

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Конспект лекцій
з дисципліни:
«Експлуатація електричних установок»
Частина 2

для студентів спеціальності G3 «Електрична інженерія», I
ступеня вищої освіти (бакалавр) освітньої програми
«Електротехнічні системи електроспоживання» денної та
заочної форми навчання

Конспект лекцій з дисципліни «Експлуатація електричних установок» Частина 2 для студентів спеціальності G3 «Електрична інженерія», I ступеня вищої освіти (бакалавр), освітньої програми «Електротехнічні системи електроспоживання» денної та заочної форми навчання / «Запорізька політехніка» нац. ун-т. Каф. електропостачання промислових підприємств; уклад.: В.Ю. Міщенко. Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2026. 44 с.

Укладачі:

В.Ю. Міщенко, к.т.н., старш.викл.

Рецензент:

Д.В. Федоша, к.т.н., доцент

Відповідальний за випуск:

Шрам О.А., зав. кафедри, к.т.н.

Затверджено
на засіданні кафедри
«Електропостачання промислових
підприємств»
Протокол № 8.
від « 06 » березня 2026р.

Рекомендовано до видання
НМК електротехнічного
факультету
Протокол № 8.
від « 19 » березня 2026р.

ЗМІСТ

5	Експлуатація і ремонт трансформаторних підстанцій (ТП).....	68
5.1	Огляди трансформаторів.....	68
5.2	ТО трансформаторів.....	68
5.3	Приймання трансформаторів у ремонт.....	69
5.4	Пошкодження силових трансформаторів.....	70
5.5	Поточний ремонт трансформаторів.....	71
5.6	Капітальний ремонт (КР) трансформаторів.....	71
5.7	Експлуатація трансформаторного масла.....	73
5.8	Випробовування трансформатора після ремонту.....	74
6	Експлуатація розподільних пристроїв напругою понад 1000В.....	75
6.1	Огляди РП і випробовування.....	75
6.2	Шини розподільних пристроїв.....	76
6.3	Комутаційні апарати.....	77
6.4	Вимірювальні трансформатори.....	77
6.5	Конденсаторні установки.....	79
6.6	Апарати захисту від перенапружень.....	79
6.7	Заземлюючі пристрої.....	80
6.8	Види, обсяг і строки ремонту РП.....	80
6.9	Охорона праці при ремонті РП.....	83
7	Експлуатація розподільних пристроїв та захисної апаратури напругою до 1000 В.....	84
7.1	Обслуговування захисної апаратури напругою до 1000 В... ..	84
7.2	Пошкодження пускової та захисної апаратури напругою до 1000 В.....	87
7.3	Ремонт захисної апаратури напругою до 1000 В.....	89
7.4	Строки і обсяг ремонту РП напругою до 1000 В.....	92
7.5	Після ремонтні випробовування РП напругою до 1000 В... ..	93
7.6	Охорона праці під час експлуатації та ремонту пускової, захисної, регулюючої апаратури і РП напругою до 1000 В.....	93
8	Експлуатація електроприводів.....	96
8.1	Несправності, що виникають у процесі експлуатації електродвигунів.....	96
8.2	Способи захисту електродвигунів від аварійних режимів..	97
8.3	Технічне обслуговування електродвигунів.....	98

8.4 Види ремонтів електричних двигунів і строки їх проведення.....	99
8.5 Розбирання електричних двигунів і виявлення несправностей.....	101
8.6 Випробування електроприводів.....	102
8.7 Охорона праці при експлуатації електродвигунів.....	104
Перелік джерел посилань.....	106

5 ЕКСПЛУАТАЦІЯ І РЕМОНТ ТРАНСФОРМАТОРНИХ ПІДСТАНЦІЙ (ТП)

5.1 Огляди трансформаторів

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

Огляд трансформаторів однією людиною може проводитися тільки оперативним персоналом або спеціально допущеним адміністративно-технічним персоналом; іншому електротехнічному персоналу дозволено оглядати трансформатори тільки під наглядом однієї з вищезгаданих осіб. Під час огляду виконання будь-якої роботи забороняється, а при виявленні дефекту, який потребує невідкладного втручання, обхід повинен бути перерваний і робота з усунення дефекту організується з виконанням всіх організаційно-технічних заходів [5-9].

5.2 ТО трансформаторів

ТО силових трансформаторів у процесі їх експлуатації повинно проводитись відповідно до вимог діючих директивних документів – ПТЕ, керівних технічних матеріалів, технічних вказівок, інструкцій з експлуатації, стандартів, технічних умов.

Технічне обслуговування силових трансформаторів повинно проводитись відповідно до вимог директивних документів, ПТЕ [3], керівних технічних матеріалів, інструкцій з експлуатації. Періодичність проведення технічне обслуговування - 12 міс.

Технічне обслуговування трансформаторів включає: зовнішній огляд; очищення від пилу і бруду; профілактичний контроль стану ізоляції та контактної системи, пристроїв охолодження, регулювання і пожежогасіння; роботи по підтриманню належного стану ізоляційного

масла у трансформаторі, в тому числі відновлення якості масла; змащування обертових вузлів; налагодження і перевірка вторинних кіл пристроїв захисту; перевірка високовольних пристроїв захисту (розрядників, прохідних ізоляторів), перемикача кількості витків ВН; перевірка високовольної шафи та низьковольтного щита; перевірка будівельної частини, перевірка заземлення (корпуса, нульової шпильки, бака, спуска) і болта заземлення; перевірка герметичності бака, пробки для спускання масла з бака та для спускання масла з розширювача, покажчика рівня масла, ртутного термометра, труб для охолодження масла, отвір для взяття проби масла.

5.3 Приймання трансформаторів у ремонт

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

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

Приймання в ремонт супроводиться оформленням приймально-здавального акта. При цьому заводять картку (формуляр) ремонту або відомість дефектів, куди записують номер замовлення, паспортні дані трансформатора, вимоги замовника, несправності, виявлені під час огляду і в процесі розбирання, тобто відкривають замовлення. На основі цих даних визначають обсяг ремонту.

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

5.4 Пошкодження силових трансформаторів

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

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

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

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

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

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

5.5 Поточний ремонт трансформаторів

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

Поточні ремонти з відключенням трансформаторів без РПН проводяться не рідше одного разу на два роки, а трансформаторів з РПН - щорічно. При поточному ремонті виконуються в повному об'ємі операції ТО, а також проводиться ретельний огляд і усунення виявлених дефектів, чищення ізоляторів і бака, зливання конденсату з бака, спускання бруду із розширника, масла, перевірка маслопоказників, відбір і перевірка проб масла, перевірка пристроїв захисту масла від старіння і окислення, зміна сорбенту у фільтрах, огляд і чищення охолоджуючих пристроїв, перевірка захистів і розрядників на трансформаторах з РПН, перевірка спускного крана, цілості мембрани вихлопної труби, вимірювання опору ізоляції обмоток мегомметром на напругу 2500 В з визначенням відношення R60/R15. Значення цього відношення не нормується: при температурі верхніх шарів масла 10-30°C відношення R60/R15 становить не менше ніж 1,3 для незвожених обмоток і близьке до одиниці для звожених обмоток.

Поточні ремонти трансформаторів суміщають з ремонтом обладнання РП. Підприємства електромереж, як правило, одночасно з випробуваннями ізоляції РП проводять випробування обмоток разом з виводами підвищеною напругою промислової частоти протягом однієї хвилини. При таких випробуваннях у середньому відбраковується приблизно 2 % випробуваних трансформаторів напругою 6-35 кВ. У більшості випадків, коли необхідний приїзд спеціальної лабораторії для випробування трансформаторів до 1000 кВА, такі випробування економічно не виправдані.

5.6 Капітальний ремонт (КР) трансформаторів

Попереджувальні капітальні ремонти трансформаторів 6-10 кВ проводяться по мірі необхідності. Ремонт цих трансформаторів, як правило, виконується в майстернях або на ремонтних підприємствах і завжди включає заміну масла, ущільнювальних прокладок бака і в 50

відсотках випадків ремонт (заміну) вводів. Обсяг аварійних ремонтів визначається характером пошкоджень трансформаторів.

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

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

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

Власне ремонт починається із розкриття активної частини трансформатора, яке здійснюють вийманням її з бака разом з кришкою; потім активну частину промивають струменем трансформаторного масла для видалення шламу та інших забруднень. Далі ремонт здійснюється в такій послідовності.

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

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

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

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

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

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

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

5.7 Експлуатація трансформаторного масла

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

Стан трансформаторного масла оцінюється за результатами його випробувань, що залежно від обсягу поділяються на три види: випробування на електричну міцність, що включає визначення пробивної напруги, визначення наявності води, візуально - вміст механічних домішок; скорочений аналіз, що включає, крім названих

вище, визначення кислотного числа, вміст водорозчинних кислот, температури спалаху і кольори масла; випробування в обсязі повного аналізу, що включають у себе всі випробування в обсязі скороченого аналізу, а також визначення $\text{tg}\delta$, натрову пробу, стабільність проти окислювання, кількісне визначення вмісту вологи і механічних домішок.

5.8 Випробовування трансформатора після ремонту

При капітальному ремонті без заміни обмоток в обсяг випробувань входить:

Хімічний аналіз і випробування масла з бака трансформатора та ввідів.

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

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

Вимірювання опору ізоляції доступних стяжних болтів, ямкових балок і випробування ізоляції стяжних болтів підвищеною напругою. Величина опору ізоляції не нормується, рекомендоване значення – не менше ніж 10 МОм. Ізоляція стяжних болтів повинна витримати випробування напругою змінного струму до 2000 В протягом однієї хвилини.[3]

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

6 ЕКСПЛУАТАЦІЯ РОЗПОДІЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ НАПРУГОЮ ПОНАД 1000В

6.1 Огляди РП і випробовування

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

Огляди розподільних пристроїв (РП) проводяться з наступною періодичністю: на об'єктах з постійним чергуванням персоналу - не рідше за 1 раз в добу і не рідше за 1 раз в місяць в темний час доби для виявлення розрядів і коронування; на об'єктах без постійного чергування персоналу - не рідше за 1 раз в місяць [5].

При оглядах РУ перевіряють: рівень масла, його температуру і відсутність течі в маслонаповненому устаткуванні; стан контактних з'єднань ошиновки; стан ізоляції (забрудненість, наявність тріщин, сколовши слідів випадання роси); відповідність показників положення комутаційних апаратів їх дійсному положенню; стан відкрито прокладених провідників заземляючого пристрою; дія пристроїв підігрівання устаткування в холодну пору року; наявність засобів пожежогасіння, переносних заземлень і інших захисних засобів, медичної аптечки першої допомоги.

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

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

При експлуатації РП виконують наступні загальні для усього устаткування профілактичні виміри і випробовування: вимір опору основної ізоляції устаткування (ізоляції первинних ланцюгів) мегаомметром на 2500 В, опір ізоляції 300 МОм при номінальній

напрузі до 10 кВ, опір ізоляції 1000 МОм при напрузі 20...150 кВ, опір ізоляції 3000 МОм при напрузі 220 кВ; вимір опору ізоляції вторинних ланцюгів мегаомметром на 1000 В, цей опір має бути не менше 1 МОм; випробування основної ізоляції устаткування підвищеною напругою впродовж 1 хв.

6.2 Шини розподільних пристроїв

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

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

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

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

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

6.3 Комутаційні апарати

Огляди комутаційних апаратів проводяться при оглядах РП; позачергові огляди вимикачів - після відключення струму короткого замикання. При оглядах звертають увагу на нагрів і стан зовнішніх контактних з'єднань, кріплення вимикача і приводу, стан і міру забруднення ізоляції, справність ланцюга заземлення [6].

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

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

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

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

6.4 Вимірювальні трансформатори

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

При роботі ТС особливу увагу приділяють заземленню вторинних обмоток трансформатора і відсутності обриву вторинного ланцюга. При експлуатації ТС виконуються наступні перевірки виміри і випробування: для оцінки стану ізоляції обмоток вимірюється її $\tan \delta$; для контролю ізоляції витків вторинної обмотки ТС знімається характеристика намагнічення; у паспорті ТС, як правило, вказуються параметри контрольної точки цієї характеристики; при вимірах встановлюється напруга, що відповідає контрольній точці, і вимірюється струм намагнічення; за відсутності квиткових замикань у вторинній обмотці струм намагнічення відрізняється від контрольного струму не більше ніж на 10%; відповідність параметрів ТС паспортним даним перевіряється виміром коефіцієнта трансформації; первинна обмотка ТС навантажується струмом не менше 20% від номінального і вимірюється первинний і вторинний струми; коефіцієнт трансформації визначається як відношення первинного струму до вторинного; відмінність виміряного коефіцієнта трансформації від паспортного має бути не більше 2%; для маслозаповнених ТС напругою 110...220 кВ проводиться скорочений аналіз масла [6].

Трансформатори напруги (ТН). При оглядах перевіряють рівень масла і відсутність його течі, стан фарфорових ізоляторів, справність армувальних швів, заземлення вторинних обмоток, яке потрібне для захисту обслуговуючого персоналу від первинної напруги при пробі ізоляції між первинною і вторинною обмотками ТН.

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

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

6.5 Конденсаторні установки

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

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

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

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

6.6 Апарати захисту від перенапружень

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

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

Для попередження перекриттів РВ і ОПН необхідно стежити за чистотою поверхні фарфорової або полімерної покришки, оскільки забруднення значно спотворює розподіл напруги по поверхні покришки

і збільшує вірогідність перекриття навіть при номінальній напрузі установки. Щорічно перед настанням грозового сезону повинна проводитися перевірка стану захисту устаткування РУ від перенапружень.

Вимір опору апаратів виконується мегаомметром і дозволяє виявити зволоження внутрішніх деталей, обриви ланцюга шунтуючих резисторів і інші грубі дефекти. Вимір струму провідності дозволяє виявити зволоження внутрішніх деталей РВ і ОПН, погіршення характеристик нелінійних резисторів ОПН при порушенні їх герметичності. Вимір пробивної напруги РВ робиться з метою визначення стану іскрових проміжків і відповідності захисних характеристик розрядника необхідним нормам [6].

6.7 Заземлюючі пристрої

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

Огляди з вибіркоvim розкриттям ґрунту проводяться в місцях ЗП, найбільш схильних до корозії, а також у місць заземлення нейтралей трансформаторів, приєднань РВ і ОПН. Такі огляди проводяться не рідше за 1 раз в 12 років. Елемент ЗП бракується, якщо корозією уражено більше 50% його перерізу. Результати оглядів ЗП з вибіркоvim розкриттям ґрунту оформляються відповідними актами [4].

6.8 Види, обсяг і строки ремонту РП

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

Масляні вимикачі, вимикачі навантаження, роз'єднувачі, відокремлювачі, короткозамикачі, заземлюючі ножі та їх приводи: частково розбирають і оглядають апарат; ремонтують або замінюють

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

Трансформатори струму і напруги: чистять ізолятори; перевіряють і при необхідності ремонтують приєднання шин у колах первинної і проводів (кабелів) вторинної комутації; перевіряють заземлюючі гвинти і шунтуючі перемички; вимірюють опір ізоляції первинних і вторинних обмоток, тангенс кута діелектричних втрат; випробовують вводи, а також ізоляцію первинних і вторинних обмоток (на електричну міцність) та ізоляцію стяжних гвинтів у строгий відповідності до вимог ПУЕ, норм і ПТЕ.

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

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

Капітальний ремонт необхідний для того, щоб забезпечити справність і відновити повний або близький до повного ресурс виробу.

При цьому можна замінювати різні його частини, зокрема й базові. Під час капітального ремонту виконують теж операції поточного. Обсяг робіт при капітальному ремонті обладнання РП:

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

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

Трубчасті та вентильні розрядники: проводять випробування, які передбачені нормами і ПТЕ. Одночасно з капітальним ремонтом усувають заводські дефекти, які виявлено в процесі експлуатації, а також допущено при монтажі; модернізують, підсилюють конструкцію і вдосконалюють окремі збірні одиниці.

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

6.9 Охорона праці при ремонті РП

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

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

При всіх видах обслуговування РП, які пов'язані з підвищеною напругою, слід ретельно перевіряти заземлювачі корпусів обладнання (як перевірюваного, так і того, що випробується) і конструкцій, зв'язок заземлюючих проводок з контуром, наявність контуру і його опір. Контролюючи справність вимикача, треба звертати особливу увагу на випадкові відмови кінематичних пристроїв, які можуть призвести до його вмикання. При роботі на висоті необхідно застосовувати драбини, риштування, пояси, драбинки відповідно до правил безпеки [11, 12].

7 ЕКСПЛУАТАЦІЯ РОЗПОДІЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ ТА ЗАХИСНОЇ АПАРАТУРИ НАПРУГОЮ ДО 1000 В

7.1 Обслуговування захисної апаратури напругою до 1000 В

Одним з основних завдань експлуатації розподільних пристроїв, пускової і захисної апаратури є безаварійність роботи, наслідком чого є відсутність простоїв виробничих механізмів. Через зношування окремих частин, старіння ізоляційних матеріалів і неправильний режим експлуатації пускові, захисні апарати або окремі їх деталі пошкоджуються, руйнуються чи повністю виходять з ладу. Тому для надійної і безаварійної роботи електрообладнання необхідно своєчасно виявляти ці несправності та усувати їх [6].

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

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

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

проводів з незначними пошкодженнями ізолюють поліхлорвініловою стрічкою; впевнюються в справній дії апарата вмиканням його від руки при знятій напрузі, а потім і під напругою; перевіряють цілість ущільнень апарата; відновлюють написи, вказуючи приналежність пускової і захисної апаратури до електроприймача.

При ТО **рубильників** перевіряють:

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

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

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

При ТО **магнітних пускачів і кнопок керування** необхідно перевірити:

- стан контактної системи (відсутність перекосів), одночасність замикання контактів, відсутність корозії на пружинах головних і блокувальних контактів. Пружини, які мають дефекти, замінити новими

заводського виготовлення. Кріплення магнітної системи, при послабленні гвинти підтягнути;

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

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

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

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

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

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

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

Перевірка стану реле. Переконатися у відсутності механічних ушкоджень і слідів підгоряння на поверхні реле. Зняти кришку реле.

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

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

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

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

7.2 Пошкодження пускової та захисної апаратури напругою до 1000 В

У пусковій і регулювальній апаратурі найчастіше зустрічаються такі види несправностей: перегрівання котушок пускачів, контакторів і автоматів, міжвиткові замикання і замикання на корпус котушок,

перегрівання контактів та сильне їх зношення, незадовільна ізоляція, механічні несправності.

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

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

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

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

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

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

Механічні несправності в апаратах виникають внаслідок корозії, пошкодження осей, пружин, підшипників та інших конструктивних елементів. Зношення деталей і явища втоплення зумовлюються поганим змащуванням рухомих частин, накопиченням вологи, використанням у конструкціях, які працюють на удар, дуже крихких або дуже м'яких матеріалів [4].

7.3 Ремонт захисної апаратури напругою до 1000 В

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

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

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

В обсяг робіт з **ПР пускових ящиків** входять операції: огляд контактних деталей і усунення наявних пошкоджень; перевірка стану приводу і чіткості його роботи; усунення люфтів, ослаблених кріплень рухомих деталей, пошкоджень ізоляційних частин; перезаряджання запобіжників і заміна плавких вставок. При перевірці стану ізоляції між струмопровідними і заземленими частинами значення опору ізоляції повинно бути не нижчим ніж 10 МОМ.

При **ремонті кнопок керування** очищають поверхні контактів і містка від плівок окисів, перевіряють стан пружин і затягання гвинтів. Ослаблені пружини замінюють новими заводського виготовлення. При складанні відремонтованої кнопки керування звертають увагу на

правильність взаємного розміщення внутрішніх деталей та її контактних поверхонь, а також на відсутність заїдання при русі стержня і кнопки в корпусі.

При *ремонті запобіжника* зачищають контактні поверхні патрона і губок від кіптяви і частинок металу. У фібрових патронах перевіряють товщину стінок і відсутність тріщин, оскільки при частих спрацюваннях запобіжника стінки патрона вигоряють і міцність патрона знижується. При перезаряджанні запобіжника плавку вставку перевіряють за струмом вимикання запобіжника і кола, яке захищають. У запобіжників з кварцевим наповнювачем повністю замінюють старий пісок новим, який повинен складатися з чистого сухого кварцу з розміром гранул 0,5-1 мм. Потім патрон встановлюють у губки запобіжника, куди він повинен входити без перекосу і з деяким зусиллям [9-11].

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

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

При *ремонті дугогасильних камер* оглядають камери, впевнюються у відсутності тріщин, прогорання матеріалу камер. Очищають шабером внутрішні частини камер від кіптяви, нагару та бризок металу і протирають сухим обтиральним матеріалом. Видаляють з пластин деіонної решітки бризки і напливи металу за допомогою напилка або шабера. Місця пластин, що обгоріли, зачищають скляним або наждачним папером. Дугогасильні камери або сильно обгорілі пластини деіонної решітки, які вийшли з ладу, замінюють новими.

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

лаком повітряного сушіння. У місцях, де стикається рухома і нерухома частина магнітопроводу, сліди корозії і клепання 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 котушок. Котушка є однією з найбільш пошкоджуваних деталей магнітного пускача і контактора, яка при ввімкненому пускачі (контакторі) обтікається струмом. Тому, перш ніж приступити до ремонту котушки, її оглядають. Котушка 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 котушки відносно корпусу і струмопровідних частин повинно бути не менше ніж 0,5 МОм. Котушка з обвугленою і обсіпаною ізоляцією підлягає заміні.

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

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

При ремонті електроізоляційних деталей і корпусу перевіряють стан ізоляції деталей. Невеликі тріщини і відшарування покривають лаком або клеєм БФ. Ізоляційні деталі складної конфігурації, які мають значні пошкодження, замінюють новими або придатними деталями із старих апаратів. Опір ізоляції між струмопровідними частинами вимірюють мегометром на 500 В. Опір

ізоляції повинен бути не менший ніж 0,5 МОм, при менших значеннях опору апарат необхідно демонтувати і просушити ізоляцію.

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

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

7.4 Строки і обсяг ремонту РП напругою до 1000 В

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

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

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

Під час *капітального ремонту РП* виконують усі операції поточного ремонту. При капітальному ремонті РП особливу увагу звертають на стан болтових контактних з'єднань. При цьому перевіряють якість затягання болтів і розкривають два-три відсотки з'єднань; цілість ізоляторів, надійність кріплення шин на ізоляторах; відсутність вигинів шин, стан їх фарбування і наявність зачищених місць для накладання переносних заземлень. Відповідно до прийнятих позначень, фази шин трифазного змінного струму позначають літерами

А, В, С, цим літерам відповідають номери 1, 2, 3. Шини фарбують у такі кольори: жовтий - фаза А, зелений - фаза В і червоний - фаза С.

У процесі ремонту ошинування РП якість прилягання плоских поверхонь у контактах перевіряють за допомогою шупа на 0,02-0,03 мм. Під час ремонту розподільного пристрою фарбують панелі у світлі тони, відновлюють написи на панелях, ремонтують контур заземлення, замки захисних сітчастих огорожень, дверцята РП, освітлення тощо [9-11].

7.5 Після ремонтні випробовування РП напругою до 1000 В

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

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

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

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

7.6 Охорона праці під час експлуатації та ремонту пускової, захисної, регулюючої апаратури і РП напругою до 1000 В

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

При вимиканні щита або лінії напругою 380, 220 і 110 В перед початком роботи необхідно повісити плакати, прокласти ізолюючий

матеріал між ножами вимкненого рубильника і попередити старшого електрика або відповідальну особу про проведення робіт на даній ділянці.

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

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

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

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

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

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

При роботі без зняття напруги поблизу струмопровідних частин, що знаходяться під напругою, повинні бути вжиті заходи, які

перешкоджають наближенню працюючих до цих струмопровідних частин. До таких заходів належать: безпечне розміщення працюючих по відношенню до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою; організація безперервного нагляду за працюючими; використання основних і додаткових ізолюючих захисних засобів.

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

8 Експлуатація електроприводів

8.1 Несправності, що виникають у процесі експлуатації електродвигунів

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

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

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

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

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

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

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

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

8.2 Способи захисту електродвигунів від аварійних режимів

Як було відмічено раніше, у процесі експлуатації електроприводів виникають різні аварійні ситуації, основні з яких [3, 4]:

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

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

Захист можна поділити на три групи. До *першої* відносять спеціальні пристрої, які реагують на окремий спеціально контрольований аварійний режим. До *другої групи* відносять універсальні пристрої, які реагують на декілька аварійних режимів,

контролюючи один параметр двигуна. *Третю групу* утворюють комплектні пристрої, які реагують на всі основні аварійні режими, контролюючи декілька параметрів двигуна.

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

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

За економічним критерієм вибір типу захисту полягає в тому, щоб знайти такий пристрій захисту, додаткові витрати на який контролюються досягнутим зниженням витрат на капітальний ремонт захищеного електрообладнання і технологічної шкоди.

8.3 Технічне обслуговування електродвигунів

Роботи з технічного обслуговування для всіх електричних машин, які знаходяться в експлуатації. Технічне обслуговування електричних машин проводять на місці їх установки, без демонтажу і розбирання. Поточні ремонти можна проводити на місці їх установки або на пункті технічного обслуговування, у майстерні тощо [3].

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

- очистити корпус електродвигуна від пилу і бруду стиснутим повітрям або обтиральним матеріалом і впевнитися у відсутності тріщин у станині, підшипникових щитах і фланцях;
- перевірити, як затягнуті болти та гайки і чи надійно кріпиться електродвигун до фундаменту або робочої машини; підтягнути ослаблені болти і гайки;
- проконтролювати щільність посадки шківів, напівмуфт або зірочки, а якщо потрібно, закріпити їх;
- перевірити чи надійно заземлений корпус електродвигуна; розібрати ослаблені контакти і ті, які окислились, зачистити їх поверхні

до металевого блиску, змастити технічним вазеліном, зібрати і затягнути; замінити заземлюючий провід при обриві;

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

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

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

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

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

Під час технічних оглядів визначають стан електродвигунів і уточнюють обсяг підготовчих робіт, які треба виконати при черговому ремонті. Огляди проводять електромонтери (кваліфікаційна група не нижче III), як правило, в технологічні перерви роботи машин. Періодичність оглядів електродвигунів встановлюють залежно від умов їх експлуатації і виконання [4].

8.4 Види ремонтів електричних двигунів і строки їх проведення

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

струму, що працюють у приміщеннях, рекомендується ставити на поточний ремонт 1 раз на 4 міс.

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

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

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

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

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

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

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

8.5 Розбирання електричних двигунів і виявлення несправностей

Технологія ремонту електроустаткування повинна бути складена так, щоб ремонт можна було проводити швидко, високоякісно і щоб коштував він якомога дешевше. Як приклад розглянемо технологію ремонту асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором [4].

Перед ремонтом проводять дефектацію складеного електродвигуна. Потім його розбирають у такій послідовності. Гайковертами відгвинчують болти переднього і заднього підшипникових щитів і болти або гайки фланців переднього і заднього підшипників. Спеціальними виколотками з кольорового металу і молотком або кувалдою знімають задній підшипниковий щит і зсувають із заточки передній підшипниковий щит. Ротор разом з переднім щитом виймають із статора, причому на невеликих електродвигунах цю операцію виконують вручну, а на середніх і великих - за допомогою спеціального пристрою і вантажопідйомного механізму. В обох випадках вживають заходів до того, щоб не пошкодити активну сталь ротора і статора (наприклад, знявши задній підшипниковий щит, вводять у зазор між ротором і статором лист тонкого електрокартону). Після цих операцій у спеціальному пристрої знімають з підшипника передній щит. На цьому закінчується розбирання електродвигуна. На основні його деталі вішають металеві бирки.

Усі деталі старанно промивають у мийній машині, після чого ротор електродвигуна з підшипниковими щитами, підшипниками, фланцями і деталями кріплення (механічна частина) відправляють у слюсарно-механічний ремонт.

При дефектації машини особливо відповідальна перевірка її електричної частини. В електричних машинах найчастіше бувають три несправності: обрив кола, замикання між фазами (колами) обмотки або обмотки на корпус і виткове замикання обмотки.

Усі ці несправності можна визначити за допомогою чотирьох методів: контрольної лампи або опору (омметра), методу симетрії струмів або напруг, методу мілівольтметра і методу електромагніту.

У складеній і в розібраній машині обрив у колі обмотки, що не має паралельних віток, легко визначити контрольною лампою, а в колі з паралельними вітками - за допомогою омметра або ж після розпаювання віток тією самою контрольною лампою.

У машинах постійного струму це пошкодження визначають омметром. У колі з обривами опір завжди значно перевищує розрахункове значення.

Обрив у короткозамкненому роторі асинхронного двигуна визначають у режимі короткого замикання двигуна за допомогою методу симетрії струмів. Ротор електродвигуна загальмовують, до статора підводять напругу, знижену порівняно з номінальною в 5-6 раз. У кожен фазу обмотки статора вмикають амперметр. Коли обмотки статора і ротора справні, покази всіх трьох амперметрів однакові і не залежать від положення ротора. Коли стержні в роторі обірвані, покази приладів будуть різними і змінюються при повертанні ротора. Різні покази приладів, що не залежать від повертання ротора, свідчать про несправність обмотки статора (виткове замикання, неправильне з'єднання котушок в обмотці статора і т. п.). Виткове замикання в обмотці статора двигуна звичайно визначають за допомогою методу симетрії струмів у режимі холостого ходу, а для генератора - за допомогою методу симетрії напруг (замість трьох амперметрів у схему вмикають три вольтметри).

У розібраній машині визначають обрив у колі короткозамкненого ротора і виткове замикання в колі статора чи якоря (машини постійного струму), використовуючи для цього електромагніт. Ротор (подібно до якоря) поміщають на електромагніт і повертають вручну. Стальна пластинка, прикладена до пазів ротора, вібрає на справних пазах і не вібрає на пазах, де розміщені обірвані стержні. Щоб визначити виткове замикання в обмотці статора, електромагніт поміщають у розточку статора і пересувають по ній. Стальна пластинка, прикладена до пазів, починає вібрувати як тільки потрапляє на паз, в якому міститься пошкоджена котушка обмотки [3].

8.6 Випробування електроприводів

Об'єм і норми приймально-здавальних випробувань електроустаткування викладені в ПУЕ.

У електродвигунів змінного струму напругою до 1 кВ вимірюють опір ізоляції, опір реостатів і пускорегулюючих опорів постійному струму, перевіряють роботу на холостом ходу або з ненавантаженим механізмом і роботу під навантаженням.

Опір ізоляції статора вимірюють мегомметром напругою 1 кВ, а ротора - мегомметром напругою 0,5 кВ. При температурі 10-30 °С опір ізоляції статора має бути не менше 0,5 МОм. Опір ізоляції ротора не нормується. Опір реостатів і пускорегулюючих опорів повинен відрізнятися від паспортних не більше ніж на 10%. При цьому також перевіряють цілісність відпаювань.

Тривалість перевірки роботи на холостом ходу не менше 1 год. Перевірку роботи під навантаженням проводять при потужності, що забезпечується технологічним устаткуванням до моменту здачі апаратури в експлуатацію. При цьому для електродвигунів з регульованою частотою обертання визначають межі регулювання.

У електродвигунів змінного струму напругою понад 1000 В окрім перелічених вище випробувань перевіряють можливість включення під напругу без сушки; випробовують підвищеною напругою промислової частоти; вимірюють опори обмоток статора і ротора постійному струму; випробовують повітроохолоджувач гідравлічним тиском; вимірюють вібрацію підшипників.

Випробування підвищеною напругою промислової частоти проводять на повністю зібраному двигуні. Випробування обмотки статора проводять для кожної фази окремо відносно корпусу при двох інших сполучених з корпусом.

Опір обмоток статора і ротора постійному струму вимірюють при потужності електродвигуна 300 кВт і більше. Опори обмоток різних фаз повинні відрізнятися один від одного або від заводських даних не більше ніж на 2%. Випробування повітроохолоджувача проводять надмірним гідравлічним тиском 0,2-0,25 МПа впродовж 10 хв. При цьому не повинно спостерігатися зниження тиску або витоку.

У електродвигунів змінного струму, що поступають на монтаж в розібраному виді, вимірюють проміжки між ротором і статором; проміжки в підшипниках ковзання, а також розгін ротора в осьовому напрямі. Повітряний проміжок між ротором і статором вимірюють за допомогою щупів, які вводять в проміжки діаметрально протилежних точок або точок, зрушених відносно осі ротора на 90°. Вимір проводять тричі, послідовно повертаючи ротор навколо осі на 120°. Значення проміжку отримують як середньоарифметичне трьох результатів вимірів, кожне з яких не повинне відрізнятися від середнього значення

більш ніж на 10%, а розгін ротора в осьовому напрямі не повинен перевищувати 2-4 мм.

Вимір вібрації проводять на кожному підшипнику; її граничне значення не повинне перевищувати при синхронній частоті обертання: 3000, 1500, 1000, 750 об/хв. відповідно допустима амплітуда вібрації підшипника: 50,100, 130, 160 мкм.

Усі випробування і виміри оформляють актами і протоколами [10-12].

8.7 Охорона праці при експлуатації електродвигунів

До виконання робіт з технічного обслуговування і поточного ремонту електродвигунів допускаються електромонтери та електрослюсарі, які пройшли у встановлені строки медичний огляд і знають правила та інструкції з техніки безпеки, пройшли навчання безпечних методів роботи і перевірку знань з присвоєнням певної кваліфікаційної групи, навчені прийомів звільнення потерпілого від електричного струму і правил надання першої допомоги потерпілим.

Технічне обслуговування і поточні ремонти електрообладнання проводять при повністю знятій напрузі, тобто електродвигун повинен бути повністю відімкнений від мережі. Для виключення помилкової подачі напруги до місця роботи знімають запобіжники, прокладають ізоляційний матеріал між губками і ножами рубильників, від'єднують кабелі.

На рукоятках вимикальних апаратів вивішують плакат: "Не вмикати - працюють люди". Після вивішення попереджувальних плакатів впевнюються у відсутності напруги на всіх трьох фазах, користуючись індикатором чи вольтметром.

Під напругою працюють тільки при випробуванні відремонтованих машин та апаратів і тільки в тому випадку, якщо цього вимагає технологія перевірки.

При роботі на електродвигунах необхідно вживати заходів, щоб двигун не прийшов у рух з боку приводного механізму.

Забороняється працювати в одязі із закачаними рукавами і без головного убору. При роботі з контактними кільцями, які обертаються, колектором і щітками рукави працюючого повинні бути застібнуті біля кисті, а на руки надіті діелектричні рукавиці.

Випробування електрообладнання з використанням підвищеної напруги повинні проводити особи, які пройшли спеціальну підготовку і мають практичні навички з проведення випробувань у діючих електроустановках. Перед початком випробувань необхідно перевірити заземлення корпусів випробовуваного двигуна і надійно заземлити випробувальну установку. Місце випробування, а також з'єднувальні проводи, які знаходяться під високою напругою, повинні бути обгороджені. Крім того, повинен бути вивішений плакат "Випробування небезпечно для життя".

При проведенні слюсарних робіт з розбирання, ремонту і збирання електричних машин та апаратів необхідно користуватися знімачами. При рубанні твердих і крихких металів зубилом або крейцмейселем необхідно одягати захисні окуляри.

При роботі на свердлильному верстаті забороняється притримувати деталь руками або закріплювати деталь під час роботи верстата.

Допуск до роботи в електроустановках персоналу від сторонніх організацій, з якими укладено договори на обслуговування і ремонт, повинен оформлятися відповідно до вимог Правил з техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів [13].

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ:2026): затверджені наказом Міненерго України від 05.06.2026 № 283. Київ, 2026. 711 с.
2. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. Київ: Основа, 1998. 380 с.
3. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. Харьков: Форт, 2012. 404 с.
4. Правила експлуатації електрозахисних засобів. Київ: Форт, 2001. 117 с.
5. Правила безпечної роботи з інструментом та пристроями. Київ: Форт, 2001. 171 с.
6. Правила безпечної експлуатації пристроїв автоматики, телемеханіки та зв'язку на залізницях України. Київ: Мануфактура, 2004. 156 с.
7. Правила пожежної безпеки в Україні. Харків: Форт, 2004. 174 с.
8. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці: підруч. для студ. вищ. навч. закл. Вид. 2-ге. Київ: Каравела, 2005. 390 с.
9. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці: підручник. Вид. 3-тє, перероб. і доп. Львів: Укр. акад. друкарства, 2006. 336 с.
10. Охорона праці: підручник / В. П. Кучерявий, Ю. Є. Павлюк, А. Д. Кузик та ін. Львів: Оріана-Нова, 2007. 367 с.
11. Основи охорони праці: підручник / Я. І Бедрій, Ю. Л. Дешинський, Р. М. Івах та ін. Львів: «Магнолія 2006», 2008. 337с.
12. Основи охорони праці: підручник / К. Н. Ткачук, В. В. Зацарний, Д. В. Зеркалов та ін. Вид. 3-тє, доп. та перероб. Київ: Основа, 2014. 456 с.
13. Основи охорони праці: підручник / М. С. Одарченко, А. М. Одарченко, В. І. Степанов та ін. Харків: ХДУХТ, 2017. 334 с.
14. ДСТУ 2272-2006. Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять. [На заміну ДСТУ 2272-93; чинний від 2007-07-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 28 с.
15. Правила безпечної експлуатації військових електроустановок: затв. наказом МО України від 13.05.2003 р. № 133. Київ, 2003. 359 с.

16. Акімов О. І., Панченко В. В. Сучасні джерела автономного, резервного та гарантованого живлення: метод. вказівки до виконання курсової роботи і практичних занять з дисципліни «Сучасні джерела автономного, резервного та гарантованого живлення» та дипломного проектування. Харків: УкрДУЗТ, 2015. 100 с.

17. Акімов О. І. Методика оцінки шкідливих викидів тепловозів та дизель-поїздів. Тези доповіді. *Міжн. НТК «Вагони нового покоління»*. Харків: УкрДУЗТ, 2019. Вип. 184. С. 37