

Тема №4: Електричні машини постійного струму

Тема: З'єднання окремих провідників в обмотку якоря. Вплив реакції якоря на роботу машин постійного струму.

Лабораторна робота №12

Мета: Ознайомитися з основними характеристиками та видами провідників якірних обмоток. Навчитися характеризувати форми якірних обмоток.

Теоретичний матеріал

Конструктивні форми виконання обмоток якорів

Незважаючи на різноманітність конструкцій електричних машин, можна виділити три конструктивні форми якірних обмоток:

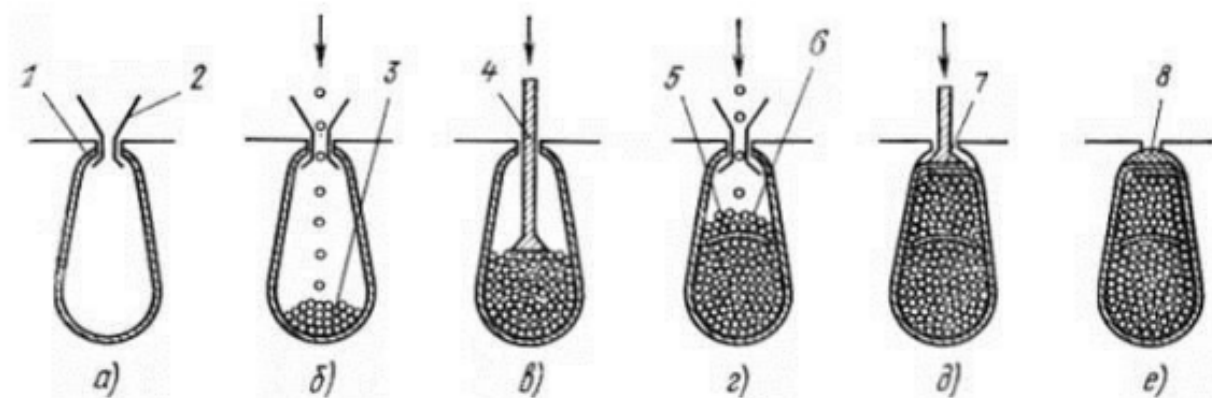
- всипні з круглих провідників;
- жорсткі з прямокутних провідників;
- стрижневі з прямокутних провідників.

Окремо необхідно зазначити про існування і інших конструктивних форм обмоток, які не є якірними, але приймають обов'язкову участь в перетворенні енергії електричних машин:

- короткозамкнені, які широко застосовують в машинах змінного струму;
- збудження, які, як відомо, обов'язково присутні в машинах постійного струму та в синхронних машинах.

Всипні обмотки

Всипні обмотки виконують з круглого проводу і застосовують у машинах постійного струму потужністю до 30кВт, в машинах змінного струму потужністю до 100 кВт напругою до 660 В. Назву «всипні» обмотки отримали з урахуванням технології виготовлення: провідники розташовують (як би всипають) по одному в паз (рис. 1).



До переваг всипних обмоток відносять:

- можливість автоматизації та механізації процесу виготовлення і укладання;

- високий коефіцієнт заповнення паза міддю (відношення чистого перерізу міді паза до всієї площі паза у світлі) через невеликі товщини плівкової або емалевої ізоляції провідників;
- невелика величина коефіцієнта Картера ($K_C = K_{Cs} K_C$) внаслідок відносно малої ширини шліца, порівняно з іншими типами обмоток;
- відносно невеликі додаткові втрати (поверхневі і пульсаційні) в сталі через зменшену ширину шліца.

До недоліків всипних обмоток відносять:

- застосування обмотки тільки для напруг до 660В включно;
- застосування для машин великих потужностей обмежується через недостатню механічну міцність лобових частин (неприпустимий відгин в сторону якоря при раптових коротких замиканнях);
- відсутність вентиляційних каналів між провідниками лобових частин, що ускладнює охолодження їх і машини в цілому, а це змушує знижувати густину струму, що в кінцевому підсумку обумовлює збільшення габаритів машини;
- коефіцієнт скорочення кроку одношарової обмотки дорівнює одиниці.

Жорсткі обмотки

Жорсткі обмотки виготовляють з прямокутного проводу у машинах постійного струму потужністю понад 30 кВт і змінного струму – понад 100 кВт та з відкритими або напіввідкритими пазами. Прямокутні провідники забезпечують значну механічну міцність лобових частин, яку підвищують зв'язуванням (бандажировкою) сусідніх котушок кіперною стрічкою або склочулком. При великих вильотах лобових частин у машинах потужністю більш 100кВт використовують бандажні кільця (металеві, одне або два, накладених на зовнішню поверхню лобових частин обмоток), які скріплюють з котушками, чим забезпечують необхідну механічну міцність при раптових к.з.

Обмотки виготовляють наступним чином:

- намотують на шаблонах котушки з необхідним числом витків w_k в ній, таку котушку називають «човник»;
- на намотаний човник накладають ізоляцію чи технологічні зав'язки;
- на згинальному верстаті котушці-човнику надають форму, відповідну кроку котушки по пазах і типу обмотки (рис. 2);

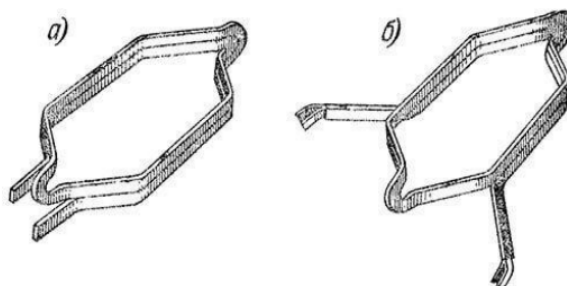


Рис. 2. а) петльова обмотка; б) хвильова обмотка

- котушки вкладають вручну у пази якоря; причому в машинах змінного струму більшу сторону провідника розташовують паралельно дну паза (рис. 3) з метою

зниження додаткових втрат, а в машинах постійного струму можливе розташування більшої сторони провідника паралельно стінці паза (рис. 4);

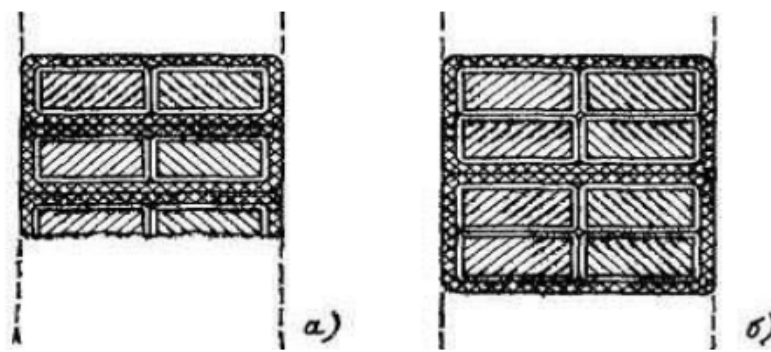


Рис.3. Взаємне розташування провідників в котушці а) котушки с двома паралельними провідниками у витку; б) котушки с чотирма паралельними провідниками у витку

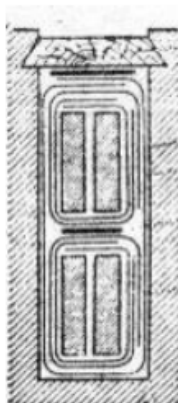


Рис. 4

Застосувавши безперервну або гільзову ізоляцію, обмотку закріплюють у пазу за допомогою клинів (рис. 4, рис. 5 і рис. 6)

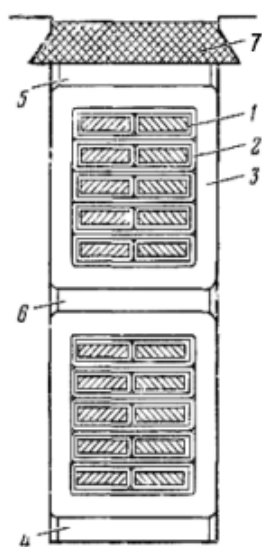


Рис.5

1-провідник; 2-виткова ізоляція; 3-неперервна ізоляція; 4,5,6-ізоляційні прокладки; 7-клин.

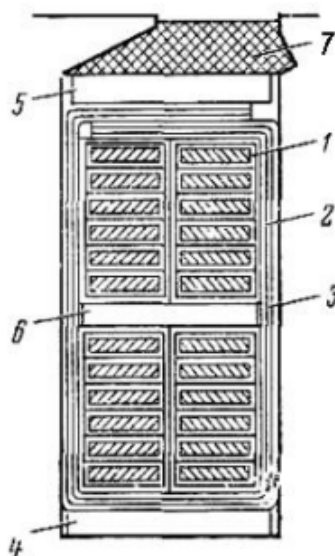


Рис.6

1-провідник; 2-ізоляція котушки; 3-пазова(гільзова) ізоляція; 4,5,6-ізоляційні прокладки; 7-клин

На рис. 5 показаний у розрізі паз з безперервною ізоляцією, тобто кожна котушка має власну пазову (корпусну) ізоляцію. Паз з гільзовою ізоляцією наведено на рис. 6; тут пазова (корпусна) ізоляція загальна.

До переваг жорстких обмоток відносять:

- можливість виготовлення машин постійного струму понад 30кВт , а машин змінного струму понад 100кВт ;
- застосування для машин з номінальною напругою понад 660В ;
- висока механічна міцність лобових частин у порівнянні з всипною обмоткою;
- лобові частини мають вигляд плетеного кошика (кошиковий вид), що сприяє кращому їх охолодженню.

Недоліками жорстких обмоток вважають:

- більш складна технологія виготовлення порівняно з всипною обмоткою;
- підвищені трудовитрати через неможливість застосування автоматизації та механізації при укладанні обмотки;
- підвищена величина шліців (відкриття пазів), що обумовлює збільшення коефіцієнта Картера і зростання МРС повітряного проміжку;
- зростання амплітуд магнітних полів вищих гармонік зубцевих порядків, що зумовлює зростання додаткових втрат у сталі і погіршення віброакустичних властивостей машини.

Стрижневі обмотки

Цей конструктивний тип обмоток якоря (статора) виконують з прямокутних провідників в електричних машинах великої потужності, у яких значні величини фазних струмів, що вимагають великого ефективного перерізу витка. До таких машин відносять турбогенератори і гідрогенератори, а також синхронні та асинхронні двигуни великої потужності.

Особливістю стрижневої обмотки статора, яку виконують як двошарову, є те, що число витків в котушці (або секції) дорівнює одиниці, $w_k = 1$, а значить число провідників у пазу $u_p = 2$. Це дозволяє виконувати обмотку з окремих стрижнів, які виглядають половиною витка. Вид напіввитка визначає тип обмотки - хвильова або петльова (рис. 9).

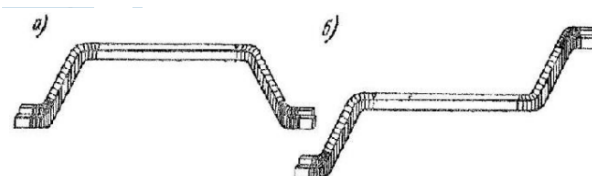


Рис. 9. а) петльова обмотка; б) хвильова обмотка

Стрижень виконують з елементарних провідників з перерізом не більше 2 17...20мм , сумарний переріз яких відповідає необхідному ефективному перерізу витка, а для зменшення нерівномірності розподілу струмів по елементарним провідникам уздовж стрижня здійснюють перекладку провідників (транспозицію).

Така транспозиція забезпечує всі можливі положення провідника по висоті і ширині паза, тобто однакові довжину та умови в магнітному полі розсіювання. Стрижні мають безперервну ізоляцію, їх укладають у пази статора, а потім здійснюють пайку стрижнів між собою відповідно до схеми обмотки (рис. 10)

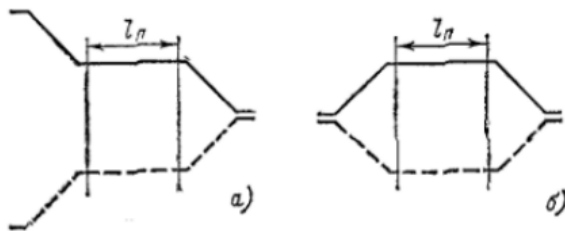


Рис. 10. а) хвильова обмотка; б) петльова обмотка

Перевагою стрижневих обмоток статорів є:

- можливість виконання електричних машин великої потужності; - забезпечення електричної міцності до напруги 25 кВ;
- достатня механічна міцність лобових частин при застосуванні кріплення до кронштейнів;
- гарне охолодження лобових частин, що мають «кошиковий» вигляд.

Істотними недоліками стрижневих обмоток вважають:

- складна технологія виготовлення стрижнів;
- порівняно велика вартість виготовлення.

Слід зазначити, що стрижневі обмотки застосовують для обмоток збудження потужних турбогенераторів з безпосереднім охолодженням

Короткозамкнені обмотки

Короткозамкнені обмотки знаходять широке застосування в електричних машинах, що вимагає знайомство з їх конструктивним виконанням, хоча вони не є якірними (основними). В асинхронних двигунах короткозамкнені обмотки беруть участь в перетворенні енергії, а пускові і заспокійливі короткозамкнені обмотки на полюсах синхронних машин дозволяють забезпечити відповідно запуск і усунути (або послабити) коливання ротора синхронних машин.

Короткозамкнені обмотки роторів асинхронних машин за способом виготовлення поділяють на литі і зварні.

Литі короткозамкнені обмотки виконують в асинхронних двигунах потужністю до 70кВт; при цьому одночасно відливають вентиляційні лопатки, що сприяють поліпшенню охолодження лобових частин обмотки (рис. 11). Обмотку виконують, зазвичай, з алюмінію, який заливають в грушоподібні пази (рис. 12 а), а при необхідності підвищення пускового моменту литу обмотку виконують з пазами вузькими і прямокутними (рис. 12 б) для підвищення впливу ефекту витиснення.

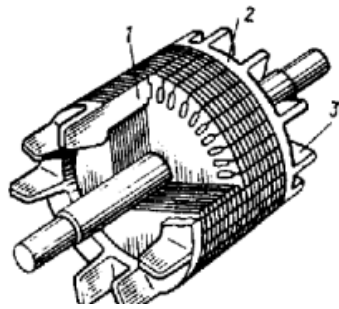


Рис. 11. 1-стержні; 2-к.з. кільця; 3-лопатки

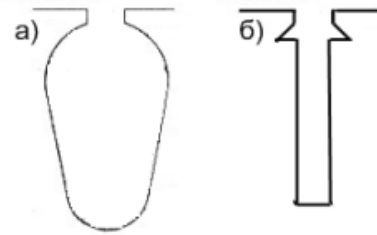


Рис. 12. а) паз овальний; б) паз прямокутний

Зварні короткозамкнені обмотки (рис. 13) застосовують у спеціальних двигунах та асинхронних двигунах великої потужності.

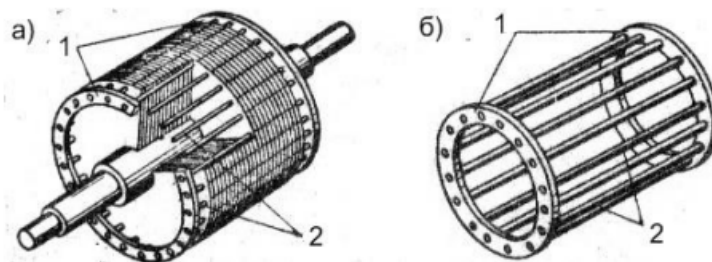


Рис. 13. 1-к.з. кільця; 2-стержні.

Висновки

З розглянутих конструктивних форм розташування провідників обмоток якорів в пазах впливає, що обмотки можуть виконуватися з круглого і прямокутного проводу. Обмотки з круглого проводу виготовляють в машинах постійного струму потужністю до 30 кВт, а в машинах змінного струму - до 100 кВт. При цьому такі обмотки називають «всипними», їх провідники «всипають» в пази трапецеїдальної або грушоподібної (овальної) форми. При потужності понад 30 кВт для машин постійного струму і 100 кВт для машин змінного струму використовують для обмоток прямокутні проводи, які утворюють витки і укладають у відкриті (напіввідкриті) пази.

Лабораторна робота №12

Вплив реакції якоря на роботу машин постійного струму

Мета: Визначити вплив реакції якоря на роботу машин постійного струму. Дослідити, що відбувається з магнітним полем машини внаслідок реакції якоря.

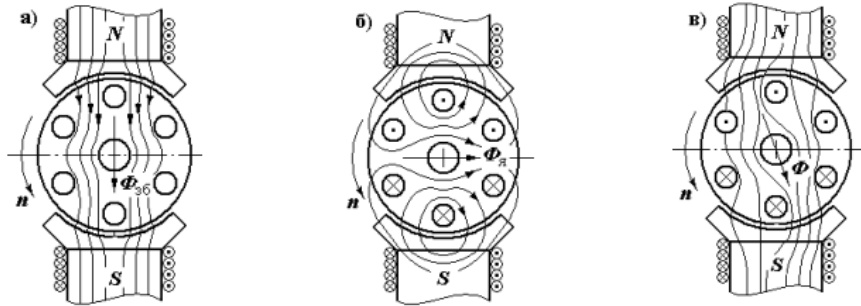
Хід роботи

1. Дослідити вплив, який здійснює магнітний потік якоря на основний магнітний потік.
2. Виявити зміни в магнітному полі машини внаслідок реакції якоря.

ВИСНОВОК:

Теоретичні відомості до лабораторної роботи

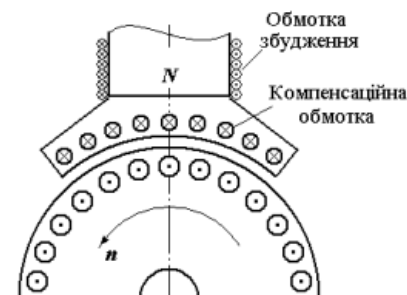
Реакція якоря. При холостому ході генератора існує тільки основний магнітний потік $\Phi_{зб}$, що створюється обмоткою збудження (рис. а).



У навантаженому генераторі струм, що проходить по обмотці якоря, створює власний магнітний потік $\Phi_{я}$. У двополісній машині (рис. б) вісь потоку якоря $\Phi_{я}$ перпендикулярна до осі основного потоку (тобто осі полюсів N–S). Два магнітних потоки $\Phi_{зб}$ і $\Phi_{я}$ утворюють результуючий магнітний потік Φ машини. Вплив, який здійснює магнітний потік якоря на основний магнітний потік, називають **реакцією якоря**.

Внаслідок реакції якоря відбувається деформація магнітного поля машини: збільшується щільність магнітних ліній з одного боку кожного полюса і зменшується щільність з іншого боку полюсів (рис. в). Реакція якоря викликає небажані наслідки: сильне іскріння під щітками, що порушує нормальну роботу машини; зменшення ЕРС генератора, що призводить до додаткового зниження напруги на клеммах генератора при збільшенні його навантаження.

Основним засобом ослаблення реакції якоря є застосування компенсаційної обмотки, яка розміщується в полюсах машини і з'єднується послідовно з якорем. Магнітне поле, створене струмом компенсаційної обмотки, спрямоване назустріч магнітному полю обмотки якоря. Відповідним вибором числа витків компенсаційної обмотки можна добитися практично повної компенсації реакції якоря.



Домашнє завдання

1. Опрацювати теоретичний матеріал
2. Підготувати інформацію (можна відео) про причини виникнення кругового вогню на колекторі.