

*А.О. Жарікова, магістрант, А.Б.Чебанов, к.т.н., доцент
(Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного, Україна)*

Сушка ізоляції обмоток електричних машин

При експлуатації, транспортуванні та зберіганні ізоляція обмоток електричних машин зволожується. Діелектричні характеристики погіршуються при попаданні води погіршуються, тому з метою продовження терміну служби електродвигунів актуальним завданням є видалення води з обмоток електричних машин (сушка).

Зовнішній нагрів використовують в тому випадку, якщо активна частина машини стала вологою. Для цього ізоляцію обмоток сушать за допомогою теплоносія, у вигляді гарячого повітря (рис. 1), використовуючи повітрорудки з калориферами, лампи розжарювання і нагрівальні опору. Кількість повітря, що потрібується при використанні повітрорудки за хвилину рівняється полуторному обсягу камери, в якій сушать електродвигун. Потужність нагрівального елемента повинна дорівнювати об'єму камери в кубічних метрах. Якщо обсяг камери для сушки електродвигуна дорівнює 8 м³, то обсяг гарячого повітря, що потрібен для пропускання через цю камеру, повинен становити 12 м³, а потужність електронагрівального елемента - 8 кВт.

Для видалення води з шарів ізоляції обмоток струмом короткого замикання (рис. 2) обмотки окремих фаз замикань накоротко і подають до них напругу, яка знизилась. Джерелом напруги при цьому зазвичай служать зварювальні трансформатори.

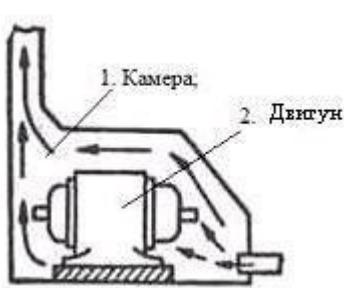


Рисунок 1 Обдув ізоляції обмоток струмом

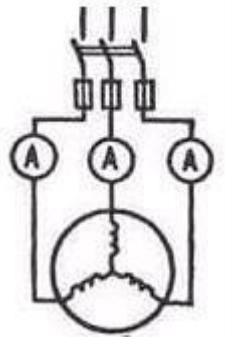


Рисунок 2 Сушка ізоляції короткого замикання гарячим повітрям

Електродвигун накривають поверх теплоізоляційним матеріалом. Струм в обмотках статора доводять до 50% від номінального і підтримують його на цьому рівні 2 - 3 години. Наступні три години (з інтервалами в двадцять-тридцять хвилин) струм доводять до 90% від номінального. В перші 3 - 5 години температура обмоток має бути 40 -50 ° С, після 8 - 10 год сушки температура обмоток не повинна перевищувати - 60 - 70 °С. Температура повітря при цьому, що виходить не повинна перевищувати 50 °С, а температура ізоляції обмотки має бути не більше 70 °С. Через кожні дві години перевіряють температуру обмоток термометром і визначають мегомметром опір їх ізоляції.

Сушку електродвигуна можна вважати закінченою, якщо при температурі гарячого повітря 50 - 60 °С опір ізоляції буде залишатися постійним протягом 3 - 5 годин.

За останній час впроваджені найкращі способи сушіння електродвигунів індукційними втратами в сталі статора при нерухомих машинах, які не пов'язані з проходженням струму в обмотках. При цьому методи сушіння існує два види втрат: втратами в активній сталі статора і втратами в корпусі статора.

Нагрівання електродвигунів здійснюється втратами на перемагнічування і вихрові струми в активній сталі статора електродвигуна змінного струму або індуктора машини постійного струму від створюваного в машинах змінного магнітного потоку в осерді статора і корпусі машини. Змінний магнітний потік створюється спеціальною намагніченою обмоткою, яка намотана на корпус машини по зовнішній поверхні його з протягуванням провідників під станину (рис. 3, а) або на корпус і підшипникові щити (рис. 3, б), змінний магнітний потік також можливо створений індукційними втратами в активній сталі статора і корпусі електричної машини (рис. 3, в).

Ротор асинхронної або синхронної машини необхідно вийняти для можливості намотування на статор витків, що будуть намагнічуватись. Намагнічуюча обмотка робиться за допомогою ізольованого проводу, перетин і кількість витків визначається відповідним розрахунком. У процесі сушіння опір ізоляції обмоток електричних машин в перший період сушіння знижується, в подальшому зростає і, досягнувши деякого значення, стає постійним. На початку сушіння опір ізоляції вимірюють через кожні 30 хв, а при досягненні сталої температури - через кожну годину.

Результати заносять в журнал сушіння та одночасно викреслюють криві (рис. 4) залежності опору ізоляції та температури обмоток від тривалості сушіння. Вимірювання опору ізоляції, температури обмоток і навколишнього середовища продовжують до повного охолодження електричної машини. Видалення вологи з обмоток електричної машини припиняють після того, як опір ізоляції буде незмінним при постійній температурі протягом 3 - 5 годин.

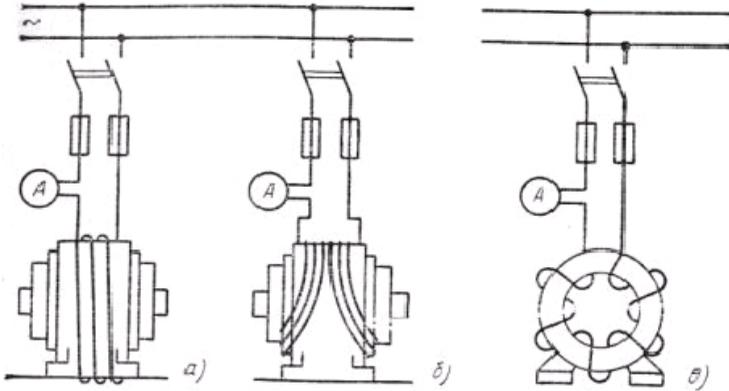


Рисунок 3 Сушка електричних машин за рахунок індукційних втрат в сталі: а) в корпусі машин; б) в корпусі і підшипникових щитах; в) в корпусі і активній сталі статора

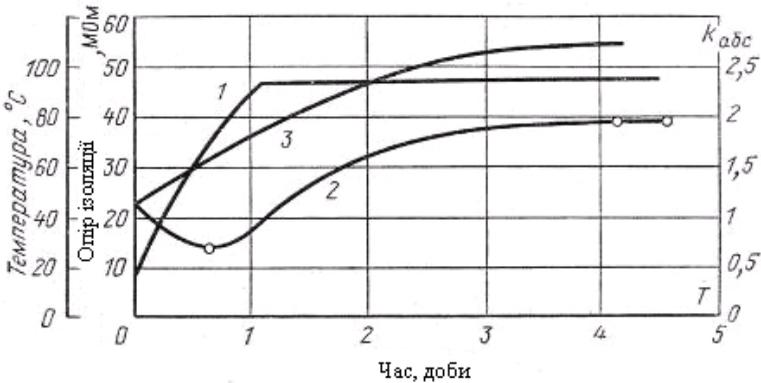


Рисунок 4 Криві залежності опору ізоляції 2, коефіцієнта абсорбції 3 і температури обмотки 1 електричної машини від тривалості сушіння

Розрахунок обмотки, що намагнічує:

1. Число витків обмотки, що намагнічує визначається за формулою $\omega = 45 \times 10000 / Q \times B$ (1)

де Q – поперечний перетин спинки статора, см²;

B – індукція у осерді, обирається, як показано нижче, Тл; .

2. Визначення Q визначається за формулою

$$Q = l_c \times h_{сп} \quad (2)$$

де $l_c = k \times (l - n_{кан} \times l_{кан})$ – осьова довжина активної сталі статора, см;

k – коефіцієнт заповнення для активної сталі (для лакованої $k = 0,93$, для обклеєної папіром $k = 0,9$); l – повна осьова довжина активної сталі статора з ізоляцією та вентиляційними каналами, см; $l_{кан}$ – ширина вентиляційного каналу, см; $n_{кан}$ – кількість вентиляційних каналів;

$h_{сп}$ – висота стінки сталі статора, см, визначається за формулою

$$h_{сп} = 0,5 \times (D_{зовн} - D_{внутр}) - h_{зуб}$$

де $D_{зовн}$ та $D_{внутр}$ – зовнішні та внутрішні діаметри активної сталі, см; $h_{зуб}$ – висота зуба або глибина паза, см.

3. Струм намагнічування визначається за формулою

$$I = F / \omega \quad (3)$$

де $F = \pi \times D_0 \times F_0$ – повна сила, що намагнічується, А; $D_0 = D_{зовн} - h_{сп}$ – середній діаметр спинки статора, см; $F_0 = F_{0\max} / \sqrt{2}$ – питома сила, що намагнічується, А/см, відповідає індукції,

ω – к-ль-сть витків

4. Повна потужність, потрібна для сушіння, буде дорівнювати:

$$S = U \times I / 1000 \quad (4)$$

де U – напруга, В; I – сила струму, А.

5. Активна потужність, потрібна для сушіння, буде дорівнювати:

$$P = p \times G(5)$$

де p – питомі втрати в активній сталі (зібраного статора) для данної величини індукції, Вт/кг; G – маса активної сталі статора без зубцевого шару, т.

6. При використанні вала ротора в якості витка обмотки, що намагнічується, коли $\omega = 1$, величина напруги, що підводиться до кінців валу, визначається

$$\omega = Q \times V / 45 \times 10000 \quad (6)$$

Висновки

Розглянули найбільш поширені способи сушіння обмоток електродвигунів, які зможуть забезпечити нормативний опір ізоляції обмоток статора.

Список літератури

1. Енергетика, обладнання, документація. Режим доступу: http://forca.ru/info/spravka/maslyanye-vyklyuchateli_5.html.
2. Федоров А.А. «Довідник з електропостачання та електрообладнання» / А.А. Федоров // у двох томах, М.: Вища, 1987р.
3. Електромеханіка. Режим доступу: <http://www.electromechanics.ru/articles/overview/558-drying-methods-of-synchronous-generators-and-compensators.html>