

План уроку  
з спецтехнології №98

**Модуль:** Виконання нескладних регламентних робіт із обслуговуванням електроустаткування.

**Тема:** Будова, технічне обслуговування та ремонт побутових приладів

**Тема уроку:** Основні відомості, призначення, галузь застосування та конструктивні особливості побутових приладів.

**Теоретичні відомості**

Електропобутові прилади - це побутові машини і прилади, експлуатація яких пов'язана з використанням електричного струму. Сюди відносяться електронагрівальні прилади (наприклад, конвекційні печі), машини і прилади для обробки білизни (наприклад, пральні машини, праски), машини та апарати для зберігання продуктів (наприклад, холодильники), машини для прибирання приміщень (наприклад, пилососи), машини та прилади для підтримки мікроклімату (наприклад, кондиціонери), машини для обробки продуктів, машини для шиття і в'язання, машини для механізації господарських робіт, електроінструмент та ін.

Із зростанням добробуту населення та збільшенням виробництва електроенергії значно зростає попит на побутові електричні прилади, що полегшують домашню працю та скорочують витрати часу на домашню роботу. Світова промисловість випускає велику кількість побутової електричної апаратури, використання якої постійно зростає. Побутова техніка постійно вдосконалюється і ускладнюється, конструкції модифікуються, випускаються нові пристрої, у нових розробках все ширше використовується нова елементна база.

*За принципом дії електропобутові прилади поділяють на електронагрівальні прилади (електричні чайники, праски, електроводонагрівачі, масляні конвектори), прилади з електродвигунами (пилососи, холодильники, міксери, електром'ясорубки), комбіновані з електродвигунами і нагрівальними елементами (пральні машини, фени) та спеціальні високотехнологічні (мікрохвильові печі, кондиціонери, мультиварки, пральні машини, газові котли з електричним управлінням).*

*За типом захисту від ураження електричним струмом електропобутова техніка поділяється на п'ять класів - 0; 0I; 1; 2; 3. До класу 0 відносять вироби, в яких захист здійснюється основною ізоляцією; до класу 0I - вироби, що мають основну ізоляцію і забезпечені захисним затискачем для заземлення; до класу 1 - вироби, які мають основну ізоляцію і додатково приєднуються до заземлювальної жили шнура або мають заземлюючий контакт вилки; до класу 2 - вироби, які мають подвійну ізоляцію (основну і додаткову) чи посилену ізоляцію; до класу 3 - вироби, в яких захист від ураження електричним струмом забезпечується шляхом живлення їх від безпечної напруги, що не перевищує 42 В.*

*За ступенем захисту від вологи електропобутові прилади поділяють на прилади звичайного виконання (незахищені), каплезахищені, бризкозахищені і водонепроникні.*

*За умовами експлуатації побутові електроприлади і машини поділяють на дві групи:*

- вироби, що працюють під наглядом (пилосос, кавомолка тощо);*
- вироби, що працюють без нагляду (вентилятори, холодильники тощо).*

*В окрему групу можна виділити ручний електроінструмент.*

**Електронагрівальні прилади**

Електронагрівальні прилади широко застосовуються в побуті. Промисловість випускає більше 50 видів електронагрівальних приладів різного призначення. Електронагрів має ряд переваг у порівнянні з іншими видами нагріву: високий к.к.д. (до 95%), відсутність шкідливих виділень, можливість автоматизації регулювання потужності і температури. Перетворення електричної енергії в теплову в побутових приладах здійснюється провідниками високого опору, інфрачервоним, індукційним і високочастотним нагрівом.

Асортимент електронагрівальних приладів за призначенням класифікують на такі підгрупи:

- прилади для приготування та підігрівання їжі,
- нагрівання води,
- прасування,
- опалення приміщень,
- обігрів тіла людини,

- електричний інструмент.

### Електроінструмент

*Електроінструмент (ручна електрична машина) – машина, яка призначена для виконання механічної роботи і приводиться в дію електродвигуном або електромагнітом.*

Електроінструменти поширені у багатьох галузях виробництва, їхнє використання дає можливість значно збільшити продуктивність праці, поліпшити якість робіт і значно полегшити умови праці.

*Електроінструменти поділяють:*

*за призначенням* – загального використання (свердлильні, шліфувальні, фрезерні, полірувальні); для обробки металів (ножиці, обпиловочні, зенкувальні, шабери, пили, зачисні); для обробки деревини (пилки, рубанки, лобзики, сучкорізи, довбальні); для обробки кам'яних матеріалів (молотки, перфоратори, бетоноломи, борознороби); для опоряджувальних робіт (штукатурно-затиральні, фарборозпилювачі, піскоструминні, плоскошліфувальні, стрічко-шліфувальні, герметизатори); для складальних робіт (наріжчики, гайкорізи, клепальні молотки, скобозабивні, цвяхозабивні);

*за видом руху робочого органу* – обертальної та зворотнопоступальної дії;

*за типом привода* – з колекторним двигуном, з асинхронним двигуном, з електромагнітами.

### План уроку

з спецтехнології №99-100

**Модуль:** Виконання нескладних регламентних робіт із обслуговуванням електроустаткування.

**Тема:** Будова, технічне обслуговування та ремонт побутових приладів

**Тема уроку:.** Технічне обслуговування та ремонт електронагрівальних приладів.

Конструктивні особливості.

#### Теоретичні відомості:

Технічне обслуговування та ремонт електронагрівальних приладів: праски, електрочайники, плити, кип'ятильники, тостери тощо.

Характерні несправності побутових приладів та способи їх усунення.

Розглянемо будову, принцип дії, технічне обслуговування та ремонт електронагрівальних приладів на прикладі електричного чайника.

#### **Будова та принцип дії електричного чайника**

При натисненні кнопки вимикача, на ТЕН (тепловий електронагрівач) подається струм і він починає нагрівати воду. Після закипання води, пара через ручку корпусу поступає до автоматичного вимикача. На автоматичному вимикачі розташовується біметалева пластина, яка при нагріванні паром згинається, впливає на кнопку і чайник вимикається.

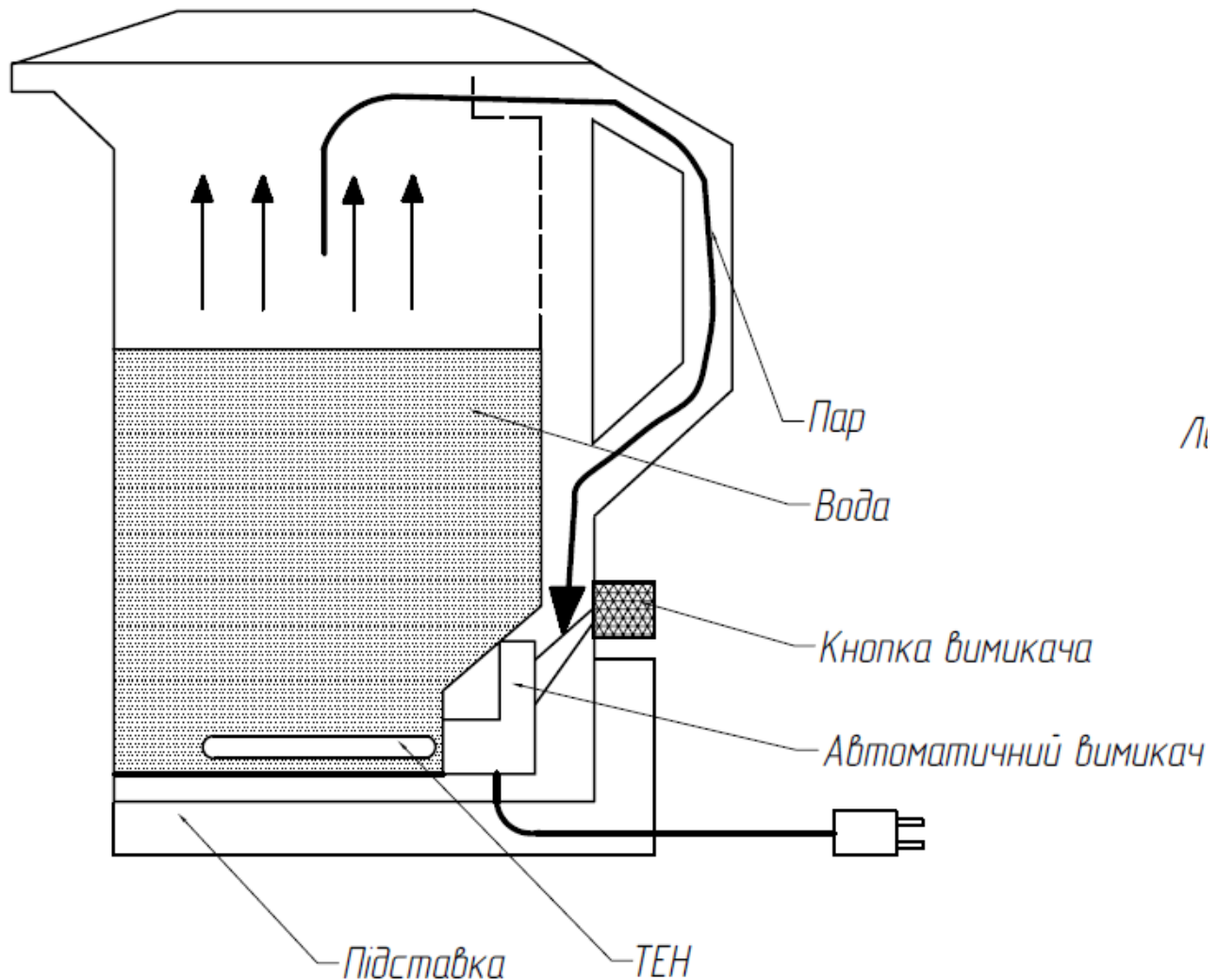
Тому дуже важливо, аби верхня кришка чайника завжди була щільно закритою.

Якщо кришка не буде щільно закрыта, і пара виходитиме назовні минувши ручку, то кількість тепла, що поступає через ручку до вимикача буде недостатньою для вигину біметалевої пластини, чайник не вимкнеться, що викличе прогоряння прокладок і пошкодження ТЕНа.

Також необхідно звернути увагу на те, щоб кількість води була завжди на рівні між верхньою і нижньою відмітками. Якщо води буде надто багато, то вода при кипінні виплеснеться через ручку, і може попасти на електричні контакти вимикача, що виведе чайник з ладу. При недостатньому рівні вода не покриватиме всю поверхню ТЕНа, тому кількість пари буде малою, а шлях пари при цьому буде довгим і по дорозі він частково конденсується. Все це приведе до того, що вимикач може не вимкнутися, а ТЕН перегріватиметься, через що спрацює аварійний захист і є велика вірогідність того, що він більше не включиться.

Основною ознакою, по якій можна класифікувати всі електрочайники - це нагрівальний елемент. Тобто чайники бувають з нагрівальним елементом у вигляді диска і у вигляді спіралі. Зазвичай чайники з диском коштують дорожче за чайники із спіраллю. Також, негласно вважається, що чайники з диском кращі. При включенні відбувається нагрів всієї води, що знаходиться над диском і з ним дотичною. Коли нижній шар нагрітий, він піднімається вгору, поступаючи місцем холоднішому шару. Спіраль же нагріває воду лише біля себе, а оскільки площа її менша, то вода може нагріватися в таких чайниках дещо довше, ніж в чайниках без спіралі. Практично всі відомі виробники чайників

випускають моделі з нагрівальним елементом у вигляді диска і спіралі. Спіраль може з часом облязати і покритися накипом. Тому кращими є електрочайники з нагрівальним елементом з нержавіючої сталі. Найчастіше це буває диск.



Мал. 86.1. Влаштування електричного чайника

Контакти з центральними циліндровими контактами на підставці на порядок надійніші за контакти розташовані на підставці збоку. До того ж це просто зручно - не потрібно цілитися чайником на підставку - він ставиться в будь-якому положенні.

Тепер розглянемо конструкцію автоматичного вимикача для чайника, представлену на малюнку 86.2. На вимикачі є 3 види захисту. Розглянемо їх детальніше.

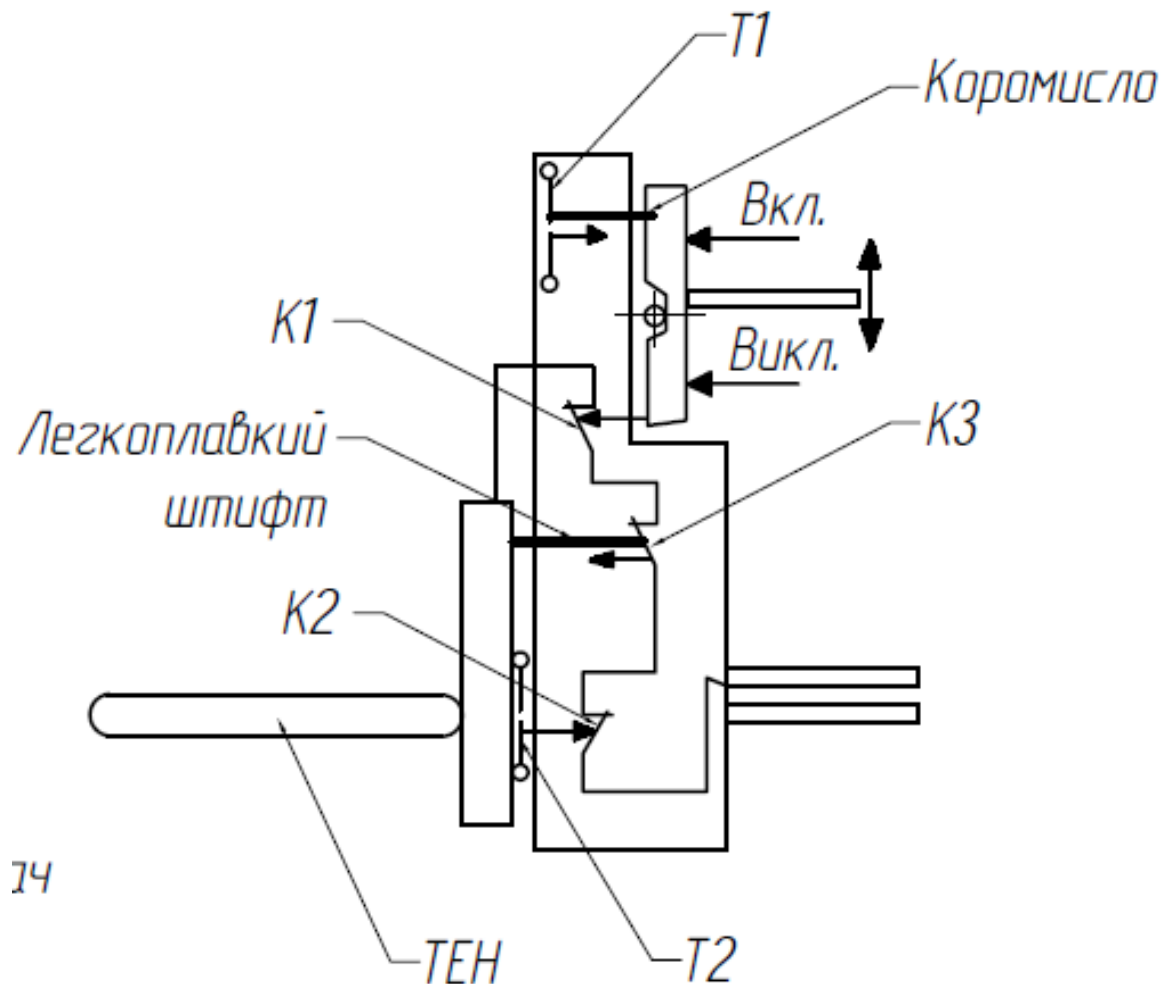
Коли ми натискуємо кнопку включення чайника, коромисло переходить у верхнє положення і притискається до біметалевої пластини Т1. Під коромислом з нижнього боку знаходиться пластмасовий штифт, який звільняється і частково виходить з корпусу під впливом підпружиненого контакту К1. При цьому контакт К1 замикається, чайник включається, вода починає нагріватися.

Після закипання пара впливає на біметалеву пластину Т1, вона згинається, рухає підпружинене коромисло, воно переходить з клацанням в положення "Викл.", натискає на штифт і контакт К1 розмикається, чайник вимикається. Це перший і основний захист.

Тепер допустимо, що води в чайнику немає або дуже мало або по певним причинам перший захист не спрацював. Тоді починає нагріватися корпус ТЕНа і починає нагріватися біметалева пластина Т2. Після того, як температура перевищить критичну відмітку, пластина Т2 згинається і через пластмасовий штифт впливає на контакт К2 і розмикає його, чайник вимикається. Тут слід зазначити, що для кращого контакту з корпусом ТЕНа біметалеву пластину Т2 покривають термопастою. Тому при заміні вимикача, потрібно також покривати її термопастою. Це другий захист.

*Мал. 86.2. Конструкція автоматичного вимикача для чайника*

І, нарешті, останній третій захист. Якщо ТЕН продовжує нагріватися, а ні перший, ні другий захист не спрацював, тоді починає плавитися легкоплавкий штифт, який одним кінцем упирається в корпус ТЕНа. Довжина його зменшується і він розмикає контакт К3. Після спрацювання цього захисту чайник вже включатися не буде.



### Ремонт електричного чайника

Порядок ремонту такий: знімаємо чайник з підставки, виливаємо воду, перевертаємо чайник, включаємо його і міряємо опір між крайніми контактами. Якщо опір порядку 60 Ом, то це означає, що чайник справний, також оглядаємо контакти на предмет оплавлення. Інколи буває, що через підвищений нагрів контакти в автоматичному вимикачі виплавляються і піднімаються вгору. Тоді контакту з колодкою звичайно ж не буде.

Отже якщо на чайнику опір є, а він не працює, це означає, що несправна або клемна колодка або шнур. Оглядаємо підставку з клемною колодкою. Якщо на ній підгоріли контакти, міняємо її або замінюємо контакти. Відразу продзвонюємо шнур і при несправності міняємо або обробляємо.

Якщо на чайнику опору немає, розбираємо чайник, знімаємо автоматичний вимикач. Продзвонюємо ТЕН, якщо опір є (прямує до нуля) - міняємо автоматичний вимикач, якщо немає (на омметрі або

тестері не відображаються ніякі зміни; мається на увазі, що він нескінченно великий і струм не пройде) - міняємо ТЕН. Втім якщо чайник працював без води доводиться міняти і ТЕН і вимикач. При складанні необхідно не забувати наносити термопасту на біметалеву пластину Т2 під ТЕНом. Також при складанні оглядаємо кільце ущільнювача між ТЕНом і вимикачем. На ньому не повинно бути розривів і тріщин. Контакти вимикача знизу зачищаємо наждачним папером до металевого блиску.

Є ще такий вид несправності як витік води з чайника. Якщо витік відбувається з-під кільця ущільнювача між ТЕНом і вимикачем, то тут все відносно просто - міняємо кільце. Але якщо витік відбувається з-під водомірного скла, то такі чайники не рекомендується ремонтувати зовсім. Тому що водостійких клеїв, які можуть контактувати з харчовими продуктами немає, особливо при високій температурі. При нагріванні вони неминуче виділятимуть шкідливі речовини у воду.

Найтиповіша для усіх електрочайників часта несправність: чайник вимикається завчасно і вода не закипає.

Несправність усувається простим видаленням накипу в місці зіткнення ТЕНа з п'ятою кріплення. Це місце має бути без накипу (можна видалити механічним способом). Після цієї процедури потрібно залити 0,5 літра води засипати в нього пакетик лимонної кислоти і, не закриваючи чайник довести його до кипіння (кип'ятити 5-10 хвилин). Якщо накипу було багато, то цю процедуру доведеться повторити кілька разів.

### **План уроку** з спецтехнології №102

**Модуль:** Виконання нескладних регламентних робіт із обслуговуванням електроустаткування.

**Тема:** Будова, технічне обслуговування та ремонт побутових приладів

**Тема уроку:.. Безпека праці при обслуговуванні та ремонті побутових приладів. Теоретичні відомості:**

Безпека праці при обслуговуванні та ремонті побутових приладів.

1. При технічному обслуговуванні і ремонті побутових приладів користуються інструментами з ізольованими ручками.
2. Під час виконання робіт бути особливо пильним. Не відволікатися на сторонні справи та розмови, не заважати іншим.
3. Встановлювати побутовий прилад, що ремонтується, на робочий стіл так, щоб порушення центра тяжіння не призвело до його падіння.
4. До перевірки і ремонту побутового прилада необхідно пересвідчитись у відповідності номіналів запобіжників напрузі живлючої мережі та номінального струму запобіжника, у відсутності замикання у шнурі живлення та його вилці.
5. Після зняття кришки корпусу слід користуватися перехідним шнуром живлення, обладнаним колодкою із запобіжниками.
6. Очистити від пилу електроелементи побутових приладів.
7. Ремонтувати і перевіряти побутовий прилад під напругою лише в тих випадках, коли інакше виконати роботу неможливо (настройка, регулювання, вибір режимів, знаходження несправних контактів в монтажі тощо). При цьому необхідно бути особливо уважним, щоб уникнути дотику до струмопровідних частин апарата. Працювати слід однією рукою.

#### **Забороняється:**

1. Вмикати прилади в розетку за допомогою оголених проводів, без вилок.
2. Проводити ремонт ввімкненого в електромережу побутового приладу в безпосередній близькості від заземлених конструкцій, і батарей опалення, водопровідних труб, що мають заземлені відкриті екрани, надійно захищаються діелектричними щитами або решітками.
3. Залишати без нагляду ввімкнені побутові прилади, вимірювальний прилад, електроінструмент, а також залишати після закінчення роботи побутові прилади без корпусу.
4. Здійснювати заміну вузлів і деталей, пайку монтажу, «продзвонку» проводів та інші операції, що виконуються двома руками, в побутових приладах без попереднього відключення їх від електромережі і зняття залишкових зарядів.
5. Вмикати побутові прилади, апаратуру в мережу при штучно замкнених запобіжниках, а також вмикати його шляхом безпосереднього з'єднання чи при обриві проводів.
6. Вмикати та вимикати обладнання, робота на якому не доручалась; за винятком аварійної ситуації.



7. Торкатися руками до обірваних та оголених проводів електромережі та монтажної схеми приладу ввімкненого в електромережу.
8. Працювати неізольованим та несправним інструментом.
9. Вмикати в електромережу побутові прилади, вимірювальні прилади, проводи живлення яких мають пошкоджені ізоляцію та електровилки.
10. Використовувати саморобні подовжувачі.
11. Вмикати побутові прилади в розетки, які не мають захисних направляючих контактів вилок.
12. Працювати електровимірювальними приладами, корпуси яких надійно не заземлені.
13. Користуватися пошкодженими розетками, відгалужувачами, з'єднувальними коробками, вимикачами та іншою електромережею.
14. Користуватись саморобними некаліброваними електрозапобіжниками.
15. Класти на щит електрообладнання, інструменти, одяг, пакунки.
16. Мати на одному робочому столі два ввімкнених в мережу побутових прилади зі знятими кришками.

#### План уроку з спецтехнології №103

**Модуль:** Виконання нескладних регламентних робіт із обслуговуванням електроустаткування.

**Тема:** Технічне обслуговування і ремонт сонячних і вітрових енергоустановок потужністю до 50 кВт

**Тема уроку:** Технічне обслуговування і ремонт сонячних і вітрових енергоустановок потужністю до 50 кВт

#### **Теоретичні відомості:**

**Сонячна енергетика** - використання сонячної енергії для отримання енергії в будь-якому зручному для її використання вигляді. Сонячна енергетика використовує поновлюване джерело енергії і в перспективі може стати екологічно чистою, тобто такою, що не виробляє шкідливих відходів.

На сьогодні сонячна енергетика широко застосовується у випадках, коли малодоступність інших джерел енергії в сукупності з достатньою кількістю сонячного випромінювання виправдовує її економічно.

Потік сонячного випромінювання, що проходить через площу  $1 \text{ м}^2$ , розташовану перпендикулярно потоку випромінювання на відстані однієї астрономічної одиниці від центру Сонця (тобто



зовні атмосфери Землі), дорівнює  $1367 \text{ Вт/м}^2$  (сонячна постійна).

Через поглинання атмосферою Землі, максимальний потік сонячного випромінювання на рівні моря -  $1020 \text{ Вт/м}^2$ . Середньодобове значення потоку сонячного випромінювання як мінімум в три рази менше (через зміни дня і ночі і зміни кута сонця над горизонтом).

Взимку в помірних широтах це значення в два рази менше. Ця кількість енергії з одиниці площі визначає можливості сонячної енергетики.

Перспективи сонячної енергетики також зменшуються внаслідок глобального затемнення — антропогенного зменшення сонячного випромінювання, що доходить до поверхні Землі.

Отримання електроенергії за допомогою фотоелементів. Для цієї мети застосовують кремнієві сонячні батареї. Мал. 90.1. Пральня, що використовує для роботи сонячну енергію доходить до 20%. Але вартість отримання чистої енергії досить велика. Кремній, в якому на  $10 \text{ кг}$  продукту припадає не більше  $1 \text{ грама}$  домішок коштує стільки ж, скільки збагачений уран для електростанцій, хоча запаси останнього в  $100\,000$  разів менше запасів кремнію. У той же час, «хорошого» кремнію у світі добувають в  $6$  разів менше, ніж такого ж урану.

З однієї тонни піску, в якому міститься 500 кг кремнію отримують 50-90 кг сонячного сіліціума. При цьому на отримання 1 кг витрачається близько 250 кВт-годин електроенергії. За новою технологією, розробленою німецькою фірмою Siemens ще в 1979 р. енерговитрати падають на порядок, і вихід продукту збільшується в 10-15 разів. Вартість отримання кремнію при цьому падає. Простий пісок для цієї технології не підходить. Тут потрібні «особливо чисті кварцити».

Такі батареї можна встановлювати на супутниках, автомобілях, крилах літака, вмонтувати їх елементи в годинники, калькулятор, ноутбук. Термін їх служби становить 30 років. За цей час елемент, на виготовлення якого пішов 1 кг сонячного кремнію, може дати стільки ж електроенергії, скільки її може бути отримано при використанні 100 т нафти на ТЕС або 1 кг збагаченого урану на АЕС.

При другому методі встановлюються на території в кілька тисяч квадратних метрів дзеркала-геліостати, які повертаючись слідом за сонцем направляють промені сонячного світла на ємність з теплоприймачем (водою). Вода нагрівається, перетворюється в пару, яка крутить турбіну, а остання обертає генератор струму.

*Геліотермальна енергетика — нагрівання поверхні, що поглинає сонячні промені і подальший розподіл і використання тепла (фокусування сонячного випромінювання на ємності з водою для подальшого використання нагрітої води в опалюванні або в парових електрогенераторах).*

Сонячну енергію можна використовувати для отримання тепла безпосередньо без перетворення в електричну. Установки, які збирають, зберігають і передають тепло, називаються сонячними колекторами. При цьому, на даху будинку, або на його південній стороні встановлюється панель, що складається з трубочок, по яких в спеціальний бак-акумулятор подається вода. Сонце нагріває воду в трубах до 60-70 С, яка накопичується в баку, а звідти надходить для обігріву або гарячого водопостачання.

#### Переваги сонячної енергетики

- Загальнодоступність і невичерпність джерела.
- Теоретично, повна безпека для навколишнього середовища (проте в наш час у виробництві фотоелементів і в них самих використовуються шкідливі речовини).

#### Недоліки сонячної енергетики

##### Фундаментальні проблеми

- Через відносно невелику величину сонячної постійної для сонячної енергетики потрібне використання великих площ землі під електростанції (наприклад, для електростанції потужністю 1 Гвт це може бути декілька десятків квадратних кілометрів). Проте, цей недолік не так великий, наприклад, гідроенергетика виводить з користування значно більші ділянки землі. До того ж фотоелектричні елементи на великих сонячних електростанціях встановлюються на висоті 1,8-2,5 метра, що дозволяє використовувати землі під електростанцією для сільськогосподарських потреб, наприклад, для випасу худоби.

Проблема знаходження великих площ землі під сонячні електростанції вирішується у разі застосування сонячних аеростатних електростанцій, придатних як для наземного, так і для морського і для висотного базування.

- Потік сонячної енергії на поверхні Землі сильно залежить від широти і клімату. У різних місцевостях середня кількість сонячних днів в році може дуже сильно відрізнятись.

##### Технічні проблеми

- Сонячна електростанція не працює вночі і недостатньо ефективно працює у ранкових і вечірніх сутінках. При цьому пік електроспоживання припадає саме на вечірні години. Крім того, потужність електростанції може стрімко і несподівано коливатися через зміни погоди. Для подолання цих недоліків потрібно або використовувати ефективні електричні акумулятори (на сьогоднішній день це невирішена проблема), або будувати гідроакумуляуючі станції, які теж займають велику територію, або використовувати концепцію водневої енергетики, яка також поки далека від економічної ефективності. Проблема залежності потужності сонячної електростанції від часу доби і погодних умов вирішується у разі сонячних аеростатних електростанцій.

- Висока ціна сонячних фотоелементів. Ймовірно, з розвитком технології цей недолік подолають.

В 1990–2005 рр. ціни на фотоелементи знижувалися в середньому на 4% на рік.

- Недостатній ККД сонячних елементів.

- Поверхню фотопанелей потрібно очищати від пилу і інших забруднень. При їх площі в декілька квадратних кілометрів це може викликати утруднення.
- Ефективність фотоелектричних елементів помітно падає при їх нагріванні, тому виникає необхідність в установці систем охолодження, зазвичай водяних.
- Через 30 років експлуатації ефективність фотоелектричних елементів починає знижуватися.

#### *Екологічні проблеми*

Незважаючи на екологічну чистоту отримуваної енергії, самі фотоелементи містять отруйні речовини, наприклад, свинець, кадмій, галій, миш'як і т. д., а їх виробництво споживає масу інших небезпечних речовин. Сучасні фотоелементи мають обмежений термін служби (30—50 років), і масове їх застосування поставить в найближчий час складне питання їх утилізації.

Останнім часом починає активно розвиватися виробництво тонкоплівкових фотоелементів, у складі яких міститься всього біля 1% кремнію. Завдяки низькому вмісту кремнію тонкоплівкові фотоелементи дешевші у виробництві, але поки мають меншу ефективність.

***Вітрова електростанція (ВЕС)*** також: *вітроелектростанція* (мал. 91.1) - електростанція, яка за допомогою вітрової турбіни перетворює механічну енергію вітру на електричну. Вітрові електростанції — це система відновлюваної енергетики, оскільки вітер — відновлюване джерело енергії.



*Мал. 91.1. Вітрова електростанція (ВЕС)*

#### **Технічні особливості**

З усіляких пристроїв, що перетворюють енергію вітру в механічну роботу, у переважній більшості випадків використовуються лопатеві машини з горизонтальним валом, установлюваним по напрямку вітру. Набагато рідше застосовуються пристрої з вертикальним валом.

Турбіни з горизонтальною віссю і високим коефіцієнтом швидкохідності мають найбільше значення коефіцієнта використання енергії вітру (0,46-0,48). Вітротурбіни з вертикальним розташуванням осі менш ефективні (0,45), але мають ту перевагу, що не вимагають налаштування на напрямок вітру.



Вітрове колесо, розміщене у вільному потоці повітря, може в найкращому випадку теоретично перетворити в потужність на його валу  $16/27=0,59$  (закон Беца) потужності потоку повітря, що проходить через площу перетину, яке захоплюється вітровим колесом. Цей коефіцієнт можна назвати теоретичним ККД ідеального вітрового колеса. У дійсності ККД нижче і досягає для найкращих вітрових коліс приблизно 0,45. Це означає, наприклад, що вітрове колесо з довжиною лопаті 10 м при швидкості вітру 10 м/с може мати потужність на валу в найкращому випадку 85 кВт.

Сьогодні запропоновано безліч варіантів механізмів для переробки вітру в електричну енергію.

Основним його елементом є вітроколесо. За принципом роботи та схемою будови вітроколеса вітрової електростанції поділяються на 3 класи:

1. крильчасті (пропелерні) - мають вітроколесо з лопатями, розташованими перпендикулярно до валу;
2. карусельні або роторні;
3. барабанні.

В карусельних та барабанних валах вітроколеса встановлюється вертикально. Воно обертається під дією вітру на лопаті, розташовані з одного боку осі колеса, у той час як інші лопаті прикриваються ширмою або повертаються з допомогою спеціального пристрою ребром до вітру. Ці обидва класи є громіздкими і менш ефективними порівняно з крильчастими. Виходячи з цього вся сучасна вітроенергетика базується в основному на крильчастих типах вітродвигунів. Пропелерні вітродвигуни досконалі, відносно мало матеріалоємні, забезпечують досить високий коефіцієнт використання енергії вітру.

Слід враховувати, що при розташуванні поруч кількох вітряків вони мають розташовуватися не ближче ніж за три висоти один від одного аби не перехоплювати «чужий» вітер.

Загальний опис крильчастої вітрової електростанції

Вітроколесо установки закріплюється на горизонтальному валу, що обертається в двох підшипниках, змонтованих у головці вітродвигуна. Обертання вітроколеса передається електрогенераторові через дві циліндричні шестерні. Голівка вітродвигуна монтується на башті, висота якої визначається з розрахунком виносу вітроколеса вище від усіх оточуючих перешкод, що можуть впливати на потоки повітря. Вона може обертатися навколо вертикальної осі. Позаду голівки закріплюється хвіст для встановлення вітроколеса на вітер. Потужність вітродвигуна без регулюючого пристрою збільшується або зменшується пропорційно до кубу швидкості вітру, наслідком чого є нерівномірність роботи електрогенератора. Щоб усунути цю ваду у вітродвигуні застосовано автоматичне регулювання швидкості обертання електрогенератора. Напруга, яка знімається з електрогенератора, стабілізується в стабілізаторі напруги. Через це вихідна напруга залишається сталою, вона коливається від 210 В до 230 В і не залежить від швидкості вітру.

Недоліки вітроелектростанцій

Вітер дує майже завжди нерівномірно. Отже генератор буде працювати нерівномірно, віддаючи то більшу то меншу потужність, струм буде вироблятися перемінної потужності, а то й цілком припиниться, і можливо, саме тоді, коли потреба в ньому буде найбільшою. Будь-який вітроагрегат працює на максимальній потужності лише певний час, а в інші години він або працює не на повну потужність, або взагалі простоє. Значну невідповідність між номінальною і середньою потужностями вітроелектростанцій підтверджує наступний факт: у Нідерландах на частку вітрових електростанцій на початку 90-х років 20 ст. припадало 0,11 % усіх встановлених потужностей, але лише 0,02 % виробленої електроенергії.

Для вирівнювання віддачі струму застосовують акумулятори, але це як уже відзначалося, і дорого, і мало ефективно.

Відповідно вітрові електростанції не можуть самі по собі бути надійною основою енергетики. Вони або доповнюють основні потужності роблячи певний внесок у виробництво необхідної електроенергії, або ж є джерелом електрики у віддалених чи ізольованих місцях де складно чи неможливо забезпечити постачання електроенергії іншим чином.

Також через невисоку потужність вітряків, вітроелектростанції вимагають значних територій для розміщення вітрових установок.

Робота вітроелектростанцій впливає на роботу телевізійної мережі, виникають викривлення сигналу.

Іншою несподіваною особливістю установок виявилася в тому, що вони начебто стали джерелами досить інтенсивного інфразвукового шуму, який негативно впливає не тільки на людський, але й на

організм тварин. Тобто території поблизу вітрових електростанцій є непридатними для життя людей, тварин і птахів. Але це ще повністю не доведено й суперечки з цього приводу точаться до сих пір.

### *Історія*

Перша в Радянському Союзі вітрова електростанція потужністю 8 кВт була споруджена в 1929—1930 р. під Курськом по проекту інженерів А.Г. Уфимцева і В.П. Ветчинкіна. Через рік у Криму була побудована більш велика ВЕС потужністю 100 кВт, що була на той час найбільшою ВЕС у світі. Вона успішно працювала до 1942 р., але у час війни була зруйнована. Але найшвидше вітроенергетика розвивалася в США. Ще в 1941 р. там була побудована перша ВЕС потужністю 1250 кВт.

### *Вітрові електростанції у світі*

Протягом останнього десятиліття в світовій енергетиці безперечно першість за темпами розвитку незмінно утримує саме вітроенергетика. Темпи приросту сумарної потужності ВЕС протягом останніх років коливаються у межах 20 - 30 відсотків щороку. Лідерами у цій справі є США, що планують найближчим часом довести сумарну потужність своїх ВЕС до 16000 МВт. Німеччина планує довести цей показник до 13000 МВт. А Данія планує покрити власні потреби в електроенергії за рахунок вітроенергетики рівно наполовину.

На сучасних ВЕС в Данії вартість одного кіловата енергії можна порівняти з електростанцією, що працює на вугіллі, і нижча, ніж на ЕС, що працює на нафті.

### *Сучасний стан та перспективи вітроелектростанцій в Україні*

Існуючі на сьогоднішній день в Україні потужності вітрових електростанцій перевищують 51 МВт, а з моменту, коли запрацювала перша вітчизняна вітрова електростанція, вироблено понад 80 млн. кВт·год. електроенергії. За оцінками фахівців, загальна потенційна потужність української вітроенергетики становить 5000 МВт. Узбережжя Чорного та Азовського морів, гористі райони Кримського півострова (особливо північно-східне узбережжя) і Карпат, Одеська, Херсонська, Запорізька, Донецька, Луганська і Миколаївська області найбільш підходять для будівництва вітрових електростанцій. Тільки потенціал Криму достатній для виробництва більш ніж 40 млрд. кВт·год. електроенергії щороку.

Підраховано, що за нинішнього рівня розвитку вітроенергетики спорудження у «вітряних» регіонах України вітрових електростанцій (ВЕС) дозволило б покрити ледве не третину потреби електроенергії, яку ми споживаємо. Із технічної точки зору вітрова електроенергетика на сьогодні вже впритул наблизилася до традиційної: на сучасних вітрових турбінах коефіцієнт використання встановленої потужності сягає 42 відсотків. Це майже стільки, як на турбінах поширених нині теплових електростанцій.

## План уроку з спецтехнології №108

**Модуль:** Виконання нескладних регламентних робіт із обслуговуванням електроустаткування.

**Тема:** Технічне обслуговування та ремонт електричних машин змінного та постійного струму.

**Тема уроку:** Правила увімкнення і вимкнення електродвигунів.

### **Теоретичні відомості:**

У разі короткочасного припинення електроживлення повинен бути забезпечений самозапуск електродвигунів відповідальних механізмів після повторної подачі напруги, якщо збереження механізмів у роботі необхідне за умов технологічного процесу і допустиме за умов безпеки та зниження напруги електромережі.

Перелік електродвигунів відповідальних механізмів, які беруть участь у самозапуску, із зазначенням уставок захистів і допустимого часу перерви живлення затверджує особа, відповідальна за електрогосподарство.

Захисти елементів електричної мережі споживачів, а також технологічне блокування вузлів електричної мережі виконується таким чином, щоб забезпечувався самозапуск електродвигунів відповідальних механізмів. Для полегшення самозапуску відповідальних механізмів, як правило, повинен бути

передбачений захист мінімальної напруги, що вимикає на час зниження (зникнення) напруги електродвигуни, які не беруть участі в процесі самозапуску.

Електродвигуни, що тривалий час перебувають у резерві, та автоматичні пристрої увімкнення резерву повинні оглядатись та випробовуватись разом із механізмами відповідно до графіка, затвердженого особою, відповідальною за електрогосподарство. У цьому разі в електродвигунів зовнішнього розташування, які не мають обігріву, а також двигунів 6 кВ, що тривалий час перебувають у резерві, повинен бути перевірений опір ізоляції обмотки статора і коефіцієнт абсорбції.

Електродвигуни з короткозамкненими роторами дозволено запускати з холодного стану два рази поспіль, з гарячого - один раз, якщо інструкція заводу-виробника не передбачає більшої кількості пусків. Наступні пуски дозволяються після їх охолодження протягом часу, обумовленого інструкцією заводу-виробника для відповідного типу електродвигуна.

Повторні ввімкнення електродвигунів у разі їхнього вимкнення основними захистами дозволяються після обстеження, проведення контрольних вимірів опору ізоляції і перевірки справності захистів.

Для електродвигунів відповідальних механізмів, що не мають резерву, дозволяється одне повторне ввімкнення після дії основних захистів за результатами зовнішнього огляду двигуна.

Наступне ввімкнення електродвигунів у разі дії резервних захистів до з'ясування причин вимкнення заборонене.

Для спостереження за пуском і роботою електродвигунів, регулювання технологічного процесу яких здійснюється за значенням струму, а також усіх електродвигунів змінного струму потужністю більше ніж 100 кВт на пусковому щитку чи панелі керування встановлюють амперметр, який вимірює струм у колі статора електродвигуна. Амперметр установлюють також у колі збудження синхронних електродвигунів. На шкалі амперметра червоною рисою позначають значення допустимого струму (вище номінального струму електродвигуна на 5 %).

На електродвигунах постійного струму, призначених для приводу відповідальних механізмів, незалежно від їх потужності необхідно контролювати струм якоря.

Для контролю наявності напруги на групових щитках і збірках електродвигунів повинні бути встановлені вольтметри або сигнальні лампи.

Для забезпечення нормальної роботи електродвигунів напругу на шинах необхідно підтримувати в межах від 100 до 105 % від номінальної. За необхідності допускається робота електродвигуна з напругою 90 - 110 % від номінальної. У разі зміни частоти живильної мережі в межах  $\pm 2,5$  % від номінального значення допускається робота електродвигунів з номінальною потужністю.

Вібрація, виміряна на кожному підшипнику електродвигуна, осьовий зсув ротора, розмір повітряного зазору між сталлю статора та ротора, а також в підшипниках ковзання не повинні перевищувати величин, указаних у табл. 22 і 23 додатка 1 та табл. 35 і 36 додатка 2.

Постійний нагляд за навантаженням електродвигунів, щітковим апаратом, температурою елементів і охолоджувальних середовищ електродвигуна (обмотки і осердя статора, повітря, підшипників тощо), догляд за підшипниками і пристроями підведення охолоджувального повітря, води до повітроохолодників і обмоток, а також операції з пуску, регулювання швидкості і зупинки здійснюють працівники цеху (дільниці), які обслуговують механізм.

Електродвигуни, що продуваються і які встановлені в запиленних приміщеннях і приміщеннях з підвищеною вологістю, повинні бути обладнані пристроями підведення чистого охолоджувального повітря, кількість якого і параметри (температура, вміст домішок тощо) повинні відповідати вимогам інструкції заводу-виробника.

Щільність тракту охолодження (корпусу електродвигуна, повітропроводів, засувки) необхідно перевіряти не рідше ніж один раз на рік.

Індивідуальні електродвигуни зовнішніх вентиляторів охолодження повинні автоматично вмикатися і вимикатися у разі ввімкнення та вимкнення основних електродвигунів.

Електродвигуни з водяним охолодженням статора чи ротора, а також з умонтованими водяними повітроохолодниками повинні бути обладнані пристроями, що сигналізують про появу води в корпусі. Організація експлуатації обладнання та апаратури систем водяного охолодження, якість конденсату та води повинні відповідати вимогам інструкцій заводу-виробника.

Аварійні кнопки електродвигунів повинні бути опломбовані. Зривати пломби з аварійних кнопок для вимкнення електродвигуна дозволено тільки в аварійних випадках. Опломбування аварійних кнопок виконують працівники, визначені особою, відповідальною за електрогосподарство.

Електродвигун (обертова машина) повинен бути негайно відімкнений від мережі у таких випадках:

- нещасний випадок (чи загроза) з людиною;
- поява диму, вогню або запаху горілої ізоляції з корпусу електродвигуна або його пускорегулювальної апаратури;
- вібрація понад допустимі норми, яка загрожує виходу з ладу електродвигуна або механізму;
- вихід з ладу привідного механізму;
- нагрівання підшипників або контрольованих вузлів понад допустиму температуру, зазначену в інструкції заводу-виробника;
- виникнення коротких замикань в електричній схемі;
- значне зниження частоти обертання;
- швидке зростання температури обмоток або сталі статора.

В експлуатаційній інструкції можуть бути вказані й інші випадки, за якими електродвигуни (обертові машини) повинні бути негайно вимкнені, а також указаний порядок усунення їх аварійного стану.

Періодичність капітальних і поточних ремонтів електродвигунів, залежно від умов, у яких вони працюють, визначає особа, відповідальна за електрогосподарство. Залежно від місцевих умов поточний ремонт електродвигунів, як правило, здійснюють одночасно з ремонтом привідних механізмів, і його виконує навчений персонал споживача або підрядної організації.

Профілактичні випробування і вимірювання на електродвигунах повинні проводитись відповідно до табл. 22 і 23 додатка 1.

Релейний захист, електроавтоматика та вторинні кола

Електрообладнання підстанцій, електричних мереж, електроустановок споживача, повітряні та кабельні лінії електропередавання повинні бути захищені від коротких замикань і порушень нормальних режимів пристроями релейного захисту, автоматичними вимикачами або запобіжниками й оснащені засобами електроавтоматики та телемеханіки відповідно до ПУЕ та інших чинних НД.

Технічне обслуговування пристроїв РЗАіТ та їх вторинних кіл повинен здійснювати, як правило, персонал служб релейного захисту, автоматики і вимірів або електролабораторії споживача. У тих випадках, коли в обслуговуванні окремих видів пристроїв РЗАіТ беруть участь інші служби, то між ними відповідно до місцевих інструкцій повинні бути розмежовані зони обслуговування та обов'язки. Для обслуговування пристроїв РЗАіТ, установлених у споживача, можливе залучення спеціалізованих організацій.

Обсяг і терміни технічного обслуговування пристроїв РЗАіТ та їх вторинних кіл, що перебувають у керуванні (віданні) оперативного персоналу електропередавальної організації, повинні бути узгоджені з останньою.

Під час проведення налагоджувальних робіт спеціалізованою налагоджувальною організацією у пристроях РЗАіТ їх приймання здійснює персонал споживача, який обслуговує ці пристрої.

Дозвіл на введення пристрою в роботу оформлюють записом у журналі РЗАіТ за підписами відповідальних представників споживача (або організації вищого рівня) і налагоджувальної організації, якщо остання здійснювала налагодження цього пристрою.

Під час здавання в експлуатацію пристроїв РЗАіТ і вторинних кіл повинна бути надана така технічна документація:

- проектна документація, що скоригована під час монтажу (креслення, пояснювальні записки, кабельний журнал тощо), - монтажною організацією;
- заводська документація (інструкції з експлуатації, паспорти електрообладнання і апаратури тощо) - монтажною організацією;
- протоколи налагодження і випробувань, виконавчі принципово-монтажні (або принципові та монтажні) схеми - налагоджувальною організацією чи лабораторією споживача;
- програмне забезпечення для керування та обслуговування мікропроцесорних пристроїв РЗАіТ у вигляді програм на відповідних носіях інформації - налагоджувальною організацією.

У споживача на кожне приєднання або пристрій РЗАіТ, що є в експлуатації, повинна бути, крім указаной в пункті 6.6.4 цих Правил, така технічна документація:

- паспорт-протокол пристрою;
- методичні вказівки, інструкції або програми з технічного обслуговування, налагодження і перевірки (для складних пристроїв - для кожного типу пристрою чи його елементів);
- технічні дані про пристрої у вигляді карт або таблиць уставок і характеристик.

Результати періодичних перевірок повинні бути занесені до паспорта-протоколу пристрою (докладні записи про складні пристрої РЗАіТ здійснюються за потреби в журналі релейного захисту).

Виконавчі схеми РЗАіТ необхідно приводити у відповідність після зміни реальної схеми. Зміни у схемах повинні бути підтверджені записами, які вказують причину й дату внесення змін та хто вніс зміни. Виконавчі схеми пристроїв РЗАіТ (у тому числі пристроїв АЧР та спеціальної автоматики вимкнення навантаження) погоджують з тією організацією, у керуванні (віданні) оперативного персоналу якого перебувають ці пристрої.

Обсяг засобів телемеханіки - телекерування, телесигналізації, телевимірювання, кількість самописних приладів з автоматичним прискоренням запису в аварійних режимах, автоматичних осцилографів чи мікропроцесорних реєстраторів, фіксувальних амперметрів, вольтметрів і омметрів та інших приладів, що використовуються для аналізу роботи пристроїв РЗАіТ, повинен відповідати вимогам ПУЭ.

Уставки пристроїв РЗАіТ ліній споживача, що живляться від мережі електропередавальної організації, а також трансформаторів (автотрансформаторів), які є в оперативному керуванні або віданні оперативного персоналу електропередавальної організації, повинні бути погоджені з нею; зміну уставок дозволяється здійснювати лише за вказівкою служби релейного захисту цієї організації.

Під час вибору уставок електрообладнання споживача повинна бути забезпечена селективність дії з урахуванням наявності пристроїв АВР і АПВ. При цьому також необхідно враховувати роботу пристроїв технологічної автоматики і блокування цехових агрегатів і механізмів.

Усі установки захистів перевіряють на чутливість в умовах мінімального навантаження підприємства та в електропередавальній організації за існуючої схеми електропостачання.

Гранично допустимі навантаження живильних елементів електричної мережі згідно з умовами налаштування РЗАіТ і з урахуванням можливих експлуатаційних режимів повинні бути узгоджені споживачем з диспетчерською службою електропередавальної організації і їх необхідно періодично переглядати.

У колах оперативного струму повинна бути забезпечена селективність дії апаратів захисту (запобіжників і автоматичних вимикачів).

Автоматичні вимикачі, колодки запобіжників повинні мати маркування із зазначенням найменування приєднання і номінального струму. Персонал повинен мати запас каліброваних плавких вставок для заміни перегорілих.

В експлуатації повинні бути забезпечені умови для нормальної роботи електровимірювальних приладів, вторинних кіл і апаратури пристроїв РЗАіТ (допустима температура, вологість, вібрація, відхилення робочих параметрів від номінальних тощо).

Пристрої РЗАіТ, що перебувають в експлуатації, повинні бути завжди в роботі, за винятком тих пристроїв, що повинні виводитись з роботи відповідно до призначення і принципу дії, режимів роботи або за умовами селективності.

Уведення в роботу і виведення з роботи пристроїв РЗАіТ, що перебувають у віданні оперативного персоналу вищого рівня, здійснюють тільки з його дозволу (за диспетчерською заявкою).

У разі загрози неправильного спрацювання пристрою РЗАіТ він повинен бути виведений з роботи без дозволу оперативного персоналу вищого рівня, але з наступним його повідомленням (відповідно до інструкції з експлуатації). Пристрої, що залишилися в роботі, повинні забезпечувати повноцінний захист електрообладнання і ліній електропередавання від усіх видів пошкоджень та порушень нормального режиму. Якщо така умова не може бути виконана, то повинен бути введений тимчасовий захист або приєднання повинно бути вимкнене з повідомленням оперативного персоналу вищого рівня. Зміна уставок мікропроцесорних пристроїв РЗАіТ оперативним і обслуговувальним персоналом дозволяється здійснювати за санкціонованим доступом з фіксацією точного часу, дати і даних особи, яка виконала зміну, а також змісту зміни.

Знімання інформації з пристрою РЗАіТ на мікропроцесорній базі за допомогою переносної електронно-обчислювальної техніки або вбудованого дисплею дозволено виконувати персоналу служби релейного захисту (електролабораторії), який обслуговує ці пристрої, або спеціально навченому оперативному



персоналу згідно з інструкцією з експлуатації без звернення за дозволом до вищого оперативного персоналу.

Джерело: [https://dnaop.com/html/1641\\_14.html](https://dnaop.com/html/1641_14.html)

Домашня робота: прочитати лекцію, переглянути відеоролик. Зробити висновок у робочий зошит.

<https://www.youtube.com/watch?v=OgnID4Qd0B8>

[https://www.youtube.com/watch?v=fRilXt\\_Ciik](https://www.youtube.com/watch?v=fRilXt_Ciik)

### План уроку з спецтехнології №109

**Модуль:** Виконання нескладних регламентних робіт із обслуговуванням електроустаткування.

**Тема:** Технічне обслуговування та ремонт електричних машин змінного та постійного струму.

**Тема уроку:** Загальні відомості про генератори постійного і змінного струмів.

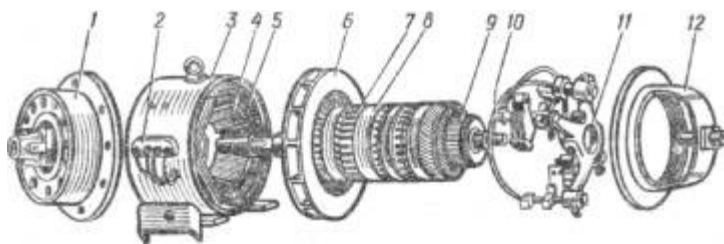
**Теоретичні відомості:**

**Генератори постійного та змінного струму.**

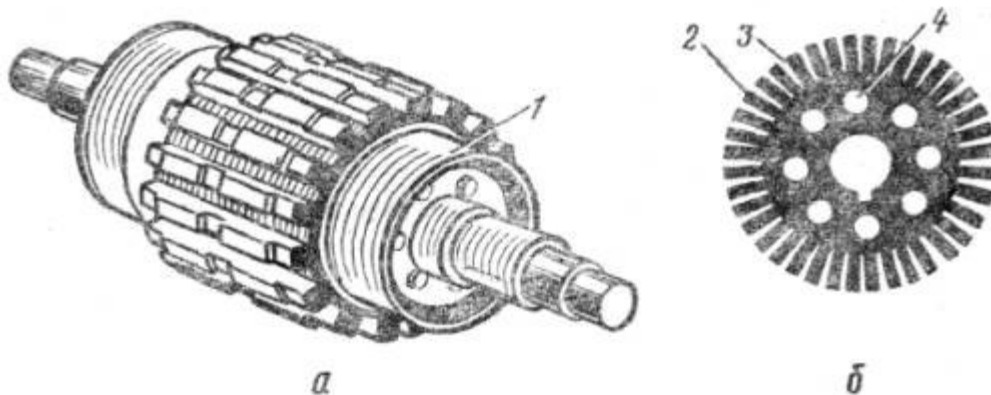
**Генератор постійного струму** — електрична машина постійного струму (генератор), що перетворює механічну енергію на електричну. Дія генератора постійного струму ґрунтується на явищі електромагнітної індукції: збудженні змінної електрорушійної сили в обмотці ротора (якоря), при його обертанні в основному магнітному полі, створюваному обмоткою збудження на полюсах. Обмотка ротора з'єднана з колектором (механічним перетворювачем змінної ерс на постійну напругу), по пластинках якого ковзають контактні щітки, підключаючи обмотку до зовнішнього електричного кола. Розрізняють генератори постійного струму з незалежним збудженням (від стороннього джерела струму) і з залежним збудженням (самозбудженням), зумовленим залишковим магнетизмом у станині й полюсах. Потужність генераторів постійного струму — від кількох ват до десятків тисяч кіловат, напруга — від одиниць до сотень і тисяч вольт. ККД їх при повному навантаженні — від 0,7 (малопотужні генератори) до 0,96 — генератори великої потужності. Генератори постійного струму застосовують для живлення постійного струму електродвигунів, у зварювальних пристроях, електричних установках літаків, тепловозів, автомобілів, у пристроях автоматики (мікрогенератори постійного струму), для електролізу тощо.

Одна й та сама машина постійного струму в принципі *може працювати і як генератор, і як двигун*. (Ця властивість машини постійного струму, що називається оборотністю, дає змогу не розглядати окремо будову генератора чи двигуна.)

**Будова машини постійного струму:**



1 — задній підшипниковий щит; 2 — затискачі; 3 — станина; 4 — головний полюс; 5 — обмотка головного полюса; 6 — вентилятор; 7 — обмотка якоря; 8 — осердя якоря; 9 — колектор; 10 — вал; 11 — траверса із щитковим механізмом; 12 — передній підшипниковий щит



**Якір машини постійного**

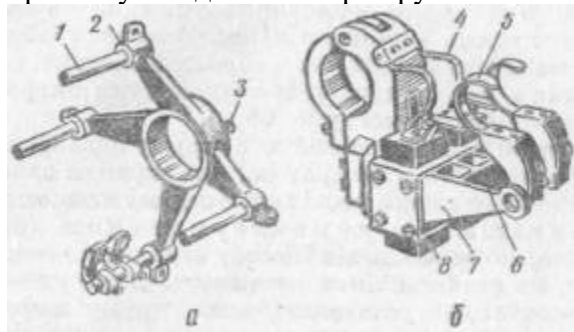
**струму:**

а — якір без обмотки; б — сталевий лист осердя якоря; 1 — натискні шайби; 2 — зубець; 3 — паз; 4 — вентиляційний отвір

Розрізняють основні й додаткові полюси. Основні полюси збуджують магнітне поле; тому обмотки їх котушок називають обмотками збудження. Додаткові полюси встановлюють у машинах підвищеної потужності (понад 1 кВт) для поліпшення роботи машини; обмотку додаткових полюсів з'єднують послідовно з обмоткою ротора (якоря).

**Ротор** (якір) машини постійного струму складається з осердя й обмотки.

**Осердя якоря** набирають з тонких листів електротехнічної сталі, ізолюваних один від одного лаковим покриттям, що зменшує втрати на вихрові струми. У пази осердя вкладають обмотку якоря. В осерді якоря роблять вентиляційні канали. Щоб струм від обмотки якоря в зовнішнє коло (у генераторі) або із зовнішнього кола до обмотки якоря (у двигуні) проходив в одному й тому самому напрямі, у машині постійного струму встановлюють колектор. Набирають його з мідних пластин, ізолюваних одна від одної міканітовими прокладками. Кожну пластину колектора з'єднують з одним або кількома витками обмотки якоря. Осердя якоря і колектор закріплюють на одному валу. Отже, колектор — це пристрій, який конструктивно об'єднаний з якорем (ротором) електричної машини і є механічним перетворювачем частоти. По ізолюваних один від одного і приєднаних до витків обмотки якоря пластинах, що становлять колектор, ковзають струмознімні щітки. Через ці щітки й колектор обмотка якоря приєднується до зовнішнього електричного кола. Щітки вставляють в обойми щіткотримача і притискають до колектора пружинами.



**Будова колектора:** 1 — корпус; 2 — болт; 3 — натискне кільце; 4 — міканітова прокладка; 5 — «півник»; 6 — «ластівчин хвіст»; 7 — колекторна пластина.

**Щітковий механізм машини постійного струму:**

а — траверса; б — щіткотримач; 1 — щітковий палець; 2 — ізоляція кільця від траверси; 3 — стопорний болт; 4 — мідний провід; 5 — натискні пластини; 6 — місце розміщення пружини; 7 — обойма; 8 — щітка

Під час роботи машини щітки ковзають по колектору. Щіткотримачі кріплять до траверси.

**Генератор змінного струму** — система з нерухомого статора (складається із сталевих осердя та обмотки) і ротора (електромагніт із сталевим осердям), який обертається всередині нього.

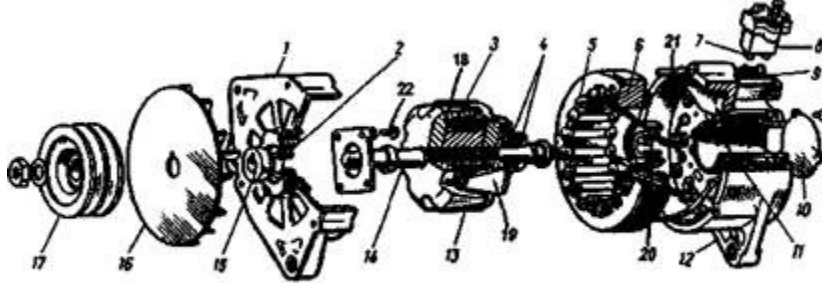
Через два контактних кільця, до яких притиснуті ковзні контакти щітки, проводиться електричний струм. Електромагніт створює магнітне поле, яке обертається з кутовою швидкістю обертання ротора та збуджує в обмотці статора ЕРС індукції.

Щоб ротор обертався і створював магнітне поле, яке викликає у статорі ЕРС індукції, йому необхідно надавати енергію. Ротор обертається у електростанціях за допомогою пари (ТЕС та АЕС) або гідротурбін (ГЕС).

Генератори змінного струму бувають із збудженням від постійних магнітів з електромагнітним збудженням.

Більшість генераторів, які використовуються в наш час, мають електромагнітне збудження.

Генераторна установка змінного струму, яка встановлюється в автомобілі, складається з генератора з електромагнітним збудженням, випрямляча й реле регулятора або регулятора напруги.



Мал.13.1 Генератор змінного струму

Генератори типу Г-250 (встановлюють на автомобілях сім'ї ГАЗ і ЗІЛ), Г-266 (встановлюють на автобусі ПАЗ-672) і Г-288Е (встановлюють на автомобілях сім'ї КраЗ) мають однакову конструктивну схему і являють собою трифазну синхронну електричну машину з електромагнітним збудженням і вбудованим кремнієвим випрямним блоком. Генератор працює разом із регулятором напруги, який регулює його роботу. Генератор встановлюють із правого боку двигуна на кронштейні.

**Генератор змінного струму складається** з (Мал. 13.1) таких головних частин: статора 6, ротора 13, кришок 1 і 12; вентилятора 16 і шківів 17.

Статор 6 генератора набраний з окремих пластин листової електротехнічної сталі товщиною 0,5 мм, покритих лаком для зменшення вихрових струмів.

Статор має 15 рівномірно розміщених по колу пазів, в які укладені окремі котушки трифазної обмотки 5. В кожній фазі розміщується по шість кат ушок, що з'єднуються між собою послідовно. Фази з'єднані в зірку, тобто початки котушок з'єднані разом, а кінці приєднані до трьох затискачів I, II, III колодки статора.

Ротор 13 складається із двох сталевих кігтеподібних сердечників 18 і 19 та котушки збудження 3, яка розміщена на сталевій втулці та жорстко закріплена на його валі 14. Кінці обмотки збудження припаяні до контактних кілець 4, напресованих на ізольовану втулку вала 14 ротора. Вал ротора обертається в кульових підшипниках 2 і 20, які розміщуються в передній 1 і задній 12 кришках.

Ротор генератора 13 приводиться в обертання одним або двома клиноподібними пасами через шків 17 від шківів колінчастого вала. Шків 17 і вентилятор 16 для обдуву й охолодження генератора закріплені на передньому кінці вала.

На задній кришці генератора закріплено щіткотримач 8 із двома щіточками 7, притиснутими пружинами до контактних кілець. Одна щітка з'єднана з масою автомобіля, друга — із вивідним затискачем 3 на кришці корпусу генератора. Щітки призначені для з'єднання обмотки збудження ротора з джерелом живлення постійного струму (аккумуляторною батареєю або через випрямлений пристрій з обмоткою статора).

При включенні запалювання струм від аккумуляторної батареї через щітки й кільця поступає в обмотку збудження ротора і створює магнітне поле. При обертанні ротора силові лінії магнітного поля ротора перетинають витки котушок статора, і в них індуктується змінний струм, який знімається через три затискачі I, II, III статора і поступає до трьох затискачів випрямляча, за допомогою якого він перетворюється в постійний, направляється до споживачів і на підзарядку аккумуляторної батареї. Випрямляч струму 2 розміщується в кришці 12 з боку контактних кілець, складений із кремнієвих вентилів (діодів), які допускають робочу температуру корпусу 150°C.

Кремнієвий випрямляч (Мал.13.2) складається із трьох моноблоків, які з'єднані в схему трифазного двоперіодного випрямляча. В кожну фазу включено два діоди, які розвернуті своїми переходами від струмопровідного затискача в різні боки: один діод гнучким провідником струму з'єднаний з від'ємною пластиною 3, а другий — із додатною.

Якщо на затискач пластини 6 пари діодів поступає струм із зарядом "+", то він буде зніматися через діод, з'єднаний з цією пластиною, при цьому перехід другого діода закритий. Під час другого півперіоду струм змінює напрям, тобто на затискач 6 він поступає з від'ємним зарядом. Тоді закривається діод, з'єднаний з додатною пластиною 6, і струм із від'ємним зарядом піде на пластину 3 через інші діоди. Властивість напівпровідникових випрямлювачів пропускати струм тільки в одному напрямку дозволяє відмовитись від реле зворотного струму. Це значно спрощує конструкцію і знижує вартість реле-регулятора.

З підвищенням частоти обертання колінчастого вала підвищується частота обертання й ротора генератора. Внаслідок цього в обмотках статора збільшується і напруга. Щоб напруга залишалась в допустимих межах (приблизно 13,5-14,5). В при нормальній напрузі 12 В — призначений регулятор напруги, який за будовою поділяється на вібраційний, контактно-транзисторний, безконтактно-транзисторний.

В автомобілях використовують контактно-транзисторні регулятори напруги. Найпростішим контактно-транзисторним регулятором є реле-регулятор РР-362, що застосовується з генератором змінного струму Г-250 та інші.

Джерело: <https://fizmat.7mile.net/Oporni-konspekti/generatori-postijnogo-ta-zminnogo-strumu.html>

Домашня робота: підготувати презентацію на дану тему та відправити на перегляд.

#### План уроку з спецтехнології №110

**Модуль:** Виконання нескладних регламентних робіт із обслуговуванням електроустаткування.

**Тема:** Технічне обслуговування та ремонт електричних машин змінного та постійного струму.

**Тема уроку №110:** Обмотки електричних машин. Види і схеми обмоток.

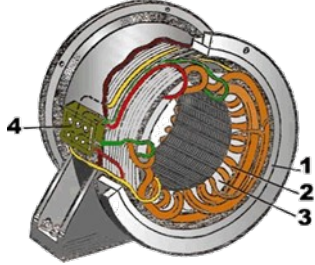
#### **Теоретичні відомості:**

Робота асинхронного двигуна ґрунтується на явищі, що називається «диск Араго — Ленца». Це явище полягає ось у чому: якщо перед полюсами постійного магніту помістити мідний диск 1, який вільно сидить на осі 2, й обертати магніт навколо його осі за допомогою рукоятки 3, то мідний диск обертатиметься у тому ж напрямку. Це пояснюється тим, що під час обертання магніту його магнітне поле пронизує диск і індукуює в ньому вихрові струми. В свою чергу вихрові струми створюють свої магнітні поля. Внаслідок взаємодії магнітних полів вихрових струмів з магнітним полем магніту виникає сила, яка приводить диск в обертання. На основі закону Ленца напрямок будь-якого індукованого струму такий, що він протидіє причині, яка його викликала. Тому вихрові струми в тілі диска прагнуть затримати обертання магніту, але не маючи можливості зробити це, приводять диск в обертання так, що він обертається слідом за магнітом. При цьому частота обертання диска завжди менша, ніж частота обертання магніту. Якби ці частоти з якоїсь причини стали однаковими, то магнітне поле не переміщувалось би відносно диска, а отже, в ньому не виникали б вихрові струми, тобто не було б сили, під впливом якої диск обертається. У асинхронних двигунів постійне магнітне поле замінене обертовим магнітним полем, яке утворює трифазна система, ввімкнена в мережу змінного струму. Обертове магнітне поле статора перетинає провідники обмотки ротора й індукуює в них ЕРС. Якщо обмотка ротора замкнена на якийсь опір або накоротко, то по ній під дією індукованої ЕРС протікає струм. Внаслідок взаємодії струму в обмотці ротора з обертовим магнітним полем обмотки статора утворюється обертаючий момент, під дією якого ротор починає обертатися за напрямком обертання магнітного поля.

Отже, для зміни напрямку обертання ротора, тобто для реверсування двигуна, потрібно змінити напрямок обертання магнітного поля, утвореного статорною обмоткою. Це досягається зміною чергування фаз статорних обмоток, для чого слід поміняти місцями відносно затискачів мережі будь-які два із трьох проводів, які з'єднують обмотку статора з мережею. Реверсивні двигуни обладнуються

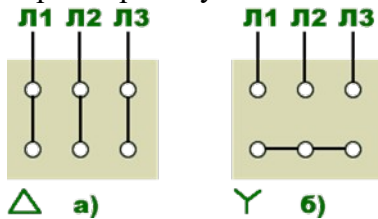
перемикачами, за допомогою яких можна змінювати чергування фаз статорних обмоток, а отже, і напрямок обертання ротора.

Якщо припустити, що в певний момент часу частота обертання ротора дорівнює частоті обертання статорного поля, то провідники роторної обмотки не перетинатимуть магнітного поля статора і струму в роторі не буде. У цьому разі обертаючий момент дорівнюватиме нулеві і частота обертання ротора зменшиться порівняно з частотою обертання статорного поля, доки не виникне обертаючий момент, що врівноважує гальмівний момент, який складається з моменту навантаження на валу і моменту сил тертя в машині.



Для нижчих напруг, що зазначені на щитку, статорна обмотка з'єднується трикутником, для вищих — зіркою.

Щоб з'єднати статорні обмотки трикутником, на щитку машини верхні затискачі приєднують перемичками до нижніх, а кожен пару з'єднаних затискачів приєднують до лінійних проводів трифазної мережі. Для вмикання зіркою три нижні затискачі на щитку з'єднують перемичками у спільну точку, а верхні приєднують до лінійних проводів трифазної мережі.



Приєднання затискачів на щитку двигуна при з'єднанні статорних обмоток трикутником (а) та зіркою (б).

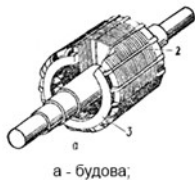
Позначаються виводи обмоток статора асинхронних двигунів таким чином:

С1, С2, С3 - початки обмоток, С4, С5, С6 - кінці обмоток. Але зараз все частіше застосовується нове маркування виводів по ГОСТу 26772-85. U1, V1, W1 - початки обмоток, U2, V2, W2 - кінці обмоток.

При наявності четвертого вивода від нульової точки, при з'єднанні фаз зіркою, він позначається 0.

У однофазних асинхронних двигунів виводи статорних обмоток позначають наступним чином: С1 - початок головної обмотки, С2 - її кінець; В1 - початок допоміжної обмотки, В2 - її кінець.

Залежно від типу роторної обмотки асинхронні машини можуть бути з фазним та короткозамкненим роторами.



Асинхронний двигун з короткозамкненим ротором.

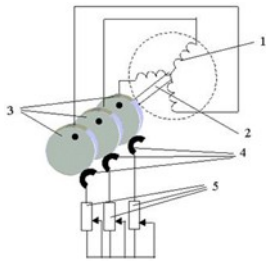
Двигуни з короткозамкненим ротором простіші і надійніші в експлуатації та значно дешевші, ніж двигуни з фазним ротором. Проте двигуни з фазним ротором, як побачимо нижче, мають кращі пускові та регульовальні характеристики.

Зараз асинхронні двигуни виготовляють переважно з короткозамкненим ротором і тільки при великих потужностях та в спеціальних випадках використовують фазну обмотку ротора.

Поряд з важливими позитивними якостями - простотою конструкції й обслуговування та малою вартістю - асинхронний двигун має й деякі недоліки, з яких найсуттєвішим є відносно низький коефіцієнт потужності ( $\cos \varphi$ ).

Асинхронний двигун з фазним ротором





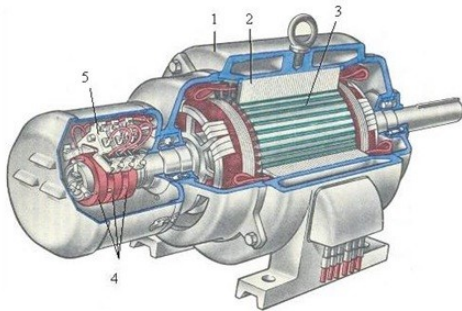
*Підключення фазного ротора асинхронного двигуна: 1 - фази обмотки; 2 - вал; 3 - контактні кільця; 4 - щітки; 5 - регулювальні реостати*

У асинхронних електродвигунах більшої потужності і спеціальних машинах малої потужності для поліпшення пускових і регулювальних властивостей застосовуються фазні ротори. У цих випадках на роторі укладається трифазна обмотка з геометричними осями фазних котушок 1, зміщеними в просторі один відносно одного на 120 градусів.

Фази обмотки 1 з'єднуються зіркою і кінці їх приєднуються до трьох контактних кілець 3, насаджених на вал 2 і електрично ізольованих як від валу, так і один від одного. За допомогою щіток 4, що знаходяться в ковзаючому контакті з кільцями 3, є можливість включати в ланцюги фазних обмоток регулювальні реостати 5, за допомогою яких можна регулювати струмом в роторі, а відповідно і швидкістю обертання.

Асинхронний двигун з фазним ротором має кращі пускові і регулювальні властивості, проте йому властиві великі маса, розміри і вартість, ніж асинхронному двигуну з короткозамкненим ротором. Принцип роботи асинхронної машини заснований на використанні магнітного поля, що обертається. При підключенні до мережі трифазної обмотки статора створюється магнітне поле, що обертається, кутова швидкість якого визначається частотою мережі  $f$  і числом пар полюсів обмотки  $p$ , тобто  $\omega_1 = 2\pi f / p$ .

Пересікаючи провідники обмотки статора і ротора, це поле індукуює в обмотках ЕРС (згідно закону електромагнітної індукції). При замкнутій обмотці ротора її ЕРС наводить в ланцюзі ротора струм. В результаті взаємодії струму з результируючим магнітним полем створюється електромагнітний момент. Якщо цей момент перевищує момент опору на валу двигуна, вал починає обертатися і приводить в рух робочий механізм. Зазвичай кутова швидкість ротора  $\omega_2$  не дорівнює кутовій швидкості магнітного поля  $\omega_1$ , званою синхронною. Звідси і назва двигуна асинхронний, тобто несинхронний.



Асинхронний двигун з фазним ротором: 1 - станина; 2 - обмотка статора; 3 - ротор; 4 - контактні кільця; 5 - щітковий механізм

Робота асинхронної машини характеризується ковзанням  $s$ , яке є відносною різницею кутових швидкостей поля  $\omega_1$  і ротора  $\omega_2$ :  $s = (\omega_1 - \omega_2) / \omega_1$ .

Значення і знак ковзання, залежні від кутової швидкості ротора відносно магнітного поля, визначають режим роботи асинхронної машини. Так, в режимі ідеального холостого ходу ротор і магнітне поле обертаються з однаковою частотою в одному напрямі, ковзання  $s=0$ , ротор нерухомий відносно магнітного поля, що обертається, ЕРС в його обмотці не індукуються, струм ротора і електромагнітний момент машини дорівнюють нулю. При пуску ротор в перший момент часу нерухомий:  $\omega_2=0$ ,  $s=1$ . У загальному випадку ковзання в руховому режимі змінюється від  $s=1$  при пуску до  $s=0$  в режимі ідеального холостого ходу.

При обертанні ротора із швидкістю  $\omega_2 > \omega_1$  у напрямі обертання магнітного поля ковзання стає негативним. Машина переходить в генераторний режим і розвиває гальмівний момент. При обертанні

ротора в напрямі, протилежному до напрямку обертання магнітного поля ( $s > 1$ ), асинхронна машина переходить в режим противключення і також розвиває гальмівний момент. Таким чином, залежно від ковзання розрізняють руховий ( $s = 1 \div 0$ ), генераторний ( $s = 0 \div -\infty$ ) режими і режим противключення ( $s = 1 \div +\infty$ ). Режими генераторний і противключення використовують для гальмування асинхронних двигунів.

Виводи обмоток ротора позначають буквою Р: Р1 - початок першої, Р2 - початок другої, Р3 - початок третьої фази. При чотирьох контактних кільцях нульова точка позначається 0. Контактні кільця позначаються так як і виводи приєднаних до них фаз: Р1 - найбільш віддалене від обмотки кільце, за ним Р2 і т.д. Самі кільця звичайно не маркуються.

Джерело: <http://danube.pto.org.ua/index.php/component/k2/item/191-tema-7-4-elektrichni-mashini-zminnogo-strumu-adkr-adfr>

Домашня робота: дати відповіді на тестові питання

**1. За яких співвідношень між ЕРС обмоток якоря та напруги мережі машина постійного струму працює в режимі генератора?**

- 1)  $E = U$
- 2)  $E > U$
- 3)  $E < U$
- 4)  $E = 1,14 U$

**2. Які щітки не використовують у машинах постійного струму?**

- 1) Мідні
- 2) Вугільно-графітні
- 3) Метало-вугільні
- 4) Всі перераховані щітки використовують

**3. Якою цифрою позначено обмотку збудження машини постійного струму?**

- 1) 3
- 2) 6
- 3) 5
- 4) 9

**4. Якорем електричної машини називається:**

- 1) Обертова частина машини
- 2) Нерухома частина машини
- 3) Сукупність основних полюсів з обмотками збудження
- 4) Обертова частина машини, в обмотках якої індукуються ЕРС

**5. За допомогою чого створюється основний магнітний потік машини постійного струму?**

- 1) Обмотки якоря
- 2) Обмоток збудження головних полюсів
- 3) Обмоток додаткових полюсів
- 4) Компенсаційних обмоток

**6. Колектор у генераторі постійного струму призначений для:**

- 1) Забезпечення електричного контакту з обмоткою обертової частини машини
- 2) Випрямлення змінного струму якоря в постійний у зовнішньому електричному колі
- 3) Створення магнітного поля машини.
- 4) Покращення комутації

**7. Який спосіб поліпшення комутації використовують у потужних машинах постійного струму, які працюють із змінним навантаженням?**

- 1) Встановлення додаткових полюсів і компенсаційних обмоток
- 2) Зсув щіток на фізичну нейтраль
- 3) Використання щіток з великим питомим опором
- 4) Використання мідних щіток

**8. Назвіть правило для визначення напрямку сили, яка діє на провідники обмотки якоря двигуна постійного струму?**

- 1) Правої руки
- 2) Лівої руки

3) Свєрдлика

4) Знаків

**9. Принцип дії генератора постійного струму заснований на законі:**

1) Кулона

2) Кірхгофа

3) Ампера

4) Електромагнітної індукції

**10. Яку потужність споживає генератор постійного струму, а яку віддає?**

1) а) електричну, б) механічну

2) а) електричну, б) електричну

3) а) механічну, б) електричну

4) а) механічну, б) механічну

**11. Зміна напрямку обертання якоря двигуна постійного струму досягається за рахунок:**

1) Зміни напрямку струму в обмотці якоря, або струму в обмотці збудження

2) Зміни напрямку струму якоря і струму обмотки збудження

3) Зміни опору пускового реостата  $R_n$

4) Зміни опору регульованого реостата  $R_p$

Зробити таблицю для позначення відповідей та відправити на перевірку!

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

#### План уроку з спецтехнології №111

**Модуль:** Виконання нескладних регламентних робіт із обслуговуванням електроустаткування.

**Тема:** Технічне обслуговування та ремонт електричних машин змінного та постійного струму.

**Тема уроку №111:** Маркування виводів електричних машин.

**Теоретичні відомості:**

Поняття електроприводу

**Електропривід** - це електромеханічний пристрій для надавання руху робочих органів машин і механізмів, у якому джерелом механічної енергії служить електродвигун.

Електропривод складається з одного або декількох електродвигунів передавального механізму та апаратури керування. У його склад можуть входити також пристрої, що змінюють напругу, частоту або інші параметри електричної енергії (випрямлювачі, перетворювачі, частотоміри та ін.).

На корпусі двигуна знаходиться технічний паспорт, на якому указуються **основні характеристики двигуна:**

- серія,
- заводський номер,
- кількість фаз,
- частота мережі живлення,
- потужність,
- коефіцієнт потужності,
- коефіцієнт корисної дії,
- частота обертання вала ротора,
- схема з'єднання обмоток статора,
- номінальний струм,
- маса двигуна, рік випуску, ступінь захисту, режим роботи, клас ізоляції, державний стандарт на виготовлення.

Більшість стаціонарно встановлених машин і механізмів приводиться в дію за допомогою трифазних асинхронних двигунів із коротко замкнутим ротором. На окремих механізмах встановлюються однофазні двигуни, АД з фазним ротором, постійного струму, синхронні. Асинхронний двигун із коротко замкнутим ротором є найдешевшим, простим за будовою, надійним у роботі та в експлуатації.

1.1 Основні характеристики двигунів

**На сьогоднішній день електротехнічні компанії виробляють основні види електродвигунів:**

- **електродвигуни асинхронні трифазні змінного струму:**
- загальнопромислового виробництва серії АИР; АД; АДТ; МЛ; 4АМ; 5АМ; 6АМ;
- спеціального призначення:
- багато швидкісні АИР 804/2;
- з підвищеним ковзанням L;
- з вбудованим електромагнітним гальмом АИР90L4 Е;
- для приводу осьових вентиляторів тваринницьких і птахівницьких приміщень АИРП80-в6;
- для приводу деревно оброблювальних станків 4АМХД80В2 ІМ1081;
- для приводу моноблочних насосів АИР80А4ЖЗ;
- з прив'язкою потужності до встановлювально-приєднувальним розмірам CENELEC – АИС 112L2.
- **електродвигуни асинхронні однофазні змінного струму** - АИР ІЕ 90L2ДБЗ;
- **електродвигуни асинхронні однофазні занурювальні змінного струму** для комплектації занурювальних насосів – ДАП 37-95У\*;
- **вибухозахищені серії ВА80SA4УХЛ2.**

Система охолодження двигунів - ІС 041 по ГОСТ 20459 (МЕК 60034-6). Двигуни мають станину із зовнішніми подовжніми охолоджуючими ребрами. Охолодження здійснюється шляхом обдування станини зовнішнім відцентровим вентилятором, розташованим на валу двигуна з протилежної боку приводу і закритим захисним кожухом. Повітря омиває лобові частини обмотки статора і зовнішню поверхню сердечника статора і викидається через бічні вікна станини і через верхню частину отворів в щитах. Для напрямку повітря усередині двигуна є дифузори, встановлені на підшипникових щитах.

**Розшифровка умовного позначення типорозміру двигунів на прикладі АД серії АИР**

xxx	x	xxx	x	x	xxxx	xx	xxxx	В	Гц	ІМ	ІР
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

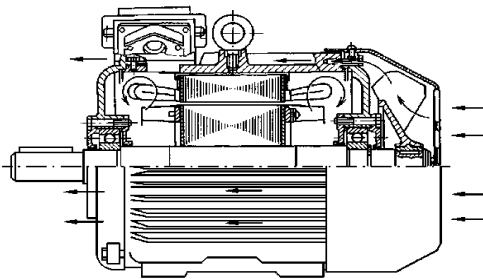


Рисунок 1 – Двигун закритого виконання

**1 Назва серії:** А- асинхронний; І- розробка в рамках Інтерелектро, Р- або С – прив'язка потужності до встановлювально-приєднувальних розмірів стандарту РС3031-71 або CENELEC-DOKUMENT 28/64, АД і МЛ – асинхронний двигун, Т – трифазний.

**2 Електричні модифікації:** С- з підвищеним ковзанням, В – вбудовані і т.д.;

**3 Габарит**– висота вісі обертання, мм – 56,63,71,80,90,100,112.

**4 Встановлювальний розмір по довжині станини:** S – коротка ; L – довга, відсутність букви – єдині встановлювальні розміри для статорів А і В.

**5 Довжина сердечника статора:** А– коротка, В– довга, при умові зберігання установочного розміру.

**6 Кількість полюсів двигуна:** 2,4,6,8,4/2,6/4,8/2,16/4.

Ознака модифікації:

Б – з вбудованим температурним захистом;

П - підвищеної точності за установчими розмірами;

Е – з вбудованим електромагнітним гальмом;

Е2 - з вбудованим електромагнітним гальмом і ручним розгальмуючим пристроєм;

Ж1,Ж2,ЖЗ – зі спеціальним подовженим кінцем валу для моноблочних насосів;

АЗ – для приводу обладнання в «чистих» помешканнях і «брудних» боксах АЕС;

Х2 – хімічно стійке виконання.

8 Кліматичне виконання і категорія розміщення згідно ГОСТ 15150-69:  
 У2,У3,У5 – для експлуатації в мікрокліматичних районах з помірним кліматом;  
 Т2 – з тропічним кліматом;  
 УХЛ2, УХЛ4 – з помірно холодним кліматом;  
 ОМ2 – морське виконання (для пароплавів з необмеженим районом плавання);  
 2 – під навісом при відсутності прямого впливу сонячного випромінювання та атмосферних опадів;  
 3 - у закритих приміщеннях без штучного регулювання кліматичних умов;  
 4 – у закритих приміщеннях зі штучним регулювання кліматичних умов;  
 5 – в приміщеннях з підвищеною вологістю.

**9 Номінальна напруга у відповідності з ІЕС38, В** - 380, 400, 415, 660, 220/380, 230/400, 240/415, 380/660.

**10 Номінальна частота мережі, Гц** - 50 або 60.

**11 Виконання за способом монтажу: ІМ** - (International Mounting) для двигунів у прив'язці потужності розмірів стандарту РС3031-71, В – прив'язці CENELEC (таблиця монтажних виконань).

*1 Цифрове виконання групи конструктивного виконання (одна цифра від 1 до 3):*

- 1 – на лапах з підшипниковими щитами;
- 2 – на лапах з підшипниковими щитами з фланцем на підшипниковому щіті;
- 3 – без лап з підшипниковими щитами з фланцем на підшипниковому щіті.

*2 Цифрове позначення способу монтажу (дві цифри) відповідають приведеному у вигляді умовних графічних позначень монтажних частин, які виділені чорним кольором (рисунок 2);*

*3 Цифрове позначення кінця валу (одна цифра):*

- 1 – з одним циліндричним кінцем;
- 2 – з двома циліндричними кінцями.

**12 Ступінь захисту ІР54, ІР55** згідно ГОСТ 14254:

Перша цифра 5 – пилюка не може попадати всередину корпусу у кількості, яка достатня для порушення роботи двигуна;

Друга цифра 4 - забезпечує захист від попадання бризок води;

5 - забезпечує захист від попадання струмів води.

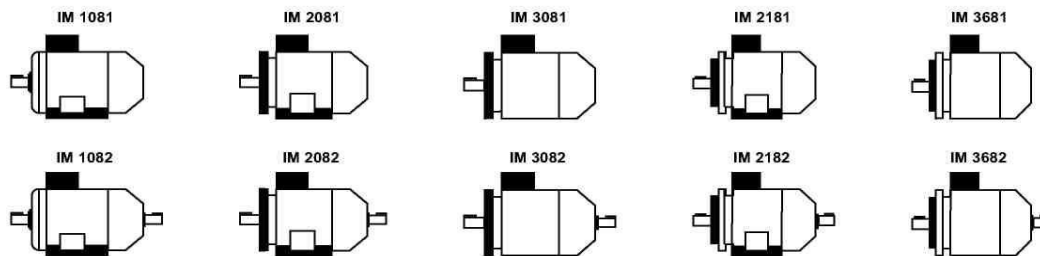


Рисунок 2 – Цифрове позначення способу монтажу

## 1.2 Технічні характеристики

Технічні характеристики наводяться в паспорті двигуна, або в каталожних даних. Клас ізоляції F, ступінь захисту струмовводу IP55, ступінь захисту ЕД – IP54.

Таблиця 1 – Технічні дані асинхронного електродвигуна при напрузі 380 В, 50 Гц

типорозмір	потужність, кВт	частота обертання, об/хв.	ККД, %	cosφ	$M_{\text{пуск}}$ $M_{\text{ном}}$	$M_{\text{мах}}$ $M_{\text{ном}}$	$I_{\text{пуск}}$ $I_{\text{ном}}$	середній рівень звуку, дБ (А)	маса, кг ІМ1081
АІР71А2	0,75	3000	79,0	0,80	3,3	3,2	7,0	60	8,6

## 1.3 З'єднання обмоток електродвигунів і позначення їхніх виводів

При перевірці взаємної узгодженості виводів обмоток і схем внутрішніх з'єднань необхідно використовувати позначення виводів обмоток.

Виводи обмоток електричних машин прийнято маркувати буквами і цифрами. Виводам обмоток статора машин змінного струму привласнена буква С, виводам обмоток ротора - буква Р. У трифазному статорі



початок обмоток позначають: першої фази - С1, другої - С2, третьої - С3; кінці позначають відповідно С4, С5, С6. При з'єднанні обмоток зіркою їхні виводи позначають: першої фази - С1, другої - С2, третьої - С3, нульової точки - 0. Виводи обмоток, які з'єднані трикутником, позначають аналогічно: С1, С2, С3. Виводи обмоток ротора асинхронного двигуна позначають: першої фази - Р1, другий - Р2, третьої - Р3, нульової точки - 0.

Виводам багато швидкісних асинхронних двигунів перед буквою додається цифра, що вказує число полюсів. Так, для трифазного двигуна при переключенні обмоток із двох полюсів на чотири їхні виводи маркують відповідно - 2С1, 2С2, 2С3 і 4С1, 4С2, 4С3. У однофазних асинхронних двигунів початок головної обмотки позначають - С1, а кінець - С2; початок пускової обмотки - П1, кінець - П2.

У більшості двигунів змінного струму статор має шість виводів. Виводи фаз статора виводять на дошку затискачів і приєднують таким чином, щоб за допомогою перемичок легко з'єднати обмотки у зірку або трикутник. Обмотки двигунів розраховують на визначену номінальну напругу. Про це вказується на його паспорті. Наприклад, якщо зазначено У/Δ 380/220 В, а напруга мережі 380/220 В, то обмотки повинні бути з'єднанні в зірку, якщо мережа живлення має параметри 220/127 В, то обмотки цього ж двигуна необхідно з'єднати в трикутник і підключити до затискачів мережі на лінійну напругу 220 В.

Таблиця 2 – Позначення виводів обмоток електричних машин змінного струму

Найменування обмоток	Кількість виводів	Начало	Кінець
Обмотка статора, відкрита схема	6		
Перша фаза		С1	С4
Друга фаза		С2	С5
Третя фаза		С3	С6
Обмотка статора (якоря), з'єднана зіркою	3 або 4		
Перша фаза		С1	
Друга фаза		С2	
Третя фаза		С3	
Нульова точка		0	
Обмотка статора (якоря), з'єднана трикутником	3		
Перший затискач		С1	
Другий затискач		С2	
Третій затискач		С3	

Таблиця 3 – Маркування виводів трифазних асинхронних машин малої потужності

Схема з'єднань обмотки	Кількість виводів	Вид виводу	Колір виводу	
			Начало	Кінець
Відкрита схема	6	Перша фаза	Жовтий	Жовтий з чорним
		Друга фаза	Зелений	Зелений з чорним
		Третя фаза	Червоний	Червоний з чорним

З'єднання зіркою	3 або 4	Перша фаза	Жовтий	-
		Друга фаза	Зелений	-
		Третя фаза	Червоний	-
		Нульова точка	Чорний	-
З'єднання трикутником	3	Перший затискач	Жовтий	-
		Другий затискач	Зелений	-
		Третій затискач	Червоний	-

Позначення наносять безпосередньо на кінцях обмоток, виводів, кабельних наконечниках, шинних кільцях, на щитку рядом з виводами. Навішування бирок не припускається. В малих машинах, де літерне позначення виводів кінців має певні труднощі, застосовується позначення кінців різнокольоровими проводами згідно вимог ГОСТ 183-66.

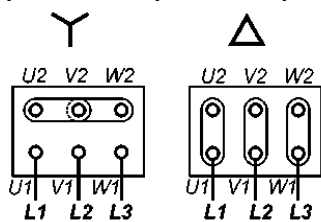


Рисунок 3 – Ескіз клемної колодки двигуна серії ВА80

Таблиця 3 – Позначення виводів однофазних асинхронних машин малої потужності

Кількість виводів	Вид виводу	Колір виводу	
		Начало	Кінець
4	Головна обмотка	Червоний	червоний з чорним
	Додаткова обмотка	Синій	синій з чорним
3	Головна обмотка	Червоний	-
	Додаткова обмотка	Синій	-
	Загальна точка	Чорний	-

**Однофазні асинхронні двигуни**серії**АИР3Т, АИР3УТ80**мають дві обмотки: робочу і пускову. Робоча обмотка є основною і займає 2/3 пазів статора, а пускова - допоміжною і розміщається в інших пазах. Для створення зсуву фаз між струмами основної і допоміжної обмоток послідовно останньої включають активний або ємнісний опір. За допомогою ємності досягається більший зсув фаз між струмами (до 90°), чим при активному опорі, а тому і більший пусковий момент. Допоміжна обмотка включається в мережу короткочасно (до 3 с), тільки на момент пуску.

Робоча і пускова обмотки однофазних асинхронних конденсаторних двигунів виконуються в однаковому числі пазів, зрушених у просторі на 90 електричних градусів. Конденсатор і пускова обмотка включаються в мережу паралельно основній обмотці на весь час роботи. Трифазний асинхронний двигун без зміни його конструкції й обмотувальних даних може бути використаний для роботи в однофазному режимі. Така необхідність в умовах сільського господарства виникає у тому випадку, де немає трифазної мережі. При вмиканні трифазних асинхронних двигунів в однофазну мережу можуть використовуватися різноманітні схеми з'єднання обмоток. При послідовному з'єднанні двох обмоток і забезпеченні пуску електродвигун буде працювати як однофазний, розвиваючи потужність до 50...55% від номінальної потужності в трифазному режимі.

У машин постійного струму начала і кінці виводів обмоток позначають відповідно: якірної - Я1 і Я2, рівнобіжної (шунтової) - Ш1 і Ш2; послідовної (серієсної) - С1 і С2; компенсаційної - К1 і К2; обмотки додаткових полюсів - Д1 і Д2; зрівняльної обмотки - У1 і У2.

Джерело: <https://studfile.net/preview/5673226/>

Домашня робота: переглянути відеоролик <https://www.youtube.com/watch?v=NYNLfByQq7E>

### План уроку з спецтехнології №112

**Модуль:** Виконання нескладних регламентних робіт із обслуговуванням електроустаткування.

**Тема:** Технічне обслуговування та ремонт електричних машин змінного та постійного струму.

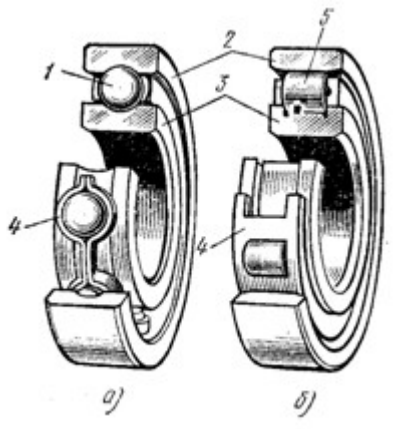
**Тема уроку №112:** Підшипники електричних машин, конструкції опор підшипників кочення і ковзання. Змащення підшипників. Підготовка електричних машин до монтажу. Усунення дефектів, виявлених при огляді.

#### Теоретичні відомості:

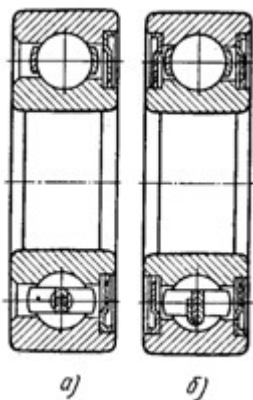
Підшипники кочення

Підшипники кочення знайшли широке використання в електричних машинах. Вони менше зношуються, ніж підшипники ковзання, що особливо важливо для машин з малим повітряним зазором, мають менші втрати на тертя, можуть значний час працювати без заміни мастила. В даний час майже всі малі і середні машини, а також мікромашини випускають з підшипниками кочення.

Залежно від сприйманого навантаження підшипники кочення поділяють на радіальні, упорні і радіально-упорні. Радіальні підшипники в основному сприймають силу, направлену перпендикулярно осі обертання (радіальна сила). Вони допускають також і невеликі осьові навантаження, що дозволяє використовувати їх для фіксації ротора від осьових переміщень. Упорні підшипники сприймають лише осьове навантаження і застосовуються в основному в машинах з вертикальним валом.



Мал. 66.1. Радіальний однорядний шарикопідшипник (а) і роликовий підшипник (б)



Мал. 66.2. Шарикопідшипник закритого типу: а – з однією захисною шайбою, б – з двома захисними шайбами

За формою тіл кочення розрізняють кулькові (мал. 66.1, а) і роликові (мал. 66.1, б) підшипники. Підшипник кочення складається з двох кілець: зовнішнього 2 і внутрішнього 3. Між ними розміщені тіла кочення: кульки 1 або ролики 5. Для їх рівномірного розміщення по колу служить сепаратор 4. На кільцях з боку, дотичного з кульками або роликами, розташовані доріжки кочення, виконані у вигляді кільцевих поглиблень або поясоків.

У малих електричних машинах застосовують підшипники закритого типу з однією (мал. 66.2, а) або двома (мал. 66.2, б) захисними шайбами. Ці підшипники не вимагають установки в машині спеціальних ущільнюючих пристроїв для утримання мастила, оскільки ущільнення вбудовані в сам підшипник у вигляді металевих шайб, запресованих в зовнішнє кільце.

Кулькові підшипники зазвичай виготовляються з штампованим сепаратором з листового матеріалу. Штампований сепаратор 4 (див. мал. 66.1, а) складається з двох змійкових напівсепараторів, які сполучені між собою заклепками (див. мал. 66.2, а), електрозварюванням або заломленими вусиками (див. мал. 66.2, б). У клепаному варіанті ослабляється перетин сепаратора в місці отворів під заклепки, окрім цього ускладнюється технологія збірки підшипника через додаткову операцію установки і розклепування заклепок. Зварна конструкція сепаратора більш технологічна, але менш надійна. З'єднання сепаратора вусиками дозволяє автоматизувати процес збірки підшипника, але вимагає двох різновидів напівсепараторів.

Роликові підшипники виготовляють з масивними клепанними або цільними сепараторами.

У електричних машинах застосовують роликові підшипники з короткими циліндричними роликами з двома бортами на внутрішньому або зовнішньому кільці, а також з двома бортами на зовнішньому кільці і одним на внутрішньому. Підшипники з бортами на зовнішньому і внутрішньому кільцях можуть сприймати не лише радіальні, але і осьові навантаження.

Роликові підшипники, як правило, можуть бути розібрані: кільце, що не має буртиків або що має лише один буртик, може бути зняте з підшипника. Роликові підшипники завдяки розбірній конструкції зручніші для монтажу, але більш чутливі до перекосів осі валу відносно гнізд в щитах, ніж шарикопідшипники.

В підшипників при одних і тих же внутрішніх діаметрах можуть бути різний зовнішній діаметр і ширина. Ці три розміри визначають серію підшипника і його вантажопідйомність. Розрізняють легку, середню і важку серії.

У малих машинах в обох опорах встановлюють кулькові підшипники. Роликові підшипники завдяки більшій контактній поверхні між роликами і доріжками кочення можуть сприймати більші радіальні навантаження, ніж кулькові тих же розмірів. Тому їх зазвичай застосовують в підшипникових вузлах з боку приводу машин середньої потужності.

Підшипники в електричних машинах насаджують на вал з натягом (посадка П або Н 2-го класу точності), зовнішні їх кільця зазвичай мають вільнішу посадку в гнізді щита.

Внутрішнє кільце підшипника після посадки на вал розтягується. Деформація кільця прямо пропорційна величині натягу  $\Delta$  і призводить до зменшення радіального зазору підшипника на величину  $\delta l = 0,6\Delta$ , мкм. Надмірний натяг може призвести до недопустимого зменшення початкового зазору підшипника. Відсутність зазору призводить до затискання тіл кочення між кільцями і тугого обертання, відбувається заклинювання підшипника. Бігові доріжки і тіла кочення при цьому інтенсивно зношуються, і підшипник передчасно руйнується.

Розрізняють радіальні зазори: початковий (табл. 66.1), посадочний, вимірюваний після монтажу підшипника, і робочий. Останній відрізняється від посадочного через різні температури зовнішнього і внутрішнього кілець підшипника. Корпус охолоджується краще, ніж вал, тому температура зовнішнього кільця нижча приблизно на  $5-10^{\circ}\text{C}$ . Це призводить до зменшення зазору в підшипнику.

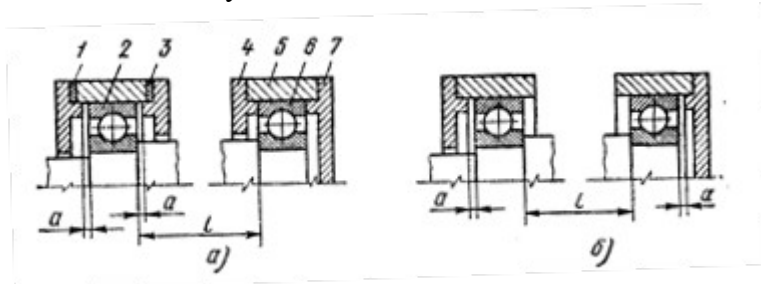
Основний ряд зазору в більшості випадків забезпечує нормальну роботу підшипника. При посадках з великим натягом і при великій різниці температур між кільцями застосовують додаткові ряди – 7-й і 8-й – зі збільшеними зазорами. Додатковий 6-й ряд зі зменшеним зазором застосовується для забезпечення підвищеної точності обертання.

Таблиця 66.1. Радіальний початковий зазор в радіальних однорядних шарикопідшипниках.

Внутрішні діаметри підшипників, мм		Додатковий ряд		Основний ряд		Додаткові ряди			
		6-й		-		7-й		8-й	
		Зазор, мм							
вище	до	найменший	найбільший	найменший	найбільший	найменший	найбільший	найменший	найбільший
10	18	5	14	8	22	16	30	23	38
18	24	5	15	10	24	18	33	25	41
24	30	5	16	10	24	18	33	28	46
30	40	5	16	12	26	21	39	33	51
40	50	5	16	12	29	24	42	35	56
50	65	8	20	13	33	28	48	43	66
65	80	8	20	14	34	29	55	51	76
80	100	8	23	16	40	34	62	58	89

Радіальний зазор підшипників контролюють на спеціальному пристосуванні. Одне з кілець (внутрішнє або зовнішнє) закріплюють на нерухомій основі і підтискають з торця гайкою. Зазор вимірюють індикатором під навантаженням, величина якого обумовлюється в стандарті залежно від типу і розміру підшипника. Спочатку навантаження прикладають на незакріплене кільце водному напрямі і відзначають початковий показ індикатора, потім – в протилежному. Переміщення стрілки індикатора показує величину зазору.

Підшипникові вузли з підшипниками кочення



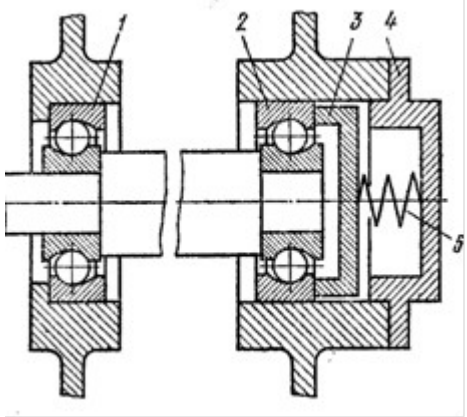
Мал. 66.3. Установка шарикопідшипників: а – з фіксованою опорою, б – в розпір;  $l$  – відстань між підшипниками,  $a$  – зазор між фланцем і підшипниками

У малих електричних машинах і мікромашинах, де навантаження невеликі, застосовують кулькові однорядні радіальні підшипники. Зовнішнє кільце одного з підшипників 6 (мал. 66.3, а) зазвичай затискають в щиті 5 між фланцями 4 і 7. Оскільки внутрішнє кільце має нерухому посадку і притиснуте до буртика валу, цей підшипник визначає положення ротора відносно статора машини в осьовому напрямі. Така підшипникова опора називається фіксованою. Другий підшипник 3 встановлюється в «плаваючій» опорі, що забезпечує його вільне переміщення в щиті в осьовому напрямі. Щоб уникнути заклинювання підшипників, зазори  $a$  повинні бути більше суми допусків на осьові розміри корпусних деталей і валу з врахуванням зміни довжини валу і корпусу при нагріванні. У машинах з фіксованою опорою осьовий розгін ротора визначається осьовою грою шарикопідшипника і дорівнює десятим долям міліметра. При уніфікації щитів і фланців зазори в плаваючій опорі витримують за допомогою дистанційних шайб 1 і 2.

З метою спрощення конструкції в малих машинах застосовується також установка шарикопідшипників в розпір (мал. 66.3, б). Внутрішні фланці в таких машинах зазвичай відсутні. Щоб уникнути заклинювання підшипників, з обох боків залишають зазори  $a$ . Осьовий розгін ротора при такій конструкції визначається величиною цих зазорів.

У середніх машинах опора з боку привода, особливо при ремінних передачах, виявляється навантаженою такою значною силою, що вантажопідйомності кулькового підшипника виявляється

недостатньо. У цих випадках встановлюють роликовий підшипник. Зовнішні кільця закріплюють в осьовому напрямі в обох підшипниках. Плаваючою опорою служить роликовий підшипник, в якого тіла кочення можуть переміщатися уздовж машини по кільцю, що не має бортів. При великих навантаженнях на обидві опори встановлюють роликові підшипники з обох боків машини. Для фіксованої опори вибирають роликопідшипник з бортами на зовнішньому і внутрішньому кільцях. В цілях уніфікації застосовують два однакові підшипники з бортами на зовнішньому і внутрішньому кільцях. Необхідний осьовий розгін ротора витримується за рахунок зсуву внутрішнього кільця підшипника відносно зовнішнього кільця в осьовому напрямі.



Мал. 66.4. Схема установки шарикопідшипників з попереднім осьовим навантаженням

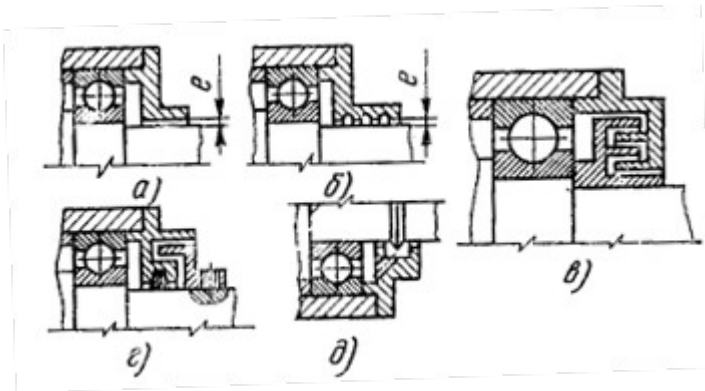
Для нормальної роботи підшипників кочення необхідна певна величина робочого зазору, щоб забезпечити вільне перекошування кульок і роликів. Підвищений зазор порушує точність обертання ротора (відбувається зсув осі валу відносно осі гнізд під підшипники в щитах в межах половини величини зазору), а також може призвести до прослизання тіл кочення і інтенсивного зносу підшипників. Щоб виключити шкідливий вплив підвищених зазорів, в малих електричних машинах застосовується установка кулькових підшипників з попереднім осьовим навантаженням (попереднім натягом). У плаваючій опорі між фланцем 4 (мал. 66.4) і торцем зовнішнього кільця 2 підшипника встановлюється пружина 5, яка переміщує зовнішнє кільце 2 і через кульки весь ротор у бік другого підшипника 1. Правильно вибране зусилля попереднього натягу забезпечує спокійнішу роботу підшипника, притискаючи всі кульки до бігових доріжок, і підвищує довговічність підшипника. Надмірний натяг, створюючи значне навантаження на підшипник, зменшує його довговічність. Тому при ремонті машини величина осьового зусилля, що діє на підшипник, має бути збережена. Пружина може давити на кільце безпосередньо або через проміжну деталь 3. Зазвичай застосовують пружини у вигляді гофрованих шайб, які займають трохи місця по довжині машини. Такі пружини встановлюють між торцем фланця і зовнішнім кільцем підшипника. Для регулювання зусилля пружини передбачають дистанційні шайби.

Підшипник в щиті вмонтовується зазвичай по вільній посадці, яка не перешкоджає провертанню його зовнішнього кільця. Повільне провертання кільця (один оберт за декілька хвилин) допустиме і навіть корисне, оскільки при цьому радіальне навантаження, що передається через тіла кочення, діє по черзі на різні точки доріжки зовнішнього кільця. Проте повільне обертання практично важко здійснене; кільце, встановлене по посадці без натягу, обертається з більшою швидкістю. Це призводить до вироблення гнізда в щиті і передчасного виходу з ладу підшипника. Тому не можна допускати ослаблення посадки підшипників в гнізда щита.

Провертання внутрішнього кільця підшипника на шийці валу виключається посадкою його з натягом. Кільце щільно обтискає вал і сили тертя, що виникають при цьому, між поверхнями надійно його стопорять.

Підшипникові вузли забезпечують спеціальними пристроями – ущільненнями, які захищають підшипник від попадання в нього зовні пилу, бруду і вологи, а також перешкоджають витіканню мастила з підшипникового вузла.





Мал. 66.5. Ущільнення підшипникових вузлів: а – з кільцевим зазором, б – з жировими канавками, в – лабіринтне, г – комбіноване, д – з масловідбивним кільцем

У машинах знайшли широке використання ущільнюючі пристрої з кільцевим (мал. 66.5, а) зазором е і кільцевими (жировими) канавками (мал. 66.5, б). В умовах забрудненого середовища надійніші лабіринтові ущільнення (мал. 66.5, в). Фетрові ущільнення застосовуються при невеликих окружних швидкостях на шийці валу, що не перевищують 5 м/с для шліфованих шийок і 8 м/с для полірованих. При підвищених швидкостях зростає температура за рахунок тертя фетрового кільця об вал. Кільце при нагріві твердне, унаслідок чого різко збільшується його знос і знижується ефективність ущільнення. У необхідних випадках встановлюють комбіновані ущільнення. Так, наприклад, фетрові кільця застосовують спільно з лабіринтами (мал. 66.5, г). Для запобігання витoku рідкого мастила широко використовуються масловідбивні кільця (мал. 66.5, д). Відкинуте кільцем масло накопичується в кільцевій проточці і зливається в підшипниковий вузол через отвір в нижній частині фланця.

#### Підшипники ковзання

Підшипники ковзання по розташуванню поділяють на дві групи: щитові, вмонтовані в щити, і винесені – стоякові. У сучасних конструкціях в більшості випадків підшипники ковзання застосовують для крупних машин і закріплюють на стояках. Щитові підшипники зустрічаються в старих типах машин малої і середньої потужності.

У підшипниках ковзання шийка валу (цапфа) охоплюється втулкою (вкладишем). У щитових підшипниках вкладиш зазвичай виготовляють цілісним, в стоякових – роз'ємним, таким, що складається з двох половин з роз'ємом по горизонтальній площині, яка проходить через вісь валу. Для нормальної роботи зазор між цапфою і вкладишем повинен мати певну величину, залежну від діаметру цапфи, частоти обертання і навантаження на підшипник.

Зменшення тертя між цапфою і вкладишем досягається шляхом створення таких умов, при яких дотичні поверхні виявляються розділеними шаром мастила, тобто роботою в режимі рідинного тертя. Існують два способи створення рідинного тертя: гідродинамічний і гідростатичний.

При першому способі розділовий шар мастила утворюється при обертанні валу. Необртова цапфа стикається з поверхнею вкладиша. При русі з місця між ними виникає напівсухе тертя. Із зростанням частоти обертання масло за рахунок в'язкості затягується в клиновий зазор між валом і вкладишем. В результаті стиснення в змащувальному шарі виникає підвищений тиск, який припідіймає вал. Створюється гідродинамічна підтримуюча сила, величина якої зростає пропорційно в'язкості масла і частоті обертання і зменшується із збільшенням зазору.

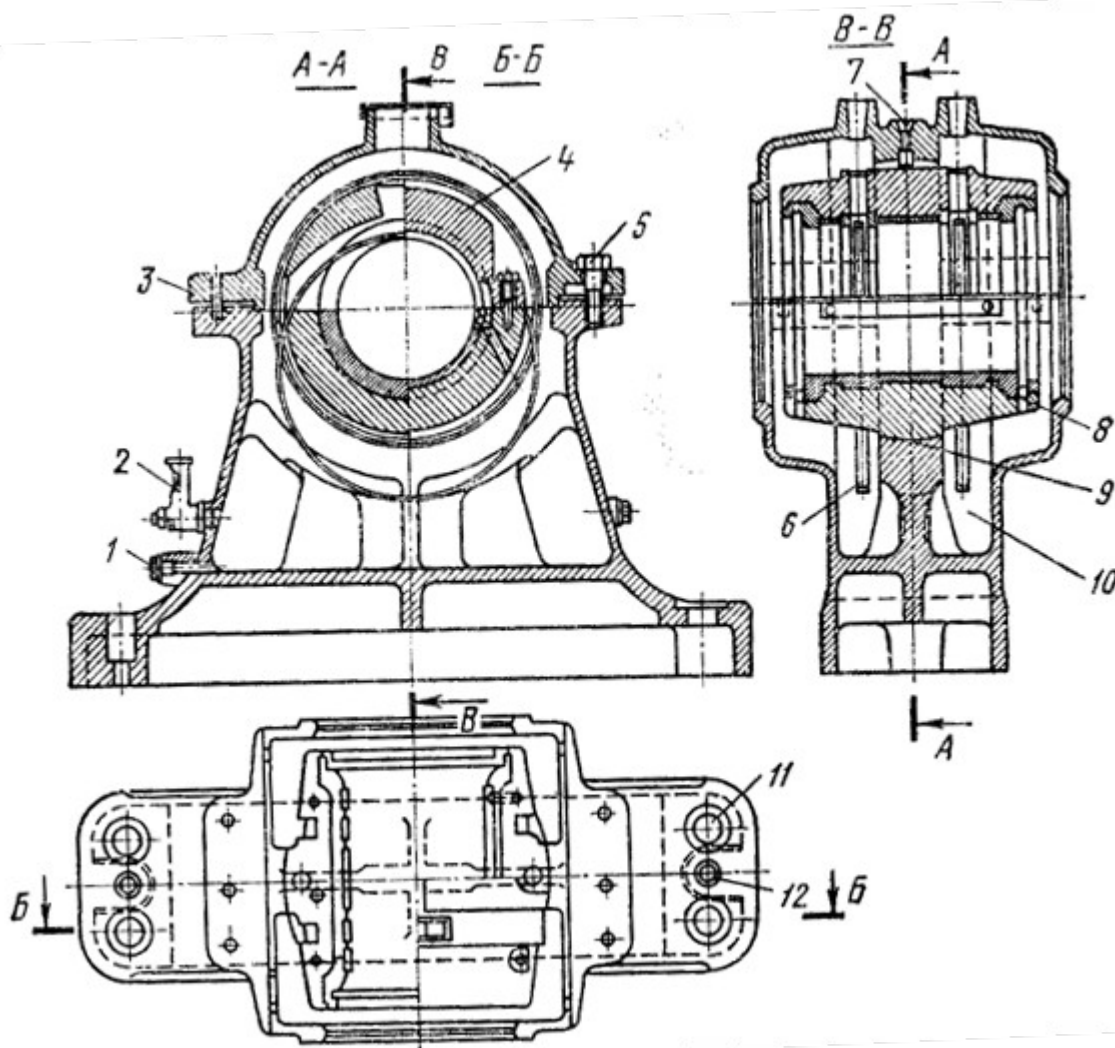
У гідростатичних підшипниках масляний шар між поверхнями, що труться, створюється шляхом підведення масла під тиском від насоса в нижню точку, де цапфа стикається з вкладишем.

Гідростатичний спосіб дозволяє зменшити знос робочих поверхонь в процесі пуску і зупинки машини. При певному тиску і кількості масла, що подається, ротор підіймається і підтримується масляною плівкою незалежно від частоти обертання.

В стояковому підшипнику вкладиш 4 (мал. 66.6) встановлюють в спеціальне гніздо у верхній частині чавунного стояка. Для зручності монтажу ротора машини вкладиш виконується роз'ємним по горизонтальній площині. Верхня його половина притискається нижньою кришкою 3 за допомогою болтів 5, які утвинчуються в корпус стояка. Поверхню вкладиша, прилеглу до валу, заливають антифрикційним сплавом – бабітом. Вкладиш має кільцевий поясок 9 із сферичною

поверхнею, центр якої розташований на осі валу, завдяки чому вкладиш при перекосах вільно обертається разом з шийкою валу. Такі підшипники називаються самовстановлюваними. Гвинт 7 стопорить вкладиш від провороту, входячи в паз, розташований у верхній його половині. Масло заливають в камеру 10. Для спостереження за його рівнем на стояку встановлений масловказівник 2 із скляною трубкою на якій є відмітки верхнього і нижнього рівнів. Злив масла виконується через отвір, закритий різьбовою пробкою 1 з ущільнюючою прокладкою. Підшипник кріпиться до фундаментної плити болтами через отвори 11. Після остаточного складання машини в отвори 12 встановлюють конічні штифти, що фіксують положення стояка на плиті. У плиті заздалегідь просвердлюють отвори, які розвертають на конус спільно з отворами 12.

Масло до поверхонь тертя підшипника подається кільцями 6, що входять в прорізи на верхній половині вкладиша. У зібраній машині кільця вільно лежать на шийці валу, нижні їх частини занурені в масло. При роботі масло подається в прорізи кільцями, що обертаються, і, розтікаючись по поздовжнім маслорозподільним канавкам, потрапляє на внутрішні поверхні вкладиша. Канавки не мають виходу на торцеву поверхню вкладиша, щоб не відбувалося виливання масла з робочої зони. Маслоуловлюючі кільцеві проточки з дренажними отворами 8 призначені для збору масла в камеру стояка. Для забезпечення вільного обертання кільця проріз роблять приблизно в 1,5 рази ширше за кільце і такої глибини, щоб кільце лягало на шийку вала.



Мал. 66.6. Стояковий підшипник ковзання

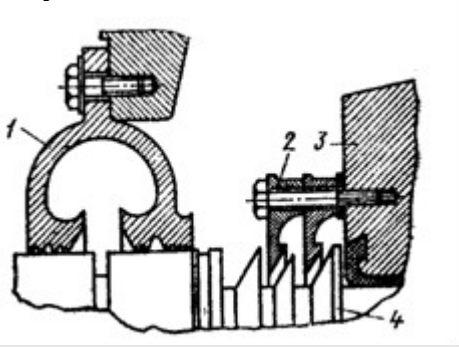
Змащувальні кільця при роз'ємних вкладишах роблять складеними для зручності збірки машини. Кільце занурюють в масло приблизно на 0,2-0,25 його діаметру. Зменшення рівня масла в процесі експлуатації до відомих меж не впливає на величину його подачі в підшипник. У машинах постійного струму кільця виготовляють з бронзи або латуні, оскільки сталеві кільця можуть намагнітитися.

В деяких випадках застосовується дискова подача мастила за допомогою кілець або дисків, що встановлюються на вал по нерухомій посадці. Диск купається нижнім краєм в маслі і при обертанні подає його у верхню частину підшипника, де воно знімається спеціальними шкребками і по каналах подається до поверхонь тертя.

У високооборотних машинах застосовується циркуляційне мастило. При цьому способом масло подається до поверхонь, що труться, насосом під тиском. У реверсивних машинах подача масла виконується у верхню точку вкладиша, в нереверсивних – в горизонтальну щілину з таким розрахунком, щоб масло захоплювалося при обертанні у верхню половину вкладиша.

Існують також і комбіновані способи змащування. Наприклад, при циркуляційному змащуванні встановлюють додатково маслоподаючі кільця. У крупних сильно навантажених підшипниках застосовується водяне охолодження. Вода циркулює по трубках, залитих в товщу бабіту.

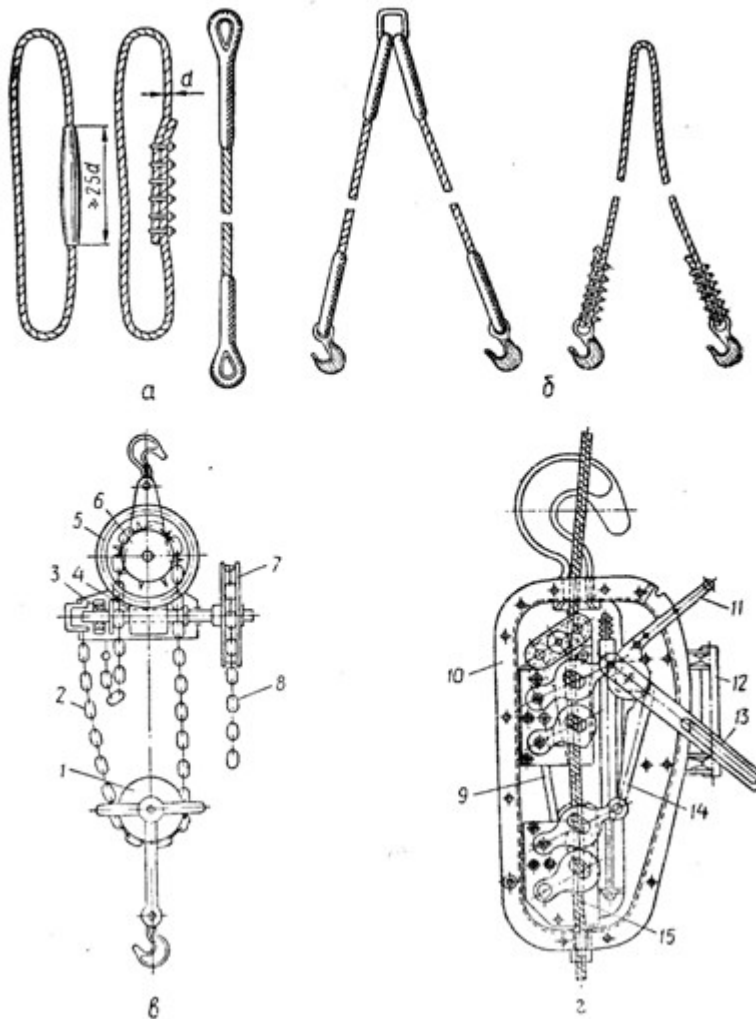
Маслоуловлюючі канавки на вкладиші не можуть повністю виключити витікання масла по валу з підшипника. Тому до торцевої поверхні вкладишів 3 (мал. 66.7) прикріплюють додатково маслорідбійні кільця 2, на валу виточують канавки за формою кілець і буртики 4. Масляна плівка, що поширюється уздовж валу по цапфі, не може перейти через буртик, оскільки відцентрові сили відкидають її на більший діаметр. Бризки масла затримуються кільцями 2, потім стікають в масляну камеру підшипника. У швидкохідних машинах і машинах з циркуляційним змащуванням підшипників в місці виходу валу із стояка ставиться другий рівень ущільнення – лабіринт 1. Щитові підшипники ковзання зазвичай ущільнюють фетровими кільцями, встановленими в канавки, проточені в приливі щита в місці виходу валу з підшипника.



Мал. 66.7. Ущільнення підшипника ковзання

*Підготовка електричних машин до монтажу. Усунення дефектів, виявлених при огляді. Складання машин.*

**Переміщення електричних машин.** Транспортування електричних машин охоплює роботи з їх навантаження, вивантаження, піднімання, опускання та горизонтального переміщення. Ці роботи називають такелажними.



Мал. 67.1. Стропи для піднімання й переміщення електродвигунів: а – полегшені стропи, б – універсальні стропи, в – талі, г – важільна лебідка (бічна стінка знята), 1 – блок, 2 – вантажний ланцюг, 3 – гальмо, 4 – черв'як, 5 – вантажне колесо, 6 – зірочка, 7 – привідне колесо, 8 – робочий ланцюг, 9 – тяга, 10 – фланець корпусу, 11 – важіль заднього ходу, 12 – ручка, 13 – важіль переднього ходу, 14 – поводок, 15 – трос.

Для піднімання і переміщення електричних машин масою понад 80 кг застосовують стропи (мал. 67.1, а, б) та різні механізми (мал. 67.1, в, г). Найзручніша переносна важільна лебідка (мал. 67.1, г). Лебідка обладнана захватом з кулачками і тягловим механізмом, за допомогою яких здійснюється переміщення троса 15 вгору або вниз коливальними рухами важелів 11 і 13. За один хід важеля трос переміщується на 36 мм. Для перенесення лебідки її права бічна кришка обладнана жорсткою ручкою 12. До кожної лебідки додається обойма, на яку намотується робочий трос  $\varnothing 11,5$  мм з гачком.

Горизонтальне і похиле переміщення великих електричних машин здійснюється лебідкою з ручним або електричним приводом. Лебідка має бути встановлена так, щоб ведучий кінець троса підходив до барабана знизу. Діаметр троса підбирають залежно від маси електричної машини з урахуванням навантаження, допустимого для даної лебідки. Застосування троса, вибраного «на око», недопустиме, оскільки може трапитися його обрив і внаслідок цього поломка електричної машини або нещасний випадок. Тому під час підготовки до транспортних робіт потрібно шляхом нескладних розрахунків заздалегідь переконатися, що обраний для цієї мети трос здатний витримати зусилля, які створюватимуться в ньому в процесі транспортування устаткування.

У разі переміщення електричної машини лебідкою по горизонтальній або похилій поверхні зусилля  $P$  [кН] у тросі визначають за формулами:

при переміщенні по горизонтальній поверхні

$$P_T = fQ;$$

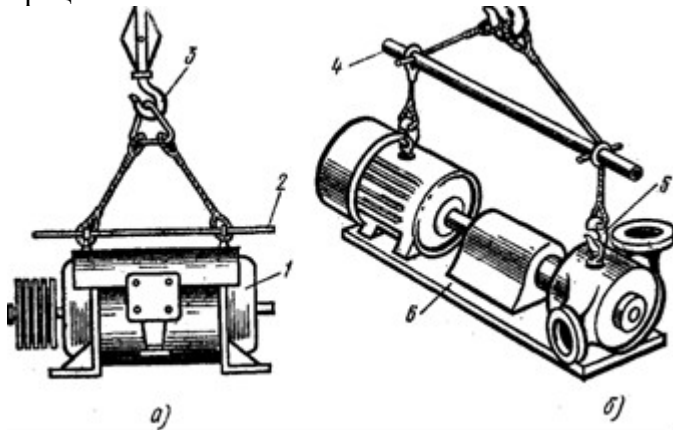
при переміщенні по похилій поверхні

$$P_{\text{п}} = Q(f \pm a),$$

де  $Q$  – маса вантажу, кг;  $a$  – коефіцієнт піднімання, який дорівнює  $H/L$  зі знаком «+» при підніманні, зі знаком «-» при опусканні;  $H$  – висота піднімання, м;  $L$  – довжина шляху по похилій поверхні, м;  $f$  – коефіцієнт тертя, який у середньому дорівнює 0,2 при ковзанні сталевих полозків по сталі, 0,4 – при ковзанні дерев'яних полозків по дерев'яному помосту, 0,7 – при ковзанні по сухому ґрунту.

Також підйом і переміщення машин при монтажі проводять кранами і іншими механізмами. Вантажний крюк 3 (мал. 67.2, а) механізми повинен знаходитися над центром тяжіння машини 1. Вантаж захоплюють стропом за рим-болти або пружини. Якщо стропи не мають кріпків, використовують лом 2. Зібрані агрегати 6 (мал. 67.2, б), щоб уникнути вигину валів, піднімають за допомогою такелажів траверс 4 з кріпками 5.

Транспортування електричних машин повинно здійснюватися лише справними механізмами і випробуваними тросами, стропами й талями, а також із дотриманням відповідних правил охорони праці.



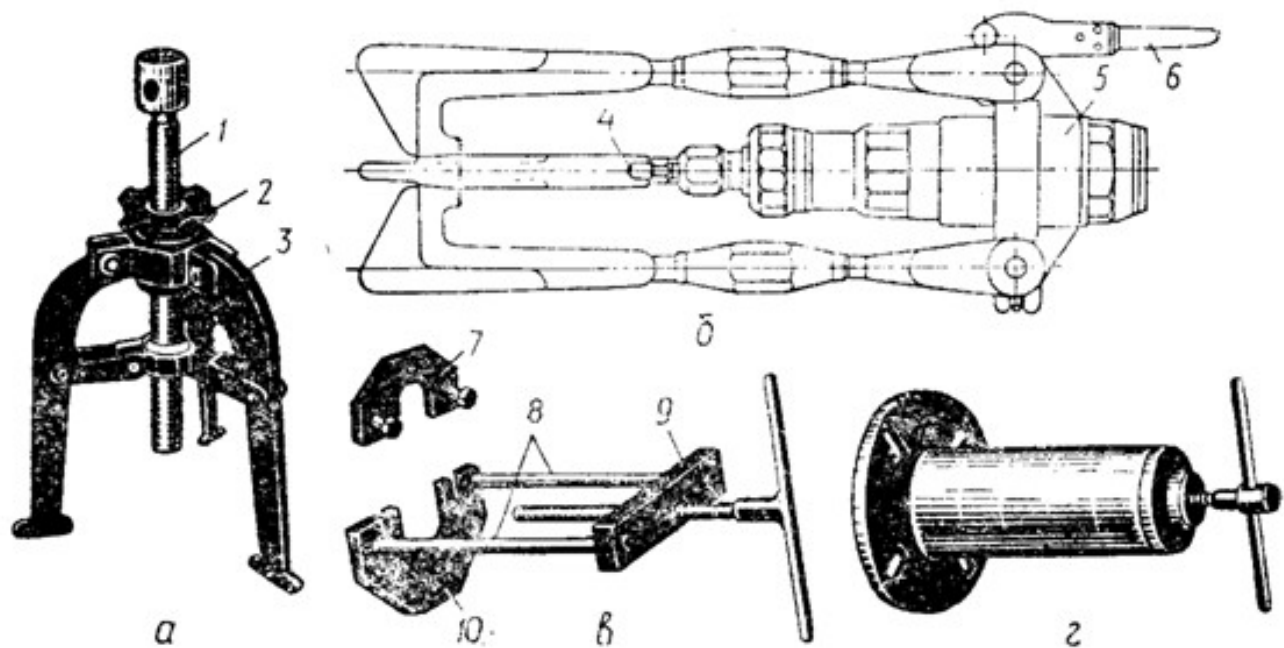
Мал. 67.2. Захоплення машин (а) і агрегатів (б) стропом: 1 – машина, 2 – лом, 3 – вантажний кріюк, 4 – траверса, 5 – кріюк.

**Розбирання та ревiзiя електричних машин.** Доставлені в складеному вигляді на об'єкт монтажу електричні машини звичайно не потребують особливої перевірки, оскільки їх випускають із заводу лише після ретельного контролю і в стані, який повністю придатний для встановлення. Однак при недотриманні вимог транспортування і збереження в електричних машинах можуть виникнути різні пошкодження, наприклад зволоження і забруднення обмоток, пошкодження ізоляції лобових частин обмоток електричних машин відкритого виконання, пошкодження підшипників. У таких випадках здійснюють ревiзiю електричних машин з вийманням або без виймання ротора. Розбирати електричну машину слід лише в тих випадках, коли полагодити пошкодження неможливо без розбирання і коли наявні пошкодження усуваються в монтажних умовах.

Для розбирання і складання машини треба застосовувати спеціальні інструменти і пристрої, які полегшують працю монтажників. Розбирання машини починають із знімання (демонтажу) півмуфти або шківів з кінця вала за допомогою універсального ручного (мал. 67.3, а) або гiдравлічного (мал. 67.3, б) знімача.

Ручний знімач з регульованим розкриттям тяг (мал. 67.3, а) дає змогу захоплювати (з зовнішнього або з внутрішнього боку) деталі різних розмірів і знімати їх. Розкриття і фіксування тяг (захватів) відповідно до розмірів деталі, яку знімають, здійснюють регульовальною гайкою 2, накрученою на нарізку гвинта 1.

Більш досконалим і придатним для знімання півмуфт і шківів з валом великих електричних машин є гiдравлічний знімач ФК-2-10 (мал. 67.3, б). Кінець гвинта гiдравлічного знімача обладнаний кулькою 4, наявність якої, незважаючи на створювані значні тягові зусилля, захищає центр вала електричної машини від пошкодження (забою).



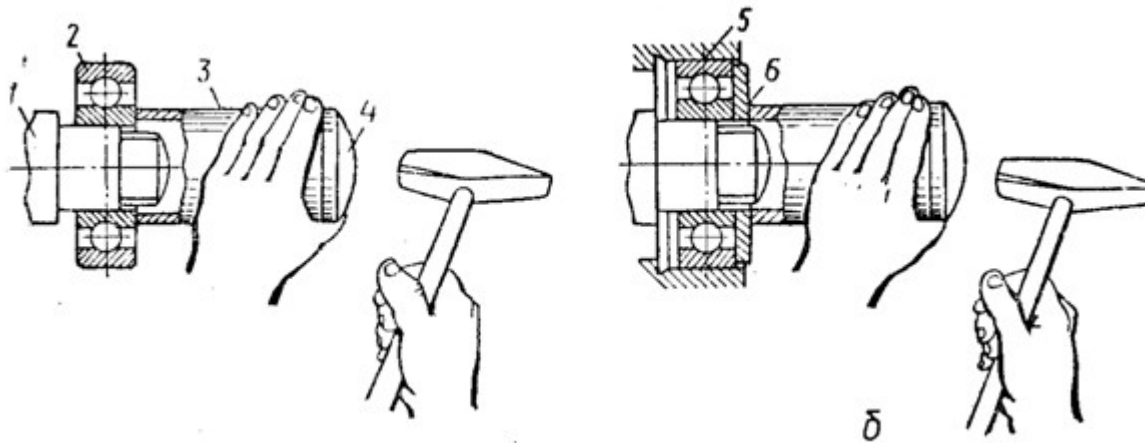
Мал. 67.3. Універсальні знімачі: а – ручний для знімання півмуфт і шківів з валів дрібних та середніх машин, б – гідравлічний для знімання пів муфт і шківів з великих машин, в – для знімання підшипників із захопленням за кільце, г – для знімання підшипників із захопленням за кришку або капсуль, 1 – черв'ячний гвинт з головою, 2 – регулювальна гайка, 3 – тяга (захват), 4 – сталеві кульки, 5 – резервуар, 6 – рукоятка гідравлічного насоса, 7 – пластинка із штифтами, 8 – штильки, 9 – траверса, 10 – плита.

Для знімання з вала підшипників кочення застосовують знімачі із захватом за кільце (мал. 67.3, в) або із захватом болтами за кришку чи капсуль підшипника (мал. 67.3, г). Перед тим як зняти підшипник, потрібно відкрутити болти, гайки і стопорні пристрої. Накладаючи захвати (плиту) 10 знімача на підшипники кочення, треба стежити за тим, щоб виступи захватів були зачеплені за внутрішнє, а не за зовнішнє кільце підшипника, у противному разі можна пошкодити підшипник.

Якщо зусилля знімача недостатнє, то шків, напівмуфту або підшипник підігрівають: шків і напівмуфти підігрівають полум'ям паяльної лампи або газового пальника до 200-250 °С з одночасним охолодженням вала водою або стисненим повітрям, а підшипники поливають чистим трансформаторним маслом, підігрітим до 100-120 °С.

Установлюваний замість знятого новий підшипник слід підігріти у ванні з чистим мінеральним маслом до температури близько 100 °С. Безпосередньо перед посадженням підшипника поверхню кінця вала і місце посадки підшипника промивають бензином, протирають чистими ганчірками і змащують мінеральним маслом. Посадження нового підшипника на вал двигуна здійснюють за допомогою відрізка труби, бажано мідної (мал. 67.4, а), а в розточування щита – за допомогою відрізка труби і сталевий шайби завтовшки 4-5 мм (мал. 67.4, б). Зовнішній діаметр відрізка труби повинен бути на 2-3 мм менший від зовнішнього діаметра внутрішнього кільця підшипника. На кінець труби надягають сферичну заглушку.



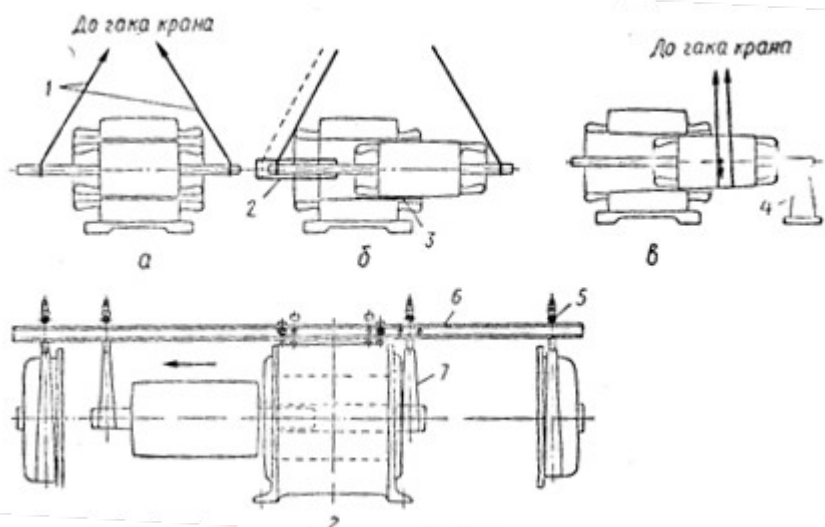


а

Мал. 67.4. Посадження підшипника кочення: а – на вал, б – в розточку підшипникового щита електричної машини, 1 – вал, 2 – підшипник, 3 – відрізок труби, 4 – сферична заглушка, 5 – розточка в підшипниковому щиті, 6 – сталева шайба.

Якщо необхідно вийняти ротор (якір) масою понад 50 кг із статора двигуна, застосовують метод перестропування або використовують спеціальний пристрій. Метод перестропування можливий лише за наявності крана або будь-якого підйомного механізму відповідної вантажопідйомності. Метод перестропування полягає в тому, що на вал ротора (якоря) (мал. 67.5, а) надягають стропи 1, а потім підтягують їх краном так, щоб ротор (якір) не торкався статора, тобто опинився «у висячому положенні», після чого, пересуваючи кран, виводять його із статора до моменту підходу заднього стропа до лобової частини обмотки статора (мал. 67.5, б). Далі кладуть на осердя статора аркуш картону, опускають ротор (якір) на осердя і, надягнувши на вал трубу 2, переносять на неї задній строп. Продовжуючи переміщувати ротор (якір), виводять його із статора ще на деяку відстань, опускають вільний кінець вала на підставку 4, а потім переносять стропи до середньої частини осердя ротора (якоря) так, щоб центр ваги ротора (якоря) опинився між стропами (мал. 67.5, в), після чого ротор (якір) повністю виводять із статора.

Важкі ротори (якорі) виймають із статора за допомогою закріплюваного на статорі пристрою (мал. 67.5, г), який складається з відрізка рейки або сталевий балки, комплексу роликів і бандажів, що підтримують вал ротора (якоря). Для захисту колектора якоря від механічних пошкоджень його обмотують листом картонна.



*Мал. 67.5. Способи виведення ротора із статора: а, б, в, – послідовність операцій за способом перестановки, г – за допомогою пристрою, 1 – стропи, 2 – сталева труба, що надягається на вал, 3 – картонна прокладка, 4 – підставка під вал, 5 – котки (ролики), 6 – монорейка, встановлена на корпусі двигуна, 7 – стрічкова сталева петля (бандаж).*

Під час ревізії здійснюють ретельний огляд усіх частин і деталей машини. Насамперед перевіряють цілість ізоляції і кріплень лобових частин обмоток; стан ізоляції обмоток, який визначається за допомогою мегомметра. На випадок зниження опору ізоляції нижче за 0,5 МОм обмотку машини сушать.

Домашня робота: підготувати конспект.

План уроку  
з спецтехнології №113  
**25.03.2020**

**Модуль:** Виконання нескладних регламентних робіт із обслуговуванням електроустаткування.

**Тема:** Технічне обслуговування та ремонт електричних машин змінного та постійного струму.

**Тема уроку №113:** Складання машин. Сушіння електричних машин.

**Теоретичні відомості:**

Сушіння електродвигунів. Існує багато способів сушіння конструкції обмоток електричних машин. Так при потужності електродвигуна до 15 кВт застосовують обігрівання лампами інфрачервоного випромінювання світлового потоку або звичайними лампами розжарювання при потужності до 500 Вт; при потужності від 15 до 40 кВт – обігрівання гарячим повітрям від теплові продувки або теплою, яка виділяється під час проходження струму по обмотці; при потужності від 40 до 100 кВт – нагрівання струмами індукційних витрат (вихровими струмами) в активній сталі статора. Розглянемо коротко кожний із зазначених способів сушіння.

У разі сушіння обмоток обігріванням лампами або гарячим повітрям джерело теплоти розташовують у першому випадку всередині, в другому – поблизу обмоток; електродвигун закривають вогнестійким кожухом з отворами для виходу вологи, що випаровується.

Сушіння електродвигуна теплою, яка виділяється під час проходження струму по обмотках, може виконуватися як постійним, так і змінним однофазним або трифазним струмом. Найчастіше сушіння здійснюють трифазним змінним струмом, для чого загальмовують ротор електродвигуна, а до обмотки статора підводять трифазний струм. Сушіння здійснюється внаслідок нагрівання обмотки електродвигуна, який знаходиться в режимі короткого замикання. Струм необхідний для створення в обмотці статора температури 80-90 °С, регулюється подачею зниженої напруги, яка звичайно становить 12-15 % номінальної напруги електродвигуна. Струм в обмотці статора не повинен перевищувати 0,7 номінального, оскільки внаслідок відсутності вентиляції при великому струмі температура нагрівання обмотки може досягти небезпечних значень. Для скорочення тривалості сушіння рекомендується періодично на 5-6 хв розгальмовувати ротор, обертання якого посилить вентиляцію статора та випаровування вологи з його обмотки.

У разі сушіння двигуна з фазним ротором обмотку останнього слід закортити встановленням перемичок на контактних кільцях. До початку сушіння корпус електродвигуна повинен бути надійно заземленим.

Сушіння струмом індукційних витрат у сталі не пов'язане з проходженням його безпосередньо по обмотці електродвигуна. Нагрівання відбувається внаслідок витрат від перемінного магнітного потоку, який створюється намагнічувальною обмоткою в осерді і корпусі електродвигуна. Намагнічувальну обмотку виконують у вигляді кількох витків проводу з теплостійкою ізоляцією, намотаного через розточку статора, з якого вийнято ротор. Для живлення намагнічувальної обмотки застосовують напругу нижчу за 60 В, яку отримують від зварювального трансформатора. Переріз проводу і кількість витків намагнічувальної обмотки визначають розрахунком або беруть з довідників.

За будь-якого із зазначених методів сушіння ретельно стежать за тим, щоб нагрівання обмоток не перевищувало температури, встановленої стандартом для даного виду або класу ізоляції. Рекомендована температура сушіння обмоток електродвигунів 80-90 °С.

Режим сушіння контролюють мегомметром і термометрами. Термометри нерухомо закріплюють на ділянках, що найбільше нагріваються, обгорнувши алюмінієвою фольгою нижню частину термометра, де розміщується ртуть. Мегомметром вимірюють опір ізоляції через кожну годину. На початку сушіння опір зволоженої ізоляції обмотки знижується, а потім (в міру випаровування вологи з обмотки) починає підвищуватися і наприкінці сушіння стає постійним. Сушіння вважають завершеним, якщо протягом 24 год. опір ізоляції обмотки статора електродвигуна напругою 500 В залишається незмінним і становить не менше 1 МОм.

Результати сушіння заносять до протоколу, в якому зазначають паспортні дані електродвигуна, місце його встановлення, застосований метод, схеми і параметри (струм, напругу, тривалість) сушіння, а також відомості про здійснені замірювання опору ізоляції та температури нагрівання.

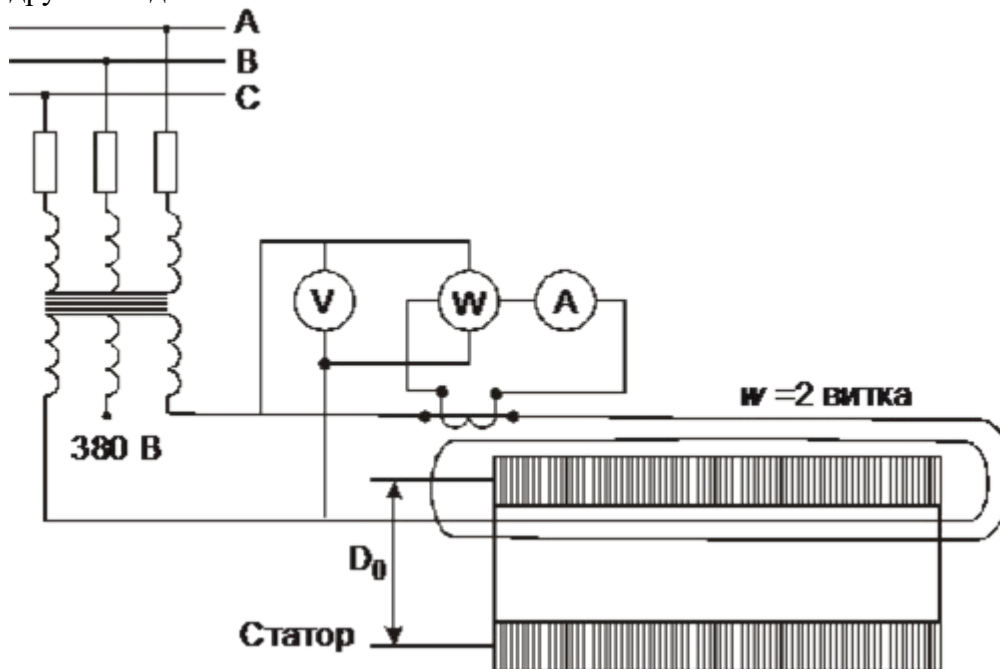
Сушіння генераторів і синхронних компенсаторів. Сушка генераторів і синхронних компенсаторів виконується наступними способами:

- 1) нагріванням втратами в активній сталі;
- 2) нагріванням втратами в міді в режимі КЗ;
- 3) нагріванням постійним струмом;
- 4) нагріванням гарячим повітрям від повітрорудки.

Найчастіше застосовуються перший, третій і четвертий способи. Третій спосіб вимагає готовності електричної схеми машини і тим самим затримує пуск готового агрегату.

Обмотка ротора сушиться постійним струмом або гарячим повітрям.

1) У сталі статора створюється потужне поздовжнє магнітне поле від намотаних на статор витків (1-3 витки). Для машин потужністю до 12 МВт можливе намагнічення одним витком, яким може служити сам ротор. Генератори бажано сушити за схемою на мал. 67.6 від трансформатора. Турбогенератор бажано сушити при вийнятому роторі. Якщо ротор не вийнятий, то один підшипник ротора ретельно ізолюють від землі, а між землею і ізольованим кінцем валу повинні бути включений вольтметр або лампа. Другий кінець валу заземляють, щоб вимірювальні струми не текли через масляну плівку другого підшипника.



Мал. 67.6. Обмотка статора, що намагнічує

(У роторі наводиться ЕРС одного витка протилежної полярності).

Гідрогенератор теж сушиться за цією схемою. Число витків обмотки, що намагнічує, може бути від 4 до 10 залежно від його потужності і розмірів. У місці накладення намагнічуючої обмотки полюса гідрогенератора виймають, оскільки через відносно великий діаметр розточування статора гідрогенератора велика частина потоку замикатиметься через повітряний зазор і найближчі полюси, а не проходитиме по спинці статора. Крім того, змінний магнітний потік, що пронизує полюси, сильно гріє демпферну клітку і КЗ кільця, які підкладаються під обмотку збудження деяких гідрогенераторів.

При нагріві турбогенератора з ротором останній треба через кожних 20-30 хв повертати на  $180^\circ$  щоб уникнути викривлення лінії валу від можливого нерівномірного прогрівання.

Рекомендується виготовляти намагнічуючу обмотку з відпаюваннями для регулювання процесу нагріву. На початку нагріву можна встановлювати індукцію рівною 0,7-0,9 Т, а далі знижувати її до 0,4-0,6 Т. Швидкість підйому температури не більш  $5^\circ\text{C}/\text{год}$ .

Для більшості типів генераторів є виробничі інструкції з рекомендованими величинами індукції в статорі і питомими ампер-витками.

Слід зазначити, що спосіб нагріву сталевого виробу втратами в сталі широко застосовується на практиці для нагріву не лише генератора, але і багатьох інших предметів, що мають замкнутий магнітопровід.

Природно, що в такому разі питомі ампер-витки і питомі втрати мають різне значення. Коефіцієнт потужності такої схеми нагріву зазвичай від 0,7 до 0,5.

2) Сушіння втратами КЗ в міді статора виконується на машині, що обертається з номінальною частотою.

При протіканні струму по обмотці статора в машині виділяються втрати в мідь і додаткові втрати.

Регулювання нагріву виконують зміною струму статора і витрати води через охолоджувачі. Витрата води – мінімально необхідна. При великій витраті (особливо в холодну пору року) можливе переохолодження охолоджувачів з випаданням роси на них.

Сушіння генератора струмом КЗ допускається при опорі ізоляції статора не нижче 50000 Ом, ізоляції обмотки ротора – 2000 Ом.

Під час сушіння рекомендується укрити машину азбестовим полотном для теплоізоляції. Для видалення вологи з машини бажано її продувати переносним вентилятором.

3) Сушіння нагріванням постійним струмом виконується як на зібраній, так і на ще не зібраній повністю машині. Ізоляція ротора не нижче 2000 Ом, статора – 50000 Ом.

Забороняється сушіння постійним струмом машин, що сильно зволожилися, щоб уникнути електричного пошкодження паянь і спучення ізоляції голівок обмотки статора.

Сушіння виконується постійним струмом 0,4-0,6 номінального струму статора.

Обмотка статора має бути сполучена так, щоб по всіх фазах і всіх паралельних гілках протікав однаковий струм.

Ротор можна сушити резервним збудником. Статор можна сушити спеціальним випрямлячем, який дає струм силою 1800 А при напрузі 155 В (типу КВТМ-280/0,5). Підйом температури також не більш  $5^\circ\text{C}/\text{год}$ .

4) Нагрівання гарячим повітрям повітродувок застосовується широко. Спіралі повітродувок не повинні розжарюватися до видимого червоного свічення.

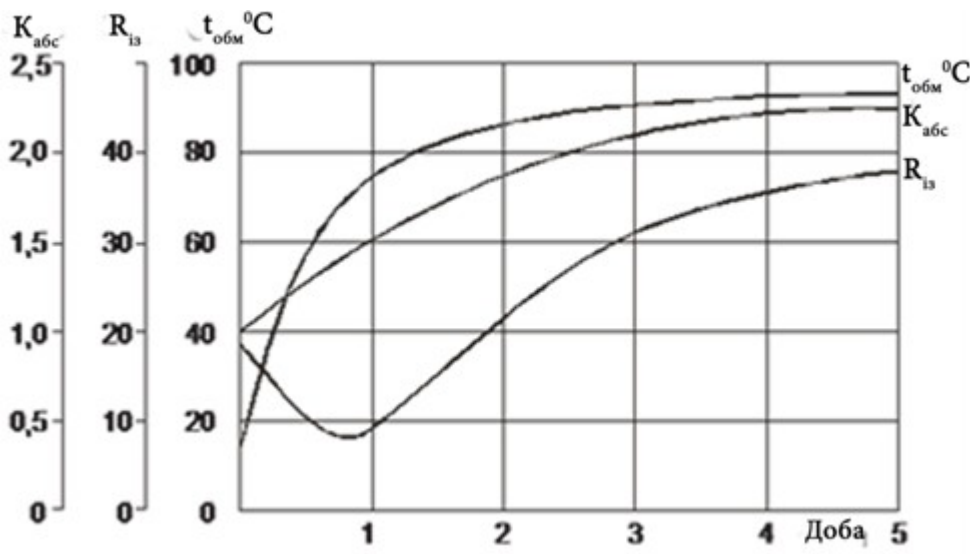
На виході повітродувок мають бути мідні сітчасті фільтри – іскроуловлювачі: через поганий контакт в повітродувці можуть утворитися іскри або крапельки розплавленого металу. У повітродувці можуть також займатися частинки пилу, що засмоктуються вентилятором ззовні. Всі ці іскри можуть викликати пожежу генератора.

Максимальна температура сушіння вимірюється по закладених терморезисторах. Для обмоток статора з ізоляцією кл.В –  $90-95^\circ\text{C}$ ; для запечених обмоток роторів з ізоляцією кл.В –  $120^\circ\text{C}$ ; кл.ВС –  $130^\circ\text{C}$ ; для незапечених обмоток роторів з ізоляцією кл.В –  $100^\circ\text{C}$ ; для обмоток роторів з ізоляцією кл.А –  $100^\circ\text{C}$ .

Температура ротора визначається по опорі його обмотки. Сушіння повинно виконуватися при температурах, близьких до максимальної, але не нижче  $80^\circ\text{C}$ .

Для контролю за сушінням через кожних 1-2 години виконується вимір опорі ізоляції і обчислення коефіцієнту абсорбції  $K_{\text{абс}}$ .

За даними вимірів будується графік сушіння, на який наносяться температура обмоток, опір ізоляції, коефіцієнт абсорбції. Зразок графіка процесу сушіння приведений на мал. 67.7. На початку сушки відбувається розпарювання ізоляції, і її опір падає. Надалі опір ізоляції починає рівномірно зростати; починає відразу збільшуватися.



Мал. 67.7. Графік сушіння генератора

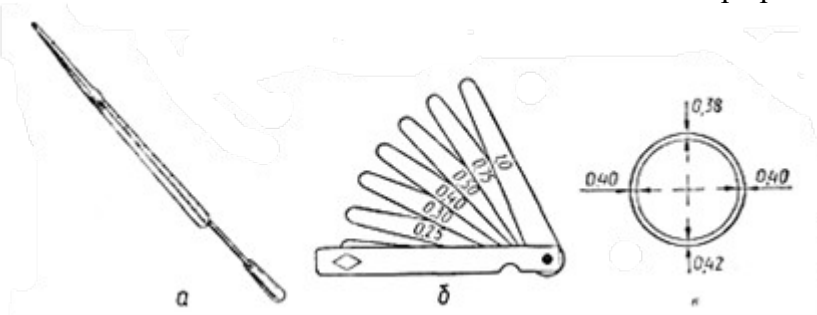
Сушіння ізоляції вважається закінченим, якщо опір ізоляції протягом 3-5 годин залишається незмінним рівним досягнутому максимальному значенню.

Зважаючи на постійну загрозу пожежі під час сушіння будь-яким способом завжди має бути наготові повний комплект засобів пожежогасіння. Машину, що гріється, не можна залишати без нагляду ні на хвилину.

Складання електричних машин. Послідовність і прийоми складання електричної машини аналогічні тим, які застосовувалися під час її розбирання, але виконуються в зворотному порядку. Під час складання слід звертати увагу на правильне встановлення щіток і щіткового механізму (див. урок №69). Під час установа підшипникових щитів допускаються удари по їх периметру молотком із застосуванням дерев'яної або свинцевої надставки чи прокладки, щоб щити були посаджені на заточки щільно і без перекосів. Заповнення підшипників мастилом – див. урок №66.

Під час складання електричної машини після кріплення підшипникових щитів перевіряють легкість обертання ротора і відсутність зачіпань частинами електричної машини, що обертаються (ротором, вентилятором), його нерухомих частин. Туге обертання ротора свідчить про наявність перекосу підшипників або підшипникових щитів; тертя між рухомими і нерухомими частинами електричної машини свідчить про порушення зазорів між ними, насамперед між ротором і статором.

Зазори (повітряний проміжок) між ротором і статором вимірюють за допомогою щупів (мал. 67.8, а, б) у чотирьох точках (мал. 67.8, в); вони повинні бути однаковими в точках замірювань і можуть відрізнятися не більш ніж на 10 %. Для вимірювання щуп всовують у повітряний проміжок між ротором і статором з обох торців електричної машини. Вимірювання повторюють 2-3 рази, повертаючи ротор після кожного вимірювання на 90 або 180°. Зазор між ротором і статором дуже малий. Дотримання заводських розмірів повітряних зазорів надзвичайно важливе, оскільки в разі зміни зазору порушується нормальна робота електричної машини, а при недопустимому зменшенні його створюється небезпека пожежі активної сталі внаслідок зачіпання сталі статора ротором, що обертається.



В

Мал. 67.8. Прилади перевірки і точки замірювання повітряних зазорів між статором і ротором двигуна: а – клиновий щуп, б – пластинчастий щуп, в – точки замірювання зазорів

Домашня робота: Принц М. В., Цимбалістий В. М. Освітлювальне і силове електроустаткування. Монтаж і обслуговування.- 2006р. Розділ 9. Ст.119. виконати завдання 21 та відправити на перегляд.

План уроку  
з спецтехнології №114  
30.03.2020

**Модуль:** Виконання нескладних регламентних робіт із обслуговуванням електроустаткування.

**Тема:** Технічне обслуговування та ремонт електричних машин змінного та постійного струму.

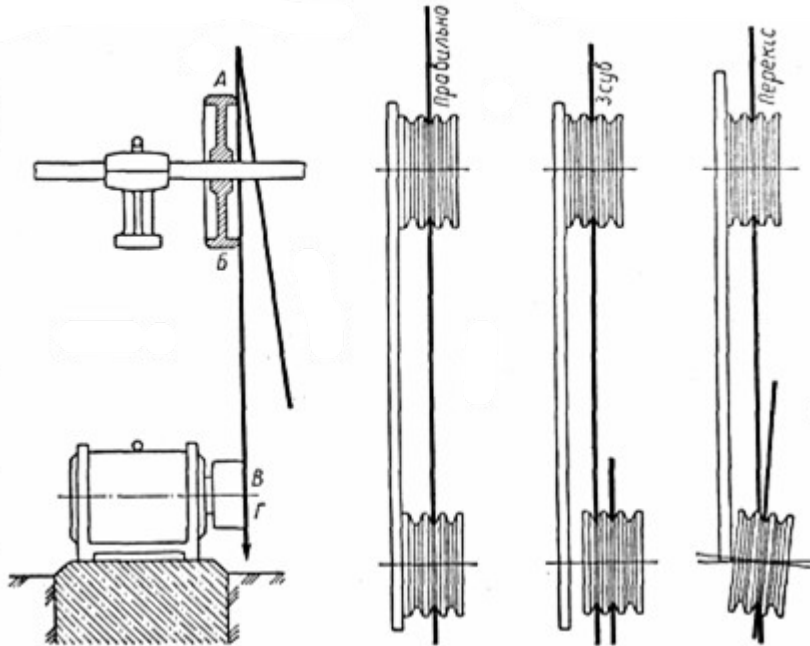
**Тема уроку №114:** Регулювання щіткового апарата. Заповнення підшипників мастилом. Підготовка до пуску. Пробний пуск.

**Теоретичні відомості:**

Монтаж електричних машин

Після завершення складання і перевірки електричної машини приступають до її встановлення.

Електричну машину установлюють на заздалегідь підготовлену основу — зварну раму, чавунну плиту або полозки, закріплені на фундаменті анкерними болтами. Електричні машини масою до 80 кг підіймають на фундамент заввишки до 1 м вручну, використовуючи похило покладені помости з дощок, а машини масою понад 80 кг — за допомогою механізмів (таля, лебідки тощо).



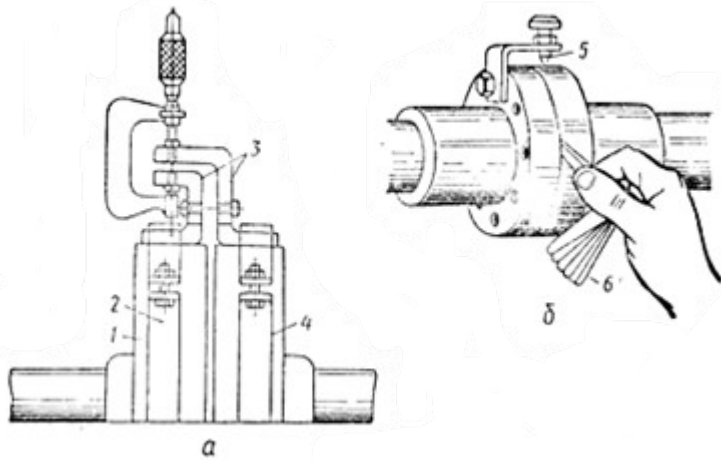
Мал. 68.1. Вивірення валів при пасовій і клинопасовій передачах

У разі пасової і клинопасової передач вали двигуна (генератора) та механізму, що обертається ним (обертає його ротор), мають бути строго паралельні. Паралельність валів вивіряють за допомогою струн з тонкого сталевого дроту або скрученого шпагату, як це показано на мал. 68.1. Якщо ширина шківів однакова, паралельність валів буде досягнута, коли точки А, В, Ві Г одночасно торкатимуться струни. Вивірення положень електричної машини і механізму зі шківями різної ширини здійснюють, виходячи з умови однакової відстані від середніх ліній обох шківів до струни.

Якщо передача обертання до механізму здійснюється за допомогою плоских або клинових пасів, то один з гвинтів натягування паса повинен знаходитися під пасом, другий — з протилежного боку по діагоналі.

Якщо з'єднання машини з механізмом здійснюють за допомогою муфти, добиваються співвісності її вала і вала механізму їх центруванням. Перед центруванням переконуються в міцності посадки півмуфт на вали, ударяючи молотком по торцю кожної півмуфти при одночасному охопленні рукою стику півмуфти з валом. Відсутність зсуву стику півмуфти свідчить про її міцність. Вали центрують за допомогою центрувальних скоб (мал. 68.2, а).





Мал. 68.2. Центрування валів: а – скобами, б – щупом і штифтом, 1 – півмуфта двигуна, 2 – хомут кріплення скоби на півмуфті, 3 – скоби, 4 – півмуфта механізму, 5 – штифт, 6 – щуп

Скоби 5 закріплюють на півмуфтах 1 і 4, а потім, повертаючи вали на  $90^\circ$ , вимірюють мікрометром зазори між скобами в чотирьох положеннях валів і коригують встановлення машини, прагнучи досягти найменшої різниці між розмірами зазорів. При неспіввісності валів у горизонтальній площині переміщують машину на фундаменті, а при неспіввісності у вертикальній площині під лапи двигуна підкладають сталеві прокладки. Кількість прокладок має становити не більше чотирьох. Якщо за умовами центрування кількість їх виявиться більшою, то кілька тонких прокладок замінюють однією відповідної товщини. Товщина прокладок повинна становити не менш як 0,5 мм. Якщо кількість прокладок значна і якщо вони мають малу товщину, в процесі роботи може порушуватися міцність кріплення електричної машини і центрування її валів.

Співвісність валів з півмуфтами великих діаметрів (200 мм і вище) можна перевірити і вимірюванням зазорів між площинами муфти (мал. 68.2, б). Щупом 6 контролюють паралельність валів відносно один одного, а штифтом 5 — їх співвісність. Для того щоб вимірювання були правильними, щуп необхідно вставляти між торцями півмуфт у кількох місцях по можливості між одними й тими самими точками. Для цього на ободах півмуфт крейдою або фарбою наносять смужки.

Вивірена електрична машина повинна бути надійно закріплена болтами з подальшою перевіркою точності встановлення, яка може бути випадково порушена під час остаточного закріплення машини. Електричну машину заземлюють, приєднуючи її корпус до загальної мережі заземлення окремою шиною.

При монтажі електродвигуна з фазним ротором виконують додаткові роботи з установа, приєднання та заземлення пускового резистора.

Повністю змонтовані електричні машини перевіряють у процесі роботи вхолосту і під навантаженням.

Пуск електродвигунів вхолосту і під навантаженням

Пуск електродвигуна вхолосту здійснюється з метою перевірки справності механічної частини (відсутність стуків, зачіпання частинами, що обертаються, нерухомих тощо), правильності напрямку обертання, міцності кріплення електродвигуна до фундаменту і якості центрування валів. При цьому електродвигун має бути відокремлений від механізму, що приводиться ним у дію, верстата або іншого устаткування.

Електродвигун вмикають поштовхом умережу і, не допускаючи повного розвороту (при досягненні приблизно 25-30 % номінальної частоти обертання), вимикають, уважно прислухаючись до шуму (не повинно бути сторонніх звуків), який здійснює ротор, що продовжує деякий час обертатися за інерцією. Якщо необхідно змінити напрямок обертання ротора, міняють місцями два сусідніх проводи підведення живлення від мережі до затискачів електродвигуна.

Після першого пробного пуску і усунення виявлених недоліків здійснюють другий пуск вхолосту, при якому електродвигун працює на повних (номінальних) обертах не менш як 1 год. Протягом цього часу електродвигун повинен знаходитися під наглядом електромонтажника, який обов'язково через кожні 10-15 хв. має перевіряти ступінь нагрівання підшипників. Перевищення температури нагрівання

підшипників кочення над температурою навколишнього повітря, тобто перегрівання, допускається не більш ніж на 60 °С, а температура граничного нагрівання має становити не більш як 95 °С при температурі навколишнього повітря 35 °С.

Під час роботи вхолосту вимірюють амплітуду вібрації підшипників електродвигуна віброметром. Амплітуда вібрації підшипників електродвигуна, яка залежить від частоти обертання ротора, не повинна перевищувати таких значень:

Синхронна частота обертання, об/хв.	Допустима амплітуда вібрації підшипників, мкм
3000	50
1500	100
1000	130
750 і нижче	160

Підвищена вібрація електродвигуна може бути наслідком багатьох причин, у тому числі слабкого кріплення лап, недостатньої жорсткості основи, незадовільного центрування валів, незбалансованості ротора, порушення контакту в обмотці тощо. Причини підвищеної вібрації повинні бути виявлені й усунені, бо можуть призвести до руйнування підшипників або фундаменту і аварійного виходу електродвигуна з ладу.

У разі нормальної роботи електродвигуна вхолосту переходять до випробовування його під навантаженням, у процесі якого знову перевіряють амплітуду вібрації і ступінь нагрівання підшипників. Необхідність такої перевірки зумовлена тим, що під час роботи із завантаженим устаткуванням нерідко збільшуються вібрація і нагрівання підшипників внаслідок поганої збалансованості або недостатньо міцного кріплення технологічного устаткування, яке приводиться в дію електродвигуном. У випадку пасової передачі причиною підвищеного нагрівання підшипників може стати надмірне натягування ремня на шків.

Тривалість безперервної роботи електродвигуна під навантаженням, близьким до номінального, має становити не менш як 3 год. Протягом зазначеного часу через кожні 30 хв. вимірюють температуру нагрівання обмотки, яка повинна відповідати паспортним даним заводу.

Домашня робота. Підготувати конспект у робочий зошит.

План уроку  
з спецтехнології №115  
30.03.2020

**Модуль:** Виконання нескладних регламентних робіт із обслуговуванням електроустаткування.

**Тема:** Технічне обслуговування та ремонт електричних машин змінного та постійного струму.

**Тема уроку №115:** Технічне обслуговування електродвигунів. Періодичність оглядів.

**Теоретичні відомості:**

Для підтримки тривалої працездатності електричних машин велике значення має їх технічне обслуговування в міжремонтні періоди. До технічного обслуговування допускається черговий персонал цеху, ділянки, в обов'язки якого входить стежити за температурним режимом машини, станом її щіткового контакту, колектора і контактних кілець, вібрацією, станом підшипників і їх мастила. Протягом зміни черговий персонал проводить один раз зовнішній огляд і очищення електричної машини від пилу і бруду, приділяючи особливу увагу машинам з важким режимом роботи (часті пуски і гальмування, велике навантаження на валу механізму, підвищена температура довкілля).

При зупинці устаткування для профілактичних робіт черговий персонал продуває машини стислим повітрям, оглядає стан муфт, перевіряє кріплення болтів, наявність мастила в підшипниках, зачищає колектор і контактні кільця, перевіряє роботу щіткотримачів, стан ізоляції і оглядає заземлюючі пристрої, встановлює щітки в нейтральне положення і прочищає вентиляційні канали.

Електричні двигуни залежно від класу ізоляційного матеріалу мають різні гранично допустимі перевищення температури (від 60 до 125<sup>0</sup>С), при температурі довкілля 40<sup>0</sup>С.

*Перегрів електродвигунів небезпечний в першу чергу для ізоляції обмоток, що призводить до скорочення їх терміну служби, а іноді і до аварії електричних машин.*

Нагрів двигуна залежить від навантаження і режиму роботи. Основною причиною перегріву є перевантаження двигунів по струму, яке при тривалому режимі визначається контрольним виміром струму в ланцюзі статора для двигунів змінного струму або в ланцюзі якоря для двигунів постійного струму.

Двигуни, що працюють в повторно-короткочасному режимі, мають струм, що постійно змінюється, тому оцінити їх завантаження по щитових приладах неможливо. В цьому випадку проводять осцилографування струму на спеціальних приладах, визначаючи еквівалентне значення струму за цикл роботи механізму.

Перегрів двигуна при його нормальному навантаженні можливий через погіршення охолодження (пошкодження крил вентилятора, засмічення вентиляційних каналів і отворів) або при збільшенні температури довкілля вище 40<sup>0</sup>С.

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 погрішності 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 (таблиця 69.1).

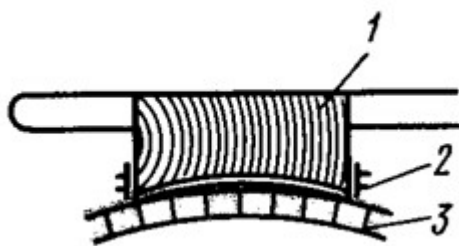
При нормальному режимі роботи двигуна міра іскріння не повинна перевищувати 1,5.

*Таблиця 69.1. Ступінь іскріння на колекторі двигуна постійного струму*

Ступінь іскріння	Характеристика ступеню	Зовнішні ознаки стану колектора і щітки
1	Відсутність іскріння	Відсутність почорніння на колекторі і слідів нагару на щітках
1,25	Слабке точкове іскріння під частиною щіток	Те ж
1,5	Слабке іскріння під всім краєм щітки	Поява слідів нагару і почорніння, що легко усувається бензином
2	Іскріння під всім краєм щітки при короткочасному	Значне почорніння на колекторі, що не усувається

	навантаженні і перевантаженнях	бензином
3	Значне іскріння з появою крупних іскор, що вилітають (робота можлива лише при пуску і реверсі машини)	Значне почорніння на колекторі, підгоряння і часткове руйнування щіток

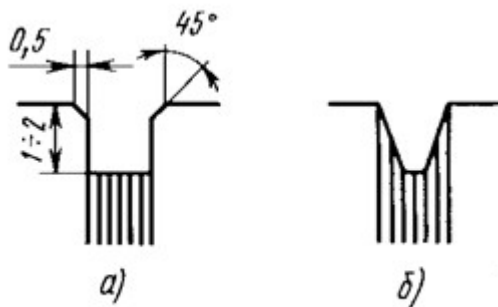
Дефекти поверхні ковзаючого контакту колектора і контактних щіток (задири, подряпини, сліди різців, виступи міканітової ізоляції між колекторними пластинами) призводять при великих частотах обертання двигунів до вібрації щіток, розриву силового кола і, як наслідок, підгоряння ковзаючої поверхні. Биття колектора допускається від 0,02 до 0,1 мм, причому більше значення відповідає більш нагрітій машині, що має більший діаметр колектора і низьку частоту обертання.



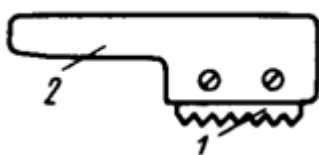
Мал. 69.1. Розміщення колодки для шліфування колектора: 1 – дерев'яна колодка, 2 – скляний папір, 3 – колектор

Колектор і кільця один раз в зміну протирають сухою чистою ганчіркою. Якщо на ковзаючій поверхні колектора і кільця з'явилися нагар і подряпини, їх шліфують скляним абразивним папером, що закріплюється на дерев'яній колодці (мал. 69.1), що має внутрішню виїмку за формою поверхні колектора або контактних кілець.

При роботі електричних машин мідні частини колектора зношуються швидше, ніж твердіша слюда ізоляції між пластинами, що призводить до появи виступів ізоляції на поверхні колектора, вібрації щіток і додатковому іскрінню в щітковому контакті.



Мал. 69.2. Випилювання ізоляції між пластинами колектора: а – правильно, б – неправильно



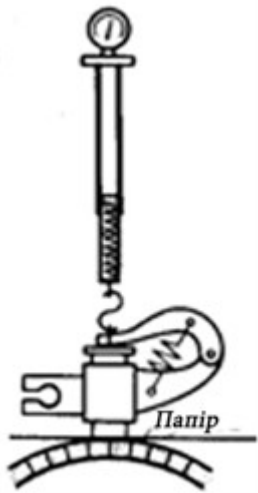
Мал. 69.3. Пилка для продорозжування колектора: 1 – ножівкове полотно, 2 – ручка-оправа

Перевірка стану щіток. Щітки мають бути правильно підібрані відповідно до рекомендацій заводу-виробника, надійно закріплені в щіткотримачах і мати по всій площі зіткнення з колектором або контактними кільцями. Добре пришліфована щітка має дзеркальний блиск за всією площею контактної з'єднання. *Операцію по усуненню виступів ізоляції називають продорожуванням, тобто видаленням ізоляції на глибину 1-2 мм фрезеруванням або випилюванням* (мал. 69.2, а, б). На крупних машинах колектор продорожують спеціальними фрезами, причому глибина доріжки має бути більше її ширини в 1,5-2 рази. На електричних машинах невеликої потужності ізоляцію знімають вручну за допомогою спеціального інструменту (мал. 69.3) або ножівкового полотна, закріпленого в оправі. Оброблений колектор шліфують, полірують до появи рівномірного блиску і продувають стислим повітрям.

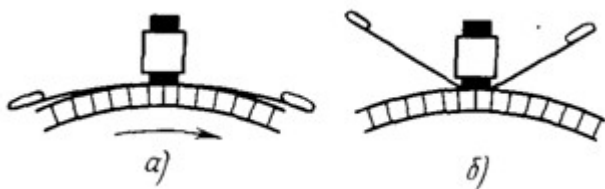
Щітка в обоймі щіткотримача повинна переміщатися вільно. При цьому зазор між щіткою і щіткотримачем допускається 0,1-0,2 мм.

Всі щітки електричної машини повинні мати однакове зусилля натиснення, що забезпечує рівномірний їх знос. Сильно притиснуті щітки зношуються швидше. Питоме натиснення, що залежить від марки щіток, зазвичай не перевищує 15-25 кПа, причому відхилення величини натиснення окремих щіток не повинні перевищувати 10%.

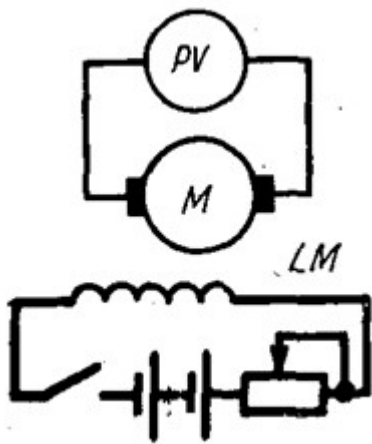
Зусилля натиснення вимірюють динамометром (мал. 69.4). Підкладають під щітку на колектор смужку паперу, потім одночасно однією рукою зводять щітку динамометром, а іншою натягують смужку паперу і помічають свідчення динамометра в мить, коли папір можна легко витягнути з-під щітки. Зношені щітки необхідно вчасно замінити. Замінюють щітки при зменшенні їх висоти або площі контактної поверхні менше  $\frac{2}{3}$  геометричної площі контакту.



Мал. 69.4. Вимірювання зусиль натиснення щіток динамометром



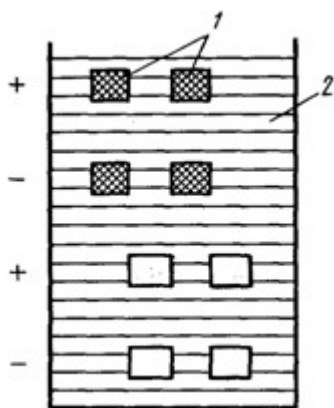
Мал. 69.5. Пришліфовування щіток: а – правильно, б – неправильно



Мал. 69.6. Схема для визначення нейтрального положення щіток

При пошкодженні контактної поверхні або після заміни щіток їх необхідно пришліфувати (притерти) до поверхні колектора або контактних кілець, оскільки контактні поверхні щіток, що випускаються, не профілюють. Для цього підкладають під щітки електрокорундовий шліфувальний папір зернистістю № 150 або 180 (абразивною стороною до щітки) і притискають пружиною щіткотримача. Напрямок руху шкірки залежить від фасону щітки і напрямку обертання машини (мал. 69.5, а, б). Потім колектор повертають у бік обертання валу електричної машини. Якщо вал повернути вручну важко, переміщують абразивний папір спочатку у різних напрямках, а при остаточному притиранні в одному напрямі. Щітки притирають спочатку грубозернистим, а потім дрібнозернистим папером. Пил з контактних поверхонь щіток видаляють сухою ганчіркою. Для остаточного їх притирання до колектору електричну машину включають в роботу **на 3-4 год. без навантаження**.

Траверса з щітками повинна займати нейтральне положення, в якому індукція якоря дорівнює нулю, що покращує умови комутації. Нейтральне положення щіток визначають на нерухомій машині індуктивним способом, який заснований на трансформації ЕРС. Ланцюг обмотки збудження LM (мал. 69.6) підключають до джерела живлення і встановлюють струм збудження 5-10%  $I_{зб,ном}$ . До щіток різної полярності приєднують мілівольтметр з шкалою, що має нульову відмітку посередині. Розмикаючи і замикаючи ланцюг збудження, спостерігають за відхиленням стрілки мілівольтметра. Переміщаючи щітки, добиваються мінімального відхилення стрілки приладу. Операції повторюють кілька разів для різних положень колектора. Потім закріплюють щіткову траверсу і повторюють операції по установці нейтрального положення щіток.



Мал. 69.7. Розміщення щіток на колекторі: 1 – щітки, 2 – колектор

Щіткотримачі встановлюють так, щоб краї щіток були паралельні колекторним пластинам (мал. 69.7). Розташування щіток 1 по колу колектора 2 повинно бути рівномірним.

Домашня робота: підготувати презентацію на тему «Будова, принцип дії ТО та ремонт асинхронного електродвигуна»



31.03.2020

**Модуль:** Виконання нескладних регламентних робіт із обслуговуванням електроустаткування.

**Тема:** Технічне обслуговування та ремонт електричних машин змінного та постійного струму.

**Тема уроку №116:** Перевірка нагрівання корпусу, відсутності забруднень..

**Теоретичні відомості:**

У тепловому відношенні електрична машина - складний об'єкт: вона неоднорідна за матеріалом, має розосереджені внутрішні джерела тепла. Інтенсивність яких залежить від режиму роботи двигуна, а тепловіддача залежить від швидкості. Саме ця складність спонукає користуватися на практиці для відносно грубих оцінок гранично простий моделлю, побудованою в припущенні, що машина - однорідне тіло з постійною теплоємністю  $C$ , Дж/°C.

Теплоємність машини  $C$  - [ Дж/°C].

Допустиме перевищення температури -  $t$ .

Час роботи -  $t_p$ .

Теплова постійна часу -  $T_t$ .

Час паузи -  $t_0$ .

Нагрівається машина неоднаково спочатку нагріваються лише активні частини, головним чином мідь обмоток, і тепло не встигає розповсюдитися по всьому тілу машини.

Для зменшення нагріву застосовуються машини, що самовентилуються. У яких тепловіддача залежить від швидкості - зменшуючись з її зменшенням.

Розрізняють три режими роботи електродвигунів:

Тривалий S1 характеризується умовою

$$t_p > 3T_{tM}, (5.28)$$

тобто за час роботи  $t_p$  температура перегріву досягає сталого значення (рис. 5.6, а), тривалість паузи ролі не грає.

Короткочасний режим S2, при якому

$$t_p \ll 3T_{t.н}$$

$t_0 > 3T_{t.о}$ , (5.29) тобто за час роботи перегрів не встигає досягти сталої величини, а за час паузи  $t_0$  двигун охолоджується до температури навколишнього середовища (рис. 5.6, б).

Повторно-короткочасний режим S3 відповідає умовам

$$t_p \ll 3T_{t.н},$$

$$t_0 \ll 3T_{t.о}, (5.30)$$

в)

Тобто за час роботи перегрів не досягає туст, а за час паузи не стає рівним нулю. При достатньо довгому повторенні циклів процес встановлюється, тобто температура перегріву на початку і кінці циклу однакова і її коливання відбуваються біля середнього рівня  $t_{ср}$ .

Повторно-короткочасний режим характеризується відносною тривалістю включення  $\epsilon$  або ПВ.

При повторно-короткочасному режимі обмежується як  $\epsilon$  ( $\epsilon \leq 0,6$ ) так і час циклу ( $t_4 < 10$  мін).

#### 5.6.1. Перевірка двигунів по нагріву в тривалому режимі

Якщо відома діаграма навантаження двигуна і його теплові параметри, то можна побудувати графік  $t(t)$  і, оцінивши дійсний перегрів, порівняти його з допустимим. Цей шлях дуже громіздкий, у зв'язку з чим на практиці користуються спрощеними прийомами, заснованими на непрямій оцінці перегріву. У основі цих прийомів лежить метод середніх втрат.

Хай діаграма навантаження двигуна має циклічний характер, а момент в кожному циклі не залишається незмінним, тобто двигун працює із змінним навантаженням.

Розглянемо «далекий» цикл, в якому теплові процеси в двигуні встановилися, тобто температури перегріву на початку і в кінці циклу рівні, а протягом циклу  $t$  змінюється біля середнього рівня  $t_{ср}$ .

Рівність температур перегріву на початку і кінці циклу свідчить про те, що кількість тепла, запасена в двигуні на початок циклу, не відрізняється від кількості тепла, запасеного в двигуні в кінці циклу, тобто тепло в двигуні не запасається. Це означає, що все виділилося за цикл тепло відводиться в навколишнє середовище.

Рівняння (5.33), виражає закон збереження енергії у інтегральній формі, можливо записати у наступному вигляді:

$$\frac{\int DP(t)dt}{t_{\text{ц}}} = A_{\text{тср}} \quad (5.34)$$

т ц

або, очевидно,

$$A_{\text{тср}} = A_{\text{тн}} \quad (5.35)$$

Тобто середня за цикл потужність втрат пропорційна середньої температури перегріву.

Для нормального режиму маємо:

$$A_{\text{тн}} = A_{\text{тн}} \quad (5.36)$$

де  $A_{\text{тн}}$  - номінальна потужність втрат;

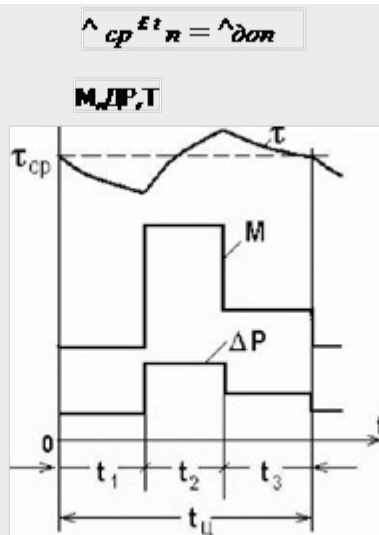
$$A_{\text{тн}} = P_{\text{н}} (1 - \eta_{\text{н}}) \quad (5.37)$$

$P_{\text{н}}$  - номінальна потужність двигуна;  $\eta_{\text{н}}$  - номінальний ККД двигуна;

$t_{\text{д}} = t_{\text{доп}}$  - номінальна (допустима) температура перегріву двигуна.

Порівнюючи (5.35) та (5.36) встановлюємо - якщо середня за цикл потужність втрат не перевищує номінальну потужність тобто

$$A_{\text{тср}} \leq A_{\text{тн}}$$



**Рис. 5.7 - Нагрузочна діаграма та крива  $t(t)$  для далекого циклу**

то середня температура перегріву не перевищує допустиму рис. 5.7.

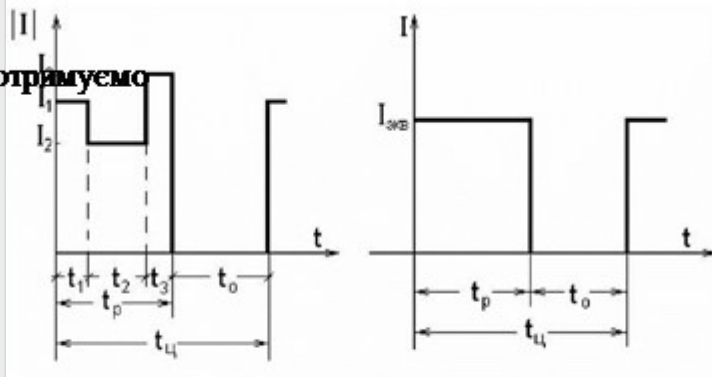
#### 5.6.2. Перевірка двигунів по нагріву в повторно-короткочасному режимі

У повторно-короткочасному режимі (рис. 5.6, в), як наголошувалося, обмежена тривалістю циклу ( $t_{\text{ц}} \leq 10$  мін) відносна тривалість включення ( $\epsilon \leq 0,6$ ).

Працювати в цьому режимі можуть як стандартні двигуни, призначені для тривалого режиму, так і двигуни, спеціально спроектовані для повторно-короткочасного режиму; у останньому випадку в каталозі вказані номінальні струми для кожної стандартної величини  $\epsilon$ :  $I_{\text{нод}5}$ ,  $I_{\text{нс}^{25}}$ .

Якщо діаграма навантаження  $M(i)$  має декілька ділянок або за рахунок обліку динамічних моментів при пуску і гальмуванні (рис. 5.8, а), або за рахунок зміни  $M_{\text{с}}$ , зручно привести її, користуючись одним з викладених вище за прийоми, до еквівалентного вигляду (рис. 5.8, б).

Так для рис. 5.8, а отримуємо



**Рис. 5.8 - Діаграма навантаження в повторно-короткочасному режимі (а) і її еквівалентне уявлення (б)**

$$I_{\text{экв}} \cdot t_{\text{ц}} = I_1 \cdot t_1 + I_2 \cdot t_2 + I_3 \cdot t_3 \quad (5.38)$$

Наступним кроком буде приведення отриманої навантажувальної діаграми до стандартного  $\epsilon$ . Якщо використовується двигун, пристосований до повторно-короткочасного режиму, вибирається найближче стандартне значення  $\epsilon_{\text{сг}}$  і використовується співвідношення

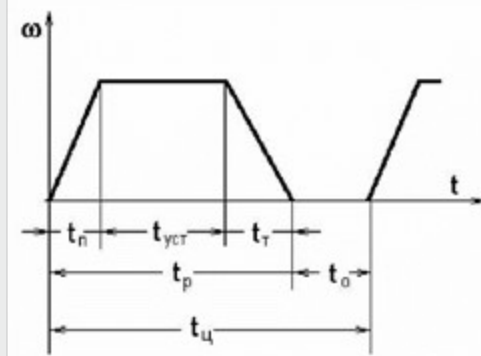
При використанні двигуна для тривалого режиму отримаємо

$$I_{\text{н}} = I_{\text{экв}} \quad (5.41)$$

У наведених грубих оцінках не враховується погіршення тепловіддачі під час паузи, тобто приймається  $\lambda$ ,

$$(5.42)$$

Оскільки  $I_{\text{н}} < I_{\text{сг}}$  та  $M_{\text{н}} < M_{\text{экв}}$  за рахунок того, що частина циклу двигун не працює, слід уважно віднестися до перевірки двигуна по перевантаженню і по пусковому режиму.



**Рис. 5.8 - Тахограма в режимі коротких циклів**

Важливим окремим випадком повторно-короткочасного режиму є режим коротких циклів або частих пучків, використовуваний, наприклад, у верстатних лініях, в допоміжних механізмах, обслуговуючих різні технологічні процеси і тому подібне рис. 5.8.

Значна частка в коротких циклах енергетично напружених динамічних режимів призводить до великих погрешностей при використанні викладених вище спрощених процедур перевірки двигунів. У цих і подібних випадках зручно користуватися прийомом, заснованому на складанні прямого теплового

Таблиця 5.1

Ділянка циклу	Енергія, що виділяється в двигуні	Енергія, що розсіюється в навколишнє середовище
Пуск, $t_p$	$A W_p$	$\frac{1}{2} A P_n t_p$
Робота в установившому режимі, $t_{уст}$	$A P_{туст}$	$A P_n t_{уст}$
Гальмування, $t_g$	$A W_g$	
Пауза, $t_0$	0	$p A P_n t_0$

балансу для далекого циклу. Приклад такого теплового балансу приведений в таблиці. 5.1 для асинхронного двигуна з короткозамкнутим ротором стосовно тахограми на рис. 5.8.

У таблиці  $A W_p$  і  $A W_g$  - втрати енергії при пуску і гальмуванні;  $A P$  і  $(P_n$  - втрати потужності в робочому і номінальному режимі;  $b$  - коефіцієнт погіршення тепловіддачі.

Якщо тепловий режим двигуна встановився, тобто перегрівши  $\theta$  на початку і кінці циклу однаковий, можна вважати, що енергія та, що виділилася дорівнює енергії, відданої в навколишнє середовище.

$$A W_p + A P_{туст} + A W_g = A P_n (t_p + t_{уст}) + A P_n (t_{уст} + P t_0). \quad (5.43)$$

Отримане рівняння може використовуватись для оцінки допустимих параметрів режиму роботи двигуна.

Домашня робота: у письмовій формі дати відповіді на запитання самоконтролю! (відповіді відправити на перегляд)

Питання для самоконтролю

Які показники характеризують енергетику ЕП?

На що витрачається енергія, яку споживає двигун із мережі?

Що таке цикл ККД електропривода?

4. Якими факторами зумовлені втрати у перетворювачах, які використовуються для живлення двигунів?

Що таке коефіцієнт спотворення?

Як розглядаються втрати в електричному двигуні?

Дайте характеристику змінним втратам потужності в двигуні?

Як знайти втрати потужності при номінальному режимі роботи двигуна?

Як змінюється ККД двигуна залежно від навантаження?

10. Який характер має залежність  $\cos \varphi$  від відносного навантаження?

11. За яких умов, виходячи із задач енергетики, раціонально регулювати швидкість введенням резисторів у роторне (якірне) коло?

Як пов'язані між собою втрати потужності та енергії?

Чому розрахунок втрат потужності та енергії у якорі ДПС та роторі АД може бути виконано по одній формулі?

Які переваги має метод середніх втрат?

Якими параметрами визначається допустима кількість вмикань за годину асинхронних двигунів?

Як спрощено враховується навантаження ЕП при розрахунку втрат енергії у перехідних процесах?

Які існують заходи зниження втрат енергії у перехідних процесах ЕП?

Яким чином можливо підвищити ККД?

31.03.2020

**Модуль:** Виконання нескладних регламентних робіт із обслуговуванням електроустаткування.

**Тема:** Технічне обслуговування та ремонт електричних машин змінного та постійного струму.

**Тема уроку №117:** Контроль за навантаженням електродвигуна, за чистотою колектора, над поверхнями контактних кілець і щитків.

**Теоретичні відомості:**

Конструкція електродвигунів також впливає на необхідну періодичність їх оглядів. А також, при встановленні періодичності оглядів враховується і технічний стан електродвигунів, наприклад ступінь їх зношення.

В зв'язку з цим періодичність оглядів електроприводів і їх зміст встановлюється в місцевих інструкціях. Черговий електромонтер, під час обходів виконуючі огляд електроприводів, перевіряє:

- температуру нагріву двигунів;
- слідкує за тим, щоб вони трималися в чистоті і поблизу їх не знаходилися непотрібні предмети, особливо небезпечні в пожежному відношенні;
- спостерігає, щоб пуск і зупинка електродвигунів виконувалися виробничим персоналом по інструкції,
- щоб електродвигуни не працювали вхолосту;
- контролює напругу мережі, яка повинна знаходитись в межах 95 – 110% від номінальної; - перевіряє в підшипниках, реостатах і пусковій апаратурі рівень масла;
- звертає увагу на справність огорожень, що запобігають від випадкових торкань до частин електроприводу, які обертаються;
- усуває дрібні несправності і проводить зовнішню очистку електродвигунів.

Контроль за температурою електродвигуна – являється суттєвим елементом його експлуатації, тому що частіше за все пошкодження електродвигунів виникають внаслідок перегріву. Систематичний перегрів електродвигуна скорочує термін його роботи.

Допустимий нагрів обмоток електродвигуна залежить від того, до якого класу належить ізоляція його обмоток. Електроізоляційні матеріали відносно їх теплостійкості класифікують на ряд класів:

Класи..... А В F H C

Робоча температура, °C 105 120 130 155 180 більше 180

Перевищення температури (перегріву при температурі повітря 35°C), які допускаються для сталених частин контактних кілець і колекторів, 65 – 70°C, для підшипників ковзання 45°C, для підшипників кочення 60° C. Приведені значення відповідають величинам температури, які отримуються при вимірюваннях, що виконані ртутним термометром.

Вбудованими термометрами забезпечують електродвигуни потужністю 100 кВт і вище, температуру електродвигунів меншої потужності визначають за допомогою переносного термометра, який прикладається одразу після зупинки електродвигуна до той його частини, температура якої вимірюється. Кінець термометра при вимірюванні обгортають олов'яною фольгою, яку закривають шаром вати, що зменшує віддачу тепла в навколишнє середовище

На практиці використовується спосіб визначення температури електродвигунів торканням руки до нагрітого елемента двигуна (на ошупування) дає лише приблизне уявлення про нагрів обмоток. Цим способом користуються в тих випадках, коли достатньо отримати орієнтовне уявлення про ступінь нагріву. Якщо рука витримує температуру нагріву (не вище 60°C), то можна вважати, що електродвигун не перегрівається.

Основною причиною, що викликає нагрів електродвигунів, являється навантаження, тому при роботі електродвигунів, а також коли регулюють технологічний процес, стежать за показами амперметрів, які встановлюють в колі статора двигуна потужністю 40 кВт і вище. На шкалі амперметра червоною рисою відмічають величину струму  $1,05 I_n$ , який допускається для електродвигуна без його перевантаження. Якщо встановлено, що електродвигун перегрівається вище допустимої межі, то за допомогою вентиляції понижають температуру приміщення, а якщо це неможливо – зменшують навантаження електродвигуна.

На роботу електродвигунів суттєво впливає величина напруги в мережі живлення. Тому при експлуатації електродвигунів контролюють величину напруги мережі живлення.

Погіршення ізоляції обмоток при експлуатації електродвигуна з часом може призвести до коротких замикань між обмотками, а також до замикань обмоток на корпус двигуна. Для попередження вказаних явищ та пов'язаних з ними виходів електродвигунів з ладу періодично вимірюють опір ізоляції обмоток мегомметрами. Терміни таких перевірок залежать від місцевих умов (вологості, запиленості приміщень і т. п.) і технічного стану електродвигунів. Ці терміни встановлює головний енергетик підприємства. Крім періодичних перевірок проводять і позачергові, після тривалих перерв в роботі електродвигунів, після потрапляння на них води і в тих випадках, коли виникає можливість погіршення стану ізоляції обмоток.

Перед тем як приступити до вимірювання опору ізоляції обмоток, електродвигун відключають від мережі живлення. Величини опорів ізоляції обмоток  $R_{60}$  і  $R_{60}/R_{15}$  не нормуються. Величину  $R_{60}/R_{15}$  електродвигунів, що перебувають в експлуатації визначають при їх номінальній напрузі 2 кВ і вище, а також у електродвигунів потужністю більше 1000 кВт.

При оцінюванні стану ізоляції обмоток електродвигуна доцільно зіставити дані вимірювань, що отримані з попередніми. Занадто велика розбіжність в результатах виконаних вимірювань повинна послужити підставою для ретельного вивчення причин цього. В тому випадку коли контрольне вимірювання опору ізоляції обмоток електро-двигунів покаже незадовільні результати, то виникає необхідність сушки електродвигуна.

В процесі експлуатації електроприводів можуть виникати явища, при яких електро-двигун необхідно відключити від мережі:

- а) появлення диму або вогню з електродвигуна або його апаратури;
- б) нещасний випадок з людиною, що вимагає зупинки електродвигуна;
- в) вібрація, що загрожує цілості електродвигуна;
- г) поломка приводного механізму;
- д) нагрів підшипників понад допустимого;
- е) зниження обертів електродвигуна, що супроводжується швидким його нагрівом.

В місцевих інструкціях, які затверджуються головним інженером підприємства, повинні бути перераховані ці випадки і вказаний порядок усунення аварійного стану.

Для підтримки тривалої працездатності електричних машин велике значення має їх технічне обслуговування в міжремонтні періоди. До технічного обслуговування допускається черговий персонал цеху, ділянки, в обов'язки якого входить стежити за температурним режимом машини, станом її щіткового контакту, колектора і контактних кілець, вібрацією, станом підшипників і їх мастила. Протягом зміни черговий персонал проводить один раз зовнішній огляд і очищення електричної машини від пилу і бруду, приділяючи особливу увагу машинам з важким режимом роботи (часті пуски і гальмування, велике навантаження на валу механізму, підвищена температура довкілля).

При зупинці устаткування для профілактичних робіт черговий персонал продуває машини стислим повітрям, оглядає стан муфт, перевіряє кріплення болтів, наявність мастила в підшипниках, зачищає колектор і контактні кільця, перевіряє роботу щіткотримачів, стан ізоляції і оглядає заземлюючі пристрої, встановлює щітки в нейтральне положення і прочищає вентиляційні канали.

Електричні двигуни залежно від класу ізоляційного матеріалу мають різні гранично допустимі перевищення температури (від 60 до 1250С), при температурі довкілля 400С.

Перегрів електродвигунів небезпечний в першу чергу для ізоляції обмоток, що призводить до скорочення їх терміну служби, а іноді і до аварії електричних машин.

Нагрів двигуна залежить від навантаження і режиму роботи. Основною причиною перегріву є перевантаження двигунів по струму, яке при тривалому режимі визначається контрольним виміром струму в ланцюзі статора для двигунів змінного струму або в ланцюзі якоря для двигунів постійного струму.

Двигуни, що працюють в повторно-короткочасному режимі, мають струм, що постійно змінюється, тому оцінити їх навантаження по щитових приладах неможливо. В цьому випадку проводять осцилографування струму на спеціальних приладах, визначаючи еквівалентне значення струму за цикл роботи механізму.

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 погіршеності 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.

При нормальному режимі роботи двигуна міра іскріння не повинна перевищувати 1,5.

Ступінь іскріння	Характеристика ступеню	Зовнішні ознаки стану колектора і щітки
1	Відсутність іскріння	Відсутність почорніння на колекторі і слідів нагару на щітках
1,25	Слабке точкове іскріння під частиною щіток	Те ж
1,5	Слабке іскріння під всім краєм щітки	Поява слідів нагару і почорніння, що легко усувається бензином
2	Іскріння під всім краєм щітки при короткочасному навантаженні і перевантаженнях	Значне почорніння на колекторі, що не усувається бензином
3	Значне іскріння з появою крупних іскор, що вилітають (робота можлива лише при пуску і реверсі машини)	Значне почорніння на колекторі, підгоряння і часткове руйнування щіток

Дефекти поверхні ковзаючого контакту колектора і контактних щіток (задири, подряпини, сліди різців, виступи міканітової ізоляції між колекторними пластинами) призводять при великих частотах обертання двигунів до вібрації щіток, розриву силового кола і, як наслідок, підгоряння ковзаючої поверхні. Биття колектора допускається від 0,02 до 0,1 мм, причому більше значення відповідає більш нагрітій машині, що має більший діаметр колектора і низьку частоту обертання.

Домашня робота: підготувати та вивчити конспект.

План уроку  
з спецтехнології №118  
1.04.2020

**Модуль:** Виконання нескладних регламентних робіт із обслуговуванням електроустаткування.

**Тема:** Технічне обслуговування та ремонт електричних машин змінного та постійного струму.

**Тема уроку №118:** Основні види несправностей в електродвигунах і причини їх виникнення. Ремонт електричних машин.

**Теоретичні відомості:**

Час перебування машини в ремонті, вартість ремонту, його тривалість і якість багато в чому залежать від точності він визначення характеру несправності. Заздалегідь причину відмови встановлюють перед відправкою машини в ремонт, остаточно - під час передремонтних випробувань, розбирання, а також при огляді і випробуванні окремих частин і деталей.

Ненормальна робота машини і вихід її з ладу можуть бути викликані зовнішніми причинами. До них відносяться: обрив одного чи декількох дротів живлячої мережі, перегорання плавких вставок запобіжників, несправність пускової апаратури, підвищена або понижена напруга живлячої мережі,

перевантаження машини, висока температура довкілля. Перш ніж знімати машину для ремонту з місця її установки, визначають, чи не викликана її несправність зовнішньою причиною. Зазвичай таку несправність усувають на місці. Проте бувають випадки, коли справна машина поступає в ремонтний цех.

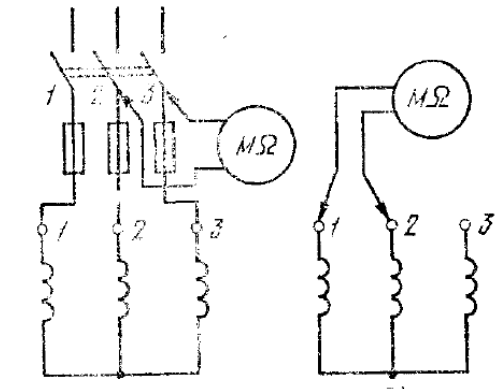
У самій машині розрізняють несправності обмоток і механічних частин. У обмотках трапляються пробої ізоляції на корпус, міжвиткові замикання, обрив дротів і місць паянь, розпаювання з'єднань, неправильні з'єднання котушок. До механічних несправностей відносяться знос і руйнування підшипників, знос посадочних поверхонь на валу, в щиті і корпусі, послаблення кріплення полюсів, руйнування бандажів на обмотках роторів, поява тріщин в щитах, вигин і поломка валів.

Багато несправностей можна визначити по зовнішніх ознаках без розбирання машини. Найчастіше поступають в ремонт трифазні асинхронні двигуни. Перед розбиранням їх випробовують на холостому ході і під навантаженням.

Двигун не запускається без навантаження зазвичай у випадках, коли немає струму в обмотці статора через перегорання запобіжників, а також при несправності пускової апаратури.

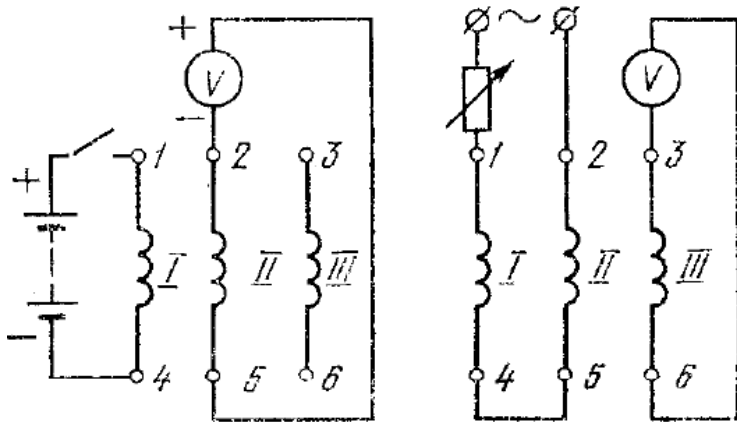
Плавка вставка повинна відповідати потужності даного двигуна. Якщо вона буде поставлена на менший струм, то при включенні двигуна в мережу вона перегоратиме. Якщо вставку вибрати з більшим перетином, ніж це потрібно, вона не захищатиме двигун від перевантаження і струмів короткого замикання, обмотка може згоріти. Плавкі вставки повинні мати надійний контакт із затисками на щитку управління.

Номінальна напруга запобіжників і плавка вставка повинні відповідати напрузі мережі. Номінальний струм вставки вибирається таким, аби вона не перегорала при проходженні по ній максимального тривалого струму навантаження, а також при короткочасних перевантаженнях і пуску двигуна.



Двигун не запускається і видає ненормальний гул найчастіше при обриві фази мережі або обриві однієї або двох (при з'єднанні трикутником) фаз обмотки статора, а також при обривах в двох або трьох фазах фазного ротора. Місце обриву можна визначити мегомметром, по черзі вимірюючи опір між затисками 1 і 2, 1 і 3, 2 і 3 (мал. а) вимикача і затисками обмотки статора (мал. б) при відключенні його від мережі або вимірюванням напруги на кінцях дротів, від'єднаних від колодки затисків двигуна. Якщо вольтметр при з'єднанні з будь-якою парою дротів показує напругу мережі, то обрив треба шукати в обмотці машини. Бувають випадки, коли двигун погано розвертається і видає сильний гул, струми у всіх трьох фазах різні і перевищують номінальне значення навіть при холостому ході, запобіжники перегорають. Ця несправність є наслідком неправильного з'єднання фаз обмотки статора, коли одна з фаз обмотки «перевернута», тобто кінець і початок фази помінялися місцями. Зазвичай це буває в двигунах з шістьма виводами обмотки статора при втраті частини бірок, що позначають початки і кінці фаз або неправильному маркуванні фаз.





Маркування виводів трифазних обмоток найпростіше перевірити або визначити індуктивним методом за допомогою акумулятора або сухого елемента напругою близько 2 В і вольтметра постійного струму. Спочатку визначають свої виводи фаз контрольною лампою або мегомметром і довільно їх маркують, одну з фаз приймають за першу. На ній навішують тимчасові бирки 1,4; на другій фазі - 2,5; на третій - 3, 6. Джерело постійного струму підключають до виводів першої фази (мал.а): плюс на початок фази, мінус до кінця. До виводів інших фаз по черзі приєднують вольтметр постійного струму. Якщо при замиканні ключа стрілка вольтметра відхиляється вправо, то початок фази буде приєднаний до його мінуса. При іншому способі після визначення своїх виводів дві довільні фази сполучають послідовно і підключають до мережі змінного струму на знижену напругу (мал.б). В разі відсутності джерела зниженої напруги послідовно з фазами включають реостат або лампу. До третьої фази підключається прилад (вольтметр змінного струму або лампа), що фіксує наявність в ній напруги. Шляхом перемикання виводів другої фази до кінця першої підбирають таке з'єднання, при якому прилад показує відсутність напруги в третій фазі. Це свідчить про те, що сполучені кінці фаз. При з'єднанні двох фаз різнойменними виводами (кінця з початком) прилад показує наявність напруги в третій фазі. Приєднуючи до першої фази третю, а прилад до другої, аналогічним чином маркують третю фазу. Двигун може також не запускатися без навантаження унаслідок зачіпання ротора за статор, заклинювання підшипників, перекося підшипникових щитів. Загальмований двигун негайно відключають від мережі, оскільки протікаючий в цьому режимі по обмоткам пусковий струм в 4-7 разів перевищує номінальне значення.

Двигун з фазним ротором може стійко працювати при частоті обертання у декілька разів меншою номінальної. Це відбувається при обриві в одній з фаз ротора.

Обриви в ланцюзі фазного ротора визначають вольтметром при включеній в мережу обмотці статора. Якщо вольтметр показує однакову напругу між затисками всіх трьох фаз обмотки ротора, то обрив знаходиться в зовнішньому ланцюзі ротора. В цьому випадку перевіряють дроти, що сполучають обмотку ротора з реостатом, і якість контактів між кнопками і повзунками реостата. Якщо напруга на затисках ротора дорівнює нулю, то є обрив в обмотці ротора. В цьому випадку перш за все перевіряють якість ковзаючого контакту між щітками і контактними кільцями і з'єднання виводів роторної обмотки з контактними кільцями.

Двигун може запускатися без навантаження при розімкненому ланцюзі фазного ротора, якщо в обмотці ротора сталося коротке замикання між фазами. Під навантаженням двигун в цьому випадку може повільно провертатися, ротор при цій несправності сильно нагрівається.

Знижена частота обертання двигуна під навантаженням може бути викликана перевантаженням двигуна, зниженою напругою мережі, помилковим з'єднанням фаз обмотки статора зіркою замість трикутника, обривом в одній з фаз обмотки статора при з'єднанні фаз трикутником, обривом декількох стержнів в обмотці короткозамкнутого ротора або збільшенням опору в ланцюзі фазного ротора.

Двигун перегрівається під навантаженням при підвищеній або зниженій напрузі мережі, перевантаженні, порушенні вентиляції, з'єднанні фаз обмотки трикутником замість зірки, замиканні обмотки статора на корпус або між фазами.

Перегрів фазного ротора відбувається через обрив або незадовільний контакт в ланцюзі обмотки і місцевого замикання листів сердечника.

Віб्राції двигуна під навантаженням викликаються наступними причинами: неспіввісністю валів двигуна і механізму, неврівноваженістю ротора, обривом стержнів або короткозамкнутих кілець, коротким замиканням в обмотках ротора або статора, зносом підшипників, недостатньою жорсткістю фундаменту. Якщо струм у всіх фазах однаковий, а вібрації зникають після відключення, то це свідчить про наявність значного одностороннього магнітного тяжіння або короткого замикання в обмотці ротора.

### Типові несправності електричних машин змінного струму та їх можливі причини.

#### Несправності асинхронних машин з короткозамкнутим ротором

Несправність	Можлива причина
Електродвигун не розвиває номінальної частоти обертання і гуде	Одностороннє притягання ротора внаслідок зносу підшипників, перекосу підшипникових щитів або згину вала.
Електродвигун гуде, ротор обертається повільно, струм у всіх трьох фазах відрізняється і навіть на холостому ходу перевищує номінальний	Обрив одного або декількох стрижнів обмотки ротора; Неправильне з'єднання початку і кінця фази обмотки статора (фаза «перевернута»).
Ротор не обертається або обертається повільно, двигун сильно гуде і нагрівається	Обрив фази обмотки статора
Електродвигун перегрівається при номінальних навантаженнях	Виткове замикання в обмотці статора; Погіршення умов вентиляції внаслідок забруднення вентиляційних каналів
Недопустимо низький опір ізоляції обмотки статора електродвигуна	Зволоження або сильне забруднення ізоляції обмотки; Старіння або пошкодження ізоляції
Електродвигун вібрує під час роботи і після відключення при частоті обертання ротора, близької до номінальної	Порушення співвісності валів, неврівноваженість ротора
Електродвигун сильно вібрує, але вібрація зупиняється після відключення його від мережі, двигун сильно гуде, струм у фазах неоднаковий, одна із ділянок обмотки статора сильно нагрівається	Коротке замикання в обмотці статора електродвигуна

#### Несправності асинхронних машин з фазним ротором

Несправність	Можлива причина
Електродвигун не розвиває номінальної частоти обертання	Одностороннє притягання ротора внаслідок зносу підшипників, перекосу підшипникових щитів або згину вала; Порушення контакту в двох або трьох фазах пускового реостата; Порушення електричного кола між пусковим реостатом і обмоткою ротора електродвигуна
У електродвигуна повільно збільшується частота обертання, ротор електродвигуна сильно нагрівається навіть при невеликому навантаженні	Замикання частини обмотки ротора на заземлений корпус електродвигуна; Порушення ізоляції між контактними кільцями і валом ротора
Електродвигун не розвиває частоти обертання під навантаженням, гуде, струм статора «пульсує»	Порушення контакту в місцях пайки обмотки ротора, з'єднаннях її з контактними кільцями або в з'єднувальних проводах.
Підвищене іскріння між щітками і контактними	Погана притертість або забрудненість щіток; Заїдання щіток в обоймах щіткотримачів;

кільцями	Недостатній тиск щіток на контактні кільця; Биття контактних кілець; Порушення контакту в колі щіток.
----------	---

### Несправності синхронних двигунів

Несправність	Можлива причина
Перегрівається вище норми: активна сталь обмотка статора обмотка збудження	Напруга мережі вище номінальної Перевантаження двигуна по моменту; порушення вентиляції; напруга мережі нижча номінальної Струм збудження вище норми; наявність міжвиткового замикання
Двигун не розганяється до номінальної частоти обертання	Понижена напруга; велике навантаження при пуску; виткове замикання в обмотці збудження
При пуску двигуна в роторі з'являється іскріння	Поганий контакт в пусковій обмотці

Нормальне опір обмотки електродвигуна. Перевірка мегомметром опору ізоляції двигуна  
При поломці електродвигуна, буває недостатньо просто оглянути його, щоб зрозуміти причину несправності.

Постараємося використовувати найбільш прості технічні засоби і мінімум устаткування.  
механічна частина

Механічна частина електродвигуна, грубо кажучи, складається всього з двох елементів:

1. Ротор - рухливий, що обертає елемент, який призводить до руху валу двигуна.

2. Статор - корпус з обмотками в центрі якого знаходиться ротор.

Два цих елемента між собою не торкаються і розділені тільки за допомогою підшипників.



Перевірка електродвигуна починається із зовнішнього огляду

Перш за все двигун оглядають на предмет будь-яких помітних дефектів, це можуть бути, наприклад, зламані монтажні отвори і підставки, потемніння фарби всередині електродвигуна що явно говорить про перегрів, наявність чи забруднення речовин потрапили всередину двигуна, будь-які сколи та тріщини.

### Перевірка підшипників

Більшість несправностей електродвигунів викликані несправністю його підшипників. Ротор повинен вільно втащатися всередині статора, підшипники які розташовані з двох сторін валу, повинні мінімізувати тертя.

Є кілька типів підшипників використовуються в електродвигунах. Два найпопулярніших типу: латунні підшипники ковзання і шарикопідшипники. Багато з них мають фітинги для змащення, в інші мастило закладена при виробництві і вони ніби "поганим покриттям".

Для перевірки підшипників, перш за все, необхідно зняти напругу з електродвигуна і спробувати вручну прокрутити ротор (вал) двигуна.

Для цього помістіть електродвигун на тверду поверхню і покладіть одну руку на верхню частину двигуна, поверніть вал іншою рукою. Уважно спостерігайте, намагайтеся відчуті і почуті тертя, дряпають звуки, нерівномірність обертання ротора. Ротор повинен обертатися спокійно, вільно і рівномірно.

Після цього перевіряють поздовжній люфт ротора, спробуйте потягнути-поштовхати ротор в статорі. Характерний невеликий люфт допустимо, але не більше 3 мм, ніж люфт менше тим краще. При великому люфті і несправності підшипників, двигун "шумить" і швидко перегрівається.



Часто перевірити обертання ротора буває проблематично через підключеного приводу. Наприклад, ротор двигуна справного пиłosоса досить легко розкрутити одним пальцем. А щоб повернути ротор робочого перфторатора, доведеться докласти зусилля. Прокрутити вал двигуна, підключеного через черв'ячний редуктор, взагалі не вийде з-за конструктивних особливостей цього механізму.

З цього перевіряти підшипники і легкість обертання ротора потрібно тільки при відключеному приводі.

Причиною утрудненого руху ротора може бути відсутність мастила в підшипнику, загустієння солідолу або потрапляння бруду в порожнину кульок, усередині самого підшипника.

Нездоровий шум під час роботи електродвигуна створюється несправними, розбитими підшипниками з підвищеним люфтом. Для того щоб переконатися в цьому досить похитати ротор щодо стаціонарної частини, створюючи змінні навантаження в вертикальній площині, і спробувати вставляти і витягувати його уздовж осі.

### **Електрична частина електродвигуна**

Залежно від того, двигун для постійного або змінного струму, Асинхронний або синхронний, відрізняється і його конструкція електричної частини, але загальні принципи роботи, засновані на впливі обертового електромагнітного поля статора на поле ротора який передає обертання (валу) приводу.

У двигунах постійного струму магнітне поле статора створюється не постійними магнітами, а двома електромагнітами, зібраними на спеціальних сердечниках - магнітопроводах, навколо яких розташовані котушки з обмотками, а магнітне поле ротора створюється струмом, що проходить через щітки колекторного вузла по обмотці, покладеної в пази якоря.

В асинхронних двигунах змінного струму ротор виконаний у вигляді короткозамкненою обмотки в яку не подається струм.

У колекторних електродвигунах використовується схема передачі струму від стаціонарної частини на деталі, що обертаються за допомогою щеткодержателя.



Оскільки муздрамтеатр виготовляється з пластин спеціальних сталей, зібраних з високою надійністю, то поломки таких елементів відбуваються дуже рідко і під впливом агресивних середовищ або поза межних механічних навантажень на корпус. Тому перевіряти їх магнітні потоки не доводиться і основна увага прикладається станом електрообмоток.

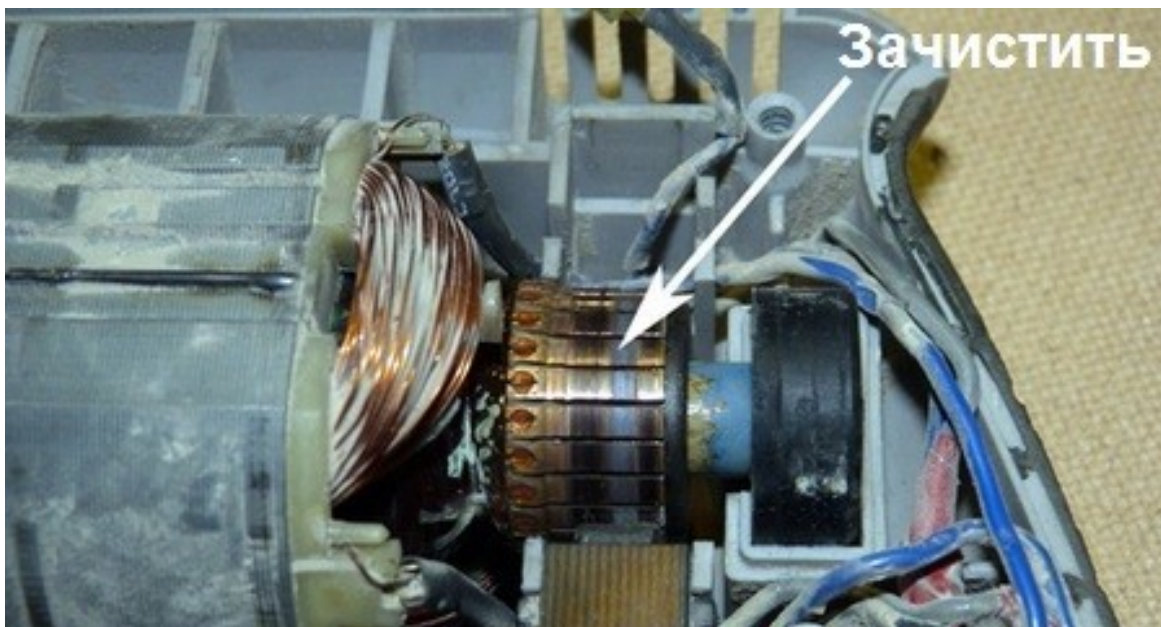
### **Перевірка щіткового вузла**

Графітові пластини щіток повинні створювати мінімальний перехідний опір для нормальної роботи двигуна, вони повинні бути чистими і добре прилягати до колектора.

Електродвигун який багато працював з серйозними навантаженнями, як правило має забруднені пластини на колекторі з неабияк набитими в пазах пластин, графітовими стружками, що досить сильно погіршує ізоляцію між пластинами.

Щітки зусиллям пружин притискаються до пластин колекторного барабана. В процесі роботи графіт стирається а його стрижень зношується по довжині і притискна сила пружин зменшується, а це в свою чергу призводить до ослаблення контактного тиску і збільшення перехідного електричного опір, Що викликає іскріння в колекторі. Починається підвищений знос щіток і мідних пластин колектора.

Щітковий механізм оглядають на забрудненість, на вироблення найбільш щіток, на притискну силу пружин механізму, а також на предмет іскріння в процесі роботи.



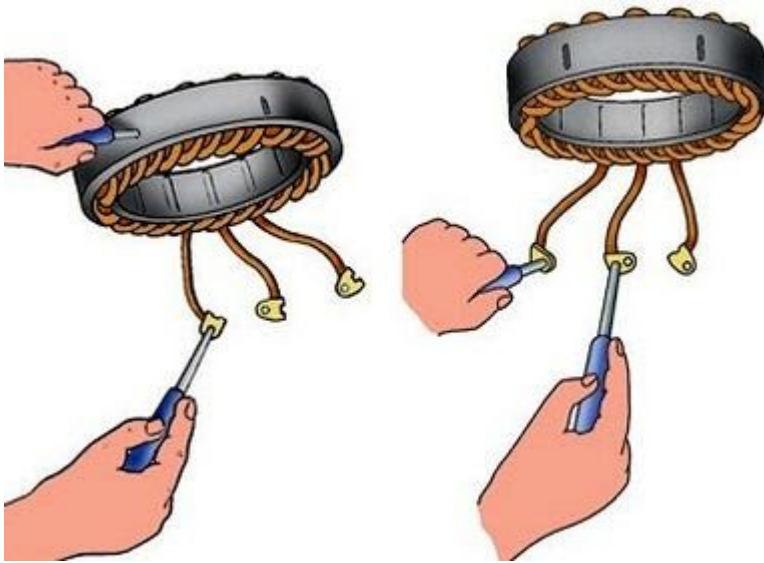
Забруднення прибираються м'якою ганчіркою, змоченою спиртом. Зазори (порожнини) між пластинами очищаються за допомогою зубочистки. Щітки притирають дрібнозернистим наждачним шкіркою.

Якщо на колекторі є вибоїни або вигорілі ділянки, то його піддають механічній обробці і поліровці до потрібного рівня.

### **Перевірка обмоток на обрив або коротке замикання**

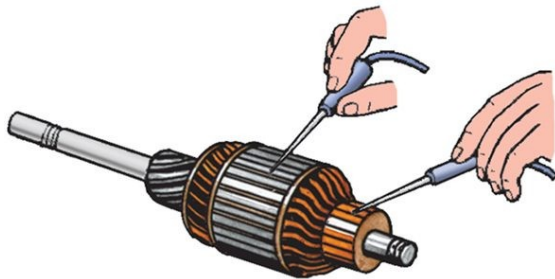
Більшість простих однофазних або трифазних побутових електродвигунів можна перевірити звичайним тестером в режимі омметра (в найнижчому діапазоні). Добре якщо є схема обмоток.

Опір як правило невелика. Велике значення опору вказує на серйозну проблему з обмотками електродвигуна, які можуть мати розрив.



### **Перевірка на коротке замикання на корпус**

Перевірка проводиться за допомогою мультиметра в режимі опору. Зачепивши один щуп тестера на корпус, по черзі торкаються другим щупом до висновків обмоток електродвигуна. У справному електродвигуні опір має бути нескінченним.



### **Перевірка ізоляції обмоток щодо корпусу**

Для знаходження порушень діелектричних властивостей ізоляції щодо статора і ротора застосовують спеціальний прилад - мегомметр. Більшість побутових мультиметров прекрасно справляються з виміром опору до 200МОм і добре підійдуть для етой мети, але недоліком мультиметров є низька напруга виміру опору, воно як правило, не більше 10 вольт, а напруга експлуатації обмоток набагато більше.

Але все ж якщо не вдалося знайти "професійний прилад" завмер зробимо тестером. Прилад виставляємо в максимальний опір (200МОм), один щуп фіксуємо на корпусі двигуна або на заземляющем гвинті, забезпечивши надійний контакт з металом, а другим по черзі, не торкаючись руками, притискаємо щуп до контактів обмоток. Слід забезпечити надійну ізоляцію щупів від рук і тіла, так як вимірювання будуть невірні.

Чим більше опір тим краще, іноді воно може становити всього 100 МОм і ето може бути прийнятно.

## Измерение сопротивления изоляции мегаомметром



Іноді в колекторних двигунах графітова пил може "набиватися" між щіткотримачем і корпусом двигуна і можна буде побачити куди менші показники опору, тут слід звернути увагу не тільки на обмотки але і на потенційні місця "пробою".

### Перевірка пускового конденсатора

Перевіряють конденсатор тестером або ж простим омметром.

Доторкніться щупами до висновків конденсатора, опір має починатися з найнижчих показників і поступово збільшуватися, так як невелика напруга, що подається від батарейок омметра, поступово заряджає конденсатор. Якщо конденсатор залишається короткозамкненим або опір не росте, то, ймовірно, проблема з конденсатором, його необхідно замінити.

Матеріали, що застосовуються при ізоляції обмоток електродвигунів, не є ідеальними діелектриками і в залежності від своїх фізико-хімічних властивостей є в більшій чи меншій мірі струмопровідними. Опір ізоляції обмоток крім конструкції самоізоляції і застосованих матеріалів в значній мірі залежить також від вологості ізоляції, механічних пошкоджень і забруднення поверхні.

Про опір ізоляції судять за значенням проходить через неї струму при додатку постійної напруги. Опір ізоляції вимірюють мегаомметром з ручним або електричним приводом або мережевим мегаомметром, а також методом вольтметра.

Як відомо, опір ізоляції вимірюється в Омах, але так як в обмотках двигунів воно зазвичай 20 дуже велике, то прийнято її висловлювати в мільйонах му (мегаомах), звідки і походить назва приладу. Мегаомметр (рис.1) являє собою генератор постійного струму, до висновків якого приєднується вимірюваний опір. Мегаомметр по суті фіксує струм, що проходить через вимірюваний опір, але для зручності користування шкала його вимірювального приладу отградуирована безпосередньо в мегаомах.

Мал. 1. Принципова схема мегаомметра.

Г - генератор постійного струму; 1 - послідовна обмотка мегаомметра; 2 - паралельна обмотка мегаомметра; г1, г2 - обмежують опору; Л - лінійний затиск; 3 - затиск для приєднання заземлення; К - кнопка включення; Е - корпус електродвигуна; Про - обмотка електродвигуна.

В якості вимірювального приладу в Мегаомметр застосовується логометр, в якому взаємодіють дві обмотки - обмотка 1, поєднана послідовно з вимірюваним опором, і обмотка 2, підключена паралельно висновків генератора. Перед вимірюванням проводиться спрощена перевірка мегаомметра: при обертанні ручки і замкнутих накоротко затискачах мегаомметра показання приладу має дорівнювати нулю, при розімкнутих - нескінченності. Обмотку перед вимірюванням опору її ізоляції на 1-2 хв заземляють для того, щоб можуть бути в її ізоляції залишкові заряди стекли в землю і не вплинули на результати випробування.

Провід, що з'єднують мегаомметр з випробуваної обмотки, а також з корпусом електродвигуна, повинні мати посилену і надійну ізоляцію. ручку мегаом-

метра слід обертати по можливості рівномірно, частота обертання повинна бути близько 150 об / хв. Після розвороту ручки мегаомметра до зазначеної частоти обертання включають кнопку К і тим самим випробувана обмотка підключається до генератора мегаомметра. У Мегаомметр, у яких кнопки немає, після розвороту ручки провід від затиску Л підключають до обмотці електродвигуна щупом (сталеві острозаточеного голка з ізолюваною ручкою з текстоліту або ебоніту).

На початку вимірів стрілка приладу робить кидок до початку шкали, потім показання приладу повільно починає збільшуватися і через деякий час (15-60 с) стрілка встановлюється в деякому положенні. Початковий кидок стрілки, відповідний підвищеного току генератора мегаомметра, викликається зарядним струмом, обумовленим ємністю ізоляції, який швидко згасає. Щодо повільний рух стрілки після спаду ємнісного струму визначається струмами абсорбції.

Ізоляція не є монолітною, її можна розглядати що складається з ряду шарів, т. Е. Послідовно з'єднаних ємностей. При додатку напруги внутрішні ємності в цьому ланцюжку заряджаються через опір попередніх. При гарній, сухий ізоляції опір кожного шару велике і зарядний струм малий. Тому процес заряду відбувається повільно. При сирої ізоляції процес протікає швидко і також швидко стрілка приладу сягає свого максимального значення.

Стале показання приладу свідчить про закінчення зарядки внутрішніх шарів ізоляції (при цьому струм абсорбції дорівнює нулю). Це показання визначається тільки так званим струмом наскрізної провідності, т. Е. Струмом, що проходить всередині ізоляції по капілярах, заповненим вологою, і струмом, що проходить по зовнішній поверхні ізоляції, яка завжди в деякій мірі забруднена і зволожена.

Таким чином, судити про стан ізоляції слід за значенням струму наскрізної провідності і за швидкістю

$$k_{\text{абс}} = \frac{R_{60}}{R_{15}},$$

спадання струму абсорбції, яка визначається коефіцієнтом абсорбції

де  $R_{15}$  і  $R_{60}$  - опору ізоляції, відраховані відповідно через 15 і 60 с після досягнення мегаомметром повної частоти обертання.

При гарній, сухий ізоляції коефіцієнт абсорбції становить 1,5-2,0, а для зволоженою наближається до одиниці. Мінімальною нормою слід вважати & абс \u003d 1,3.

Опір ізоляції електричної машини щодо її корпусу і опір ізоляції між обмотками при робочій температурі повинно бути не менше значення, одержуваного за формулою, але не менше 0,5

$$R = \frac{U}{1000 + 0,01P},$$

Мом:

де  $U$  - номінальна напруга машини, В;  $P$  - номінальна потужність машини, кВт.

Опір ізоляції сильно залежить від температури; зі збільшенням температури воно знижується, а при зменшенні температури підвищується. Тому, якщо вимірювання опору ізоляції проводиться при температурі нижче робочої, отримане за наведеною формулою опір ізоляції слід подвоювати на кожні 20 ° С (повні або неповні) різниці між робочою температурою і тією температурою, при якій виконано вимір. Практично у електродвигунів з висушеної і неушкодженою ізоляцією обмотки значення опору ізоляції завжди буває вище нормованого.

Застосоване вище вираз «робоча температура машини» потребує роз'яснення.

Робочою температурою будь-якої частини машини називають практично сталу температуру цієї частини, відповідну номінального режиму роботи машини при незмінній температурі навколишнього середовища. Очевидно, що кожен тип і Типовиконання електродвигуна мають свою робочу температуру; вона залежить від конструкції двигуна і його вентиляції, розрахункових навантажень і розрахункової температури охолоджуючої середовища і може бути наближено визначена тепловим розрахунком, виконуваних при проектуванні електродвигуна (або серії електродвигунів).

Певна розрахунком робоча температура дозволяє вибрати конструкцію ізоляції двигуна і клас її нагревостойкости таким чином, щоб була забезпечена тривала робота електродвигуна при

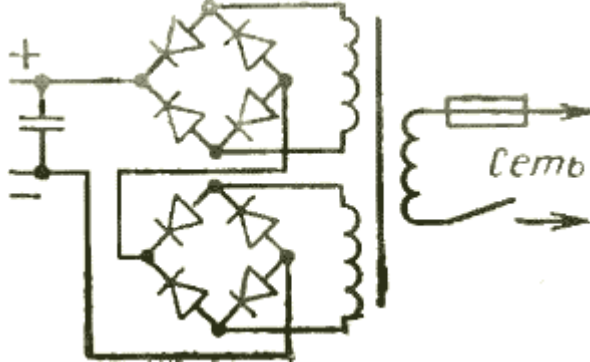


номінальному режимі. Тому по класу ізоляції, застосованої у виконанні заводу-виготовлювача, можна судити про робочій температурі електродвигуна. Ці відомості наведені нижче.

ГОСТ 1628-75 наказує застосовувати при вимірюванні опору ізоляції обмоток електродвигунів з номінальною напругою до 500 В включно мегаомметр на 500 В і для електродвигунів напругою вище 500 В - мегаомметр на 1000 В. Рекомендуються застосовувати мегаомметри, які приводяться в обертання не вручну, а приводним електродвигуном. Крім полегшення проведення випробувань це значно підвищує точність результатів.

Для електродвигунів, у яких виведені кінці і початку всіх фаз, вимірювання опору ізоляції проводять між кожною фазою і корпусом. В цьому випадку допустиме мінімальне опір ізоляції фази має бути підвищено в 3 рази.

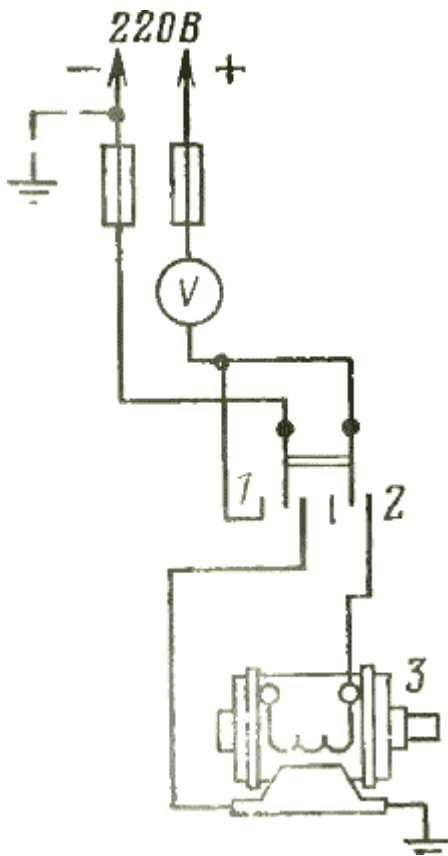
Під час вимірювання опору ізоляції кожної з електричних ланцюгів всі інші ланцюги з'єднують з корпусом машини. Після закінчення вимірювання опору ізоляції кожної електрично незалежної ланцюга слід розрядити її на заземлений корпус двигуна. Для обмоток на номінальну напругу 3000 В і вище тривалість розрядки для двигунів до 1000 кВт не менше 15 с і для електродвигунів потужністю понад 1000 кВт - не менше 1 хв.



Мал. 2. Схема мережевого мегаомметра з напівпровідниковими діодами.

На рис. 2 представлена інша схема мережевого мегаомметра, де замість кенотрона застосовані напівпровідникові діоди. Це робить мережевий мегаомметр більш компактним, легким і більш надійним в експлуатації.

Схема з'єднання при вимірюванні опору ізоляції методом вольтметра при харчуванні від мережі постійного струму приведена на рис. 3.



Мал. 3. Вимірювання опору ізоляції вольтметром при харчуванні від мережі постійного струму.

При вимірі попередньо фіксують напругу мережі живлення  $U_1$ , для чого перемикач ставлять в положення 1. Потім перемикач переводять в положення 2 і заміряють показання вольтметра  $U_2$ . Так як при цьому положенні рубильника опір вольтметра  $R_v$  (вказане на шкалі вольтметра або наведене в його паспорті) і вимірюваний опір  $R$  з'єднані послідовно, то падіння напруги в них буде розподілятися прямо пропорційно значенням їх опорів.

Падіння напруги в вольтметрі складе  $U_2$ ,  $R_v$ , а в ізоляції  $U_1 - U_2$ ,  $R$ . Таким чином,

$$\frac{R_v}{R} = \frac{U_2}{U_1 - U_2};$$

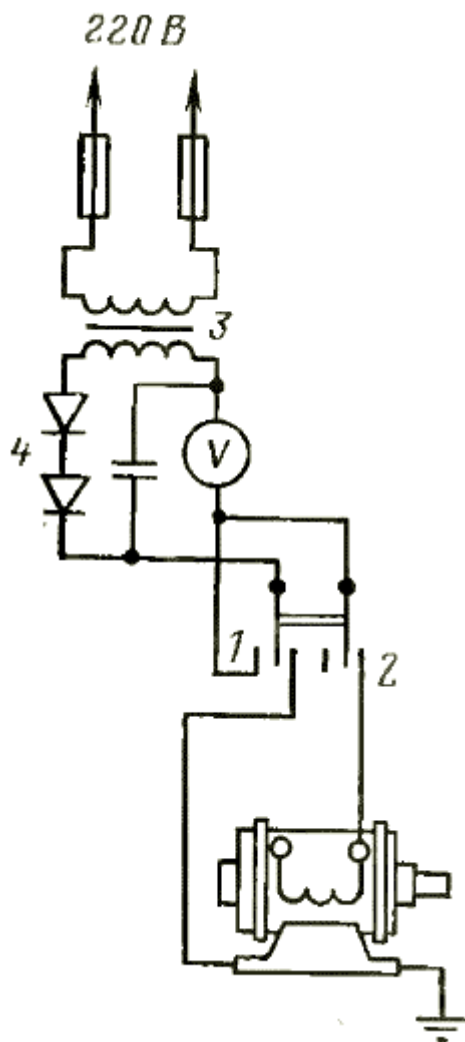
$$R = R_v \frac{U_1 - U_2}{U_2} = R_v \left( \frac{U_1}{U_2} - 1 \right).$$

Для отримання більшої точності вимірювань вольтметр вибирають з великим власним опором. Вимірювання можна проводити не тільки від стаціонарної мережі постійного струму, але і від акумуляторної батареї.

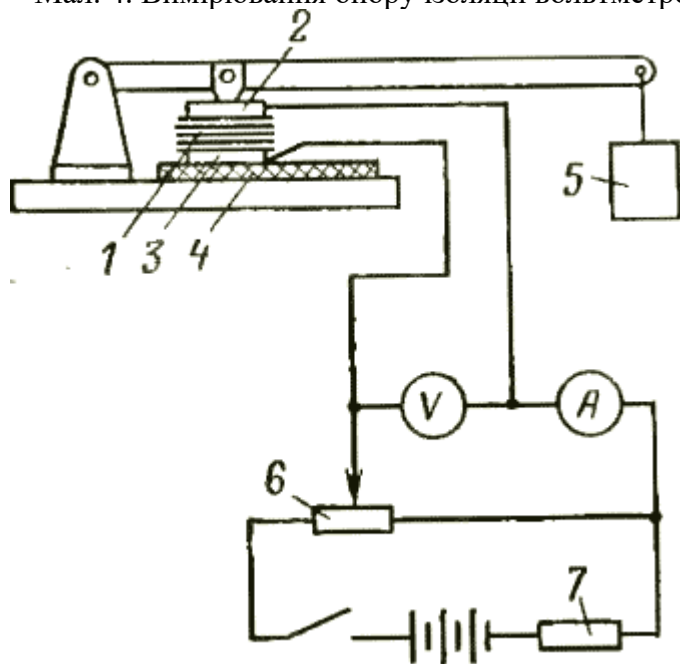
При вимірюванні від електромережі, один полюс якої може бути заземлений (на рис. 3 позначено пунктиром), щоб уникнути короткого замикання слід підключати заземлений корпус електродвигуна 3 таким чином, щоб він виявився з'єднаним із заземленим полюсом мережі.

Поряд з живленням від джерела постійного струму можна застосувати для вимірювання також випрямлений струм. На рис. 4 представлена схема вимірювання опору ізоляції при харчуванні від мережі змінного струму. Ця схема відрізняється від наведеної на рис. 3 наявністю трансформатора 3 і випрямляча 4. При харчуванні випрямленою струмом, якщо випрямляч включений в мережу не безпосередньо, а через трансформатор, що відокремлює мережу змінного струму від ланцюга випрямленої напруги (як це зазначено на рис. 4), заземлений корпус електродвигуна може бути присьєднаний до будь-якого з затисків випрямляча.

При ремонтах електродвигунів, пов'язаних з переізолюванням активної стали, виникає необхідність перевірити якість лакової плівки після нанесення лаку на листи і його запікання. Одним з показників служить опір постійному струму ізоляції з полакованих листів стали. В цьому випадку вимірювання опору виробляють на пристосуванні, зображеному на рис. 5.



Мал. 4. Вимірювання опору ізоляції вольтметром при харчуванні від мережі змінного струму.



Мал. 5. Пристосування для вимірювання опору ізоляції листів активної стали.

Пачку з 20 покерованих листів 1 стискають між електродами 2 і 3. Площа кожного електрода становить 1 дм 2. Під електродом 3 встановлюють ізолюючу підкладку 4. Листи стискають важелем з підвішеним на його кінці вантажем 5, який підбирається таким чином, щоб тиск, який чиниться на

пачку листів, становить 6000 Н (питомий тиск 0,6 МПа). При зазначених умовах опір ізоляції має бути не менше 50 Ом.

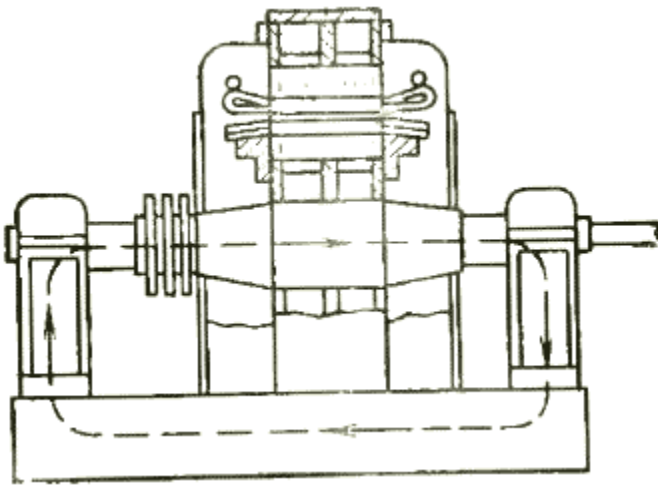
Джерелом живлення можуть бути акумуляторна батарея або випрямляч напругою 10-15 В.

Потенціометром встановлюють струм 0,1 А, при цьому показання вольтметра має бути не менше 5 В. Для запобігання амперметра від пошкодження в ланцюг включають захисне опір 7. Значення захисного опору  $R$ , Ом, вибирають таким чином, щоб при випадковому короткому замиканні електродів 2 і 3 струм, що проходить через амперметр, не перевищував граничного значення, на яке розрахований амперметр, т. е.

$$R \geq \frac{U}{I_{\text{амп}}},$$

де  $U$  - напруга джерела живлення, В;  $I_{\text{амп}}$  - граничний струм амперметра, А.

При експлуатації великих електродвигунів під впливом магнітної асиметрії або по деяких інших причин в замкнутому контурі (підшипники, вал, фундаментну плиту), зазначеному на рис. 6, може виникнути електричний струм. Цей струм роз'їдає шийки вала і вкладиші підшипників, через що робота підшипників погіршується і вони швидко виходять з ладу.



Мал. 6. Контур підшипникових струмів.

Для запобігання виникнення цих струмів вказаний замкнутий контур розривають установкою ізолюючої текстолітової або гетинаксової прокладки між фундаментною плитою і підшипниковою стійкою. Болти, що кріплять стійку до плити, ізолюють ізоляційними втулками і шайбами. При примусовій мастилі підшипників у фланцях маслопроводу встановлюють ізоляційні прокладки і втулки.

В процесі експлуатації і при ремонті встановлену ізоляцію необхідно періодично перевіряти - вимірювати опору ізоляції між підшипниковою стійкою і фундаментною плити при повністю зібраному мастилопроводі мегаомметром на 500-1000 В.

Як видно на рис. 6, опір ізоляції не може бути перевірено в зібраному електродвигуні, так як ізолюваному підшипника паралельна ланцюг, складена валом, іншим неізолюваним підшипником і фундаментною плити. Для вимірювання необхідно підняти вал і закласти прокладку з електрокартону між шийкою вала і вкладишем неізолюваного підшипника. Значення опору не є нормованим, але має перебувати на досить високому рівні - не нижче 1 МОм, так як воно дуже швидко і значно знижується при забрудненні прокладок.

При ремонті, а також при експлуатації великих двигунів, температуру нагрівання яких вимірюють закладеними в обмотку термодетектора, необхідно періодично вимірювати опір ізоляції цих термодетектора, так як порушення її може уявити серйозну небезпеку для обслуговуючого персоналу. Перевірку проводять мегаомметром на 250 В. Значення опору не є нормованим; показовим є його порівняння з результатами попередніх вимірювань.

Статті Я розповідав про те, як перевірити, знайти і усунути несправності в колекторних електродвигунах, які відрізняються тим, що у них є щітково-колекторний вузол. Зараз Я розповім як перевірити, знайти несправність і відремонтувати асинхронний електродвигун, Який є самим надійним і простим в виготовленні з усіх типів моторів. Вони рідше зустрічається в побуті (в компресорі

холодильника або в пральній машині), але за то часто в гаражі або майстерні: в верстатах, компресори і т. П.

**Полагодити або перевірити** асинхронний електродвигун буде не важко. Найбільш частою поломкою у асинхронних двигунів є знос підшипників, рідше обрив або відсірівання обмоток.

**Більшість несправностей можна виявити при зовнішньому огляді.**

**перед підключенням** або якщо довго не використовувався мотор, необхідно у нього перевірити опір ізоляції мегомметром. Або якщо немає знайомого електрика з мегомметром, тоді не завадить в профілактичних цілях його розібрати і посушити обмотки статора кілька діб.

**Перш ніж приступати до ремонту** електродвигуна, необхідно перевірити наявність напруги і справність магнітних пускачів, [теплового реле](#), Кабелів підключення і конденсатора, при його наявності в схемі.

**Перевірка електродвигуна зовнішнім оглядом**

**повноцінний огляд** можна провести тільки після розбирання електродвигуна, але відразу не поспішайте розбирати.

**Всі роботи виконуються тільки після відключення** електроживлення, перевірки його відсутності на електродвигуні і вжиття заходів щодо запобігання його самовільного або помилкового включення.

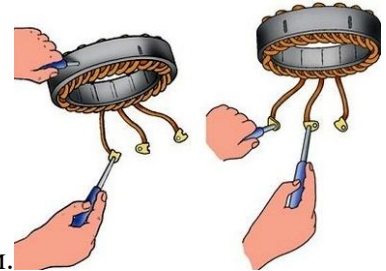
Якщо пристрій включається в розетку, тоді просто досить дістати вилку з неї.

**Якщо в схемі є конденсатори**, Тоді їх висновки необхідно розрядити.

**Перевірте перед початком розбирання:**

1. **Люфт в підшипниках.** Як перевірити і замінити підшипники читайте в.
2. **Перевірте покриття фарби** на корпусі. Вигоріла або отлушчується місцями фарба свідчить про нагріванні двигуна в цих місцях. Особливо зверніть увагу на місця розташування підшипників.
3. **перевірте лапи** кріплення електродвигуна і вал разом його з'єднання з механізмом. Тріщини або відламані лапи необхідно приварити.

**наприклад**, У мотора від старої пральної машини є три висновки. Найбільше опір буде між двома точками, що включає в себе 2 обмотки, наприклад 50 Ом. Якщо взяти залишилася третій кінець, то це і буде загальний кінець. Якщо заміряти між ним і 2 кінцем пусковий обмотки- отримаєте величину



близько 30-35 Ом, а якщо між ним і 2 кінцем рабочей- близько 15 Ом.

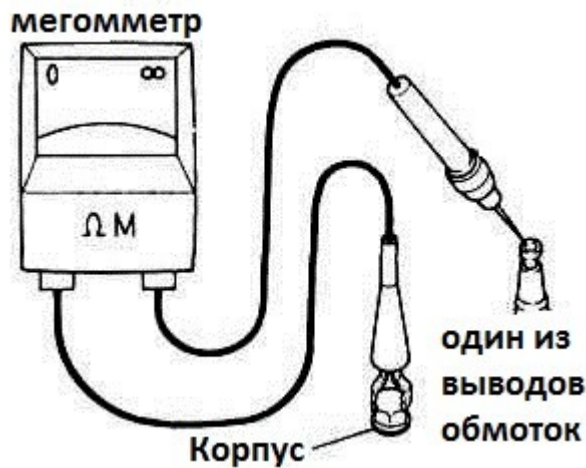
**У двигунах на 380 Вольт**, підключених за схемою необхідно буде розібрати схему і продзвонити окремо кожен з трьох обмоток. У них опір має бути однаковим від 2 до 15 Ом з відхиленнями не більше 5 відсотків.

**Обов'язково необхідно продзвонити** всі обмотки між собою і на корпус. Якщо опір не велика до нескінченності, значить є пробоя обмоток між собою або на корпус. Такі двигуни необхідно здати в перемотування обмоток.

**Як перевірити опір ізоляції обмоток електродвигуна**

На жаль, мультиметром не перевірити величину опору ізоляції обмоток електромотора для цього необхідний мегомметр на 1000 Вольт з окремим джерелом живлення. Прилад дорогою, але він є у кожного електрика на роботі, з яким доводиться підключати або ремонтувати електродвигуни.

**при вимірі** один провід від мегомметра приєднують до корпусу в незабарвленому місці, а другий по черзі до кожного висновку обмотки



Після цього виміряйте опір ізоляції між усіма обмотками. При величині менше 0.5 Мегома- двигун необхідно просушити.

**Будьте уважні,** Щоб уникнути поразки електричним струмом не торкайтеся до вимірювальних затискачів під час проведення вимірювань.

**Всі вимірювання проводяться** тільки на знеструмленому устаткуванні і за тривалістю не менше 2-3 хвилин.

**Як знайти межвитковое замикання**

**Найбільш складним є пошук міжвиткового замикання**, При якому замикається між собою лише частина витків однієї обмотки. Не завжди виявляється при зовнішньому огляді, тому для цих цілей застосовується для двигунів на 380 вольт вимірювач індуктивності. У всіх трьох обмоток повинно бути однакове значення. При межвитковом замиканні у пошкодженій обмотки індуктивність буде мінімальною.

Коли Я був на практиці 16 років тому на заводі, електрики для пошуку міжвиткових замикань у асинхронного мотора потужністю 10 кіловат використовували кулька з підшипника діаметром близько 10 міліметрів. Вони виймали ротор і підключали 3 фази через 3 понижуючих трансформатора на обмотки статора. Якщо все в порядку кулька рухається по колу статора, а при наявності межвиткового



замикання він примагнічується до місця його виникнення.

**Перевірка повинна бути** короткочасної і будьте обережні кулька може вилетіти!

Я вже давно працюю електриком і перевіряю на межвитковом замикання, якщо тільки двигун на 380 В починає сильно грітися після 15-30 хвилин роботи. Але перед розбиранням, на включеному моторі перевіряю величину споживаного їм струму на всіх трьох фазах. Вона повинна бути однаковою з невеликою поправкою на похибки вимірювань.

Схожі матеріали:

Модифікації електродвигунів один з одним розрізняються, так само як і їх дефекти. Не кожна несправність може бути діагностована за допомогою тестера, але в більшості випадків - цілком можливо.

Ремонт починають з візуального огляду: чи є пошкоджені частини, що не залитий чи водою електродвигун, чи не з'явився запах горілої ізоляції і так далі. обмотка в асинхронному двигуні може згоріти через коротке замикання між двома сусідніми витками. Агрегат перегрівається через перевантаження, виникнення великих струмів.

Нерідко обгорілі обмотки видно при візуальному огляді, і в цьому випадку будь-які вимірювання будуть зайвими. Коли ніяких шансів на виправлення немає, потрібно видалити і замінити обмотки на нові. Іноді потрібно ретельніше перевірити електродвигун.



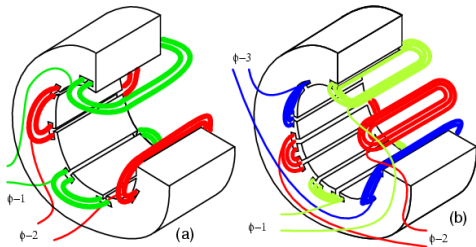
Для початку необхідно вивчити конфігурацію двигуна, наприклад, які обмотки використовуються. Всі обертові машини мають дві частини: статор і ротор.

У електродвигунах постійного струму є:

- обмотка збудження, що має важливе значення для виробництва магнітного поля. Вона дозволяє перетворити енергію з механічної в електричну і навпаки;
- обмотка якоря, несуча навантаження струму і регулююча змінний струм для зменшення вихрових втрат.

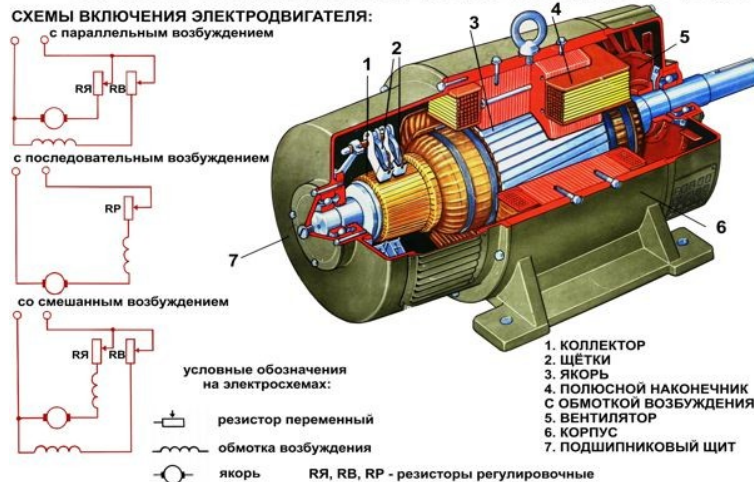
Двигун змінного струму, зазвичай складається з двох частин:

1. статора, що має котушку для створення обертового магнітного поля;
2. ротора, прикріпленого до вихідного валу і призначеного для виробництва другого обертового магнітного поля.

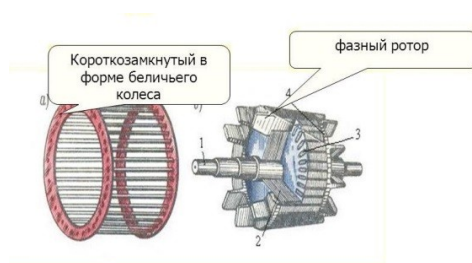


- колекторні електродвигуни постійного, змінного струму;

### ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ДВИГАТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА



- асинхронні двигуни з короткозамкнутим, фазним ротором.



### Тестування обмоток котушки

Існує простий тест, який використовується для перевірки стану котушки мотора. Для чого вимірюється опір обмоток, яке варіюється в залежності від довжини, товщини і матеріалу дроти. Якщо опір занадто низька, це вказує на коротке замикання ізоляції між витками.

Можна використовувати мультиметр, але краще перевірити це з мегомметром, тому що на ньому використовується більш висока напруга при перевірці опору. Це виключає неправдиві свідчення, викликані індуктивністю котушки мотора.



Тест показує якість ізоляції проводу, яке визначається за опором вимірюваної деталі системи. Отримані результати звіряються з табличними даними допустимих опорів ізоляції кабелю до 1 кВ, викладеними в правилах улаштування електроустановок (ПУЕ). За результатами перевірки може бути передбачений збій, перш ніж він відбудеться насправді. Це дозволяє в виробничому цеху здійснити ремонт або заміну обладнання під час роботи.

Як перевіряється котушка електродвигуна мультиметром можна подивитися на відео:

### діагностика якоря

Перевірити справність електродвигуна теж можна за допомогою цифрового спеціального пристрою перевірки якорів E236. Для цього поміщають якір на призму приборчика, який потім підключають до мережі.



Процес діагностики включає в себе наступні кроки:

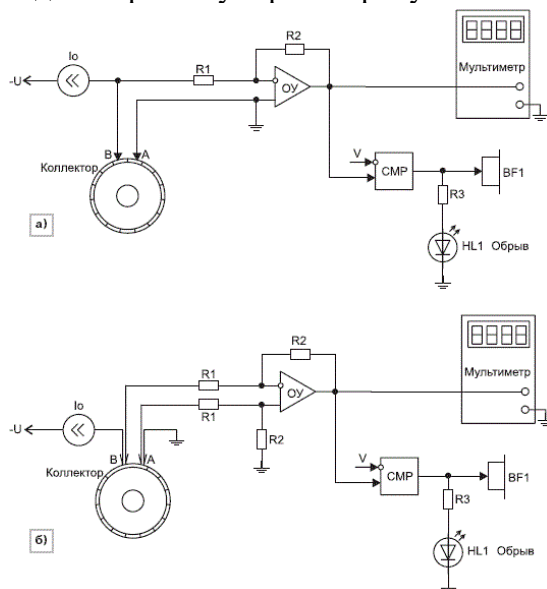
1. розташовують ножовочное полотно паралельно пазу досліджуваної деталі;
2. утримуючи однією рукою метал, інший повільно прокрутують якір.

При наявності межвиткового замикання полотно, близько розташованих до паза, почне вібрувати і притягатися до механізму.

Наочна демонстрація перевірки якоря показана по відео:

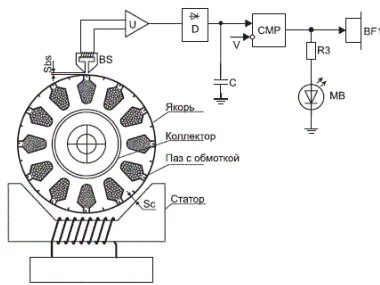
### Як продзвонити електродвигун на стенді

Щоб оперативно продзвонити обрив в ланцюгах движка, можна скористатися робочим стендом з джерелом постійного струму, інвертором, цифровим вольтметром, компаратором напруг, світловим індикатором і зумером обриву.



На ньому ж можна визначити межувітковое замикання.





## ВИСНОВОК

Далеко не завжди є можливість придбати дорогі апарати спеціального призначення. Тому важливо знати, як перевірити двигун простим мультиметром, дуже потрібним в господарстві електровимірюванням приладом. Він замінює безліч окремих інструментів, необхідних для перевірки ланцюгів.

Подивитися відео урок перевірки статора на обрив можна тут:

У даній статті я хочу розповісти про те, як виявити несправність в колі електроживлення трифазного двигуна і як перевірити сам двигун.

Почнемо по порядку.

1. Перше що необхідно зробити, це **перевірити наявність напруги на автоматичному вимикачі (АВ) або магнітному пускачі**, Тобто чи надходить напруга від електрощита. Перевірити напругу можна за допомогою контрольної лампи, Вольтметром або електротестером, Де є вольтметр. Я не раджу користуватися індикатором напруги, тому що наявність вхідної напруги ви визначите, а відсутність нуля немає.

2. **перевірити сам автоматичний вимикач і магнітний пускач на справність.** Виміряйте напругу на вхідних контактах обох пристроїв, а потім на вихідних (автомат повинен бути включений і натиснута кнопка "Пуск", якщо стоїть магнітний пускач), Що йдуть на електродвигун. якщо несправний автоматичний вимикач (Немає напруги), то замініть його на аналогічний за напругою (220 або 380) і по силі струму (А). Якщо немає напруги на вихідних контактах магнітного пускача, то швидше за все вигоріли контактні пластини. Якщо є можливість, то замініть їх, якщо ні, то замініть пускач цілком на аналогічний.

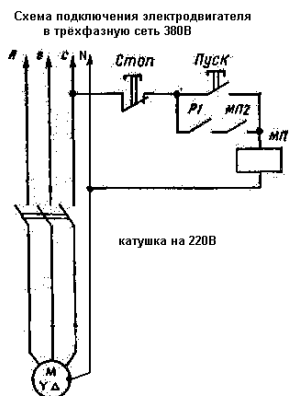
несправність: **магнітний пускач не спрацьовує.**

Перевірте наявність напруги на контактах котушки пускача. Слід пам'ятати, що котушки бувають на 220В і 380В.

Якщо напруга немає, то замініть котушку або пускач. Якщо напруга подається, то необхідно "продзвонити" котушку на цілісність обмотки. Це можна зробити за допомогою електротестера (зумер) або електробрехунка.

Перевіряємо справність і цілісність кнопок "Пуск" і "Стоп".

**Схема підключення кнопок:**

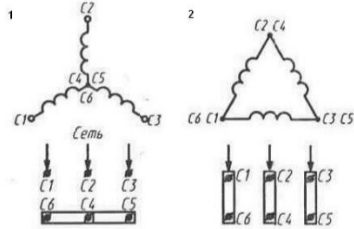


3. **Перевіряємо цілісність електропроводу (кабелю)**, Що йде на електродвигун.

Так само можна перевірити і за допомогою контрольної лампи або вольтметра. Відключаємо автомат (АВ), від'єднуємо дроти від електродвигуна. Потім включаємо автомат і перевіряємо наявність напруги на проводах. Обережно, робота під напругою!

Якщо є ймовірність того, що сталося коротке замикання в кабелі (спайка і обрив проводу), то необхідно перевірити дроти на замикання між собою. Відключаємо автомат, від'єднуємо дроти від електродвигуна. За допомогою електротестера (зумер) або електробрехунка перевіряємо по черзі дроти на замикання між собою.

#### 4. Перевіряємо цілісність обмоток самого електродвигуна.



Схеми з'єднання обмоток трьохфазного електродвигуна:  
1 - трикутник  
2 - звезда

Відключаємо електроживлення (автомат).

Краще від'єднати живиться дроти від електродвигуна.

Джерело: 2019 biathlonmordovia.ru - Записки електрика. Електропобутові прилади. Електродвигун.

Світлотехніка. заземлення

Домашня робота: підготувати доповідь на тему: ТО та ремонт асинхронного електродвигуна (відправити на перегляд)

### План уроку з спецтехнології №119 1.04.2020

**Модуль:** Виконання нескладних регламентних робіт із обслуговуванням електроустаткування.

**Тема:** Технічне обслуговування та ремонт трансформаторів

**Тема уроку №119:** Загальні відомості про трансформатори. Види і призначення Галузь застосування

#### Теоретичні відомості:

Трансформатором називається статичний електромагнітний апарат, який перетворює змінний струм однієї напруги в змінний струм тієї ж частоти, але іншої напруги. Трансформатори набули широкого практичного застосування для передачі електричної енергії на великі відстані, для розподілу енергії між її приймачами та в різних випрямних, сигнальних, підсилювальних та інших пристроях. За призначенням трансформатори поділяються на силові, регулювальні, спеціальні, сигнальні, вимірювальні та інші. Трансформатори для перетворення не тільки напруги змінного струму, але й для частоти, кількості фаз і т.д. називають трансформаторними пристроями спеціального призначення. Трансформатори, що використовуються для розширення меж вимірювання називаються вимірювальними трансформаторами. Вони поділяються на трансформатори струму та напруги. Існує такий вид трансформаторів, як автотрансформатори, у яких між обмотками є електричний зв'язок. І можна виділити окремо зварювальний трансформатор.

Трансформатор називається силовим, якщо використовується для перетворення електричної енергії в електричних мережах або для безпосереднього живлення приймачів енергії. Розрізняють силові трансформатори загального призначення, які слугують для живлення мереж або приймачів електричної енергії, що не відрізняються особливими умовами роботи, характером навантаження або режимом роботи, і трансформатори спеціального призначення, які слугують для живлення мереж або приймачів енергії, що відрізняються особливими умовами роботи, характером навантаження або режимом роботи. Силовий трансформатор призначений для перетворення змінного струму однієї напруги в змінний струм іншої (вищої або нижчої) напруги (при незмінній частоті).

У передачі електричної енергії від електростанцій до споживачів велике значення має сила струму, що протікає по проводах. Залежно від сили струму вибирають площу перерізу проводів для лінії передачі енергії, а у зв'язку з цим визначають вартість проводів та втрати в них енергії.

Якщо за однієї і тієї самої передаваної потужності збільшити напругу, то такою ж мірою зменшиться сила струму, а це дасть змогу використовувати проводи з меншою площею поперечного перерізу для влаштування лінії передачі електричної енергії та знизити витрату кольорових металів, а також зменшити втрати потужності в лінії. Площа поперечного перерізу проводу та втрати потужності в лінії

визначаються за такими виразами:  $q = I/\delta$ ;  $R_{\text{л}} = I^2 R = \rho l \delta P/U$ , оскільки  $R = \rho l/q = \rho \delta l/I$ , де  $q$  - площа поперечного перерізу проводу, мм<sup>2</sup>;  $I$  - сила струму, А;  $\delta$  - густина струму, А/мм<sup>2</sup>;  $R_{\text{л}}$  - втрати потужності в лінії електропередачі, Вт;  $R$  - опір проводу, Ом;  $\rho$  - питомий опір матеріалу проводу, Ом·мм<sup>2</sup>/м;  $l$  - довжина лінії, м;  $P$  - потужність, що передається, Вт;  $U$  - напруга в лінії електропередачі, В. Отже, якщо передавана потужність не змінюється, площа поперечного перерізу проводу і втрати потужності в лінії обернено пропорційні напрузі.

Електрична енергія виробляється на електростанціях синхронними генераторами при напрузі 11...18 кВ (у деяких випадках при 30... 35 кВ). Хоча ця напруга дуже велика для безпосереднього використання її споживачами, проте вона недостатня для економічної передачі електроенергії на великі відстані. Для збільшення напруги застосовують підвищувальні трансформатори.

Приймачі електричної енергії (лампи розжарення, електродвигуни тощо) розраховуються на більш низьку напругу, виходячи з міркувань безпеки для осіб, які користуються цими приймачами. Крім того, для високої напруги потрібна підсилена ізоляція струмоведучих частин, що роблять конструкцію апаратів і приладів дуже складною. Тому високу напругу, при якій передається енергія, не можна безпосередньо використати для живлення приймачів, внаслідок чого до споживачів енергія підводиться через знижувальні трансформатори.

Отже, електрична енергія при передачі її від місця виробництва до місця споживання трансформується три-чотири рази. Крім того, знижувальні трансформатори в розподільних мережах вмикаються неодноразово і не завжди на повну потужність, тому потужності встановлених трансформаторів у сім-вісім разів більші від потужності генераторів, які виробляють електроенергію на електростанціях.

Силові трансформатори поділяються в залежності від:

- кількості фаз перетворювальної напруги, на однофазні та багатофазні (як правило трифазні);
- кількості обмоток, що належать одній фазі трансформуючої напруги, на двохобмоточні та багатообмоточні;
- методу охолодження, на сухі (з повітряним охолодженням) та масляні (занурені в металічний об'єм, заповнений трансформаторним маслом).

Домашня робота: підготувати конспект.

### План уроку з спецтехнології №120 6.04.2020

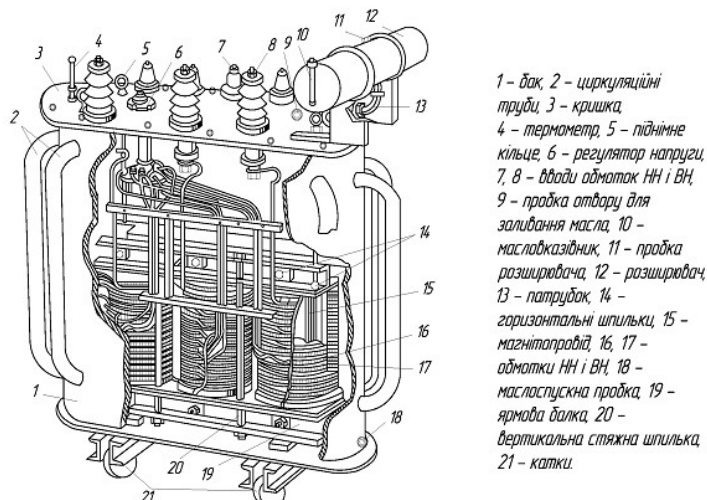
**Модуль:** Виконання нескладних регламентних робіт із обслуговуванням електроустаткування.

**Тема:** Технічне обслуговування та ремонт трансформаторів

**Тема уроку №120:** Будова трансформаторів, класифікація.

**Теоретичні відомості:**

Будову трансформатора розглянемо на прикладі силового трьохфазного масляного трансформатора.



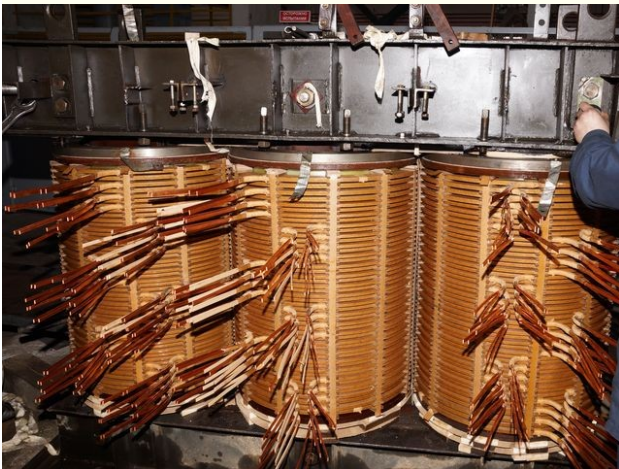
Силовий трьохфазний масляний трансформатор; НН - низька напруга; ВН - висока напруга



Активною частиною трансформатора називають його обмотки та магнітопровід



Обмоткою трансформатора називають сукупність витків, утворюючих електричний ланцюг, в якому складаються еРС, індуковані в окремих витках. Обмотки трансформатора складаються з обмотувального дроту і ізоляційних деталей, передбачених конструкцією, які не тільки захищають витки від електричного пробоя і перешкоджають їх зсуву під дією електромагнітних сил, але і створюють необхідні канали для охолодження. Обмотки трансформаторів різних потужностей і напруги розрізняються типом намотування, кількістю витків, напрямом намотування, числом паралельних проводів у витку, схемою з'єднання окремих елементів обмотки між собою. Дві ізольовані обмотки трансформатора розміщені на сталевому магнітопроводі



Обмотка, ввімкнена в мережу джерела електричної енергії, називається первинною, а обмотка, від якої енергія подається до приймача, - вторинною.

Напруги первинної і вторинної обмоток неоднакові. Якщо первинна напруга менша від вторинної, то трансформатор називається підвищувальним, якщо ж первинна напруга більша за вторинну, то - знижувальним. Будь-який трансформатор можна використати як підвищувальний, так і знижувальний. Дія трансформатора ґрунтується на явищі електромагнітної індукції. Якщо первинну обмотку трансформатора ввімкнути в мережу джерела змінного струму, то по ній протікатиме змінний струм, який збудить в осерді трансформатора змінний магнітний потік. Магнітний потік, пронизуючи витки вторинної обмотки трансформатора, індукє в ній ЕРС. Під дією цієї ЕРС по вторинній обмотці і через приймач енергії протікатиме струм. Отже, електрична енергія, трансформуючись, передається з первинного кола у вторинне, але з іншою напругою, на яку розрахований приймач енергії, ввімкнений у вторинне коло. Величина напруги залежить від кількості витків проводу обмотки (провід обмотки нижчої напруги буде мати менше витків).

Провід обмотки нижчої напруги буде мати більшу площу поперечного перерізу ніж вищої. Оскільки  $R_{\text{пн}} = \frac{U_{\text{пн}}}{I_{\text{пн}}}$ ,  $R_{\text{вн}} = \frac{U_{\text{вн}}}{I_{\text{вн}}}$ , а  $R_{\text{пн}} = R_{\text{вн}}$ , так як потужність, яка споживається з мережі первинною



обмоткою така сама, що передається до споживача з вторинної обмотки, звідси  $U_{нн}I_{нн} = U_{вн}I_{вн}$ , за такої умови  $I_{нн} > I_{вн}$ , відповідно проходження більшої сили струму вимагає зменшення опору, щоб не перегрівати провід та ізоляцію, а за однакових матеріалів проводів і незначної різниці в довжинах так як  $R = \rho l / S$ , то необхідно збільшити переріз проводу.  $P_{нн}$  - потужність на обмотці нижчої напруги,  $U_{нн}$  - напруга на обмотці нижчої напруги,  $I_{нн}$  - струм на обмотці нижчої напруги,  $P_{вн}$  - потужність на обмотці вищої напруги,  $U_{вн}$  - напруга на обмотці вищої напруги,  $I_{вн}$  - струм на обмотці вищої напруги,  $R$  - опір провідника,  $\rho$  - питомий опір,  $l$  - довжина провідника,  $S$  - площа поперечного перерізу провідника.

Щоб поліпшити магнітний зв'язок між первинною та вторинною обмотками, їх розміщують на сталевому магнітопроводі.



Магнітопровід є магнітною системою трансформатора, по якій замикається основний магнітний потік. Одночасно магнітопровід служить основою для установки і кріплення обмоток, відведень, перемикачів і інших деталей активної частини трансформатора.

Для зменшення втрат від вихрових струмів магнітопроводи трансформаторів складають із тонких пластин (завтовшки 0,5 і 0,35 мм) трансформаторної сталі з нанесеною ізоляцією (жаростійким лаком). Трансформаторна сталь може бути гаряче- та холоднокатаною.

У паспорті трансформатора зазначають його номінальну потужність  $P$ , номінальні напруги  $U_1$  і  $U_2$  та сили струмів  $I_1$  і  $I_2$  первинної та вторинної обмоток при повному (номінальному) навантаженні.

Номінальною потужністю трансформатора називається повна потужність, яку віддає його вторинна обмотка при повному (номінальному) навантаженні. Номінальна потужність вимірюється в одиницях повної потужності, тобто у вольт-амперах або кіловольт-амперах. У ватах і кіловатах виражають активну потужність трансформатора, тобто ту потужність, яка може бути перетворена з електричної в механічну, теплову, хімічну, світлову тощо.

Площі перерізу проводів обмоток та всіх частин машини чи будь-якого електричного апарата обумовлюються не активною складовою сили струму чи активною потужністю, а повною силою струму, що протікає по провіднику, отже, повною потужністю.

У трансформаторів малої потужності велика питома поверхня охолодження, тому природного повітряного охолодження для них цілком досить. Для трансформаторів великої потужності передбачають масляне охолодження. Для цього їх поміщають у металеві баки, наповнені мінеральним маслом. Кришка закриває бак і одночасно є підставою для установки розширювача, введів, приводів перемикаючих пристроїв, балона термосигналізатора, підйомних кілець і інших деталей. Місце роз'єму кришки з баком ущільнюють гумовою смугою, що укладається на раму в уступ між виступаючим торцем обичайки і отворами в рамі. Дуже поширене природне охолодження стійок трансформаторного бака. Для збільшення охолоджуваної поверхні в стінки баків вварюють сталеві труби або радіатори. У процесі експлуатації масло в трансформаторному баці стикається з навколишнім повітрям і зазнає окислення, зволоження та забруднення, внаслідок чого знижується його електрична тривкість. Щоб забезпечити нормальну експлуатацію трансформатора, треба контролювати температуру масла, замінювати його новим, періодично висушувати й чистити. Зміна температури трансформатора призводить до зміни рівня масла. У зв'язку з цим трансформаторні баки забезпечують розширювачами. Розширювач являє собою циліндричну посудину з листової сталі. Його встановлюють над кришкою бака і з'єднують патрубком. Рівень масла змінюється тільки в розширювачі, що дає змогу зменшити площу поверхні масла, яка стикається з повітрям, і запобігти забрудненню та зволоженню масла.

Рівень масла в розширювачі контролюють за допомогою масловказівника, який складається з скляної трубки, що розміщена в металевому корпусі, і закріплений на торцевій частині розширювача за допомогою кутників і патрубків.

Діє він згідно з законом сполучених посудин. На склі та корпусі масловказівника червоною фарбою нанесені риси, що відмічають допустимі верхні та нижні межі рівня масла в розширювачі.

На торці розширювача (поряд з масловказівником) нанесені цифри, що показують нормальний рівень масла в розширювачі при різних температурах навколишнього повітря.

У масляних трансформаторах кінці обмоток повинні бути виведені з бака назовні і приєднані до електричної мережі. Для цього використовують прохідні фарфорові ізолятори, що розміщуються на кришці або стінці бака. Прохідний, тобто такий, що проходить через стінку або кришку бака, ізолятор разом із струмопровідним стрижнем і іншими деталями називають вводом.

Існують різні типи перемикачів відгалужень, але у кожного головними елементами є система нерухомих контактів, що сполучається з відповідними відгалуженнями обмоток, і система рухомих контактів, що замикають ті або інші пари нерухомих контактів. Перемикачі встановлюють на кришці або на активній частині.

Домашня робота: підготувати конспект. Вивчити будову та класифікацію трансформаторів

План уроку  
з спецтехнології №121  
6.04.2020

**Модуль:** Виконання нескладних регламентних робіт із обслуговуванням електроустаткування.

**Тема:** Технічне обслуговування та ремонт трансформаторів

**Тема уроку №121:** Порядок перевірки і обслуговування трансформаторів. Характерні несправності.

**Теоретичні відомості:**

Періодичність перевірки та оглядів силових трансформаторів (без підйому магнітопроводу) визначається відповідно до встановлених норм і залежить від їх технічного стану.

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.

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 мастиlostійкої 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 відрізнятися 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 °C протягом 15 - 20 год. (до яскраво-блакитного кольору), гранульований, - при 400 - 500 °C протягом 2 год.

Перезарядка термосифонного фільтру виконується, якщо кислотне число масла складає 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.

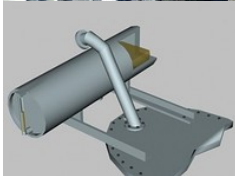
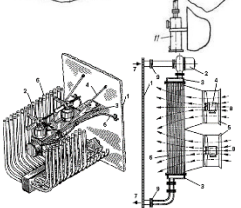
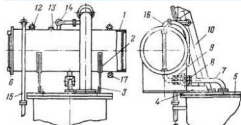
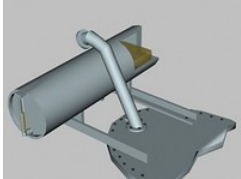
Встановивши кришку, заливають мастило в розширювач, заздалегідь випустивши повітря з фільтру через пробку на його кришці. Мастило доливають до відповідної відмітки на мастилопоказчику розширювача залежно від температури мастила, яку контролюють термометром, встановленим на кришці бака. У корпус оправи термометра також заливають трансформаторне мастило.

При обслуговуванні сухого трансформатора необхідно зняти кожух і упевнитися у відсутності механічних пошкоджень обмоток, ізоляторів і інших частин трансформатора, перевірити надійність контактних з'єднань і заземлень, продутити трансформатор чистим сухим повітрям і протерти ізолятори. Після закінчення обслуговування заміряють опір ізоляції обмоток трансформатора R60" і визначають коефіцієнт абсорбції (відношення R60" і R15", де R60" - опір ізоляції через 60 с, R15" - через 15 с після

початку вимірювання) мегомметром на 2500 В. Опір ізоляції вимірюють між кожною обмоткою і корпусом і між обмотками.

Порядок проведення технічного обслуговування силового трансформатора.

Ескіз



Операція технічного обслуговування  
зовнішній огляд і усунення дефектів, що піддаються  
усуненню на місці

чищення зовнішньої поверхні ізоляторів і бака

спуск бруду з розширювача, доливання мастила, перевірка  
мастилопоказчика

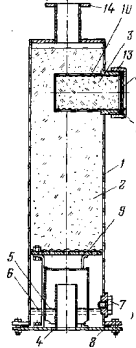
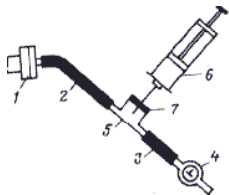
заміна сорбенту у фільтрах

перевірка спускового крана і ущільнень

огляд і чищення охолоджуючих пристроїв, перевірка  
(заміна) підшипників двигунів системи охолодження і  
вентиляторів, їх балансування

перевірка захистів і розрядників на трансформаторах з  
пристроєм РПН і контрольно-вимірювальних приладів

перевірка гідравлічного затвора, мембрани вихлопної труби,  
огляд і перевірка вводів;



відбір і перевірка проб мастила з бака трансформатора, негерметичних і при необхідності герметичних вводів;

огляд, перевірка мастилопровідності верхнього контактного вузла вводів і при необхідності заміни ущільнень;

перевірка пристроїв захисту мастила від старіння і окислення і заміна пошкоджених елементів цих пристроїв;

проведення вимірювань і випробувань.

### *Характерні несправності силових трансформаторів, їх причини.*

Елементи трансформатора	Неполадки	Причини неполадок
	Виткові замикання	Природне старіння та знос ізоляції, систематичне перевантаження трансформаторів, динамічні зусилля при наскрізних коротких замиканнях
Обмотки	Замикання на корпус (пробій), міжфазне замикання	Старіння ізоляції, зволоження масла і пониження його рівня; внутрішні і зовнішні перенапруження; деформація обмоток унаслідок динамічних навантажень при крізних коротких замиканнях
Перемикачі напруги	Обрив кола Відсутність контакту Оплавлення контактної поверхні	Обгоряння виводів, руйнування з'єднань внаслідок низької якості паяння або зварювання виводів Порушення регулювання перемикаючого пристрою Термічний вплив на контакт при коротких замиканнях
Вводи	Пробій на корпус Перекриття між вводами окремих фаз	Тріщини в ізоляторах, зниження рівня масла в трансформаторі при одночасному забрудненні внутрішньої поверхні ізолятора Пошкодження ізоляції виводів, що приєднані до вводів або перемикача
Магнітопровід	Збільшення струму холостого ходу "Пожежа" сталі	Послаблення шихтованого пакета магнітопроводу Порушення ізоляції між окремими пластинами сталі або



ізоляції стяжних болтів; слабе пресування пластин, утворення короткозамкненого контура при пошкодженні ізоляційних прокладок між ярмом і магнітопроводом

Бак і арматура	Витікання масла із зварювальних швів, кранів і фланцевих з'єднань	Порушення зварювального шва від механічних або температурних впливів, погана притирка пробки крана, пошкодження прокладки під фланцем
	Трансформатор перегрівається	1. Трансформатор перевантажений 2. Ослабла пресовка шихтованого магнітопроводу; 3. Порушене пресування стиків у стиковому магнітопроводі
	Ненормальне гудіння в трансформаторі	1. Відбулося перекриття (але не пробій) між обмоткою або выводами навантаження внаслідок перегрівання; 2. Обрив заземлення
	Потріскування всередині трансформатора Пробій обмоток на корпус, між обмотками високої та низької напруги або між фазами	Виникли перенапруги. Різко погіршилась якість масла. Знизився рівень масла. Погіршилась якість ізоляції внаслідок її старіння. Утворилось коротке замикання на лінії

Домашня робота: підготувати презентацію на тему «Будова, принцип роботи, технічне обслуговування трансформатора»

План уроку  
з спецтехнології №122  
7.04.2020

**Модуль:** Виконання нескладних регламентних робіт із обслуговуванням електроустаткування.

**Тема:** Технічне обслуговування та ремонт трансформаторів

**Тема уроку №122:** Порядок розбирання трансформаторів.

**Теоретичні відомості:**

*Дефектацією трансформатора* називають комплекс робіт з виявлення характеру і ступеню пошкоджень його окремих частин. Найбільш характерні неполадки трансформаторів і причини їх виникнення наведені у табл.1.

*Таблиця 1. Найбільш характерні неполадки силових трансформаторів*

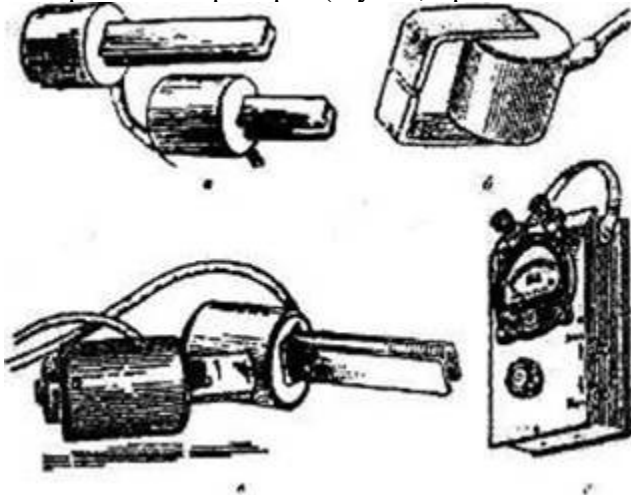
Елементи трансформатора	Неполадки	Причини неполадок
Обмотки	Виткове замикання	Природне старіння та знос ізоляції,
систематичне перевантаження трансформаторів,		
динамічні зусилля при наскрізних коротких		
замиканнях		
Перемикачі	Замикання на корпус	Старіння ізоляції або зволоження масла
напруги	(пробій), міжфазне	

замикання			
Вводи	Обрив кола	Обгоряння виводів, руйнування з'єднань	
внаслідок низької якості паяння або зварювання			
виводів			
Магнітопро-	Відсутність контакту	Порушення регулювання перемикаючого	
вод	пристрою		
Оплавлення контактної	Термічний вплив на контакт при коротких		
поверхні	замиканнях		
Бак і	Пробій на корпус	Тріщини в ізоляторах, зниження рівня масла в	
арматура	Перекриття між вводами	трансформаторі при одночасному забрудненні	
окремих фаз	внутрішньої поверхні ізолятора		
Пошкодження ізоляції виводів, що приєднані до			
вводів або перемикача			
Збільшення струму	Послаблення шихтованого пакета		
холостого ходу	магнітопровода		
"Пожежа" сталі	Порушення ізоляції між окремими пластинами		
сталі або ізоляції стяжних болтів; слабе			
пресування пластин, утворення короткозамкненого контура при пошкодженні			
ізоляційних прокладок між ярмом і магнітопроводом			
Витікання масла із	Порушення зварювального шва від		
зварювальних швів, кранів	механічних або температурних впливів, погана		
і фланцевих з'єднань	пртирка пробки крана, пошкодження		
Трансформатор			Трансформатор перевантажений
перегрівается			Ослабла пресовка шихтованого
магнітопровода;			
2. Порушене пресування стиків у стиковому			
магнітопроводі			
Ненормальне гудіння в			1.
трансформаторі			бій між обмоткою або выводами
Потріскування всередині			навантаження внаслідок перегрівання;
трансформатора			2.

Пробій обмоток на корпус,	Виникли перенапруги. Різко погіршилась
між обмотками високої та	якість масла. Знизився рівень масла.
низької напруги або між	Погіршилась якість ізоляції внаслідок її

Послідовність розбирання трансформатора залежить від його конструкції. Під час повного розбирання трансформатора з розширювачем зливають масло до рівня нижчого від ущільнення прокладки кришки трансформатора і знімають розширювач, попередньо від'єднавши його від кришки. Якщо на патрубку, що виходить від розширювача до кришки, встановлено газове реле, розбирання починають з демонтажу реле. Розбирати трансформатор слід обережно.

Кришку з виймальною частиною знімають стропильними захватами та піднімальними механізмами. Припіднявши кришку на 10-15 мм, оглядають положення ущільнювальної прокладки та її зберігають для повторного використання. Тривалість перебування виймальної частини трансформатора поза межами масла не повинна перевищувати 12 год при вологій погоді та 16 год при сухій. Починають відлік часу з початку зливання масла з бака трансформатора. Виявлені дефекти фіксують у дефектаційній карті стандартного зразка. При дефектації трансформаторів старих конструкцій з пошкодженими обмотками, відомостей про які може не виявитися, знімають ескізи обмоток і виводів. Для цього використовують різні пристрої, в тому числі дуже прості за конструкцією і зручні у використанні пристрої (шукач, прилад живлення, індикатор).

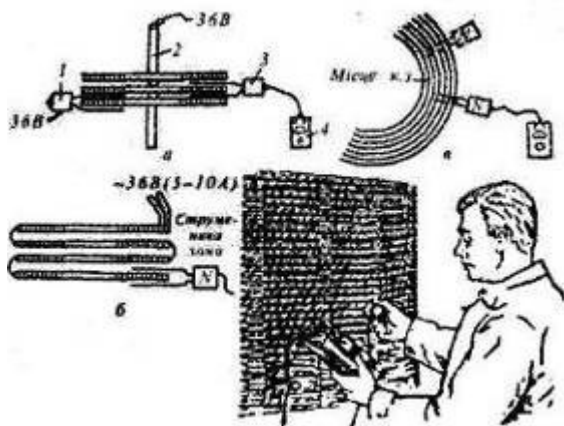


**Рис.11. Прилади для визначення місць виткового замикання в обмотках трансформаторів: а** - секційний шукач; **б** - цільовий шукач; **в** - секційний прилад живлення; **г** – індикатор

Прилад живлення виконують у двох варіантах: з П-подібним осердям, аналогічно секційному шукачу, але з більш сильною котушкою і кнопкою у торці для короткочасного вмикання (рис 11, в), або у вигляді стержневої конструкції, довгий стержень з суцільною обмоткою витків по всій довжині.

Індикатор (рис.11, г) складається з мікроамперметра, вмонтованого в одному корпусі з випрямлячем, підсилювачем та регулятором чутливості.

Замикання в секційних однопровідних обмотках виявляють наступним чином. Включають стержневий прилад живлення 2 ( рис.12, а) в мережу напругою 36, 127 або 2205 і вставляють його в обмотку, яку перевіряють, як вказано на рис.18, потім з протилежної приладу живлення сторони вставляють по чергово в кожен секцію шукач 3. Прилад дає змогу визначити місце замикання витків в обмотках будь-якого діаметра.



**Рис.12. Визначення місця замкнення витків в обмотках силових трансформаторів:** а - по вертикалі обмотки; б-у радіальному напрямі; в - по горизонталі обмотки; г - положення оператора; 1 - секційне джерело живлення; 2 - стержневе джерело живлення; 3 - шукач; 4 – індикатор

Домашня робота: підготувати конспект.

План уроку  
з спецтехнології №123  
7.04.2020

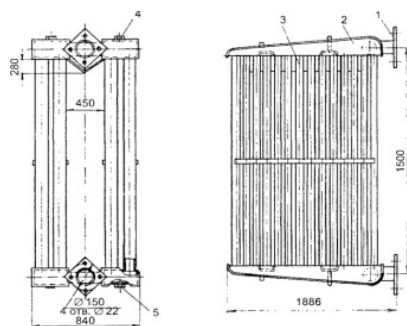
**Модуль:** Виконання нескладних регламентних робіт із обслуговуванням електроустаткування.

**Тема:** Технічне обслуговування та ремонт трансформаторів

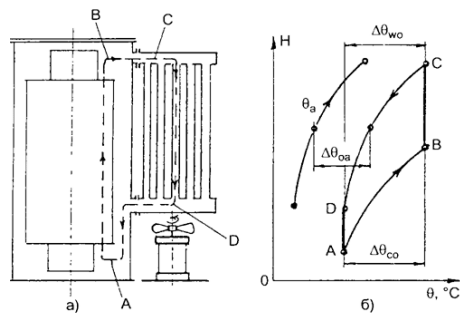
**Тема уроку №123:** Системи охолодження трансформаторів. Схеми з'єднання обмоток.

**Теоретичні відомості:**

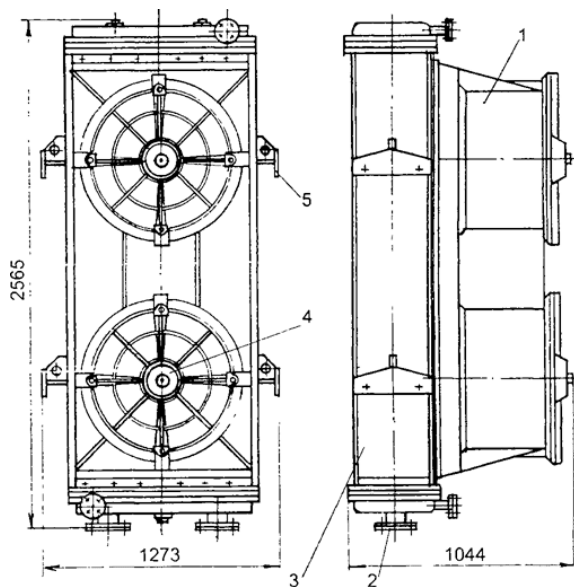
**Системи охолодження трансформаторів.**



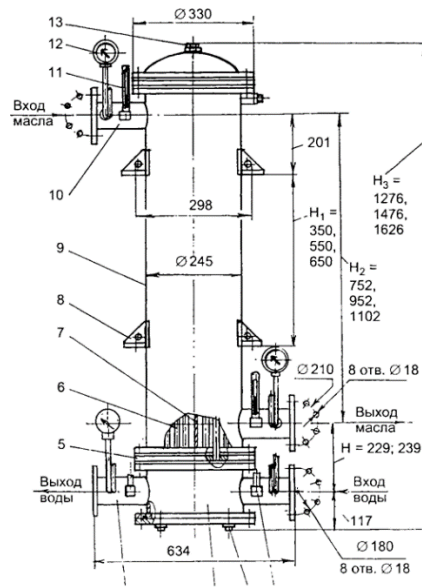
**Система М (ONAN)**



**Система Д**



**Система ДЦ (OFAF)**



**Система Ц (OFWF)**

**М** – природне масляне охолодження до 16 000 кВт

**Д** – масляне охолодження дуттям і природною циркуляцією масла до 80 000 кВт

**ДЦ** - масляне охолодження дуттям і примусовою циркуляцією масла 63 000 кВт і вище

**Ц** – масляно-водяне охолодження з примусовою циркуляцією масла 160 000 кВт і вище

Конструктивне виконання трансформаторів залежить значною мірою від способу його охолодження. За цією ознакою трансформатори поділяють на сухі з природним або штучним охолодженням та масляні з природною або штучною циркуляцією масла.

У сухих трансформаторах обмотки та інші частини трансформатора мають безпосередній дотик до повітря, яке оточує трансформатор. Тому їх охолодження відбувається шляхом випромінювання та природної конвекції повітря. Оскільки коефіцієнт тепловіддачі в повітря невеликий, то сухі трансформатори виготовляють лише малої потужності та напругами до 15-20кВ.

У трансформаторах з масляним охолодженням магнітопровід з обмотками повністю занурюють у бак, що наповнений мінеральним (трансформаторним) маслом. Трансформаторне масло має більш високу теплопровідність, ніж повітря та добре передає тепло від обмоток і магнітопровода трансформатора до стінок бака, що має набагато більшу площу охолодження, ніж активна частина трансформатора.

Види охолоджувачів трансформаторів:

1. Радіатори. Вони, бувають різних типів. В основному вони утворюються системою плоских каналів в пластинах з торцевим зварним швом, які сполучають верхній і нижній колектори.
2. Гофрований бак. Він є одночасно і баком і охолоджувальною поверхнею для розподільних трансформаторів малої та середньої потужності. Такий бак має кришку, гофровані стінки бака і нижню коробку.
3. Вентилятори. Для великих вузлів можливе використання підвісних вентиляторів під радіаторами або збоку від них для забезпечення примусового руху повітря і природного масляного і примусового повітряного охолодження. Це може збільшити навантажувальну здатність трансформаторів приблизно на 25%.
4. Теплообмінники з примусовою циркуляцією масла, повітря. У великих трансформаторах відведення тепла за допомогою природної циркуляції через радіатори вимагає багато місця. Потреба в просторі для компактних охолоджувачів набагато нижча, ніж для простих радіаторних батарей. З точки зору економії місця може виявитися вигідним використовувати компактні охолоджувачі зі значним аеродинамічним опором, що вимагає застосування примусової циркуляції масла за допомогою насоса і потужних вентиляторів для нагнітання повітря.
5. Масляно-водяні охолоджувачі, зазвичай, виконують у вигляді циліндричних трубчастих теплообмінників зі знімними трубками. Такі теплообмінники дуже поширені і вважаються класичними конструкціями.

Обмотки трифазних трансформаторів можуть бути з'єднані зіркою або трикутником. При сполученні зіркою назовні крім лінійних кінців виводять іноді нейтральну точку.

У деяких випадках використовують також з'єднання обмоток за схемою зигзаг, коли фазну обмотку поділяють на дві частини, які розміщені на різних стержнях і з'єднують послідовно. При цьому другу половину обмотки під'єднують зустрічно відносно першої половини.

Схему з'єднання двообмоткового трансформатора позначають у вигляді дробу, в чисельнику якого є позначення схеми з'єднання обмотки ВН, а в знаменнику – обмотки НН (наприклад Y/Y).

Вибір схеми з'єднання обмоток залежить від багатьох факторів. Наприклад, для мереж напругою 35 кВ і більше вигідно з'єднати обмотку трансформатора зіркою і заземлити нульову точку, оскільки при цьому напруга виводів трансформатора та провідників лінії передачі відносно землі буде завжди в разів меншою за лінійну, що дає можливість зменшити вартість ізоляції.

При з'єднанні обмоток трансформатора за схемою Yн/Y треті гармоніки фазних струмів замикаються через нульовий провідник. При цьому струм неробочого ходу кожної фази має третю гармоніку, а потік є синусоїдним.

При схемі Y/Y шлях для замикання третіх гармонік фазних струмів відсутній і струм неробочого ходу є синусоїдним. Однак крива магнітного потоку спотворюється і має третю гармоніку. Несинусоїдними будуть також і ЕРС фаз. У тристержневому трансформаторі треті гармоніки магнітних потоків фаз не можуть замикатися через сталений магнітопровід, оскільки вони у будь-який момент спрямовані зустрічно. Тому треті гармоніки потоків замикаються через стінки бака, створюючи при цьому додаткові втрати потужності.

Якщо одна з обмоток з'єднана трикутником, то фазні потоки є практично синусоїдними. Це відбувається тому, що в обмотці, яка з'єднана трикутником, треті гармоніки ЕРС викликають струм потрібної частоти, який протікає через фазні обмотки та зменшує треті гармоніки магнітних потоків. Отже, обмотки трансформаторів краще з'єднувати за схемами Y/Δ або Yn/Δ, що дозволяє практично позбутися третіх гармонік у кривих магнітних потоків і ЕРС.

Групи з'єднань обмоток трансформаторів. З'єднання обмоток ВН і НН зіркою чи трикутником отримують, з'єднуючи відповідним чином затискачі фаз обмоток. Залежно від того, які затискачі фаз обмоток ВН і НН з'єднують разом, змінюється величина кута а зсуву фаз між векторами лінійних напруг первинної та вторинної обмоток трансформатора в режимі неробочого ходу, що взяті між однойменними затискачами. В однофазних трансформаторах кут а дорівнює 0° чи 180°, а в трифазних трансформаторах кут а дорівнює  $\frac{2\pi}{3}$  ,

де  $K = 0, 1, 2, 3, \dots, 11$  – ціле число, яке називають групою з'єднання обмоток трансформатора.

Номер групи з'єднання вказують після позначення схеми з'єднання його обмоток, наприклад Y/D–11 або Y/Y–0. Знання групи з'єднання обмоток необхідне при вмиканні трансформаторів на паралельну роботу, коли потрібно з'єднувати рівнопотенціальні затискачі обмоток.

Стандартизовані схеми та групи з'єднань обмоток трифазних трансформаторів наведені у табл.10.2.

Таблиця 10.2 - Стандартизовані схеми та групи сполучень обмоток трифазних двообмоткових трансформаторів

## Автотрансформатори

### Загальні відомості

Автотрансформатором називають трансформатор, у якого обмотки крім електромагнітного зв'язку мають ще електричне з'єднання.

Автотрансформатори найчастіше використовують для зв'язку мереж близьких за номінальною напругою з заземленою нейтраллю, але роль у нього така сама як і в трансформаторів.

Автотрансформатори можуть бути понижувальними або підвищувальними (рис.10.1), однофазними або трифазними. У трифазного трансформатора обмотки фаз з'єднують зіркою.

Розглянемо роботу понижувального автотрансформатора. У понижувальному автотранс-форматорі (рис.10.1,а) первинна напруга подається на затискачі А і Х. Частина первинної обмотки між затискачами а і х є вторинною обмоткою.

Домашня робота. Підготувати конспект. Закреслити таблицю у робочий зошит.

План уроку  
з спецтехнології №124

**8.04.2020**

**Модуль:** Виконання нескладних регламентних робіт із обслуговуванням електроустаткування.

**Тема:** Технічне обслуговування та ремонт трансформаторів

**Тема уроку №124:** Характерні несправності силових трансформаторів, їх причини.

**Теоретичні відомості:**

*Характерні несправності силових трансформаторів, їх причини.*

Елементи трансформатора	Неполадки	Причини неполадок
	Виткові замикання	Природне старіння та знос ізоляції, систематичне перевантаження трансформаторів, динамічні зусилля при наскрізних коротких замиканнях
Обмотки	Замикання на корпус (пробій), міжфазне замикання	Старіння ізоляції, зволоження масла і пониження його рівня; внутрішні і зовнішні перенапруження; деформація обмоток унаслідок динамічних навантажень при крізних коротких замиканнях
Перемикачі напруги	Обрив кола	Обгоряння виводів, руйнування з'єднань внаслідок низької якості паяння або зварювання виводів
	Відсутність контакту	Порушення регулювання перемикаючого пристрою
	Оплавлення контактної поверхні	Термічний вплив на контакт при коротких замиканнях
Вводи	Пробій на корпус	Тріщини в ізоляторах, зниження рівня масла в трансформаторі при одночасному забрудненні внутрішньої поверхні ізолятора
	Перекриття між вводами окремих фаз	Пошкодження ізоляції виводів, що приєднані до вводів або перемикача
	Збільшення струму холостого ходу	Послаблення шихтованого пакета магнітопроводу
Магнітопровід	"Пожежа" сталі	Порушення ізоляції між окремими пластинами сталі або ізоляції стяжних болтів; слабе пресування пластин, утворення короткозамкненого контура при пошкодженні ізоляційних прокладок між ярмом і магнітопроводом



Бак і арматура	Витікання масла із зварювальних швів, кранів і фланцевих з'єднань	Порушення зварювального шва від механічних або температурних впливів, погана притирка пробки крана, пошкодження прокладки під фланцем
	Трансформатор перегрівається	1. Трансформатор перевантажений 2. Ослабла пресовка шихтованого магнітопроводу; 3. Порушене пресування стиків у стиковому магнітопроводі
	Ненормальне гудіння в трансформаторі	1. Відбулося перекриття (але не пробій) між обмоткою або виводами навантаження внаслідок перегрівання; 2. Обрив заземлення
	Потріскування всередині трансформатора Пробій обмоток на корпус, між обмотками високої та низької напруги або між фазами	Виникли перенапруги. Різко погіршилась якість масла. Знизився рівень масла. Погіршилась якість ізоляції внаслідок її старіння. Утворилось коротке замикання на лінії

Домашня робота: Принц М. В., Цимбалістий В. М. Освітлювальне і силове електроустаткування. Монтаж і обслуговування.- 2006р. Розділ 13. Ст.222. виконати завдання 45 та відправити на перегляд.

#### План уроку з спецтехнології №125 8.04.2020

**Модуль:** Виконання нескладних регламентних робіт із обслуговуванням електроустаткування.

**Тема:** Технічне обслуговування та ремонт трансформаторів

**Тема уроку №125:** Періодичність оглядів трансформаторів. Контроль над рівнем мастила, ізоляторами, температурою мастила, зовнішнім станом кінцевого забиття кабелю, за чистотою приміщення за витіканням мастила через кришку, випускними клапанами, навантаження трансформатора

#### **Теоретичні відомості:**

Періодичність перевірки та оглядів силових трансформаторів (без підйому магнітопроводу) визначається відповідно до встановлених норм і залежить від їх технічного стану.

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.

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 відрізнятися 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 °C протягом 15 - 20 год. (до яскраво-блакитного кольору), гранульований, - при 400 - 500 °C протягом 2 год.

Перезарядка термосифонного фільтру виконується, якщо кислотне число масла складає 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 мастилопоказнику розширювача залежно від температури мастила, яку контролюють термометром, встановленим на кришці бака. У корпус оправи термометра також заливають трансформаторне мастило.

При обслуговуванні сухого трансформатора необхідно зняти кожух і упевнитися у відсутності механічних пошкоджень обмоток, ізоляторів і інших частин трансформатора, перевірити надійність контактних з'єднань і заземлень, продути трансформатор чистим сухим повітрям і протерти ізолятори. Після закінчення обслуговування заміряють опір ізоляції обмоток трансформатора R60" і визначають коефіцієнт абсорбції (відношення R60" і R15", де R60" - опір ізоляції через 60 с, R15" - через 15 с після початку вимірювання) мегомметром на 2500 В. Опір ізоляції вимірюють між кожною обмоткою і корпусом і між обмотками.

**Періодичність оглядів трансформаторів. За яких умов необхідний аварійний виведення їх з роботи? (Е2.1.34, Е2.1.41).**

Огляд трансформаторів (реакторів) без їх відключення повинен проводитися в такі строки:

- Головних понижуючих трансформаторів підстанцій з постійним чергуванням персоналу - 1 раз на добу;
- Інших трансформаторів електроустановок з постійним і без постійного чергування персоналу - 1 раз на місяць;
- На трансформаторних пунктах - не рідше 1 разу на місяць.

Залежно від місцевих умов і стану трансформаторів (реакторів) зазначені терміни можуть бути змінені головним інженером шахти (відповідальним за електрогосподарство) Споживача.

Позачергові огляди трансформаторів (реакторів) проводяться:

- Після несприятливих погодних впливів (гроза, різка зміна температури, сильний вітер і ін.);
- При роботі газового захисту на сигнал, а також при відключенні трансформатора (реактора) газової або (і) диференціальним захистом.

Трансформатор (реактор) повинен бути аварійно виведений з роботи при:

- Сильному нерівномірному шумі і потріскуванню всередині трансформатора;
- Ненормальному і постійно зростаючому нагріванню трансформатора при навантаженні нижче номінальної та нормальній роботі пристроїв охолодження;
- Викиді масла з розширювача або розриві діафрагми вихлопної труби;
- Течі масла з пониженням його рівня нижче рівня масломірного скла;
- При необхідності негайної заміни масла за результатами лабораторних аналізів.

Домашня робота: законспектувати тему.

План уроку  
з спецтехнології №126  
8.04.2020

**Модуль:** Виконання нескладних регламентних робіт із обслуговуванням електроустаткування.

**Тема:** Технічне обслуговування та ремонт трансформаторів

**Тема уроку №126:** Причини позачергових техоглядів.

**Теоретичні відомості:**

Одна з головних умов надійності трансформатора в експлуатації - контроль за його температурним режимом, в тому числі за температурою верхніх шарів масла. В трансформаторах з ПБЗ перед настанням зимнього та літнього мінімумів навантаження повинна перевірятись правильність установки коефіцієнта трансформації. В трансформаторах з РПН не допускається їх тривала робота з виведенням зі схеми пристроєм РПН.

Маслонаповнені трансформатори та автотрансформатори в аварійних режимах допускають перевантаження до 40% вверх від номінальної потужності на час максимумів загальною добовою тривалістю не більше 6 год впродовж не більше 5 діб. При цьому коефіцієнт заповнення графіка навантаження K3 Трансформатора в умовах перевантаження не повинен перевищувати 0,75.

На підстанціях, що не обслуговуються черговим персоналом, повинен бути передбачений пристрій сигналізації з передачею на центральний пункт сигналу про настання аварійного режиму перевантаження. Сигнал дозволяє прийняти заходи по розвантаженню. Після автоматичного

відключення трансформатора в результаті дії захисту і після неуспішного АПВ необхідно виявити та усунути несправності, після чого включити трансформатор в роботу.

Обов'язкові періодичні строки огляду трансформаторів без їх відключення: на підстанціях з постійним чергуванням персоналу — один раз на добу; на підстанціях, що не обслуговуються — один раз на місяць; на трансформаторних пунктах — один раз на шість місяців. Позачергові огляди обов'язкові після кожного відключення трансформатора від дії захисту та при різкій зміні температури навколишнього повітря. При оглядах слід звертати увагу на: покази термометрів і мановакуумметрів; рівень масла в розширювачі, наявність масла в маслonaповнених вводах, відсутність утічки масла; стан ізоляторів, маслоохолоджуючих, маслосбірних і маслоочищувальних пристроїв, мережі заземлення; стан ошиновки, кабелів, контактних з'єднань, пробивних запобіжників; справність сигналізації.

На поточні ремонти трансформаторів з відключенням встановлені наступні строки: для трансформаторів ГПП і ЦРП — один раз на рік; для інших трансформаторів — по мірі необхідності, але не рідше одного разу на три роки; для трансформаторів, що працюють в місцях посиленних забруднень — за місцевими інструкціями. Капітальні ремонти

Трансформаторів з оглядом активної частини проводять на підстанціях: не пізніше ніж через шість років після включення в експлуатацію і в подальшому по мірі необхідності.

На кожному підприємстві, що має маслonaповнене обладнання, необхідний запас ізоляційного масла в об'ємі не менше 110% ємності найбільш ємного апарату. Ізоляційне масло, що знаходиться в експлуатації, повинне піддаватися скороченому лабораторному аналізу і випробуванню на пробої.

Домашня робота: дати відповіді на тестові запитання: <https://onlinetestpad.com/ua/test/247604-testov%D1%96-zavdannya-robota-transformatora> (зробити фото про результат та відправити). Пройти тест можна тільки один раз)

#### План уроку з спецтехнології №127

**13.04.2020**

**Модуль:** Виконання нескладних регламентних робіт із обслуговуванням електроустаткування.

**Тема:** Технічне обслуговування та ремонт трансформаторів

**Тема уроку №127:** Ремонт трансформаторів: доливання мастила, підтягування кріплення, розбирання і чищення мастилопоказчика, вимір ізоляції до і після ремонту, видалення бруду з розширника, протирання всіх ізоляторів, перевірка роботи перемикача напруги.

#### **Теоретичні відомості:**

У забезпеченні тривалої безаварійної роботи трансформатора велику роль грає його ізоляція.

Розрізняють ізоляцію маслonaповненого трансформатора зовнішню і внутрішню. До зовнішньої відносять повітряну ізоляцію, що знаходиться зовні бака, наприклад ізоляційна відстань по повітрю між вводами трансформатора. Внутрішньою є ізоляція, розташована усередині бака. Вона ділиться на головну і поздовжню. До головної ізоляції відносять деталі, що ізолюють обмотки один від одного і від заземлених частин, наприклад електрокартонні (м'які) і паперово-бакелітові (жорсткі) циліндри, масляні канали і ін.

У поздовжню ізоляцію входить ізоляція витків обмотки, між її котушками або дисками, між шарами і елементами ємнісного захисту обмотки. В процесі роботи трансформатора всі елементи його головної і поздовжньої ізоляції піддаються різним діям, що знижують їх електричну міцність і терміни служби. Найбільш сильну негативну дію на електричну міцність ізоляції створюють хімічні процеси, що відбуваються в трансформаторі із-за наявності в ізоляції сторонніх домішок у вигляді: вологи, що залишилася в ізоляції при недостатньому сушінні обмоток після ремонту або, що скупчилася унаслідок зволоження охолоджуючого масла трансформатора; залишку розчинника просочувального лаку, не видаленого при запіканні просочених обмоток; повітряних або газових включень в ізоляцію, що залишилися при заповненні бака трансформаторним маслом; сторонніх механічних домішок і твердих часток, що попали в бак при його заповненні маслом.

При роботі трансформатора, що супроводжується підвищенням нагрівом його внутрішніх частин, хімічні процеси стають інтенсивнішими і їх негативна дія на ізоляцію різко зростає.

При збільшенні в твердій і м'якій ізоляції вмісту вологи, недостатньому видаленні з неї розчинників, повітря і газових включень електрична міцність ізоляції знижується, а термін служби ізоляційних

покриттів в результаті хімічних реакцій різко скорочується. Присутність в маслі різних механічних домішок (волокон і ін.) знижує його пробивну напругу.

Окремі ізоляційні деталі, наприклад паперово-бакелітові циліндри, зазнають, окрім всього, додатково і механічні дії, що викликаються електродинамічними зусиллями, які виникають в обмотках при крізних коротких замиканнях.

Якість ізоляції - основний показник, що визначає надійність трансформатора в експлуатації, тому при ремонті трансформаторів якості і дотриманню технології ізоляційних робіт необхідно приділяти особливу увагу. Ізоляція відремонтованого трансформатора повинна без пошкоджень і погіршень діелектричних властивостей витримати весь комплекс післяремонтних випробувань, а також електричні, теплові, хімічні і інші дії на неї, можливі в процесі роботи трансформатора.



Найуразливішою частиною трансформатора, що часто ушкоджується, є його обмотки ВН і рідше НН. Пошкодження найчастіше виникають унаслідок зниження електричної міцності ізоляції на якій-небудь ділянці обмотки, внаслідок чого відбувається електричний пробій ізоляції між витками і їх замикання на цій ділянці, що призводить до виходу трансформаторів з ладу. Нерідкі випадки переходу напруги з обмотки ВН на обмотку НН через погіршення стану ізоляції між ними.

У трансформаторах можуть ушкоджуватися також вводи, перемикачі, кришка і інші деталі. Приблизне співвідношення (у відсотках) пошкоджень окремих частин трансформатора наступне: обмотки і струмопровідні частини - 53, вводи - 18, перемикачі - 12, всі інші частини, разом узяті, - 17.

Дослідження причин аварійних виходів трансформаторів з ладу показали, що зазвичай аварії відбуваються через незадовільне обслуговування і низьку якість ремонту.

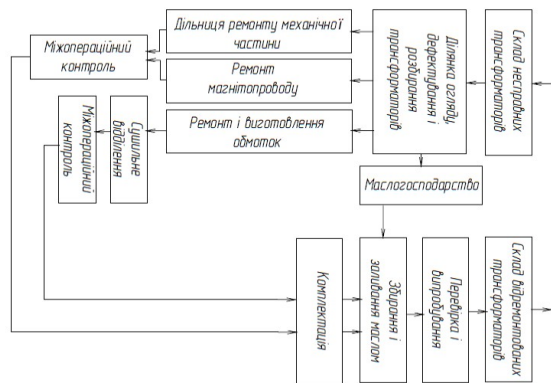
Трансформатор з пошкодженими обмотками або іншими його частинами підлягає негайному виводу з роботи і ремонту. Найбільш поширена в електроремонтних цехах більшості підприємств функціональна схема ремонту трьохфазних трансформаторів з масляним охолодженням показана на мал. 80.1.

Відповідно до цієї схеми пошкоджений трансформатор, що знаходиться на складі несправних трансформаторів в очікуванні ремонту, поступає в дефектувально-підготовче відділення, що складається з трьох ділянок: розбирання і мийки, дефектування обмоток і механічної частини трансформатора.

На розбірній ділянці очищають трансформатор, зливають масло з його розширювача, бака і маслонаповнених введів, а потім, упевнившись із записів в супровідних документах і шляхом попередніх випробувань в несправності трансформатора, переходять до його розбирання і дефектування.

Розбирання трьохфазного масляного двохобмоточного трансформатора і дефектування ряду його частин виконують одночасно або з невеликим зсувом в часі.

Дефектуванням трансформатора називають комплекс робіт по виявленню характеру і мірах пошкодження його окремих частин. Робота по дефектуванню - найбільш відповідальний етап ремонту, оскільки при цьому визначаються дійсний характер і розміри пошкоджень, а також об'єм майбутньої ремонту і потреба в ремонтних матеріалах і оснащенні. Тому виконуючий дефектування повинен добре знати не лише ознаки і причини несправності, але і способи їх безпомилкового виявлення і усунення.



### Схема ремонту трьохфазних трансформаторів з масляним охолодженням.

Пошкодження зовнішніх деталей трансформатора (розширювача, бака, арматури, зовнішньої частини введів, пробивного запобіжника) можна виявити ретельними оглядами, а внутрішніх деталей - різними випробуваннями. Проте результати випробувань не завжди дозволяють точно встановити дійсний характер пошкоджень, оскільки будь-яке відхилення від норми, виявлене в результаті випробувань (наприклад, підвищений струм холостого ходу), може бути викликане різними причинами, у тому числі витковим замиканням в обмотці, наявністю замкнутого контуру струму через стяжні болти і пресуючі деталі, неправильним включенням паралельних обмоток і ін. Тому в процесі дефектування, як правило, розбирають трансформатор і при необхідності піднімають активну частину (магнітопровід з обмотками), що дозволяє не лише точно встановити причини і масштаби пошкоджень, але й визначити необхідні для ремонту трансформатора матеріали, інструменти і пристрої, а також час.

### Технологія ремонту фарфорових введів трансформатора

Ескіз

Склад роботи

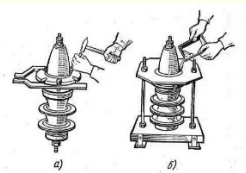
Ремонтні операції

Пояснення

Перевірка фарфорових введів, армування шапки ізолятора і місць паяння шпильок на відсутність течі масла

Огляд шпильок, ковпачка, фланця, фарфору

При сколах фарфору площею більше 3 см<sup>2</sup> або глибині подряпин більше 0,5 мм, опіках на глазури від електричної дуги, тріщинах фланця, обойми або кільця, течі масла вводи переармують



Переармування вводу:

а - видалення старої мастики,  
б - установка вводу в пристосування і заливка цементуючим розчином

Видалення старої мастики

Нагрів автогенним пальником фарфору ізолятора до 100°C. Нагрів фланця до такого стану, при якому армування починає тріскатися і висипатися.

Якщо на ізоляторі виявлений істотний дефект, його розбивають і замінюють новим

Звільнення фланця від ізолятора легкими постукуваннями молотка по фланцю

Переармування

Укладання гумової прокладки всередину ковпака, вставка

Армування проводять у приміщенні з температурою 25°C. Переармований ввід

ізолятора, заливка цементуючим розчином і після застигання покривання ізолятора емаллю 624С

витримують до монтажу не менше 48 год. при 25°С

## Технологія ремонту кришки трансформатора

Ескіз

Склад роботи

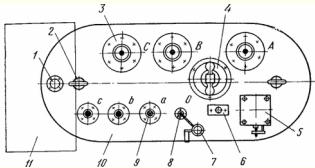
Ремонтні операції

Пояснення

Усунення викривлення або погнутості кришки

Нагрів кришки паяльною лампою в місці викривлення. Виправка кришки ударами молотка або кувалди

Ізолятори і всю арматуру перед ремонтом демонтують



Кришка трансформатора ТМ-400/10 (вид зверху):

1 - фланець для з'єднання з розширювачем, 2 - рим, 3 - ввід ВН, 4 - перемикач, 5 - кран, 6 - термометр, 7 - пробивний запобіжник, 8 - ввід нейтралі НН, 9 - лінійний ввід НН, 10 - кришка, 11 - місце установки розширювача

Заварка тріщин

Наскрізне свердління діаметром 2,5-3 мм кінців тріщини. Обробка тріщини зняттям фаски кромки під кутом 45°. Заварка тріщини електрозварюванням, зачистка шва урівень з поверхнею кришки

Тріщину обробляють по всій довжині. Шов роблять рівним, щільним без раковин, тріщин та пропалів

Відновлення порушеного з'єднання між шпилькою, що кріпить фланець фарфорового ізолятора, і кришкою

Спилювання дефектної шпильки, свердління нового отвору, зачистка поверхні кришки і шпильки по місцю, приварювання шпильки до кришки

Шпильку приварюють до кришки з лицьового боку, роблячи шов щільним, рівним, без тріщин і пропалів

## Технологія ремонту перемикача ТПСУ регулювання напруги трансформатора

Ескіз

Склад роботи

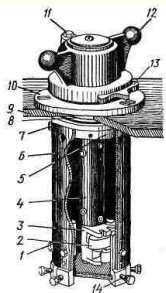
Ремонтні операції

Пояснення

Перевірка якості роботи перемикача

Перевірка щільності прилягання контактних кілець до контактних стержнів зміною положення перемикача

При перемиканні в положення I, II, III (що відповідає фазам А, В, С) повинні бути чітко чути клацання; фіксуючі шпильки в перемкненому положенні повинні входити в свої гнізда. Для паяння використовують ПОС 40



Перемикач ТПСУ регулювання напруги трансформатора:

1, 7 - болти для кріплення циліндра, 2 - сегментний контакт, 3 - колінчастий вал


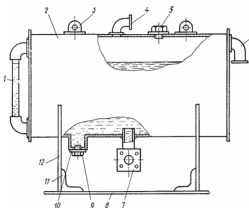
Перевірка надійності паянь відведень перемикача і затягування контргайки наконечника стійки

Перепаявання (при необхідності) відведень



	Усунення несправностей перемикаючої системи	Ретельний огляд контактних стержнів, кільця, штанги і деталей кріплення	Несправні деталі замінюють новими
	Збірка перемикача і установка його на місце	Попередня зачистка контактних поверхонь всіх деталей. Протирання дрантям місця установки	Старі ущільнення замінюють новими
4 - трубка, 5, 10 - внутрішній і зовнішній фланці, 6 - циліндр, 8 - ущільнення 9 - кришка трансформатора, 11 - стопорний болт, 12 - ковпак приводу, 13 - показчик положення перемикача, 14 -	Розбирання, ремонт і збірка сальникових ущільнень	Вибір шпильки, що контрить, знімання ковпака, вигвинчування сальникової пробки, заміна сальникового ущільнення. Затягування сальникової пробки, встановлення на місце ручки перемикача, забивання шпильки	Всі операції виконують після монтажу перемикача

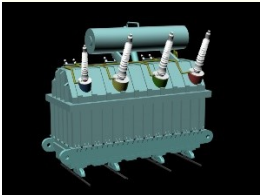
### Технологія ремонту розширювача трансформатора

Ескіз	Склад роботи	Ремонтні операції	Пояснення
	Очищення від забруднення та іржі зовнішньої поверхні	Очищення зовнішньої поверхні металевою щіткою і протирання її чистим дрантям	Остаточне очищення проводять ганчіркою, змоченою в бензині
	Очищення від забруднення внутрішньої поверхні	Вирізання задньої стінки розширювача, очищення поверхні від осаду, що загустів, іржі, протирання ганчіркою, змоченою в бензині	Стінку вирізають, залишаючи кільцеву кромку, до якої після очищення приварюють нове дно
Розширювач трансформатора: 1 – мастило показчик, 2 – корпус, 3 - кільце, 4 – патрубок для з'єднання із запобіжною трубою, 5 пробка, 6 – патрубок для з'єднання з осушувачем, 7 – патрубок для з'єднання з баком, 8 – кришка трансформатора, 9 – пробка, 10 – відстійник, 11 – кронштейн, 12 – опорна	Фарбування внутрішньої поверхні	Фарбування чистої сухої поверхні мастиlostійкою емаллю	Можна застосовувати мастиlostійку нітроемаль
	Заготовка нової стінки	Вирізування з листової сталі нової стінки і приварювання до корпусу розширювача	Задню стінку приварюють, не допускаючи перепалу металу, рівним, щільним швом, без тріщин
	Усунення забруднення і пошкодження мастиломірного скла	Вивертання внутрішньої пробки мастилопоказчика, протирання мастиломірного скла ганчіркою, змоченою	Дефектне скло замінюють новим



пластина	Відновлення контрольних відміток мастиловказівника	сухим трансформаторним маслом Нанесення на розширювачі, навпроти мастиловказівного скла нових відміток рівня масла цинковими білилами	Відмітки рівня мастила наносять на висоті 0,55; 0,45; 0,1 діаметра розширювача, що відповідає температурі мастила +35, +15, - 35оС
----------	--	--	--

### Технологія ремонту корпусу бака трансформатора

Ескіз	Склад роботи Очищення від бруду та іржі корпусу бака	Ремонтні операції Очищення внутрішньої поверхні металевим скребком і промивка відпрацьованим трансформаторним мастилом	Пояснення Видаляють сліди старих ущільнень
	Усунення погнутості і вм'ятин корпусу бака	Виправка легкими ударами молотка погнутості	З боку, протилежного удару, ставлять металевий упор, а деформовану ділянку корпусу нагрівають
	Ремонт зварних з'єднань	Чеканка або паяння волосяних тріщин, кріплення, свердління і заварювання крупних тріщин	Тріщину в трубі заварюють електрозварюванням, а на ребрі і стінці корпусу – газозварювальним апаратом
	Контроль зварних з'єднань	Покриття швів із зовнішнього боку крейдою, а зсередини змочування швів гасом	Якщо шов нещільний, гас проникає і змочує крейду, яка темніє
	Перевірка на герметичність	Заповнення корпусу бака до борту відпрацьованим мастилом	Мастило тримають в корпусі протягом 1 год. при температурі не нижче 10°С

Заземлювальні болти та шунтувальні перемички перевіряють візуально на наявність окислів, іржі, підтягують їх, якщо необхідно замінюють на нові. При неможливості відкрутити болт його змащують маслом або WD-40 але потім замінюють на новий, оскільки ці речовини є діелектриками і погано видаляються з поверхні, а контакт провідника необхідно зачистити наждачним папером або напилком та знежирити бензином.

Домашня робота: підготувати конспект.

14.04.2020

**Модуль:** Виконання нескладних регламентних робіт із обслуговуванням електроустаткування.

**Тема:** Технічне обслуговування та ремонт трансформаторів

**Тема уроку №128:** Ремонт трансформаторів: доливання мастила, підтягування кріплення, розбирання і чищення мастилопоказчика, вимір ізоляції до і після ремонту, видалення бруду з розширника, протирання всіх ізоляторів, перевірка роботи перемикача напруги.

**Теоретичні відомості:**

перегляну ти відеоролики!

<https://www.youtube.com/watch?v=JzihU3wjAro>

<https://www.youtube.com/watch?v=fizAdHMKnEY>

домашня робота: підготувати звіт у письмовій формі про відео. Виконати презентацію на тему: Ремонт силового трансформатора

План уроку  
з спецтехнології №129

14.04.2020

**Модуль:** Виконання нескладних регламентних робіт із обслуговуванням електроустаткування.

**Тема:** Технічне обслуговування та ремонт трансформаторів

**Тема уроку №129:** Перевірка заземлювальних болтів і шунтувальних перемичок

**Теоретичні відомості:**

*Перевірка заземлювальних болтів і шунтувальних перемичок.*

У забезпеченні тривалої безаварійної роботи трансформатора велику роль грає його ізоляція.

Розрізняють ізоляцію маслонаповненого трансформатора зовнішню і внутрішню. До зовнішньої відносять повітряну ізоляцію, що знаходиться зовні бака, наприклад ізоляційна відстань по повітрю між вводами трансформатора. Внутрішньою є ізоляція, розташована усередині бака. Вона ділиться на головну і поздовжню. До головної ізоляції відносять деталі, що ізолюють обмотки один від одного і від заземлених частин, наприклад електрокартонні (м'які) і паперово-бакелітові (жорсткі) циліндри, масляні канали і ін.

У поздовжню ізоляцію входить ізоляція витків обмотки, між її котушками або дисками, між шарами і елементами ємнісного захисту обмотки. В процесі роботи трансформатора всі елементи його головної і поздовжньої ізоляції піддаються різним діям, що знижують їх електричну міцність і терміни служби. Найбільш сильну негативну дію на електричну міцність ізоляції створюють хімічні процеси, що відбуваються в трансформаторі із-за наявності в ізоляції сторонніх домішок у вигляді: вологи, що залишилася в ізоляції при недостатньому сушінні обмоток після ремонту або, що скупчилася унаслідок зволоження охолоджуючого масла трансформатора; залишку розчинника просочувального лаку, не видаленого при запіканні просочених обмоток; повітряних або газових включень в ізоляцію, що залишилися при заповненні бака трансформаторним маслом; сторонніх механічних домішок і твердих часток, що попали в бак при його заповненні маслом.

При роботі трансформатора, що супроводжується підвищеним нагрівом його внутрішніх частин, хімічні процеси стають інтенсивнішими і їх негативна дія на ізоляцію різко зростає.

При збільшенні в твердій і м'якій ізоляції вмісту вологи, недостатньому видаленні з неї розчинників, повітря і газових включень електрична міцність ізоляції знижується, а термін служби ізоляційних покриттів в результаті хімічних реакцій різко скорочується. Присутність в маслі різних механічних домішок (волокон і ін.) знижує його пробивну напругу.

Окремі ізоляційні деталі, наприклад паперово-бакелітові циліндри, зазнають, окрім всього, додатково і механічні дії, що викликаються електродинамічними зусиллями, які виникають в обмотках при крізних коротких замиканнях.

Якість ізоляції - основний показник, що визначає надійність трансформатора в експлуатації, тому при ремонті трансформаторів якості і дотриманню технології ізоляційних робіт необхідно приділяти особливу увагу. Ізоляція відремонтованого трансформатора повинна без пошкоджень і погіршень діелектричних властивостей витримати весь комплекс післяремонтних випробувань, а також електричні, теплові, хімічні і інші дії на неї, можливі в процесі роботи трансформатора.

Домашня робота: підготувати реферат на тему: Перевірка заземлювальних болтів і шунтувальних перемичок.

План уроку  
з спецтехнології №130  
15.04.2020

**Модуль:** Виконання нескладних регламентних робіт із обслуговуванням електроустаткування.

**Тема:** Технічне обслуговування та ремонт трансформаторів

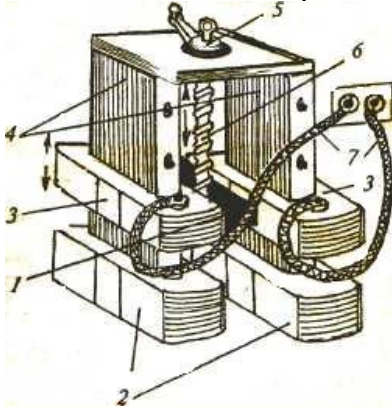
**Тема уроку №130:** Характерні несправності зварювального трансформатора і способи їх усунення.

**Теоретичні відомості:**

**Зварювальний трансформатор.**



Трансформатор для дугового електрозварювання називають зварювальним трансформатором. Це однофазний двообмоточний понижувальний трансформатор, який перетворює напругу мережі 220 або 380В у напругу 60-70В, яка необхідна для надійного запалювання та стійкого горіння електричної дуги між: металевим електродом і зварюваними деталями.



Специфіка роботи зварювального трансформатора полягає в переривчастому режимі його роботи: запалюванні електричної дуги передуює коротке замикання вторинного кола трансформатора, а обривання дуги створює режим холостого ходу. Номінальний режим роботи трансформатора відповідає стійкому горінню електричної дуги. Для обмеження струму в зварювальному трансформаторі необхідно збільшити індуктивний опір. На малюнку представлений зварювальний трансформатор ТСК-500. Первинна обмотка його нерухома, а вторинна переміщається по сердечнику. Переміщенням вторинної обмотки регулюється зварювальний струм. В нижній частині сердечника 4 знаходиться первинна обмотка 2, яка складається з двох котушок, розміщених на двох стержнях магнітопроводу. Котушки первинної обмотки закріплені нерухомо. Вторинна обмотка 3, яка також складається з двох котушок, розміщена на значній відстані від первинної. Котушки, як первинної, так і вторинної обмоток з'єднані паралельно. Вторинна обмотка, жорстко з'єднана з плитою 1, переміщається по сердечнику за допомогою гвинта 6, з яким вона пов'язана, та рукоятки 5, яка знаходиться на кришці кожуха трансформатора. Зварювальний струм регулюють зміною відстані між первинною і вторинною обмотками. При обертанні рукоятки 5 за годинниковою стрілкою вторинна обмотка наближається до

первинної, магнітний потік розсіяння і індуктивний опір зменшуються, зварювальний струм зростає. При обертанні рукоятки проти годинникової стрілки вторинна обмотка віддаляється від первинної, індуктивний опір і магнітний потік розсіяння ростуть і зварювальний струм зменшується. Струм з вторинної обмотки поступає на вихід 7.

Межі регулювання зварювального струму 165-650 А.

Обмежити струм у зварювальному трансформаторі можна також послідовним вмиканням у вторинне коло т (мал.а), що є котушкою з мідного проводу прямокутного перерізу, яка розміщена на сталевому магнітопроводі. При обертанні гвинта дає змогу переміщувати ярмо так, щоб повітряний зазор  $\delta$  між ярмом і стержнями з мінімальним значенням  $\delta$  відповідає найбільшому індуктивному опору дроселя, а відповідно, мінімальне значення струму. Значенню  $\delta = \delta_{\max}$  відповідає найменший індуктивний опір дроселя і максимальне значення робочого струму.

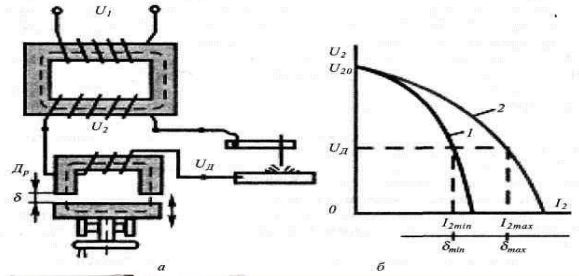
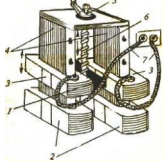


Схема вмикання трансформатора для електродугового зварювання СТШ-400: а - будова, б - вольт-амперна характеристика

Професійний зварювальний трансформатор СГД Патон

### Характерні несправності зварювального трансформатора і способи їх усунення.

#### Деталі та вузли трансформатора



- 1 – плита;
- 2 – первинна обмотка;
- 3 – вторинна обмотка;
- 4 – сердечник;
- 5 – рукоятка;
- 6 – гвинт;
- 7 – клемна колодка

Котушки первинної і вторинної обмоток

Зношування та пошкодження деталей та вузлів

Пониження опору ізоляції обмоток  
 Пошкодження бандажів  
 Послаблення кріплення котушок  
 Послаблення і випадання розпірок і клинів  
 Відшарування ізоляції зовнішнього шару проводів обмотки

Способи ремонту деталей та вузлів

Сушіння ізоляції  
 Заміна бандажів  
 Закріплення котушок  
 Заміна розпірок і клинів  
 Ізолювання місць пошкоджень ізоляції

Пакет сердечника	Збільшення товщини пакету сердечника	Затяжка стягуючих шпильок
	Пониження опору ізоляції затягуючих шпильок	Заміна ізоляції шпильок
	Вигоряння або оплавлення ділянок пакета	Зачистка місць пошкодження
	Пошкодження антикорозійного покриття	Очищення і окраска поверхні пакета
Механізм регулювання зварювального струму	Згинання ходового гвинта	Правка гвинта
	Зношування різьби ходового гвинта і ходової гайки	Заміна гвинта, гайки
	Порушення кріплення ходової гайки	Заміна траверси
	Згинання, злом рукоятки	Заміна рукоятки
Основа контактних зажимів	Порушення кріплення ручки в рукоятці	Приварювання ручки
	Тріщини і сколи на ручці	Заміна ручки
	Тріщини і сколи на основі, вигоряння ділянок поверхні основи і отворів під контактні болти	Заміна основи
	Наявність бризок металу і кіптяви на поверхні основи	Очищення поверхні
Шини і з'єднувальні провoda	Пошкодження ізоляції з'єднувальних проводів	Ізолювання пошкоджених ділянок
	Підгоряння і оплавлення контактних поверхонь шин і наконечників з'єднувальних проводів	Зачищення контактних поверхонь
	Порушення пайки наконечників	Пайка
	Прогини і вм'ятини боковин і кришки кожуха	Рихтування
Кожух	Тріщини і розриви стінок кожуха, обрив кріплення ручок, планок і скоб	Рихтування і заварювання
	Пошкодження окрашеної поверхні кожуха	Зачищення і окраска

Домашня робота: підготувати конспект на дану тему.