоку, таких як:

- розплавлення і запалення ізоляційних матеріалів;
- розплавлення металу провідників і розлітання крапель, нагрітих до високої температури;
- тривалого горіння електричної дуги (температура до  $4000^{\circ}\text{C}$ ) при КЗ;
- обриву ділянок електропроводки в результаті динамічного впливу струмів КЗ;
- передчасного старіння ізоляції провідників.

Місцем встановлення електричних апаратів керування та захисту є силові щити, силові збірки і низьковольтні комплектні пристрої керування (НКП) – в доступних для обслуговування місцях таким чином, щоб виключити можливість їх механічного пошкодження.

Ручні апарати розміщують у шафах, на панелях керування, а також за місцем встановлення агрегату, який задіяний у технологічному процесі.

Найпоширенішими серед захисних апаратів є плавкі запобіжники, принцип дії яких полягає у тепловій дії струму. При його проходженні по елементах електричного кола, які

мають електричний опір, останні нагріваються “джоулевым” теплом  $Q$ :

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t. \quad (6.3)$$

Захисним елементом у плавких запобіжниках є плавка вставка, яка характеризується номінальним струмом  $I_{\text{ном.пл.вст.}}$ .

Якщо струм короткого замикання (К.З.) більший від номінального струму плавкої вставки, тобто:

$$I_{\text{к.з.}} > I_{\text{ном.пл.вст.}}, \quad (6.4)$$

остання нагрівається до температури плавлення сплаву, із якого виготовлена, і перегоряє, розриваючи електричне коло з аварійним струмом.

Більш досконалим апаратом захисту від аномальних режимів є автоматичний вимикач, який призначений для ручного замикання і автоматичного розмикання електричного кола при перевантаженні та коротких замиканнях. За видами захисту автоматичні вимикачі поділяються на апарати з:

- електромагнітним розчіплювачем;
- тепловим розчіплювачем;
- комбінованим розчіплювачем та диференціальні.

Захист від струмів короткого замикання виконує електромагнітний розчіплювач. Принцип дії електромагнітних розчіплювачів полягає у магнітному прояві електричного струму: чим більший за силою електричний струм, тим інтенсивніше магнітне поле він створює.

У паспорті автоматичного вимикача з електромагнітним розчіплювачем струм спрацювання позначається  $I_{\text{відс}}$  і є кратним номінальному струмові автоматичного вимикача:

$$I_{\text{відс.}} = k_{\text{відс}} \cdot I_{\text{н.}} \quad (7.5)$$

Значення  $k_{\text{відс}}$  може бути різним для різних автоматичних вимикачів залежно від їх призначення.

Якщо струм короткого замикання  $I_{к.з.}$  перевищує струм електромагнітного розчіплювача з урахуванням розкиду його характеристик та вимог ПУЕ:

$$I_{к.з.} \geq K_p \cdot I_{відс}, \quad (7.6)$$

то електромагнітний розчіплювач спрацює миттєво, забезпечуючи вимикання електричного кола.

Після усунення причини короткого замикання автоматичний вимикач вмикається вручну оператором і готовий до спрацювання в разі настання наступного аварійного режиму.

Для захисту електродвигунів від тривалих за часом перевантажень застосовують теплові розчіплювачі автоматичних вимикачів, принцип дії яких базується на тепловій дії електричного струму.

Струм, який споживає електроприймач під час роботи, контролюється послідовно увімкненим нагрівним елементом теплового розчіплювача (власне резистором).

Його нагрівання передається біметалевій (віднедавня триметалевій) пластині, яка деформується залежно від температури перегрівання нагрівного елемента і при критичному нагріванні звільняє защіпку – відбувається розмикання контактів автоматичного вимикача пружинним приводом. Тепловий розчіплювач не має сталого часу спрацювання, він залежить від струму, що протікає по ньому.

## **6.2 Перевірка електромагнітних автоматичних вимикачів**

Існує досить велика кількість різних типів цих елементів: литі, для захисту двигунів, повітряного виконання і модульні зразки. Найбільш поширений вид вимикачів – це модульні автомати з установкою на DIN-рейку (рис. 6.1).

Спрацювання електромагнітного або теплового розчіплювача призводить до відключення захисним апаратом ділянки ланцюга. Область застосування автоматів з одним видом розчіплювача набагато менше, ніж застосування



пристроїв з комбінованою захистом, що складається з обох видів.



Рисунок 6.1 –Загальний вигляд модульних автоматичних вимикачів з установкою на DIN-рейку

Перевірка електромагнітних розчіплювачів автоматичних вимикачів проводиться почергово для кожного полюса.

Для вимикачів, які не мають теплового розчіплювача, перевірка проводиться наступним у такий спосіб:

- до одного із полюсів вимикача приєднується навантаження і затім апарат вмикається;
- за допомогою регульовального пристрою, який увімкнений послідовно з навантаженням, встановлюється струм на 15% нижчий струму уставки. При цьому автоматичний вимикач не повинен вимикатись.
- далі струм збільшується до вимкнення апарату. Якщо струм спрацювання не перевищив 15 %, то такий автоматичний вимикач є придатним до експлуатації.

Автоматичні вимикачі, які мають комбіновані розчіплювачі перевіряються наступним чином:

- до навантаження під'єднується еквівалентний опір, який рівний повному опоріві полюса (опір теплового, електромагнітного розчіплювачів та з'єднуючих проводів).

- за допомогою регульовального пристрою встановлюється струм на 15% нижчий струму уставки;

- не змінюючи величини струму, відключається від навантажувального пристрою еквівалентний опір і замість нього почергово під'єднуються всі полюси вимикача.

При цьому автоматичний вимикач не повинен вимикатись.

Після цього еквівалентний опір знову під'єднується до навантажувального пристрою і встановлюється випробувальний струм на 15 % вищий струму уставки.

Не змінюючи значення струму, еквівалентний опір від'єднується від навантажувального пристрою і приєднуються почергово полюса вимикача. При цьому автоматичний вимикач повинен вимикатись.

### **6.3 Перевірка теплових розчіплювачів автоматичних вимикачів**

Перевірка теплових розчіплювачів автоматичних вимикачів проводиться двох- або трикратним струмом. В кожному полюсі вимикача змонтований свій розчіплювач, тому перевіряється спрацювання кожного. До кожного із полюсів почергово приєднується навантаження і вмикається вимикач.

За допомогою регульовального пристрою, який увімкнений послідовно з тепловим елементом, або автотрансформатора встановлюється струм у 2-3 рази більший номінального струму і визначається час, протягом якого автоматичний вимикач вимкнеться.

За часострумовою характеристикою робиться висновок про придатність чи непридатність автоматичного вимикача до подальшої роботи. Перевірку характеристик теплових розчіплювачів доцільно проводити при одночасному

навантаженні всіх полюсів випробувальним струмом. Для цього полюси вимикача з'єднують послідовно і проводять перевірку.

Щоб визначитися з переліком необхідних випробувань і порядком їх проведення необхідно ознайомитися з пунктом 1.8.37 п. п. 3 в ПУЕ, де чітко регламентовано, що всі випробування відбуваються згідно рекомендацій виробника розчіплювачів.

## **6.4 Технічне обслуговування апаратів керування і захисту**

Технічне обслуговування (ТО) апаратів керування і захисту проводять на місці їх встановлення.

### **6.4.1 Технічне обслуговування плавких запобіжників**

Запобіжник або плавкий (топкий) запобіжник – комутаційний апарат, призначений для вимикання електричного кола, яке він захищає, шляхом руйнування навмисно передбачених для цього струмовідних частин під дією струму, котрий перевищує певне значення протягом визначеного часу. Запобіжник вмикається послідовно зі споживачем електричного струму і розриває електричне коло у разі перевищення ним номінального струму, на який розрахований

Основними кількісними характеристиками запобіжника є номінальна напруга, номінальний струм (встановлюються окремо для тримачів та вставок, причому характеристики тримачів мають перевищувати відповідні характеристики вставок, придатних для встановлення на них), а також номінальну здатність до відмикання. На рис. 6.2,6.3 зображені плавкі запобіжники.

Порядок технічного обслуговування:

1. Очистити запобіжник від бруду.
2. Перевірити цілісність запобіжників (омметром).
3. Перед встановленням нової вставки перевірити номінальну силу струму на яку вона розрахована.

4. При необхідності встановити нову плавку вставку і під'єднати запобіжник у коло.

5. Перевірити надійність кріплення кришок вставки плавкої та клемних виводів.

6. Перевірити наявність напруги в ланцюзі під навантаженням (вольтметром).



Рисунок 6.2 – Запобіжники



Рисунок 6.3 – Високовольтний запобіжник в ланцюгу 115 кВ

При ремонті запобіжника зачищають контактні поверхні патрона і губок від кіптяви і частинок металу. У фібрових патронах перевіряють товщину стінок і відсутність тріщин, оскільки при частих спрацюваннях запобіжника стінки патрона вигоряють і міцність патрона знижується.

При перезаряджанні запобіжника плавку вставку перевіряють за струмом вимикання запобіжника і кола, яке захищають. У запобіжників з кварцовим наповнювачем повністю замінюють старий пісок новим, який повинен складатися з чистого сухого кварцу з розміром гранул 0,5-1 мм.

Потім патрон встановлюють у губки запобіжника, куди він повинен входити без перекосу і з деяким зусиллям.

#### **6.4.2 Технічне обслуговування автоматичних вимикачів**

При технічному обслуговуванні особливу увагу слід приділяти: чистоті контактних поверхонь. Чистка контактів з міді здійснюється дрантям змоченим спиртом. Підгорівші і оплавленні контакти зачищаються напилком.

Забороняється зачищати контакти з будь якого металу наждачною шкірою, так як частинки які не проводять струм врізаються в метал і погіршують провідність. Після заміни контактів або їх обслуговування треба перевірити розчин та провал контактів.

Поточному ремонту автоматичних вимикачів, контакторів і магнітних пускачів підлягають такі вузли: контакти; дугогасильні камери; магнітопроводи; котушки; механічні частини; ізоляційні деталі та корпуси.

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

Болти, гайки, шайби та інші деталі, які вийшли з ладу, замінюють. Гвинтові з'єднання затягують до відказу зусиллям не більшим ніж 150 Н.

Ретельно перевіряють стан розмикаючих контактів. Контакти, виготовлені з міді, які мають напливи або бризки металу, раковини або підгорілі місця, зачищають напилком. Контакти, які вийшли з ладу, замінюють новими.

*При ремонті дугогасильних камер* оглядають камери, впевнюються у відсутності тріщин, прогоряння матеріалу камер. Очищають шабером внутрішні частини камер від кіптяви,

нагару та бризок металу і протирають сухим обтиральним матеріалом. Видаляють з пластин деіонної решітки бризки і напливи металу за допомогою напилка або шабера. Місця пластин, що обгоріли, зачищають скляним або наждачним папером. Дугогасильні камери або сильно обгорілі пластини деіонної решітки, які вийшли з ладу, замінюють новими.

*При ремонті магнітної системи* видаляють скляним папером сліди корозії на сталі магнітопроводу. Очищене місце покривають лаком повітряного сушіння.

У місцях, де стикається рухома і нерухома частина магнітопроводу, сліди корозії і kleпання зчищають шабером вздовж листів магнітопроводу і після зачищення скляним папером або напилком змащують їх машинним маслом. Пошкоджений короткозамкнений виток замінюють новим.

Перевіряють легкість ходу рухомої частини магнітної системи, повертаючи її від руки. Виявлені несправності усувають.

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

Відновити катушку, якщо є паспорт, неважко. У цьому випадку намотують нову катушку, число витків якої і площа перерізу проводу повинні відповідати паспортним даним. Іноді доводиться перемотувати катушки електромагнітних апаратів на напругу, яка відрізняється від паспортної.

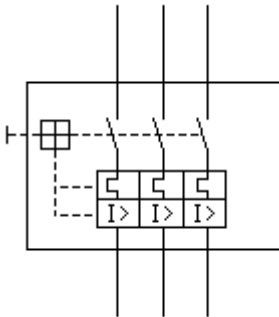
### **6.4.3 Технічне обслуговування магнітних пускачів**

Магнітний пускач або пускач – комутаційний апарат, призначений для керування живленням електродвигунів: їх

пуску, розгону, забезпечення неперервної роботи, відключення живлення та захисту електродвигунів від перевантажень.

Частота комутацій пускача зазвичай не перевищує 30 циклів на годину, допустима максимальна частота перемикачів може сягати 2400 циклів/год.

а



б



Рисунок 6.4 – Магнітний пускач:

а – схемо технічне позначення; б – загальний вигляд

Пускачі для запуску потужних (від 1 кВт і більше) двигунів облаштовуються пристроями гасіння електричної дуги (дугогасна камера), яка виникає під час комутації між силовими контактами пускача внаслідок індуктивної природи навантаження.

Пускач у вибухонебезпечному виконанні служить для дистанційного керування електродвигунами гірничих машин і механізмів, які працюють у підземних гірничих виробках.

Теплове реле, яке входить до складу пускача, захищає обмотку двигуна, а відтак і мережу живлення, від перевантажень, але не забезпечує захист мереж від коротких замикань. Крім того, пускач не обов'язково має функцію роз'єднання. Так звані захищені й комбіновані пускачі крім захисту мереж від коротких замикань, забезпечують й виконання функції роз'єднання.

Щоб зрозуміти, як працює магнітний пускач, достатньо знати принцип електромагніту. При включенні пускача у

котушці проходить електричний струм. Він викликає намагнічування сердечника, який притягує до себе ярір, що рухається. Саме тоді відбувається замикання основних контактів. Після знеструмлення котушки, ярір за допомогою зворотної пружини повертається назад, а головні контакти розмикаються. Правильне функціонування пристрою залежить від робочого увімкненого положення якоря. Якщо пружини ослаблені, контакти підгорають, нагріваються і кінці проводів відгорають.

При технічному обслуговуванні магнітних пускачів потрібно:

1. Перевірити надійність силових та блокуючих контактів, а при необхідності зачистити їх.

2. Перевірити стан котушки магнітного пускача, при необхідності замінити її.

3. Здійснити перевірку стану якоря і те на скільки щільно він прилягає до сердечника, так як це може служити причиною сильного гудіння пускача.

4. Перевірити стан зворотних пружин, при необхідності замінити їх.

#### **6.4.4 Технічне обслуговування електротеплових реле**

Теплові реле – це електричні пристрої, які запобігають перегріванню різних електричних споживачів. При підвищеному навантаженні електродвигун витрачає значну кількість електричної енергії, яка може набагато перевищувати нормативні дані. В результаті перевантаження в ланцюзі електричного струму підвищується температура, яка може привести до несправностей і аварій.

Для виключення таких ситуацій до ланцюга підключають допоміжні спеціальні пристрої, які спрацьовують при виникненні перевантаження і відключають електроенергію. Такі прилади називають термореле або теплові реле. Основною функцією такого захисного реле є забезпечення нормального робочого режиму споживача. На відміну від електричного теплове реле не розриває силові ланцюги, а тільки відключає ланцюг управління магнітного пускача.



Нормально включений контакт теплового реле працює подібно кнопці «стоп» пускача, і з'єднується з нею по послідовній схемі. У конструкції термореле немає необхідності повторювати функції силових контактів при його спрацюванні, так як реле підключається безпосередньо до магнітного пускача. При такому виконанні схеми досягається значна економія матеріалів для силових груп контактів. Набагато простіше підключати малий струм в керуючій ланцюга, ніж відключати три фази з великим силовим струмом.

На рис. 6.5 зображена схема електрична принципова включення теплового реле, а на рис. 6.6 – загальний вигляд.

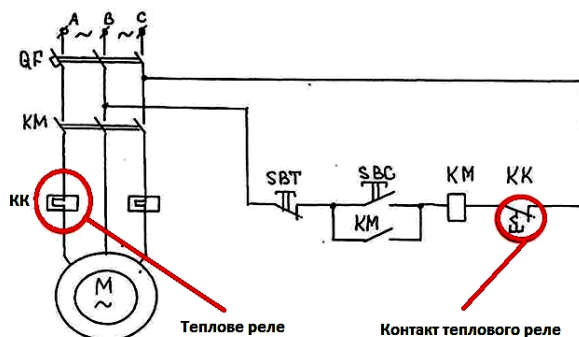


Рисунок 6.5 – Схема електрична принципова включення теплового реле

В тепловому реле перевіряється стан:

- нагрівального елемента;
- біметалічної пластини;
- контактів, при необхідності очистити їх.

В залежності від температури навколишнього середовища необхідно регулювати температуру спрацювання реле, також в залежності від температури навколишнього середовища підбирається біметалічна пластинка.



Рисунок 6.6 – Загальний вигляд Реле РТВ-1302

## **6.5 Поточний ремонт апаратів керування та захисту**

Поточний ремонт (ПР) апаратів залежно від характеру і ступеню uszkodження можна проводити як на місці їх використання, так і у пересувній чи стаціонарній майстерні.

Періодичність проведення ТО і ПР залежать від типу апарата, місця встановлення та характеру оточуючого середовища і регламентуються системою ПЗР і ТО та окремими галузевими чи місцевими інструкціями.

Метою технічного обслуговування є підтримання працездатності і справності виробу при його використанні за призначенням.

Склад робіт з технічного обслуговування визначається видом електрообладнання і його технічним станом з метою прогнозування подальшого ресурсу до наступного заходу – ТО або ПР.

При проведенні ТО перевіряють працездатність виробу, здійснюють регулювання основних параметрів або налагодження окремих елементів, а також проводять заміну деталей, які зносились.

Поточний ремонт спрямований на забезпечення або відновлення працездатності виробу і включає заміну чи відновлення окремих частин, за винятком базових.



### Запитання для самоперевірки

1. До ручних апаратів керування відносяться...
2. Якими параметрами характеризуються електричні апарати керування?
3. За видами захисту автоматичні вимикачі поділяються на...
4. Вимикачі, які не мають теплового розчіплювач, перевірка проводиться наступним у такій спосіб...
5. Яким струмом проводиться перевірка теплових розчіплювачів автоматичних вимикачів?
6. У якій спосіб проводиться технічне обслуговування автоматичних вимикачів?
7. У якій спосіб проводиться технічне обслуговування магнітних пускачів?
8. Як здійснюється технічне обслуговування електротеплових реле?

## **Розділ 7**

# **ПОВІРКА ЛІЧИЛЬНИКІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ**

*Загальні відомості*  
*Періодична повірка*  
*Позапланова повірка*  
*Повірка лічильників електроенергії*  
*для юридичних осіб*  
*Ремонт лічильників*

### **7.1 Загальні відомості**

Лічильник електричної енергії призначений для вимірювання та реєстрації кількості спожитої електроенергії.

Повірка проводиться:

- науковими метрологічними центрами, які мають міжнародно визнані калібрувальні та вимірювальні можливості за відповідними видами та підвидами вимірювань, та/або із застосуванням національних еталонів;
- науковими метрологічними центрами, метрологічними центрами та повірочними лабораторіями, уповноваженими на проведення повірки відповідних засобів.

Повірка лічильників проводиться відповідно до Порядку проведення повірки, затвердженого наказом Міністерства економічного розвитку і торгівлі України від 08.02.2016 № 193.

У 1889 році угорець Отто Тітус Блаті (1860–1939), працюючи на заводі «Ганц» (Ganz) в м. Будапешт (Угорщина), запатентував свій «Електричний лічильник для змінних струмів» (патент Німеччини № 52.793, патент США № 423.210). З таким пристроєм Блаті вдалося досягти внутрішнього зміщення фаз майже на 90 °, тому лічильник відображав ват-години більш-менш точно. У лічильнику використовувався гальмівний електромагніт для забезпечення широкого діапазону вимірювань, а також був передбачений циклометричний реєстр. У тому ж році компанія «Ganz» приступила до виробництва.

Перші лічильники кріпилися на дерев'яній основі (рис. 7.1), роблячи 240 обертів за хвилину, і важили 23 кг. До 1914 року вага знизилася до 2,6 кг.



Рисунок 7.1 – Один з перших електролічильників

У 1894 році Олівер Блекбурн Шелленбергер (1860–1898) розробив лічильник ват-годин індукційного типу для компанії «Вестінгхаус» (Westinghouse). У ньому котушки струму і напруги розташовувалися на протилежних сторонах диска, і два постійних магніти сповільнювали рух цього диска. Цей лічильник теж був великим і важким, вагою в 41 фунт. У нього був барабанный рахунковий механізм.

Всі лічильники електричної енергії [можна класифікувати за типом підключення, вимірюваними величинами та конструкцією (рис. 7.2).

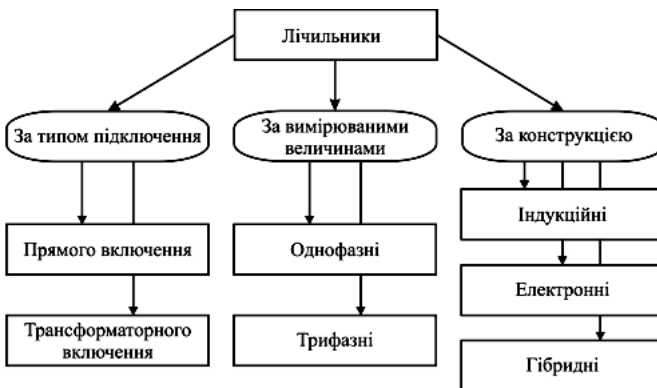


Рисунок 7.2 –Класифікація лічильників електричної енергії

## 7.2 Періодична повірка

Відповідальність за проведення періодичної повірки, обслуговування та ремонт (зокрема, демонтаж, транспортування та монтаж) лічильника покладається на його власника, якщо інше не встановлено законом. Контроль за своєчасністю повірки лічильників покладається на оператора системи розподілу.

Періодична повірка лічильників побутових споживачів здійснюється за рахунок оператора системи розподілу. Однак у разі пошкодження, втрати або неправильної роботи лічильника з вини споживача, він відшкодовує вартість повірки, ремонту або встановлення нового.

Всі лічильники, які використовуються для визначення обсягів спожитої електричної енергії, повіряються організаціями уповноваженими на проведення повірки засобів вимірювальної техніки, які є незалежними від енергетичних компаній та споживачів. Також у присутності представників вищезазначених організацій проводять експертизу пошкоджених лічильників та лічильників із зірваними або пошкодженими пломбами.

Споживач має право бути присутнім при проведенні експертизи лічильника. За результатами експертизи складається відповідний акт.

Періодичність повірки для кожного типу лічильника різна. Вона може бути:

- первинною – проходить на заводі-виробнику;
- періодичною – яка повинна проводитись у терміни, передбачені нормативними документами.

Також повірка може бути позачерговою у випадку:

- пошкодження лічильника та його ремонту;
- впливу на функціонування лічильника сторонніми пристроями чи предметами;
- пошкодження або відсутності пломб з відбитками тавр про повірку, встановлених на ньому.

У випадку, якщо позачергова повірка здійснюється за ініціативою споживача, роботи проводяться за його рахунок.

*Терміни повірок лічильників для:*

- всіх трифазних індукційних (дискових) лічильників – один раз на 4 роки, однофазних – один раз на 8 років;
- однофазних та трифазних електронномеханічних та електронних (статичних) лічильників, що були виготовлені до 1 грудня 2016 року – згідно термінів встановлених Держспоживстандартом України;
- лічильників що були виготовлені після 01 грудня 2016 року;
- однофазних електромеханічних лічильників активної електроенергії – 8 (16) років;
- трифазних електромеханічних лічильників активної електроенергії – 4 (10) років;
- електронних (статичних) однофазних лічильників активної та реактивної електроенергії – 6 (16) років;
- електронних (статичних) трифазних лічильників активної та реактивної електроенергії – 6 (10) років.

Міжповірочний інтервал (значення в дужках 16 або 10) для засобів вимірювальної техніки, які за результатами досліджень показників стабільності та метрологічної надійності відповідають вимогам національного стандарту (ДСТУ), повинен бути зазначеним в паспорті або декларації про відповідність лічильника.

Для трифазних лічильників з латинською аббревіатурою NIK (починаючи з 2017 року випуску) міжповірочний інтервал становить 10 років.

### **7.3 Позапланова перевірка**

Позапланова перевірка приладів обліку електричної енергії виконується за запитом споживача, на підставі його офіційної заяви. Якщо прилад виявиться дійсно несправним, причому не з вини абонента, його заміна буде здійснена безкоштовно.

Також позапланова перевірка здійснюється в таких випадках:

- якщо прилад обліку електроенергії був механічно пошкоджений;
- якщо на роботу лічильника впливали сторонні пристрої або предмети;

- якщо на лічильнику відсутні пломби із зазначенням дати останньої повірки;
- у разі встановлення нового лічильника.

#### **7.4 Повірка лічильників електроенергії для юридичних осіб**

Порядок оплати повірки лічильників електроенергії для юридичних осіб регламентується постановою НКРЕКП від 24.03.2016 р. №377.

Згідно з його нормами, планова повірка та ремонт приладу обліку електроенергії здійснюється за рахунок його власника.

У випадку з позаплановою повіркою є нюанси:

- якщо в результаті повірки порушень у роботі приладу і схемах його підключення не виявлено — роботи виконуються за рахунок сторони, яка була ініціатором цієї повірки;
- якщо лічильник був пошкоджений або в його роботі виявлені проблеми – повірку повинен сплачувати власник приладу обліку;
- якщо на лічильнику відсутні пломби із зазначенням дати останньої повірки;
- постачальник електроенергії сплачує вартість повірки та ремонту лічильника у разі, якщо порушення в роботі приладу сталися з його вини.

#### **7.5 Повірка лічильників електроенергії для фізичних осіб**

Лічильники, які знаходяться в експлуатації, повинні в обов'язковому порядку проходити планову повірку. Для різних типів пристроїв міжповірочний інтервал може відрізнятися.

Позапланова повірка приладів обліку електричної енергії виконується за запитом споживача, на підставі його офіційної заяви. Якщо прилад виявиться дійсно несправним, причому не з вини абонента, його заміна буде здійснена безкоштовно.



Але, як показує практика, сумніви споживачів щодо цього часто виявляються марними. Тому перед тим, як звертатися в РЕМ, рекомендуємо попередньо провести самостійну перевірку приладу. Про те, як це зробити, ми вже розповідали в попередніх статтях. Зрозуміло, що результати такої перевірки будуть неідеальними, але вони допоможуть виявити очевидні проблеми.

Також позапланова повірка здійснюється в таких випадках:

- якщо прилад обліку електроенергії був механічно пошкоджений;
- якщо на роботу лічильника впливали сторонні пристрої або предмети;
- якщо на лічильнику відсутні пломби із зазначенням дати останньої повірки;
- у разі встановлення нового лічильника.

Виконувати повірку електричних лічильників можуть виключно обленерго і їхні підрядники – метрологічні центри та повірочні лабораторії, які уклали договір з РЕМ щодо ведення такої діяльності. Роботи, пов'язані з демонтажем лічильника та зняттям пломб, повинні проводитися виключно в присутності самого споживача або його представника, навіть у тих випадках, коли прилад обліку розташовується за межами домоволодіння. За підсумком таких робіт складається відповідний акт.

Що стосується дотримання термінів повірки, то цей обов'язок повністю покладається на операторів систем розподілу.

Абоненту залишається тільки надати представнику РЕМ доступ до лічильника в потрібний час.

## **7.6 Ремонт лічильників**

Демонтаж лічильника або зняття встановлених на ньому пломб повинно проводитись в присутності представника оператора системи розподілу та у присутності споживача або уповноваженої ним особи.

Ремонт лічильників повинні здійснювати кваліфіковані фахівці. Тому не намагайтеся самостійно демонтувати або замінити електролічильник. Це тягне за собою відповідальність, встановлену законодавством.

Обленерго закликає споживачів не втручатися в роботу лічильників та інших засобів обліку, не зривати чи порушувати пломби, не змінювати схеми підключення, не здійснювати самовільні підключення поза лічильниками – це є грубим порушенням законодавства та тягне за собою донарахування споживачу вартості необлікованої електричної енергії.

Крім того, згідно ст. 1881 Кримінального Кодексу України, крадіжка електричної енергії шляхом самоцільного використання без приладів обліку (якщо використання приладів обліку обов'язкове) або внаслідок умисного пошкодження приладів обліку чи у будь-який інший спосіб, якщо такими діями завдано значної шкоди – карається штрафом від 100 до 200 неоподаткованих мінімумів доходів громадян або виправними роботами на строк до 2 років або обмеженням волі на строк до 3 років.



Рисунок 7.2 – Сучасні електролічильники

Ті самі дії, вчинені повторно або за попередньою змовою групою осіб, якщо вони завдали шкоду у великих розмірах – караються позбавленням волі на строк до 3 років.

*Недотримання правил електробезпеки несе загрозу життю і здоров'ю!*



### **Запитання для самоперевірки**

1. Для чого призначений лічильник електричної енергії
2. Повірка лічильників проводиться...
3. Яка періодичність повірки лічильників?
4. Які терміни повірок лічильників?
5. У яких випадках здійснюється позапланова повірка?:
6. Які нюанси у випадку з позаплановою повіркою?

## ГЛОСАРІЙ

**Безвідмовність** – властивість технічного об'єкту безупинно зберігати працездатність протягом деякого часу.

**Відмова** – це подія, що полягає у втраті працездатності електрообладнання.

**Діагностування** – процес визначення вузлів або агрегатів електрообладнання за побічними діагностичними параметрами.

**Діюча електроустановка** – електроустановки або їх ділянки, які перебувають під напругою, або на які напруга може бути подана вмиканням комутаційних апаратів, а також ПЛ (повітряна лінія електропередачі), що знаходиться в зоні дії наведеної напруги або має перетини з діючими ПЛ.

**Діагноз** – висновок про технічний стан обладнання його складової.

**Довговічність** – це властивість ТО зберігати працездатність до настання граничного стану (стан при якому його подальше застосування або відновлення неможливе).

**Допустиме значення параметра** – показник, при якому забезпечується безвідказна, нормальна робота обладнання при допустимих техніко-економічних показниках без виконання ремонтно-обслуговуючих операцій.

**Граничне значення параметра** – показник, при якому подальше використання обладнання в роботі недоцільне за техніко-економічними показниками.

**Електроустановка** – комплекс взаємопов'язаних машин, ліній, апаратів, допоміжного обладнання (рахуючи будівлі та приміщення, в яких вони встановлені), призначені для виробництва, трансформації, передачі, розподілення електричної енергії і перетворення її в інший вид енергії.

**Електроукомплектування** (електрообладнання) – сукупність електричних машин, апаратів, пристроїв, допоміжного обладнання (разом зі спорудами та приміщеннями, в яких вони встановлені).

**Електрична мережа або електромережа** – взаємозв'язана мережа, призначена для постачання та розподілу електричної енергії від постачальників до кінцевих споживачів.

**Електропривід або електропривод** – електромеханічна система для надання руху із заданими параметрами виконавчим механізмам робочих машин в цілях здійснення їх функцій.

**Ефективність технічного об'єкту** – це властивість об'єкту виконувати задані функції з необхідною якістю.

**Залишковий ресурс** – це наробіток обладнання (складальної одиниці) від останнього вимірювання основних параметрів до досягнення граничних їх значень, указаних у технічних вимогах.

**Збереженість** – збереження працездатності при зберіганні і транспортуванні.

**Магістральна електрична мережа** – електрична мережа, призначена для передачі електричної енергії від виробника до пунктів підключення місцевих (локальних) мереж.

**Міждержавна електрична мережа** — електрична мережа, призначена для передачі електричної енергії між державами;

**Місцева (локальна) електрична мережа** — приєднана електрична мережа, призначена для передачі та розподілу електричної енергії від магістральної електричної мережі до споживача;

**Механізм відмови** – це фізико-хімічний процес, що приводить до відмови. Для показників надійності характерні дві форми подання: імовірна й статистична.

**Надійність** – це комплексна характеристика, яка включає в себе безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність, та збереженість електрообладнання.

**Надлишковість** – додаткові засоби і можливості зверх мінімально необхідних для виконання технічним заданих функцій.

**Наробіток** – це тривалість або обсяг роботи (складальної одиниці), виміряні в годинах.

**Непрацездатний стан** має місце, коли хоча б один із заданих параметрів, які характеризують здатність виконувати задані функції, не відповідає встановленим технічним вимогам.

**Номінальне (розрахункове) значення параметра** – показник максимально ефективного використання складових частин обладнання за техніко-економічними показниками.

**Нормальне значення параметра** – показник, що не виходить за межі допустимого значення параметра.

**Об'єднана енергетична система України** — сукупність електростанцій, електричних і теплових мереж, інших об'єктів електроенергетики, які об'єднані спільним режимом виробництва, передачі та розподілу електричної і теплової енергії при централізованому управлінні цим режимом.

**Параметр** – якісна характеристика (міра), що пояснює: властивості складових частин обладнання або процесу (явища).

**Послуга** – результат безпосередньої взаємодії між Виконавцем та Замовником і внутрішньої діяльності Виконавця для задоволення потреб Замовника.

**Пошкодження** – подія, яка полягає у порушенні справного стану об'єкта коли зберігається його працездатність.

**Працездатність** – це стан обладнання, при якому значення усіх параметрів, що характеризують здатність її виконувати задані функції, відповідають вимогам нормативно-технічної документації.

**Претензія** – письмовий документ, що містить вимогу Замовника до Виконавця щодо невідповідності наданої послуги вимогам нормативних документів та/або умовам договору.

**Прогнозування** – визначення залишкового ресурсу (терміну служби) машини (складальної одиниці) до моменту досягнення граничного стану основних, параметрів, зазначених у технічних вимогах.

**Технічне обслуговування** – комплекс дій, що підтримують працездатність електрообладнання при їх використанні і зберіганні.

**Технічний сервіс** – один із найбільш прогресивних видів комплексних послуг споживачу.

**Резервування** – метод підвищення надійності шляхом внесення надлишковості.

**Ремонт** – комплекс операцій щодо відновлення справності або роботоздатності виробів та відновлення ресурсів виробів чи їхніх складових частин.

**Ремонтпридатність** – властивість технічного об'єкту пристосовуватися до попередження можливих причин виникнення відмови.

**Ресурс** – це наробіток електрообладнання від початку відліку основних показників номінальних параметрів нової чи капітально відремонтованого електрообладнання до настання граничних їх значень, указаних у технічних вимогах.

**Ресурсний параметр** – параметр, що позначає фізичну величину, зміна якої вище граничного значення обумовлює втрату працездатності обладнання через вичерпання ресурсу.

**Термін служби** – календарна тривалість експлуатації обладнання від її початку до досягнення граничного стану.

**Технічне обслуговування** – комплекс дій, що підтримують працездатність електрообладнання при їх використанні і зберіганні.

## СПИСОК ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Войцицький А. П., Шубенко В. О. Войцицький М. А. Електроніка та мікросхемотехніка. навч. посіб. Житомир: ЖНАЕУ, 2018. 292 с.
2. Войцицький А. П., Войцицький М. А. Технічні засоби обліку витрат енергоносіїв. навч. посіб. Житомир: ЖНАЕУ, 2016. 160 с.
3. Войцицький А.П., Нездвезька І.В. Якість енергоресурсів і енергоносіїв: навч. посіб. Житомир: Вид-во ЖНАЕУ, 2017. 215 с.
4. Діагностування електрообладнання транспортних засобів. Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/>.pdf
5. Електричні мережі та системи. Режим доступу: <https://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/6/30/6-30-k19.pdf>
6. Єрмолаєв С. О., Мунтян В. О., Яковлев В. Ф. Експлуатація енергообладнання та засобів автоматизації в системі АПК: Підручник / За ред. С. О. Єрмолаєва. К.: Мета, 2003. 543 с.
7. Засоби діагностування та їх класифікація. Режим доступу: [https://studopedia.su/2\\_41178\\_zasobi-diagnostuvannya-ta-ih-klasifikatsiya.html](https://studopedia.su/2_41178_zasobi-diagnostuvannya-ta-ih-klasifikatsiya.html)
8. Масляний силовий трансформатор. Режим доступу: <https://www.eaton.com/ua/uk-ua/catalog/medium-voltage-power-distribution-control-systems/ulusoy-oil-type-transformer.html>
9. Організація сервісного обслуговування технічно- складних товарів. Режим доступу: [https://pidru4niki.com/10480304/menedzhment/organizatsiya\\_servisnogo\\_obsługovuvannya\\_tehnichno\\_skladnih\\_tovariv](https://pidru4niki.com/10480304/menedzhment/organizatsiya_servisnogo_obsługovuvannya_tehnichno_skladnih_tovariv)
10. Основи технічної діагностики колісних транспортних засобів : навчальний посібник / Біліченко В. В., Крещенецький В. Л., Кукурудзяк Ю. Ю., Цимбал С. В. Вінниця : ВНТУ, 2012. 118 с.
11. Основні поняття та визначення теорії технічної експлуатації. Нормативна, технічна та експлуатаційна



- документація. Режим доступу: <https://cdn.snau.edu.ua/moodle/mod/resource/view.php?id=127745>
12. Повірка лічильника електроенергії. Режим доступу: <https://megawatt.com.ua/blog/povirka-lichilnika-elektroenergiji-hto-maye-pravo-vikonuvati>
  13. Повірка лічильників електроенергії для фізичних осіб. Режим доступу: <https://megawatt.com.ua/blog/povirka-lichilnika-elektroenergiji-hto-maye-pravo-vikonuvati>
  14. Повірка та заміна лічильників електричної енергії. Режим доступу: <http://www.cherkasyoblenergo.com/novyny/2297-povirka-ta-zamna-lichilnikv-elektrichnoyi-energii.html>
  15. Порядок перевірки і обслуговування трансформаторів. Режим доступу: <https://danube.pto.org.ua/index.php/component/k2/item/206-tema-8-5-poryadok-perevirki-i-obslugovuvannya-transformatoriv>
  16. Правила організації технічного обслуговування та ремонту електростанцій та мереж. Режим доступу: <https://forca.com.ua/knigi/pravila/pravila-organizaciyi-tehnichnogo-obslugovuvannya-ta-remontu-elektrostantsii-ta-merezh.html>
  17. Про затвердження Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів (Додатки до Правил). Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/zc143-06#Text>
  18. Система моніторингу технічного стану розподільчих електричних мереж. Режим доступу: <https://core.ac.uk/download/pdf/268399116.pdf>
  19. Структура служби технічного обслуговування. правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. Режим доступу: <https://danube.pto.org.ua/index.php/component/k2/item/147-tema-3-1-struktura-sluzhbi-tehnichnog-o-obslugovuvannya-pravila-bezpechnoji-eksploatatsiji-elektrostanovok-spozhivachiv>
  20. Технічне обслуговування апаратів керування та захисту. Режим доступу: [https://studwood.net/1486829/tehnika/tehnichne\\_obslugovuvannya\\_aparativ\\_keruvannya\\_zahist](https://studwood.net/1486829/tehnika/tehnichne_obslugovuvannya_aparativ_keruvannya_zahist)
  21. Технічне обслуговування генераторів. Режим доступу: <https://studfile.net/preview/9811375/page:21/>

22. Технічне обслуговування й ремонт електричних машин.  
Режим доступу: [https://knowledge.allbest.ru/manufacture/2c0a65635b3bd68b4d53a89521206d37\\_1.html](https://knowledge.allbest.ru/manufacture/2c0a65635b3bd68b4d53a89521206d37_1.html)
23. Технічне обслуговування приладів електрообладнання.  
Режим доступу: <https://allref.com.ua/uk/skachaty/Tehnichn>
24. Технічне обслуговування трансформаторів. Режим доступу:  
<https://riverglennapts.com/uk/maintenance-of-transformer/555-maintenance-of-transformers.html>
25. Технічний сервіс в агропромисловому комплексі: навчальний посібник / Коновалюк О. В., Кіяшко В. М., Колісник М. В. К.: Аграрна освіта, 2013. 404 с.
26. Характеристика та особливості сухого трансформатора.  
Режим доступу: <https://moyaosvita.com.ua/fizuka/karakteristika-ta-osoblivosti-suxogo-transformatora/>

Таблиця 4.1– Перелік робіт

Назва роботи	Термін проведення
1. Періодичний огляд ПЛ 1.1. Огляд по всій довжині 1.2. Огляд ПЛ, які є в плані капремонту, інженерно-технічним персоналом 1.3. Верховий огляд	Не менше ніж 1 раз на рік Упродовж року, що передує ремонтному При потребі
2. Позачергові огляди 2.1 Огляд після стихійного лиха 2.2. Огляд, пов'язаний з непередбаченим вимкненням ПЛ	
3. Профілактичні перевірки і вимірювання 3.1. Перевірка загнивання деталей дерев'яних опор 3.2. Перевірка стану залізобетонних опор 3.3. Вимірювання опору заземлення опор па опорах з розрядниками, захисними проміжками електрообладнання, заземлюючими блискавкозахистами і повторними заземлювачами нульового проводу 3.4. Вимірювання опору заземлення опор вибірково на 2% залізо-бетонних опор від загальної кількості опор в населеній місцевості на ділянках ПЛ з найбільш агресивним ґрунтом	У відповідності з нормами, перед підніманням на опору, або заміною деталей У відповідності з нормами Не менше ніж 1 раз на 6 років
4. Вибіркова (2% опор із заземлювачами) перевірка заземлення з розкопуванням ґрунту	При потребі
5. Перевірка віддалі від проводів до поверхні землі і різних об'єктів інженерних споруд та приведення їх у відповідність з ПТЕ	При прийманні в експлуатацію надалі під час підключенні нових споживачів і виконанні робіт, що викликають цей опір
6. Перевірка опору петлі "фаза-нуль"	Не менше ніж 1 раз на 6 років
7. Перевірка трубчастих розрядників зі зніманням їх з опори	При потребі
8. Вирубування окремих дерев, що загрожують падінням на ПЛ	
9. Вирубування кущів в охоронній зоні ПЛ,	

обрізування гілок	
10. Заміна окремих пошкоджених деталей ПЛ	При потребі
11.Заміна трубчастих розрядників	При потребі
12. Відновлення номерних знаків і плакатів на опорах	При потребі
13. Вирівнювання опор (окремих)	При потребі
14. Утрамбування ґрунту під опорами	При потребі
15. Перетягування проводів в прогонах ПЛ	При потребі
16. Перетягування бандажів кріплення стойки опори до приставки	При потребі
17. Знімання накидів з проводів	При потребі
18. Заміна обірваних заземлюючих спусків і встановлення затискачів	При потребі
19. Заміна обірваних в'язок проводів	При потребі
20. Перевірка стану ізоляції і заміна окремих ізоляторів (пошкоджених)	При потребі
21. Встановлення замків на приводах розеднувачів	При потребі
22. Встановлення захисних кутників для захисту кабелів	При потребі

**Наукове видання**

**Анатолій Павлович Войцицький  
Інна Володимирівна Нездвєцька  
Юрій Леонідович Новосилецький  
Веніамін Володимирович Мельничук**

**ДІАГНОСТУВАННЯ ТА ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС  
ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ**

**Навчальний посібник**

Оригінал-макет – Войцицький А.П.  
Дизайн обкладинки –

