

Тема 2.

Електричні машини

Мета лекції: сформувати у здобувачів вищої освіти цілісне уявлення про класифікацію електричних машин, їх конструктивні елементи, фізичні процеси перетворення енергії, основні технічні параметри, режими роботи в складі електроприводів та чинники, що впливають на їх надійність і довговічність.

1. Загальні відомості про електричні машини

Електричні машини є базовими елементами сучасних електроприводів, оскільки забезпечують перетворення електричної енергії в механічну або, навпаки, механічної енергії в електричну. У більшості технологічних систем саме електродвигун виконує функцію виконавчого органу, від якого залежать продуктивність обладнання, точність підтримання режимів та енергоефективність установки.

У системах автоматизованого електропривода електрична машина працює разом із перетворювачем, апаратурою керування, датчиками та навантажувальним механізмом. Тому її вибір і правильна експлуатація визначають силові можливості привода, його динамічні характеристики, надійність та термін служби.

2. Класифікація електричних машин, що застосовуються в електроприводах

За функціональним призначенням електричні машини поділяють на двигуни, генератори та електромашинні перетворювачі. У складі електроприводів переважно застосовують двигуни.

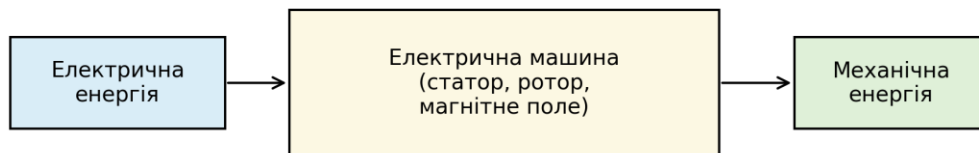
За родом струму розрізняють машини постійного струму та машини змінного струму. До машин змінного струму належать асинхронні і синхронні двигуни. Окрему групу становлять спеціальні машини: крокові, вентильні, безколекторні, лінійні та серводвигуни.

Ознака класифікації	Основні групи	Типові сфери застосування
За родом струму	Постійного струму; змінного струму	Регульовані приводи, промислові механізми
За принципом дії	Асинхронні; синхронні; спеціальні	Насоси, компресори, роботи, сервосистеми
За конструкцією	Відкриті; закриті; вибухозахищені	Загальнопромислові та спеціальні умови

3. Конструктивні елементи електричних машин та їх призначення

Типова електрична машина складається зі статора, ротора, магнітопроводу, обмоток, корпусу, підшипникових вузлів, вентиляційної системи та клемної коробки.

Електромагнітне перетворення енергії



Основні фізичні процеси: магнітне поле, індукція, електромагнітний момент

Рис. 1. Узагальнена схема електромеханічного перетворення енергії в електричній машині

Статор — нерухома частина машини, що створює магнітне поле.

Складається з:

- станини (корпуса);

- осердя статора;
- обмотки статора.

Призначення:

- формування магнітного поля;
- передача тепла до системи охолодження;
- механічна опора для інших вузлів.

Осердя виготовляється з електротехнічної сталі у вигляді пакетів листів для зменшення вихрових струмів.

Ротор — обертова частина машини, в якій індукується ЕРС або протікає струм.

Види роторів:

- короткозамкнений (білоча клітка);
- фазний (з контактними кільцями);
- збуджуваний (у синхронних машинах);
- якор у машинах постійного струму.

Призначення:

- створення електромагнітного моменту;
- передача механічної енергії на вал;
- взаємодія з магнітним полем статора.

Повітряний зазор — простір між статором і ротором.

Призначення:

- забезпечення обертання ротора;
- формування магнітного кола;
- вплив на величину магнітного потоку.

Магнітний потік визначається:

$$\Phi = F/R$$

де

F — магніторушійна сила,

R — магнітний опір кола.

Зменшення зазору підвищує ККД, але ускладнює виготовлення.

Обмотки

Обмотки виконують з мідного або алюмінієвого провідника з ізоляцією.

Типи:

- обмотка статора;
- обмотка ротора;
- обмотка збудження (у синхронних і ДПС).

Призначення:

- створення магніторушійної сили;
- перетворення електричної енергії.

Вал

Вал — механічний елемент для передачі обертального руху.

Призначення:

- передача моменту до робочої машини;
- кріплення ротора;
- забезпечення співвісності конструкції.

Момент:

$$M=P/\omega$$

Підшипникові вузли

Забезпечують обертання ротора з мінімальним тертям.

Типи:

- кулькові;
- роликові;
- ковзання.

Призначення:

- зменшення механічних втрат;
- забезпечення довговічності.

Система охолодження

Види:

- природна вентиляція;
- примусова вентиляція;
- водяне або масляне охолодження.

Призначення:

- відведення тепла;
- запобігання перегріву ізоляції;
- підвищення ресурсу машини.

Тепловий баланс:

$$P_{\text{втрат}}=P_{\text{мідні}}+P_{\text{магнітні}}+P_{\text{механічні}}$$

Колектор або контактні кільця (для окремих машин). Колектор застосовується у машинах постійного струму. Контактні кільця — у фазних асинхронних і синхронних машинах.

Призначення:

- передача струму до обертової частини;
- комутація струму.

4. Фізичні процеси перетворення енергії в електричних машинах

Робота електричних машин базується на законі електромагнітної індукції, взаємодії провідника зі струмом і магнітного поля та виникненні електромагнітного моменту. Сукупність електромагнітних сил на роторі створює обертальний момент.

$$E = 4,44 \cdot f \cdot w \cdot \Phi$$

де E - ЕРС обмотки, f - частота струму, w - число витків, Φ - магнітний потік.

$$P = M \cdot \omega$$

де P - механічна потужність, M - електромагнітний момент, ω - кутова швидкість ротора.

$$\eta = P_2 / P_1$$

де η - коефіцієнт корисної дії машини, P_1 - споживана електрична потужність, P_2 - корисна механічна потужність.

5. Основні технічні параметри та характеристики електричних машин

До основних технічних параметрів належать номінальна потужність, напруга, струм, частота, частота обертання, ККД, коефіцієнт потужності, кратність пускового моменту та кратність пускового струму. Для оцінки придатності машини до роботи в складі електропривода особливе значення мають механічні та електромеханічні характеристики.

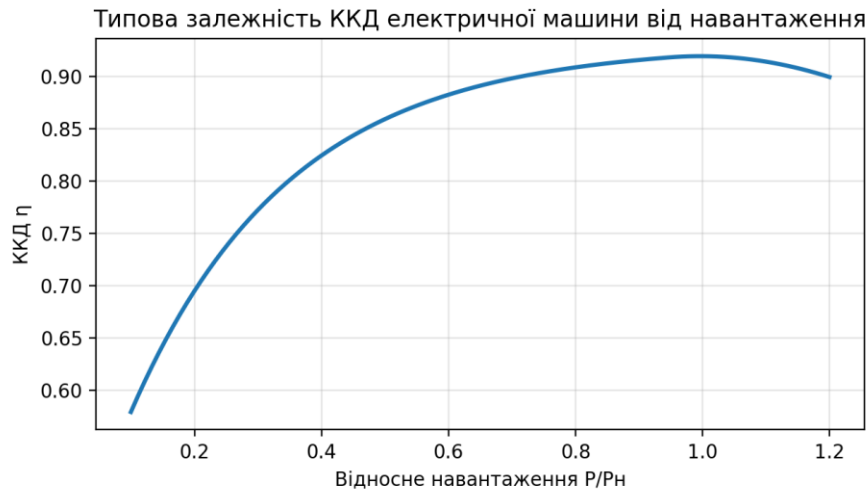


Рис. 2. Типова залежність ККД електричної машини від відносного навантаження

6. Режими роботи електричних машин у складі електроприводів

Електричні машини можуть працювати в тривалому, короточасному та повторно-короточасному режимах. У складі автоматизованих електроприводів важливими є також пускові, гальмівні та перехідні режими, у яких виникають підвищені струми, електромагнітні та механічні навантаження.



7. Фактори, що впливають на надійність та довговічність машин

Надійність електричних машин визначається якістю ізоляції, станом підшипників, умовами охолодження, рівнем вібрацій, стабільністю живильної напруги та правильністю технічного обслуговування. Для підвищення довговічності застосовують діагностику температури та вібрацій, контроль струмів, регулярне очищення та змащування, захист від перенапруг і перевантажень.

Висновки

Електричні машини є центральним елементом електропривода, оскільки саме вони реалізують електромеханічне перетворення енергії. Знання їх класифікації, конструкції, фізичних принципів дії, основних параметрів і режимів роботи необхідне для правильного вибору двигуна, забезпечення надійної роботи привода та досягнення високої енергоефективності технологічних систем.