

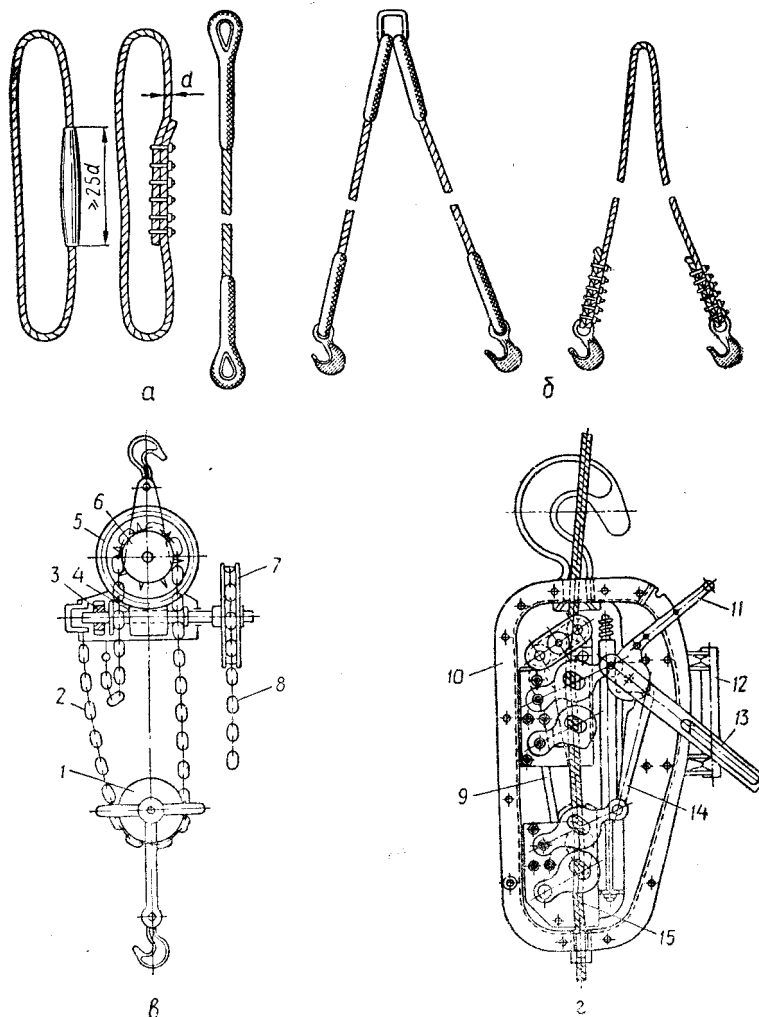
ТЕМА 10. Будова, монтаж, технічне обслуговування і ремонт електричних машин змінного та постійного струмів. (12 год)

Урок №67. Підготовка електричних машин до монтажу. Сушіння електричних машин.

Підготовка електричних машин до монтажу. Усунення дефектів, виявлених при огляді. Складання машин. Сушіння (способи і режими) електричних машин. Регулювання щіткового апарата. Заповнення підшипників мастилом.

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

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



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.

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

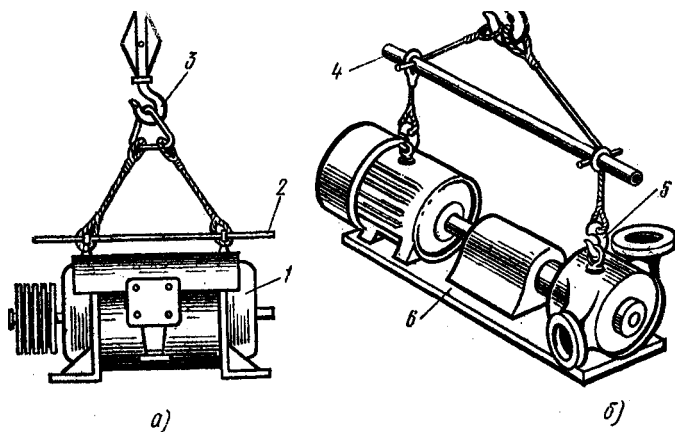
$$P_{г} = fQ;$$

при переміщенні по похилій поверхні

$$P_{п} = Q(f \pm a),$$

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 стропа не мають крюків, використовують лом 2. Зібрані агрегати 6 (мал. 67.2, б), щоб уникнути вигину валів, піднімають за допомогою такелажів траверс 4 з крюками 5.



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

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

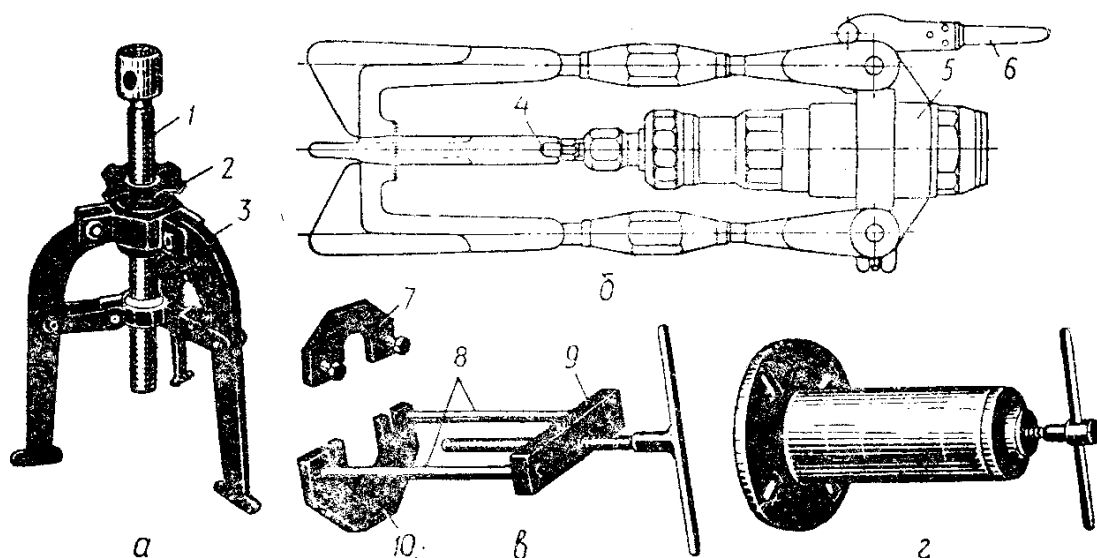
Розбирання та ревізія електричних машин. Доставлені в складеному вигляді на об'єкт монтажу електричні машини звичайно не потребують особливої перевірки, оскільки їх випускають із заводу лише після

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 ревізію 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 гідравлічного (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 гідравлічний знімач ФК-2-10 (мал. 67.3, б). Кінець гвинта гідравлічного знімача обладнаний кулькою 4, наявність якої, незважаючи на створювані значні тягові зусилля, захищає центр вала електричної машини від пошкодження (забою).

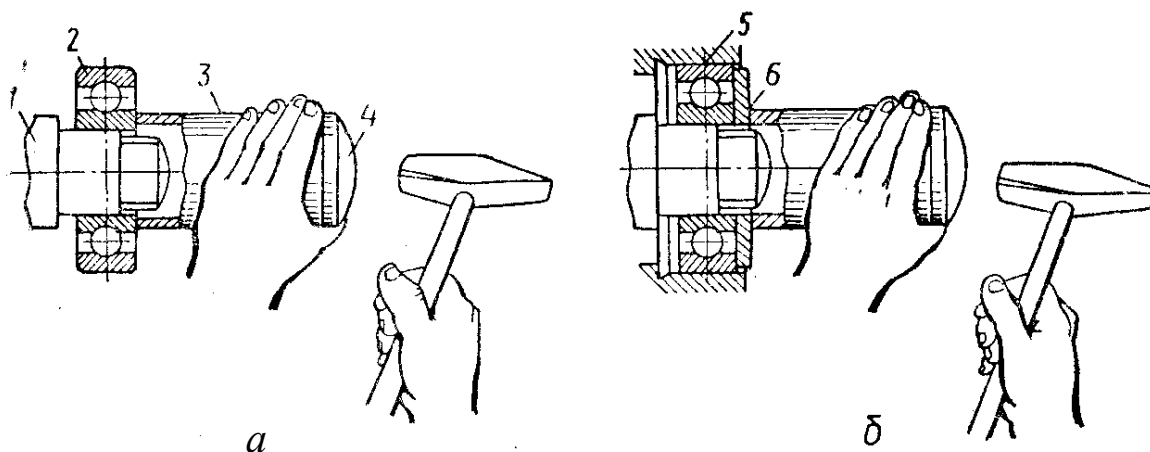


Мал. 67.3. Універсальні знімачі: а – ручний для знімання півмуфт і шківів з валів дрібних та середніх машин, б – гідравлічний для знімання пів муфт і шківів з великих машин, в – для знімання підшипників із захопленням за кільце, г – для знімання підшипників із захопленням за кришку або капсулю, 1 - черв'ячний гвинт з головкою, 2 - регульовальна гайка, 3 - тяга (захват), 4 - сталева кулька, 5 - резервуар, 6 - рукоятка гідравлічного насоса, 7 - пластинка із штифтами, 8 - шпильки, 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 напівмуфта 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 посадження 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 сталевій 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.

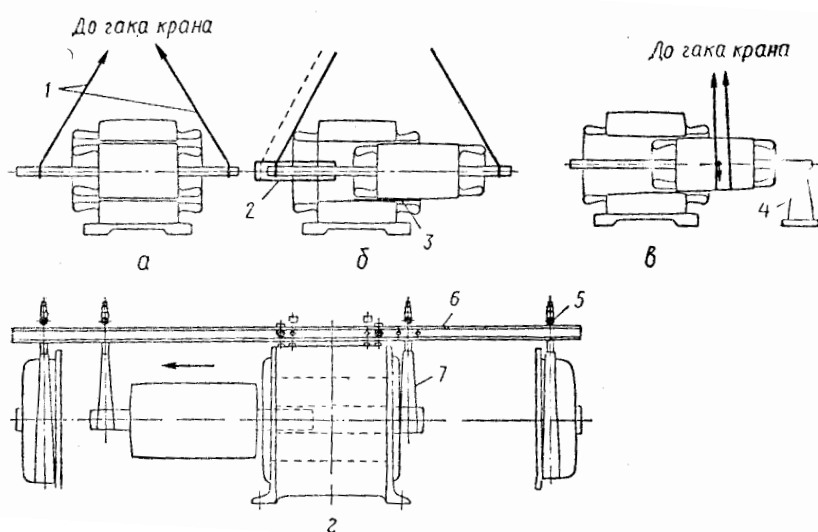


Мал. 67.4. Посадження підшипника кочення: а - на вал, б - в розточку підшипникового щита електричної машини, 1 - вал, 2 - підшипник, 3 - відрізок труби, 4 - сферична заглушка, 5 - розточка в підшипниковому щиті, 6 - сталеві шайба.

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 стропа 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 сталеві балки, комплекту роликів і бандажів, що підтримують вал ротора (якоря). Для захисту колектора якоря від



Мал. 67.5. Способи виведення ротора із статора: а, б, в, - послідовність операцій за способом перестановки, г - за допомогою пристрою, 1 - стропа, 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).

машини сушать.

Сушіння електричних машин

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 тепловитродувки або теплотою, 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.*

механічних пошкоджень його обмотують листом картонна.

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

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 теплотою, 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 втрат у сталі не пов'язане з проходженням його безпосередньо по обмотці електродвигуна. Нагрівання відбувається внаслідок втрат 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.

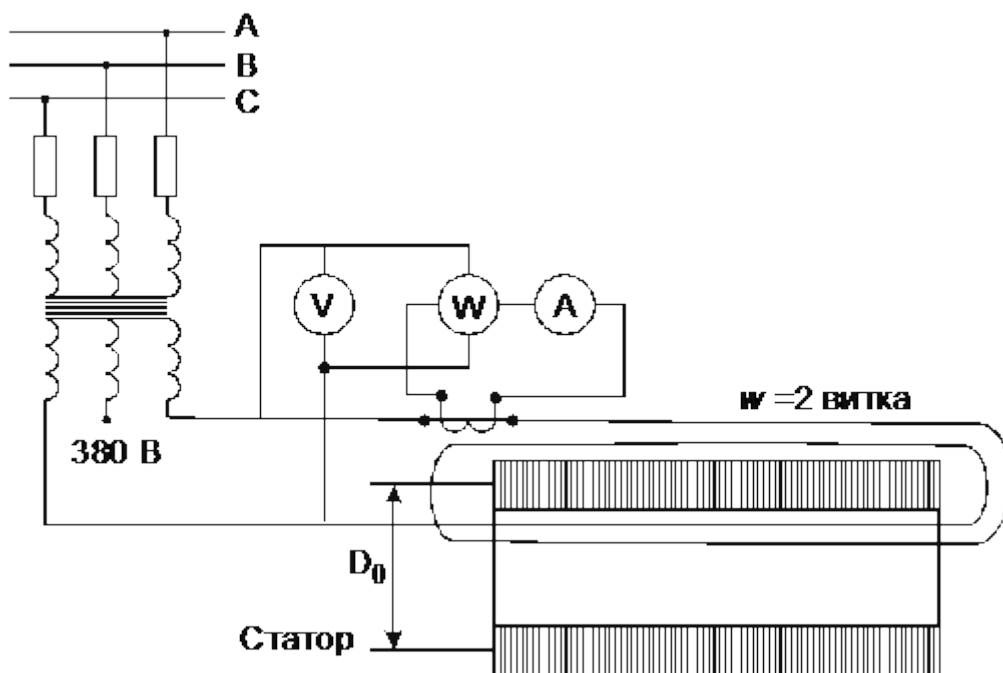
Сушіння генераторів і синхронних компенсаторів. Сушка генераторів і синхронних компенсаторів виконується наступними способами:

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

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 ізолюваним 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° 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.

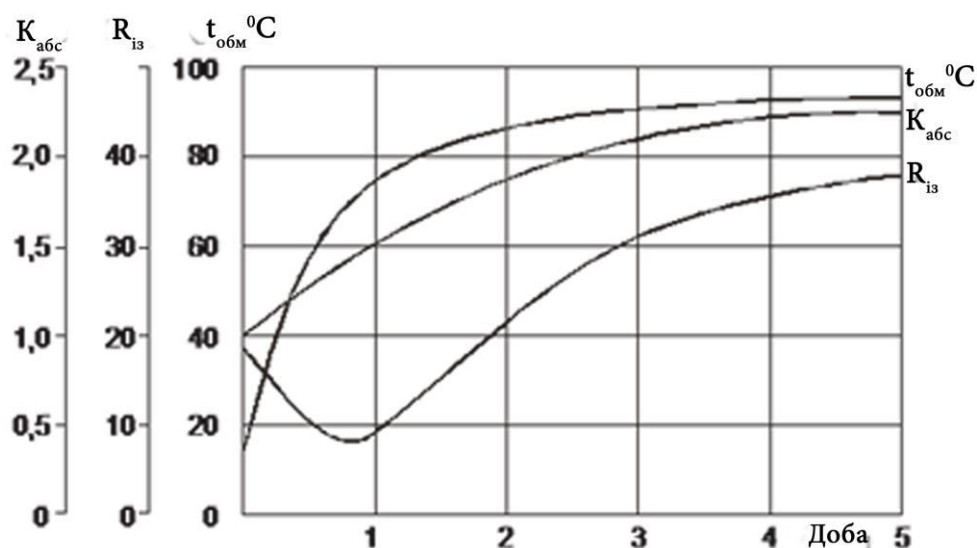
Ротор можна сушити резервним збудником. Статор можна сушити спеціальним випрямлячем, який дає струм силою 1800 А при напрузі 155 В (типу КВТМ-280/0,5). Підйом температури також не більш 5⁰С/год.

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 засмоктується вентилятором ззовні. Всі ці іскри можуть викликати пожежу генератора.

Максимальна температура сушіння вимірюється по закладених терморезисторах. Для обмоток статора з ізоляцією кл.В - 90-95⁰С; для запечених обмоток роторів з ізоляцією кл.В - 120⁰С; кл.ВС - 130⁰С; для незапечених обмоток роторів з ізоляцією кл.В - 100⁰С; для обмоток роторів з ізоляцією кл.А - 100⁰С.

Температура ротора визначається по опору його обмотки. Сушіння повинно виконуватися при температурах, близьких до максимальної, але не нижче 80⁰С. Для контролю за сушінням через кожних 1-2 години виконується вимір опору ізоляції і обчислення коефіцієнту абсорбції $K_{абс}$.

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 незмінними рівним досягнутому максимальному значенню.

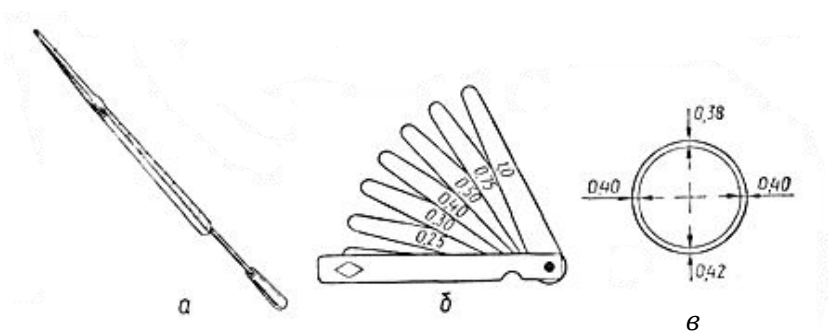
Зважаючи на постійну загрозу пожежі під час сушіння будь-яким способом завжди має бути наготові повний комплект засобів пожежогасіння. Машину, що гріється, не можна залишати без нагляду ні на хвилину.

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 встановлення 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 відрізнятись 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.



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.