

Тема 3.

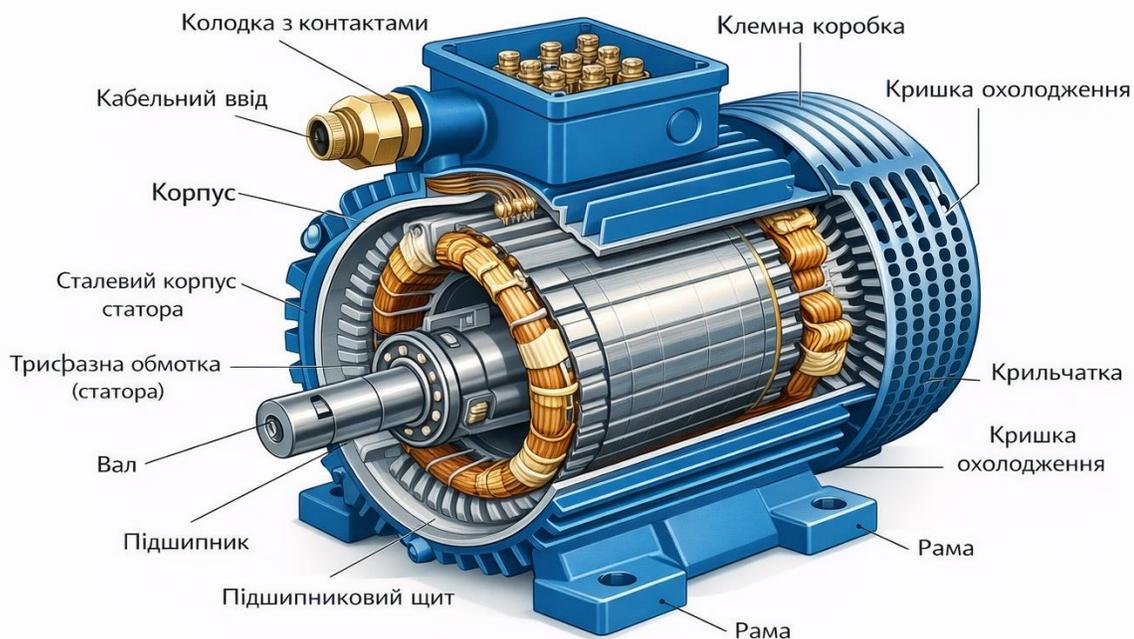
АСИНХРОННІ ЕЛЕКТРОДВИГУНИ: ПРИНЦИП ДІЇ ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ

Мета лекції: розкрити принцип роботи асинхронного електродвигуна, пояснити сутність обертового магнітного поля та ковзання, охарактеризувати механічні й електромеханічні характеристики, пускові режими, втрати електричної енергії, ККД, вплив напруги та навантаження на роботу двигуна, а також сфери його застосування в електроприводах.

1. Загальні відомості

Асинхронний електродвигун є найбільш поширеною електричною машиною в системах електропривода. Його широке застосування пояснюється простотою конструкції, відсутністю колектора, високою надійністю, зручністю обслуговування та порівняно низькою вартістю. Такі двигуни використовують у насосах, вентиляторах, компресорах, конвеєрах, верстатах, підйомно-транспортних механізмах і в багатьох автоматизованих установках.

Особливість асинхронного двигуна полягає в тому, що частота обертання ротора не дорівнює синхронній частоті обертання магнітного поля статора. Саме ця різниця забезпечує наведення струмів у роторі та створення електромагнітного моменту.



Будова асинхронного електродвигуна

2. Принцип роботи асинхронного електродвигуна

Трифазна обмотка статора, підключена до мережі змінного струму, створює обертове магнітне поле. Це поле перетинає провідники ротора і наводить у них електрорушійну силу. У замкненому контурі ротора виникає струм, який взаємодіє з магнітним полем статора. Унаслідок цієї взаємодії формується електромагнітний момент, що приводить ротор в обертання.

Синхронна частота обертання магнітного поля та ковзання визначаються виразами:

$$n_1 = 60 f_1 / p$$

$$s = (n_1 - n) / n_1$$

$$f_2 = s f_1$$

де n_1 - синхронна швидкість, об/хв; f_1 - частота мережі, Гц; p - число пар полюсів; s - ковзання; n - швидкість ротора; f_2 - частота струму ротора.

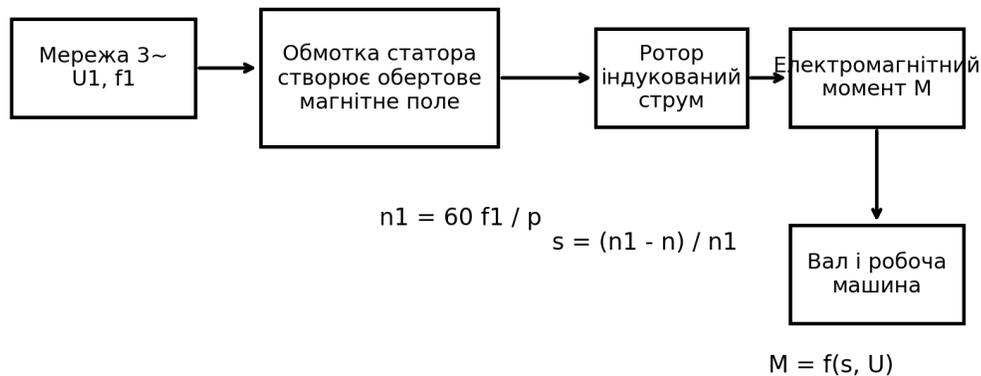


Рис. 1. Узагальнена схема перетворення енергії в асинхронному електродвигуні

3. Обертове магнітне поле та ковзання

Обертове магнітне поле є основою роботи асинхронної машини. Ротор завжди обертається повільніше за поле, тому у двигунному режимі $0 < s < 1$. За пуску ковзання дорівнює одиниці, а за номінального навантаження, як правило, становить 0,01-0,08.

Зі збільшенням навантаження зростає ковзання, у роторі індукується більша ЕРС, підвищується струм ротора і збільшується момент. Якщо момент навантаження перевищує критичне значення, двигун втрачає стійкість і може зупинитися.

4. Механічні та електромеханічні характеристики

Механічна характеристика показує залежність швидкості n від моменту M , а електромеханічна - залежність струму I від моменту або швидкості. Для асинхронного двигуна характерна м'яка нелінійна механічна характеристика з ділянкою стійкої роботи поблизу номінальної швидкості.

У спрощеному вигляді електромагнітний момент і ККД можна подати так:

$$M \approx (U_1^2 s) / (R_2'^2 + (s X_k)^2)$$

$$\eta = P_2 / P_1 = P_2 / (P_2 + \Delta P)$$

де U_1 - напруга статора; R_2' - приведений активний опір ротора; X_k - еквівалентний реактивний опір; η - коефіцієнт корисної дії; ΔP - сумарні втрати.

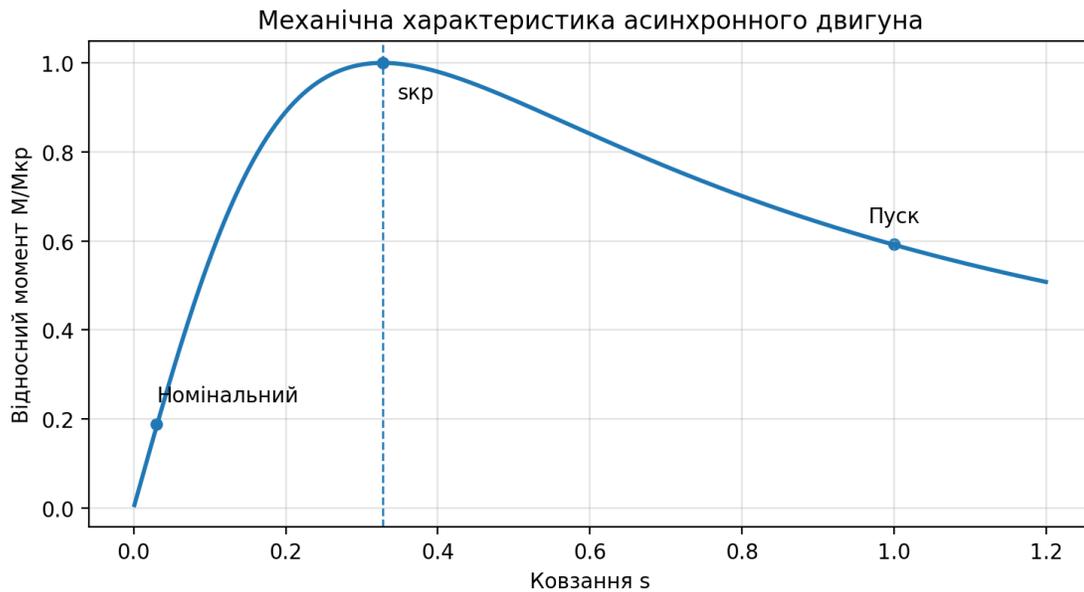


Рис. 2. Типова механічна характеристика асинхронного двигуна

5. Пускові режими асинхронних двигунів

Під час безпосереднього пуску від мережі двигун споживає великий пусковий струм, який може у 5-7 разів перевищувати номінальний. Це викликає падіння напруги в мережі, нагрівання обмоток і динамічні навантаження в механічній частині привода.

Для зменшення пускового струму застосовують пуск перемиканням зірка-трикутник, автотрансформаторний пуск, резисторний пуск двигунів з фазним ротором, пристрої плавного пуску та перетворювачі частоти. Найефективнішим для автоматизованих приводів є частотний пуск, який забезпечує плавне наростання напруги та частоти.

6. Втрати електричної енергії та ККД

У двигуні виникають втрати в обмотках статора і ротора, магнітні втрати в сталі, механічні втрати на тертя і вентиляцію, а також додаткові втрати. Сукупність цих втрат визначає рівень ККД, нагрівання і довговічність машини.

Фактор	Вплив на роботу двигуна	Практичний наслідок
Зниження напруги	Зменшує момент приблизно пропорційно U^2	Ускладнення пуску, зростання ковзання
Перевантаження	Підвищує струм і нагрівання	Прискорене старіння ізоляції
Недовантаження	Зменшує $\cos\varphi$ та ККД	Неекономічна робота привода
Часті пуски	Підвищують теплові навантаження	Скорочення ресурсу двигуна

7. Вплив напруги та навантаження на роботу двигуна

Електромагнітний момент асинхронного двигуна істотно залежить від напруги живлення. За зниження напруги пускові та перевантажувальні властивості погіршуються, а зі збільшенням навантаження зростають струм, ковзання і температура обмоток.

$$M \sim U^2$$

Тривала робота при перевантаженні або порушенні якості живлення призводить до прискореного старіння ізоляції. Тому в електроприводах застосовують тепловий, струмовий та мінімально-напруговий захист.

8. Області застосування в електроприводах

Асинхронні двигуни доцільно використовувати там, де потрібні простота, надійність і тривала робота. У нерегульованих приводах вони ефективні для насосів, вентиляторів, компресорів і дробарок. У поєднанні з перетворювачами частоти їх широко застосовують у конвеєрах, екструдерах, підіймальних механізмах, системах вентиляції та автоматизованих виробничих лініях.

У сучасних автоматизованих електроприводах асинхронний двигун разом з перетворювачем частоти, датчиками та контролером утворює гнучку енергоефективну систему, здатну підтримувати задані технологічні параметри та адаптуватися до зміни навантаження.