

**Змістовий модуль 9. Електричні машини змінного струму.
Тема № 9.2. Ковзання. Асинхронні двигуни з фазним ротором.**

План лекції

1. Швидкість обертання. Ковзання.
2. Асинхронний двигун із фазним ротором.

1. Швидкість обертання магнітного поля. Ковзання.

У попередньому розділі було показано, що швидкість обертання магнітного поля визначається частотою змінного струму. Зокрема, якщо трифазну обмотку двигуна розмістити в шести пазах на внутрішній поверхні статора, то за половину періоду змінного струму вектор магнітної індукції зробить півоберту, а за повний період - один оберт. У цьому випадку обмотка статора створює магнітне поле з **однієї парою полюсів** і називається двополюсною.

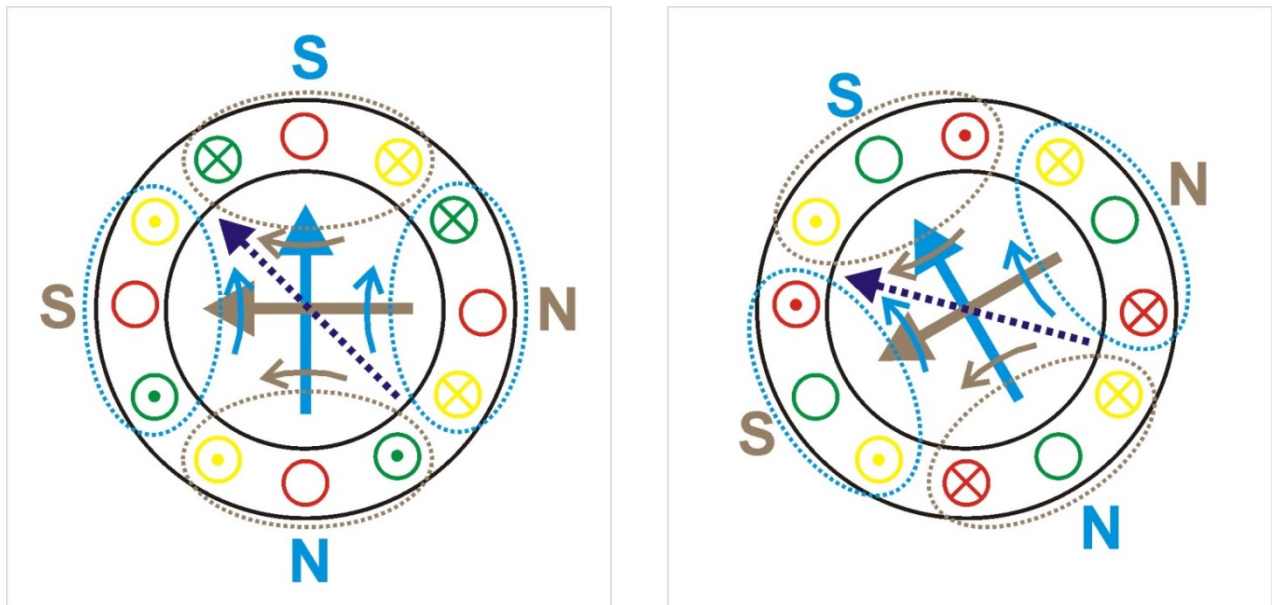
Якщо обмотка статора складається із шести котушок (по дві **попередньо з'єднані** котушки на кожну фазу), розміщених у дванадцяти пазах (мал. 6), то за половину періоду змінного струму вектор магнітної індукції повернеться на чверть оберту, а за повний період - на півоберту. Замість **двох** полюсів на **трьох** обмотках тепер магнітне поле статора має **чотири** полюси (**дві пари** полюсів).

Таким чином, якщо обмотка статора має 2, 3, 4 і т.д. пари полюсів, то вектор магнітної індукції за час одного періоду зміни струму повернеться відповідно на 1/2, 1/3, 1/4 і т.д. частини окружності статора. У загальному випадку, позначивши буквою **p** число пар полюсів, ми можемо зробити висновок, що кут, описаний вектором магнітної індукції за час одного періоду зміни струму, рівний однієї **p** - й частини окружності статора й, отже, швидкість обертання магнітного поля **n₁** обернено пропорційна числу пар полюсів:

$$n_1 = \frac{60f}{p} \text{ (об/хв),}$$

де **f** - частота змінного струму в Гц,

а коефіцієнт 60 з'явився через те, що **n₁** прийнято вимірювати в обертах у хвилину.



Мал. 6. Обертання чотириполюсного магнітного поля.

Оскільки число пар полюсів може бути тільки цілим, то швидкість обертання магнітного поля може набувати не довільних, а тільки певних значень (таб. 1):

Таб. 1. Швидкість обертання багатополюсного магнітного поля.

p	1	2	3	4	5	6	8	12	16
n	3000	1500	1000	750	600	500	375	250	125

Позначимо швидкість обертання ротора n_2 . Тоді величина $n_1 - n_2$, яка називається **швидкістю ковзання**, являє собою відносну швидкість магнітного поля й ротора, а ступінь відставання ротора від магнітного поля, виражена в %, називається **ковзанням** s :

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \cdot 100\%$$

Ковзання асинхронного двигуна при номінальній навантаженні звичайно становить 3-7 %.

Двигун буде працювати стійко, з постійною швидкістю ротора при рівновазі моментів, тобто тоді, коли момент, що обертає, дорівнює гальмовому моменту на валу двигуна. Будь-якому навантаженню машини відповідає певне число обертів ротора n_2 і ковзання s .

Магнітне поле статора обертається щодо ротора зі швидкістю $n_1 - n_2$ і індукуює у його обмотці ЕРС, під дією якої по замкненій обмотці ротора протікає струм I .

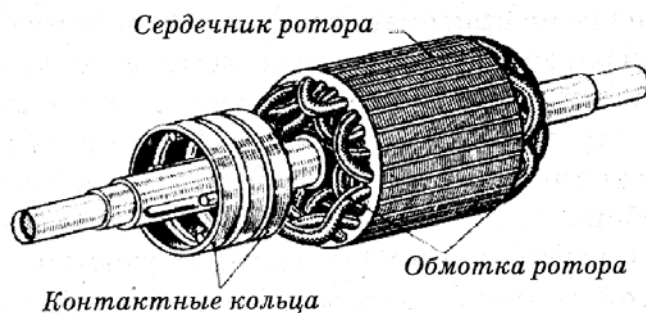
Якщо навантаження на валу двигуна збільшилося, тобто збільшився гальмовий момент, то рівновага моментів буде порушена, що приведе до зменшення числа обертів ротора, тобто до збільшення ковзання s . Зі збільшенням ковзання магнітне поле статора частіше перетинає провідники обмотки ротора й індукована в обмотці ротора ЕРС зростає, а отже, збільшується струм у роторі й обертаючий момент, що *розвивається двигуном*, $M = c\Phi I$. Збільшення ковзання й струму в роторі буде відбуватися доти, поки не настане рівновага моментів, тобто обертаючий момент не стане рівний гальмовому.

Аналогічно протікає процес зміни числа обертів ротора, й моменту що розвивається, при зменшенні навантаження двигуна.

2. Асинхронний двигун з фазним ротором

Недоліком асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором є великий пусковий струм, який перевищує номінальний струм в 5 - 7 раз.

Бажаючи поліпшити пускові характеристики асинхронного двигуна, М. О. Доливо-Добровольський розробив двигун з фазним ротором.



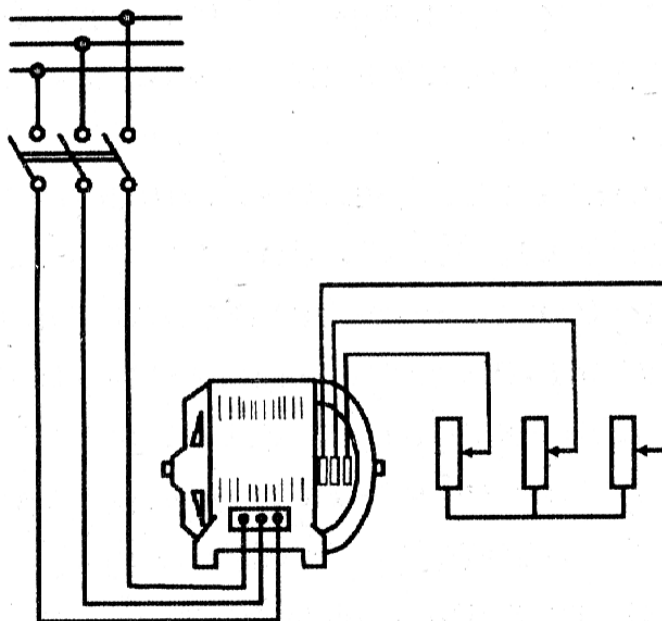
Мал. 7. Фазний ротор (із контактними кільцями).

Асинхронний двигун з фазним ротором має звичайний для асинхронних двигунів статор із трифазною мережною обмоткою, але на поверхні ротора також перебуває трифазна обмотка. *Три фазні обмотки ротора з'єднуються на самому роторі зіркою, а вільні кінці - із трьома ізольованими друг від друга контактними кільцями*, укріпленими на валу машини й ізольованими від нього (мал. 7). Тому асинхронний двигун з фазним ротором називають також *асинхронним двигуном з контактними кільцями*.

Контактні кільця стикаються із щітками, установленими в нерухливих щіткотримачах. Через кільця й щітки обмотка ротора замикається на пусковий

трифазний реостат, який змінює активний опір обмотки ротора в момент пуску. Обмотка статора такого двигуна включається безпосередньо в трифазну мережу (мал. 8).

Ця система використовується або для пуску (для зменшення пускового струму при одночаснім збереженні обертаючого моменту), або для регулювання швидкості обертання ротора двигуна. Після розгону ротора пусковий реостат вимикається й обмотка закорочується за допомогою спеціального відцентрового автоматичного замкача. Для зменшення втрат на тертя в деяких двигунах з фазним ротором є пристосування для відводу щіток від контактних кілець після їхнього замикання.



Мал. 8. Підключення асинхронного двигуна з фазним ротором

Пусковий струм двигуна з фазним ротором перевищує номінальний усього в 1,5-2 рази.

Двигуни даного типу мають дуже гарні пускові характеристики. При включенні реостата в ланцюг обмотки ротора струм у цій обмотці зменшується, а отже, зменшується й струм в обмотці статора, а також струм, споживаний двигуном від мережі. Крім того, при включенні активного опору в ланцюг обмотки ротора збільшується $\cos\varphi$, а отже й обертовий момент, що розвивається двигуном при запуску. Таким чином, при включенні активного опору в ланцюг ротора зменшується пусковий струм і збільшується пусковий момент.

Питання для самоконтролю.

1. Від чого залежить швидкість обертання обертового магнітного поля?
2. Що таке ковзання асинхронного двигуна?
3. Наведіть формули, за якими можна визначити ковзання та розрахувати частоту обертання ротору асинхронного двигуна.
4. Як улаштований трифазний асинхронний двигун з фазним ротором?
5. Як проводиться пуск трифазних асинхронних двигунів з фазним ротором?

Список літератури

1. Данилов И.А., Иванов П.М. Общая электротехника с основами электроники: Учеб. пособие для неэлектротехн. спец. техникумов. – М.: Высш. шк., 2005. – §§ 8.1 – 8.4, 8.9, 8.12 (с. 199 – 213, 222 – 225, 230 - 233).
2. Синдеев Ю.Г. Электротехника с основами электроники: учеб. пособие. – 15-е изд., стереотипное – Ростов н/Д: Феникс, 2013. – §§8.1 – 8.8 (с. 190 – 221).
3. Славинский А.К., Туревский И.С. Электротехника с основами электроники: учебное пособие. – М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2009. – глава 8, §§ 8.1 – 8.12 (с. 178 – 224).