



ТРИФАЗНІ АСИНХРОНІ ДВИГУНИ

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"

типи асинхронних двигунів



двигуни серії АО10 з короткозамкненим ротором



двошвидкісні електродвигуни серії 4 АЛ призначені для повторно-короткочасного режиму роботи



Трифазні загальнопромислові асинхронні двигуни серії А4 призначені для тривалого режиму роботи



Двигуни однофазні серії АІР призначені для комплектації електроприводів побутового та промислового призначення



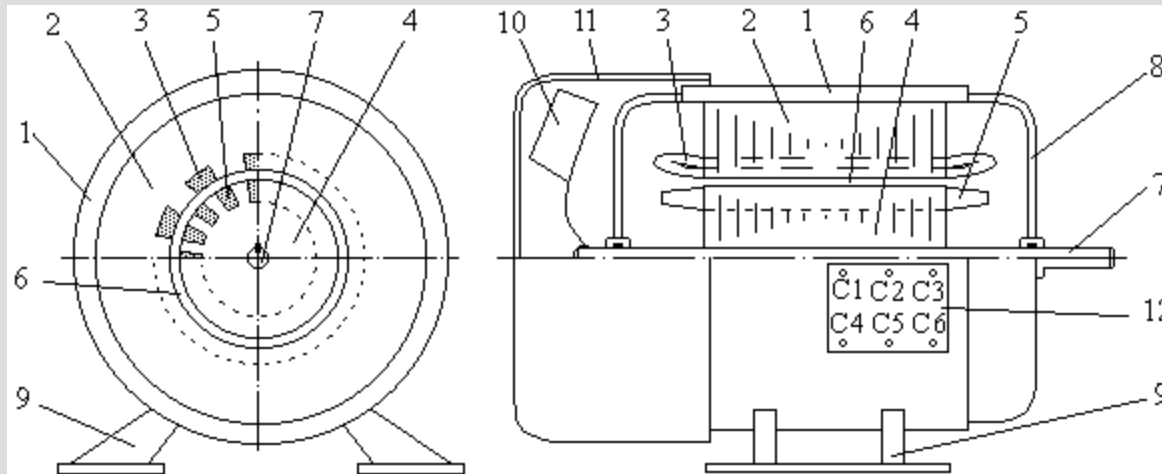
Електродвигуни типу МТ, МТН, 4 МТМ, 4 МТН з фазним ротором призначені для роботи в приводах металургійних агрегатів та підйомно-транспортних механізмах



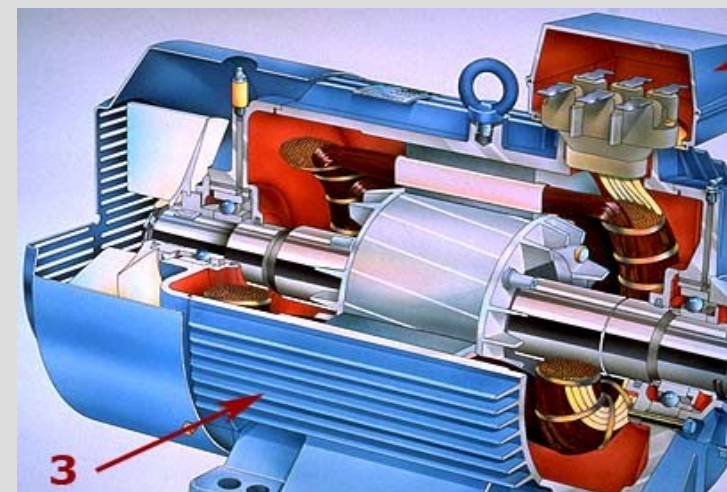
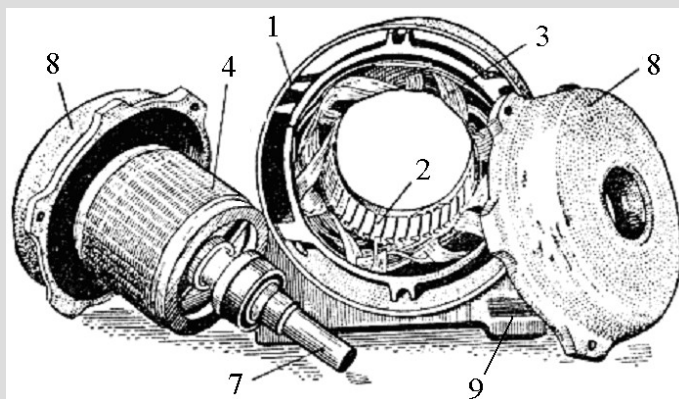
Двигуни серії МТКФ, МТКН, 4МТКН з короткозамкненим ротором в закритому обдуваємому виконанні призначені для роботи при підвищеній температурі зовнішнього середовища до + 40С

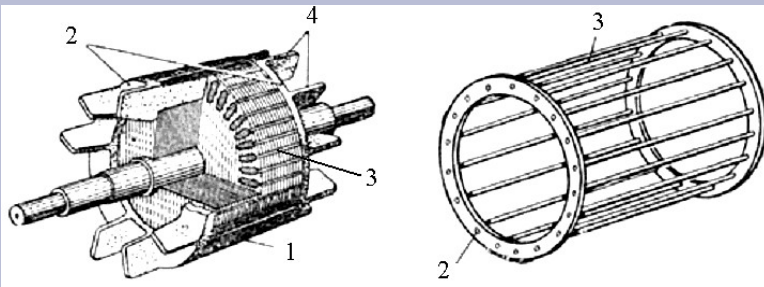
До асинхронних відносять машини змінного струму, частота обертання ротора n_2 яких при постійній частоті змінного струму джерела f змінюється зі змінюванням навантаження і відрізняється від синхронної частоти, тобто від частоти обертання магнітного поля статора n_1 . «Асинхронний» – *неодночасний*.

Будова асинхронного двигуна



трифазний асинхронний двигун з короткозамкненим ротором серія АІР





Короткозамкнений ротор:
конструктивний (а) і
схематичний (б) вигляд: 1 –
осердя ротора; 2 – торцеві
кільця; 3 – стрижні; 4 –
вентиляційні лопатки

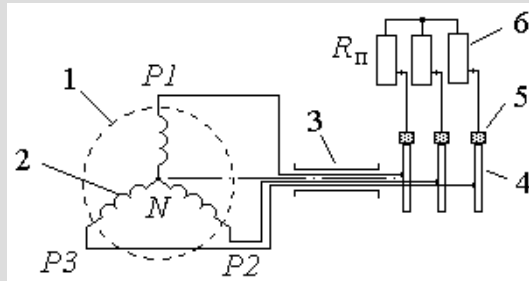
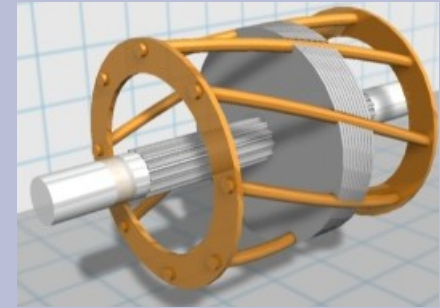
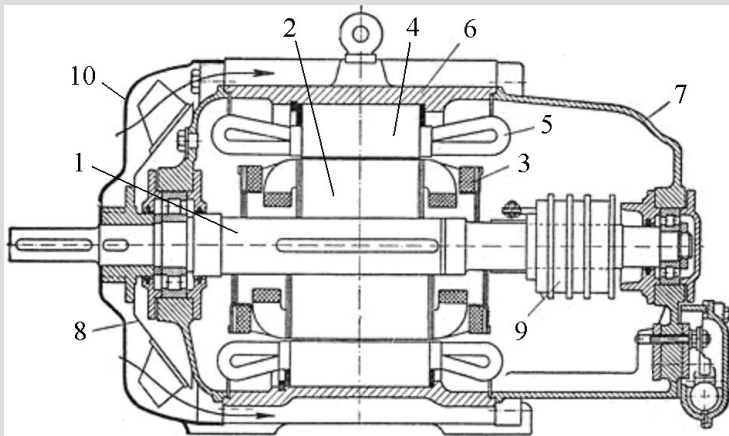
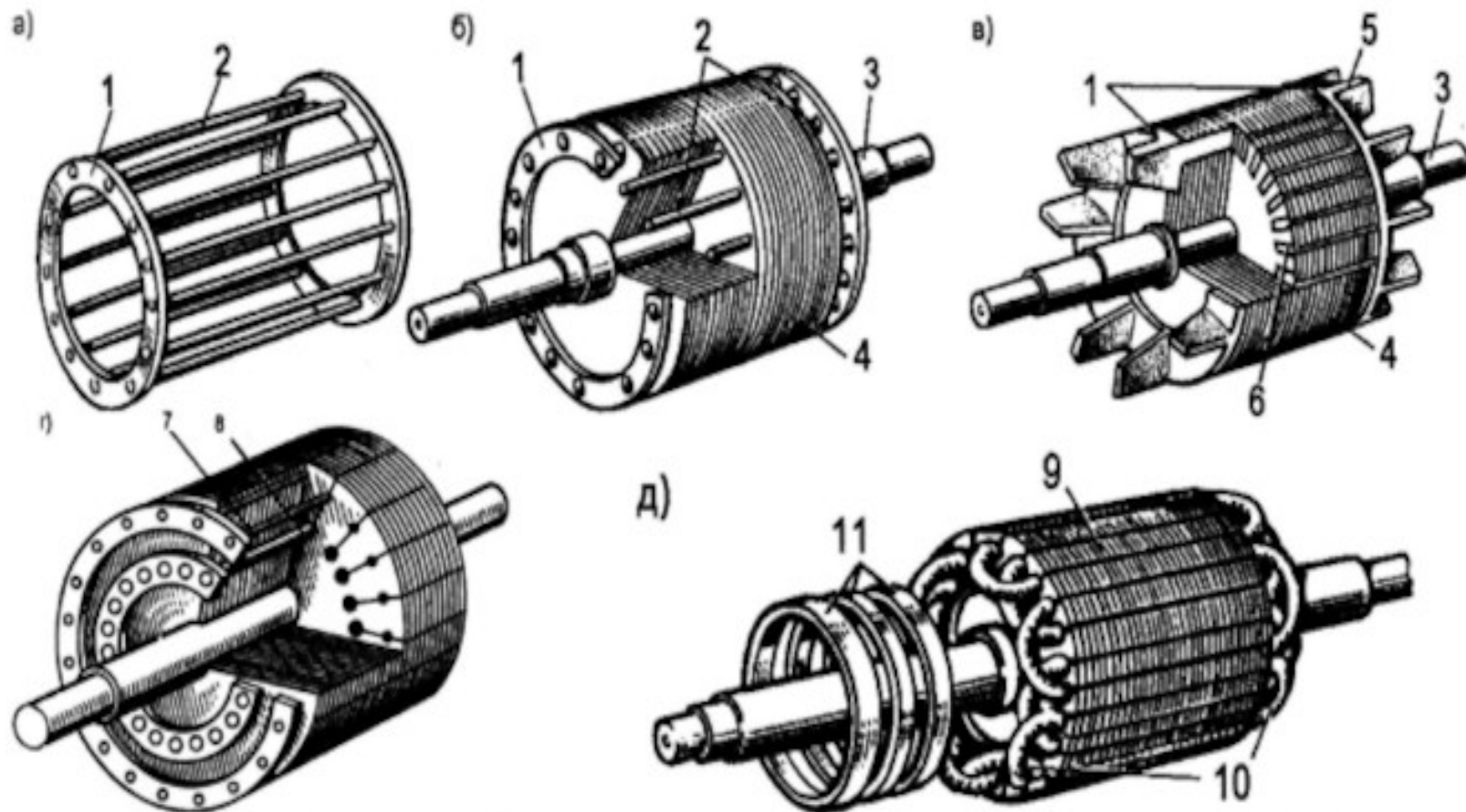


Схема фазного ротора
асинхронного двигуна: 1 –
ротор; 2 – трифазна обмотка; 3
– вал; 4 – контактні кільця; 5 –
щітки; 6 – трифазний пусковий
реостат



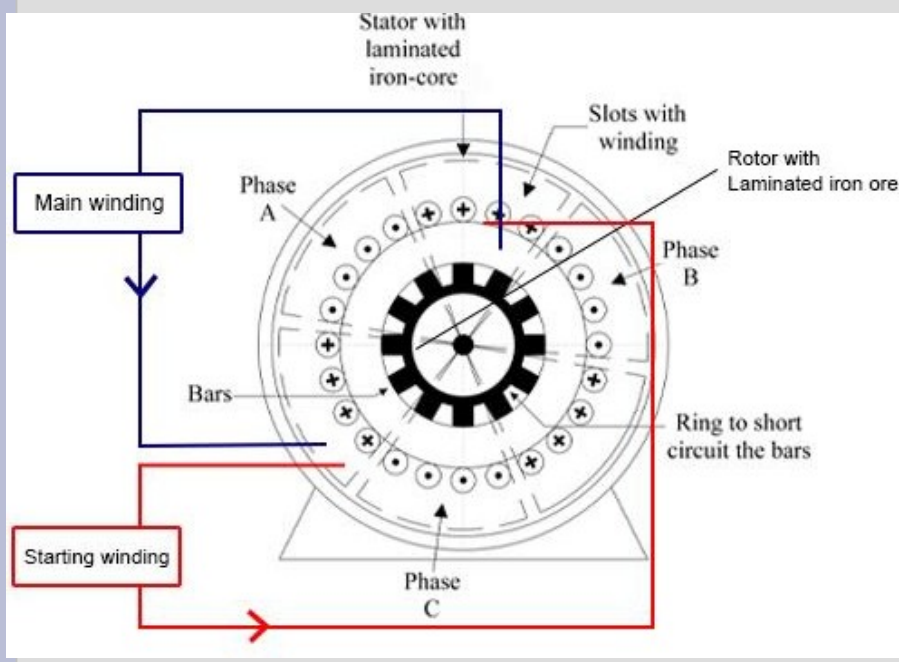
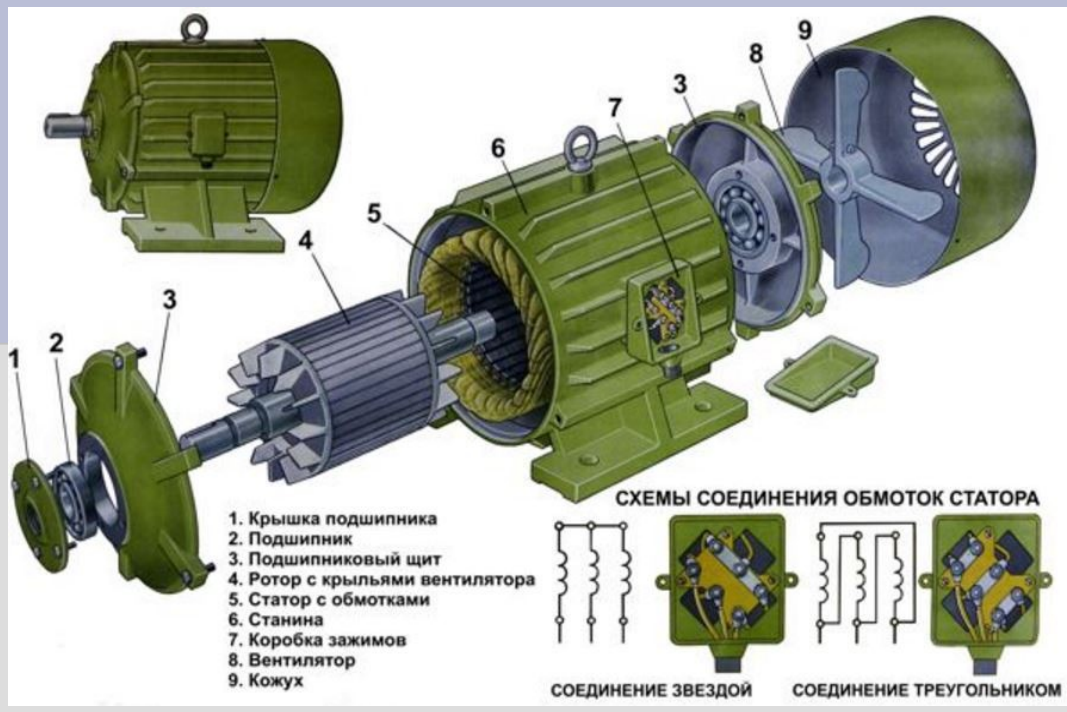
Переріз (а) та загальний вигляд (серія МТ) (б) асинхронного двигуна з фазним ротором: 1 - вал; 2 – осердя ротора; 3 - обмотка ротора; 4 – осердя статора; 5 - обмотка статора; 6 – корпус; 7 - підшипникові кришки; 8 – вентилятор; 9 - контактні кільця; 10 – вентиляційна кришка

КОНСТРУКЦИЯ РОТОРОВ АСИНХРОННЫХ МАШИН



а) беличья клетка; б) ротор с беличьей клеткой из стержней; в) ротор с литой беличьей клеткой; г) ротор с двойной беличьей клеткой; д) фазный ротор.

1 – короткозамыкающие кольца; 2 – стержни; 3 – вал; 4 – сердечник ротора; 5 – вентиляционные лопасти; 6 – стержни литой клетки; 7 – наружная клетка; 8 – внутренняя клетка; 9 – сердечник ротора; 10 – обмотка ротора; 11 – контактные кольца.



Принцип дії асинхронного двигуна

Для утворення обертового магнітного поля необхідні дві умови.

Це *просторовий зсув* між обмотками (фазами), які утворюють магнітне поле, та *фазовий (часовий) зсув* між цими обмотками

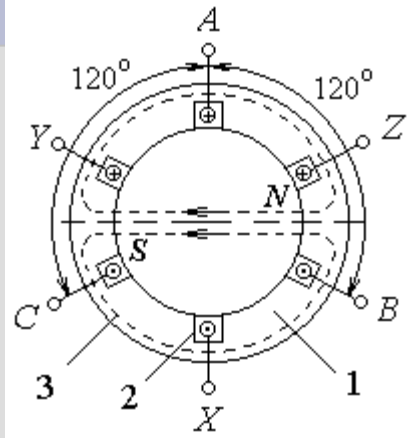
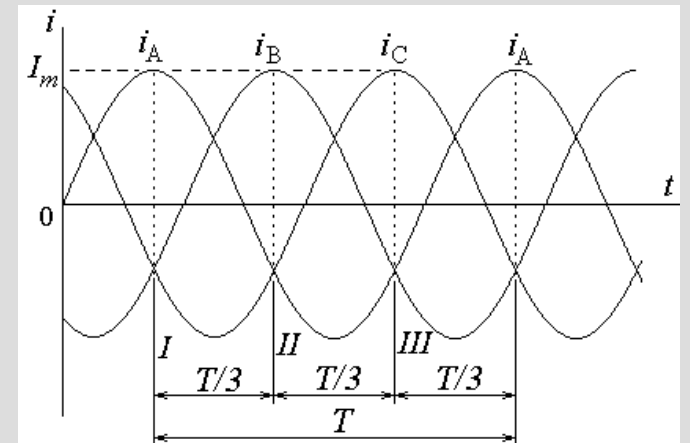
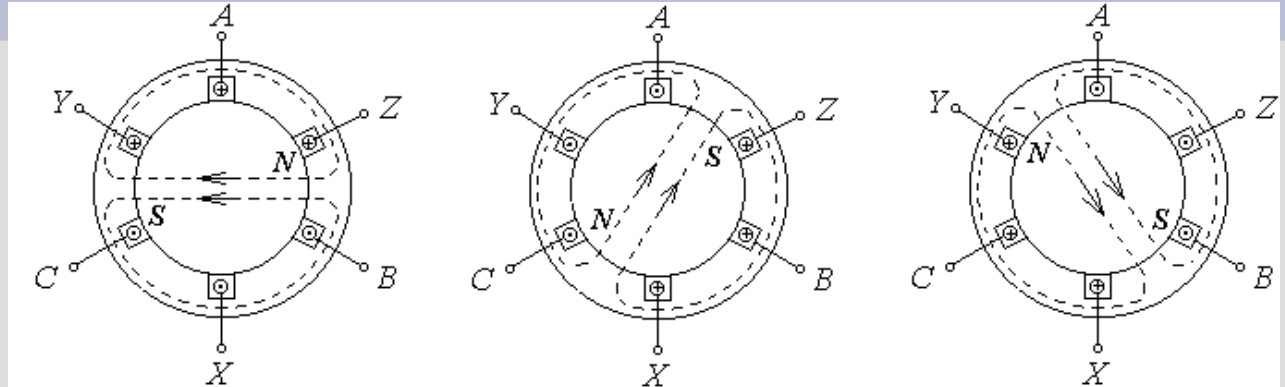


Схема статора двигуна: 1 – осердя 2 – пази з обмоткою; 3 – магнітне поле



магнітне поле обертається з частотою

$$n_1 = \frac{60 \cdot f}{p}$$

$$i_A = I_m \sin \omega t$$

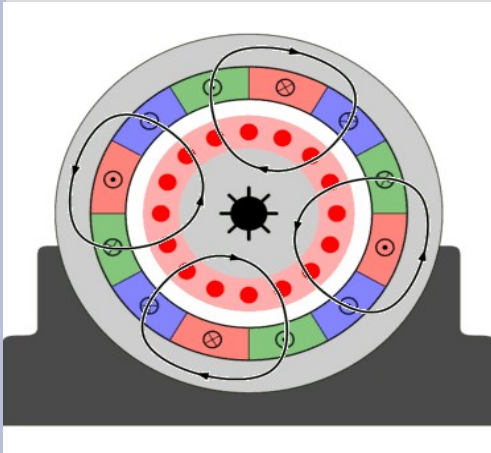
$$B_A = B_m \sin \omega t$$

$$i_B = I_m \sin(\omega t - 120^\circ)$$

$$B_B = B_m \sin(\omega t - 120^\circ)$$

$$i_C = I_m \sin(\omega t + 120^\circ)$$

$$B_C = B_m \sin(\omega t + 120^\circ)$$



Параметри асинхронного двигуна

КОВЗАННЯ $s = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$

$s_{НОМ} = 2...7 \%$

$n_1 = \frac{60 \cdot f}{p}$

$E_1 = 4,44 \cdot f_1 \Phi_m w_1 k_{обм1}$

$E_2 = 4,44 \cdot f_2 \Phi_m w_2 k_{обм2}$ $n_1 - n_2 = \frac{60 \cdot f_2}{p}$ $f_2 = \frac{(n_1 - n_2) \cdot p}{60} \cdot \frac{n_1}{n_1} = \frac{p \cdot n_1}{60} \cdot \frac{n_1 - n_2}{n_1} = f_1 \cdot s$ $f_2 = f_1 \cdot s$

$E_2 = 4,44 \cdot f_2 \Phi_m w_2 k_{обм2} = 4,44 \cdot f_1 s \cdot \Phi_m w_2 k_{обм2} = E_{20} s$ $E_2 = E_{20} s$ $E_{20} = 4,44 \cdot f_1 \cdot \Phi_m w_2 k_{обм2}$ - ЕРС нерухомого ротора

$X_2 = \omega_2 L_2 = 2\pi f_2 L_2 = 2\pi f_1 s L_2 = X_{20} s$ $X_2 = X_{20} s$ $X_{20} = 2\pi f_1 L_2$ - індуктивний опір нерухомого ротора (s=1)

Рівняння електричного стану кіл статора і ротора

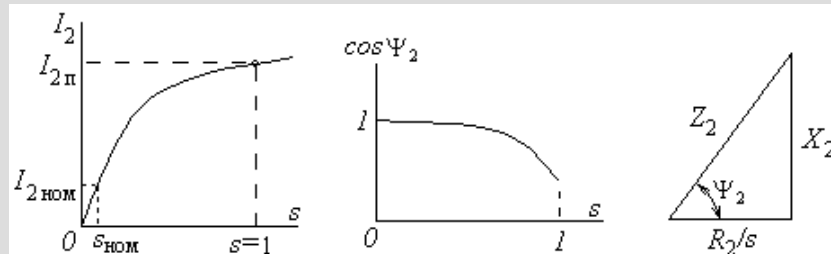
$\underline{U}_1 = -\underline{E}_1 + \underline{I}_1 \underline{Z}_1 = -\underline{E}_1 + \underline{I}_1 (R_1 + jX_1)$

$\underline{U}_2 = \underline{E}_2 - \underline{I}_2 \underline{Z}_2 = \underline{E}_2 - R_2 \underline{I}_2 - jX_2 \underline{I}_2$ $\underline{U}_2 = 0$ $\underline{E}_2 = \underline{I}_2 \underline{Z}_2 = \underline{I}_2 R_2 + j \underline{I}_2 X_2$ $E_{20} s = \underline{I}_2 R_2 + j \underline{I}_2 X_{20} s$

$\underline{E}_{20} = \underline{I}_2 \frac{R_2}{s} + j \underline{I}_2 X_{20} = \underline{I}_2 \left(\frac{R_2}{s} + j X_{20} \right) = \underline{I}_2 \underline{Z}_2$ $\underline{Z}_2 = \frac{R_2}{s} + j X_{20}$

$\underline{I}_2 = \frac{\underline{E}_{20}}{\frac{R_2}{s} + j X_{20}}$ $I_2 = \frac{E_{20}}{\sqrt{\left(\frac{R_2}{s}\right)^2 + X_{20}^2}}$

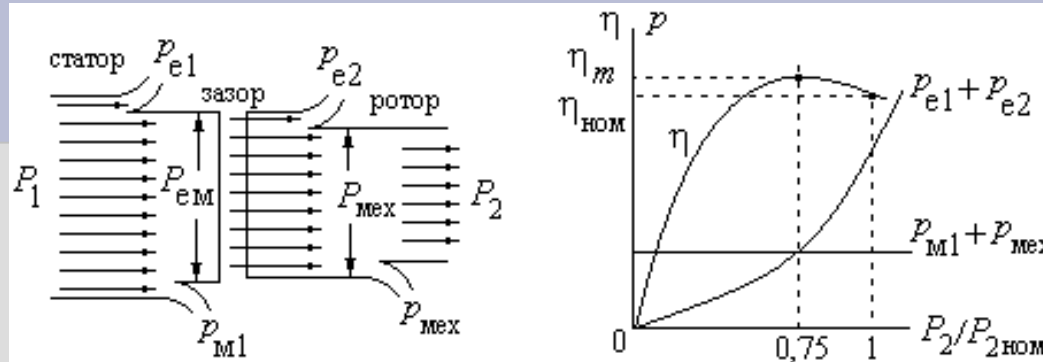
$\cos \Psi_2 = \frac{R'}{Z'} = \frac{R_2/s}{\sqrt{\left(R_2/s\right)^2 + X_{20}^2}}$



Енергетична діаграма втрат і ККД асинхронного двигуна

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$

$$P_1 = 3U_1 I_1 \cos \varphi_1$$



P_{m1} - Магнітні втрати у сталі статора

$p_{e1} = 3I_1^2 R_1$ - Електричні втрати в мідних обмотках статора

$P_{em} = P_1 - (p_{m1} + p_{e1}) = E_{20} I_2 \cos \Psi_2$ - Електромагнітна потужність

$p_{e2} = 3I_2^2 R_2$ - Електричні втрати в обмотках ротора

P_{mex} - Механічні втрати, обумовлені всіма видами тертя

$$P_2 = P_1 - (p_{m1} + p_{e1} + p_{e2} + p_{mex})$$

МОМЕНТ ТА МЕХАНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА АСИНХРОННОГО ДВИГУНА

$$M_{em} = \frac{P_{em}}{\omega_1} \quad \omega_1 = 2\pi f_1 = 2\pi \frac{n_1 p}{60}$$

$$P_{em} = E_{20} I_2 \cos \Psi_2$$

$$M_{em} = \frac{4,44 w_2 f_1 \Phi_m k_{обм2}}{2\pi n_1 p} I_2 \cos \Psi_2 = C'_M \Phi_m I_2 \cos \Psi_2$$

$$M_{em} = C'_M \Phi_m I_2 \cos \Psi_2$$

$$C'_M = \frac{4,44 w_2 f_1 \Phi_m k_{обм2}}{2\pi n_1 p} \cdot 60$$

$$\cos \Psi_2 = \frac{R_2/s}{\sqrt{\left(\frac{R_2}{s}\right)^2 + X_{20}^2}}$$

$$\Phi_m = \frac{E_1}{4,44 w_1 f_1 k_{обм1}} \approx \frac{U_1}{4,44 w_1 f_1 k_{обм1}}$$

$$I_2 = \frac{E_{20}}{\sqrt{\left(\frac{R_2}{s}\right)^2 + X_{20}^2}}$$

$$E_{20} = 4,44 w_2 f_1 \Phi_m k_{обм2}$$

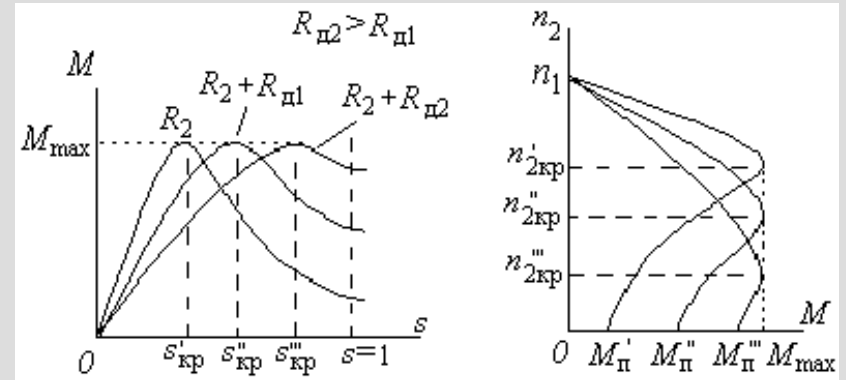
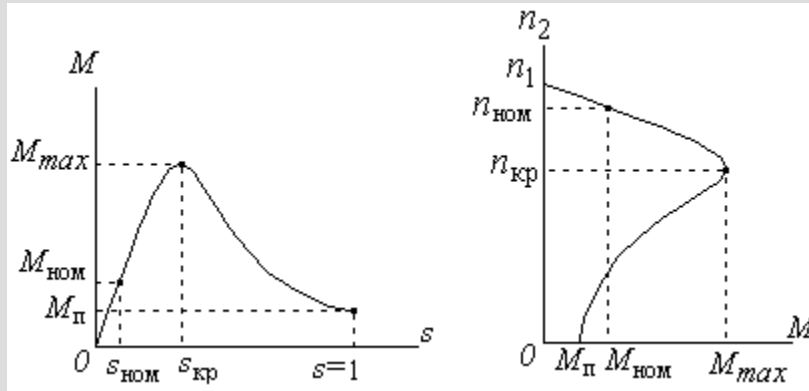
$$E_{20} = \frac{w_2 k_{обм2}}{w_1 k_{обм1}} E_1 \quad E_1 \approx U_1$$

$$I_2 \approx \frac{w_2 k_{обм2}}{w_1 k_{обм1}} \frac{U_1}{\sqrt{\left(\frac{R_2}{s}\right)^2 + X_{20}^2}}$$

$$M = C'_M U_1^2 \frac{R_2/s}{\left(\frac{R_2}{s}\right)^2 + X_{20}^2}$$

$$E_1 = 4,44 w_1 f_1 \Phi_m k_{обм1}$$

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \quad n_2 = n_1 (1 - s)$$



Способи пуску асинхронних двигунів

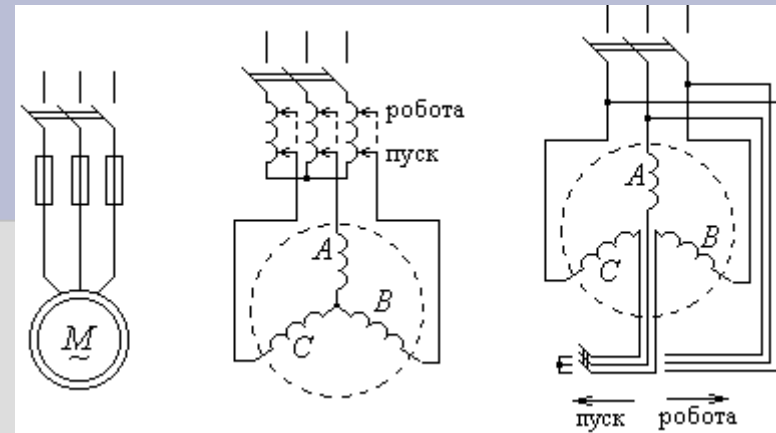
малий пусковий момент $M_{п}$;
великий пусковий струм $I_{п}$

Прямий пуск

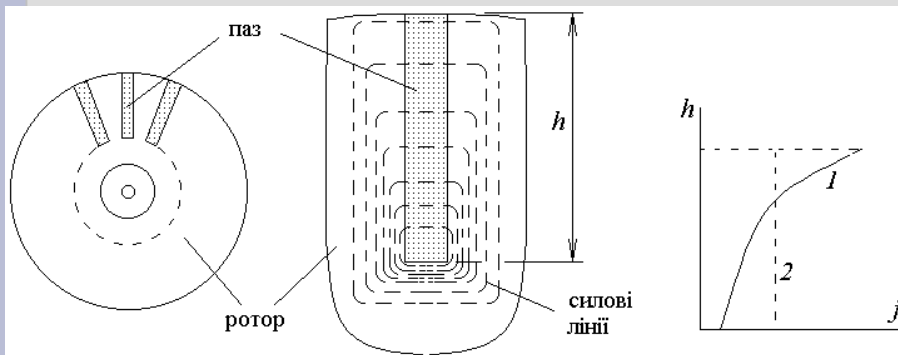
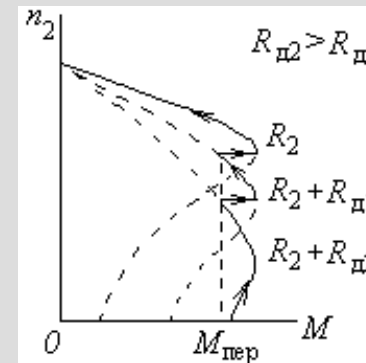
Пуск при пониженій напрузі:

- автотрансформаторной спосіб пуску
- переключення обмотки статора з зірки на трикутник

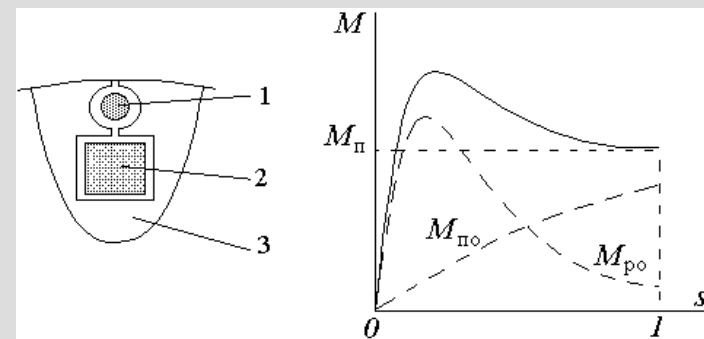
Пуск асинхронного двигуна з фазним ротором



Асинхронні двигуни з покращеними пусковими характеристиками



глибокопазний асинхронний двигун



Асинхронний двигун з подвійною «білячою кліттю»

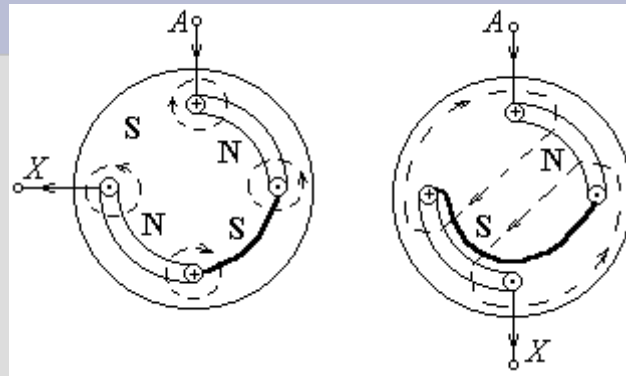
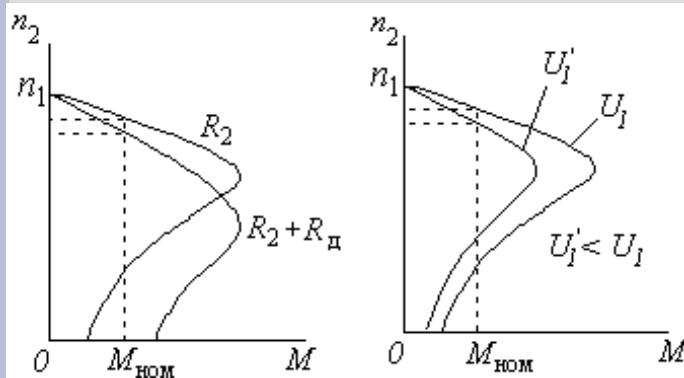
Реверсування та регулювання частоти обертання асинхронних двигунів

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \quad n_1 = \frac{60 \cdot f_1}{p} \quad n_2 = n_1(1 - s) = \frac{60 \cdot f_1}{p}(1 - s)$$

Частотне регулювання

Полюсне регулювання

Роторне регулювання



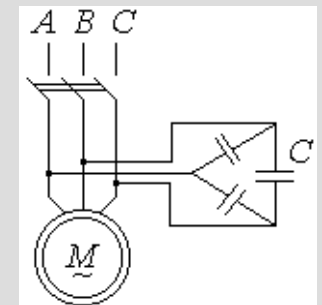
Гальмівні режими асинхронного двигуна

Гальмування через противключення

Генераторне гальмування

Динамічне гальмування

Конденсаторне гальмування



Однофазні асинхронні двигуни

Однофазний асинхронний двигун складається зі статора з однофазною робочою обмоткою

Змінний струм, проходячи по однофазній обмотці статора, утворює пульсуюче магнітне поле

$$B(\alpha, t) = B_m \cos \alpha \cdot \sin \omega t$$

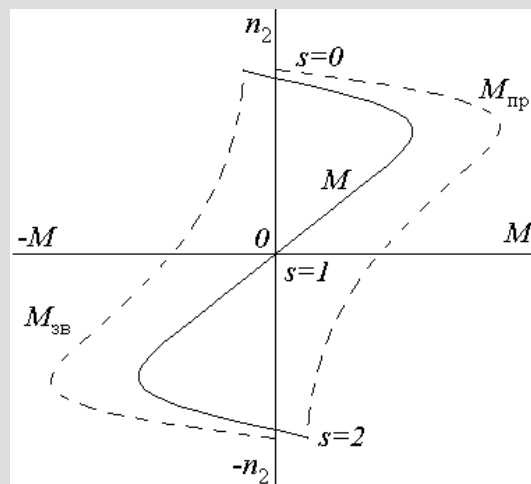
α – просторова координата індукції магнітного потоку вздовж окружності по внутрішньому діаметру статора

$$B(\alpha, t) = B_m \cos \alpha \cdot \sin \omega t = \frac{1}{2} B_m \sin(\omega t - \alpha) + \frac{1}{2} B_m \sin(\omega t + \alpha) = B_{\text{пр}} + B_{\text{зв}}$$

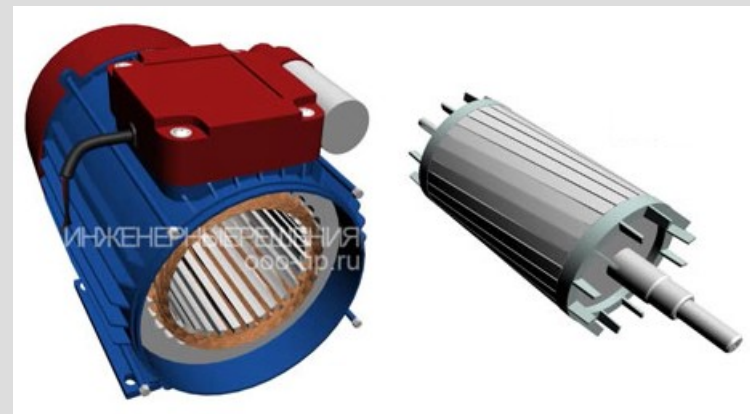
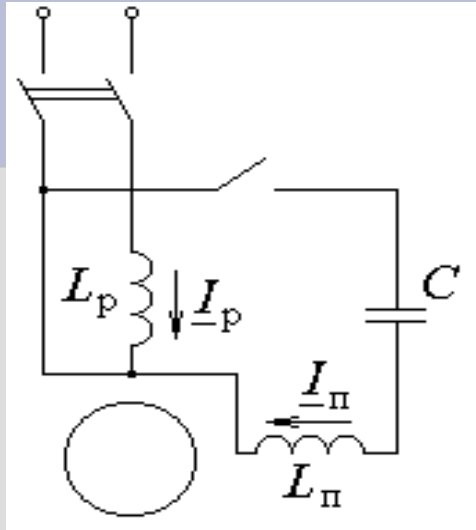
де $B_{\text{пр}}$ і $B_{\text{зв}}$ – відповідно індукції прямого і зворотного магнітного поля

$$M(n) = M_{\text{пр}}(n) - M_{\text{зв}}(n)$$

Механічна характеристика однофазного асинхронного двигуна

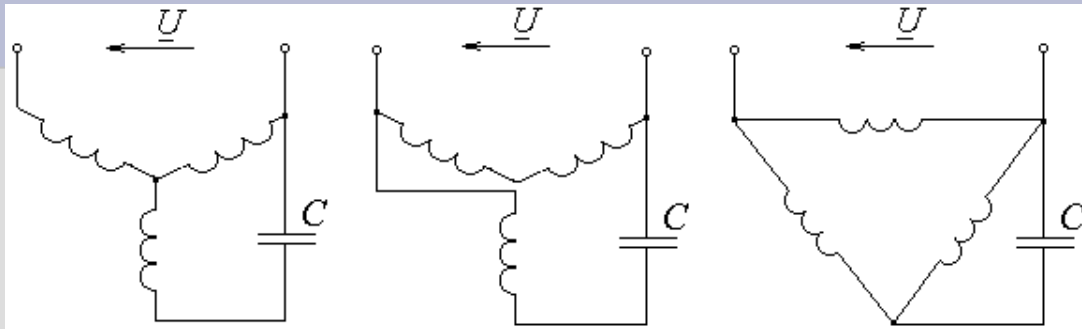


Однофазный асинхронный двигатель с пусковой обмоткой

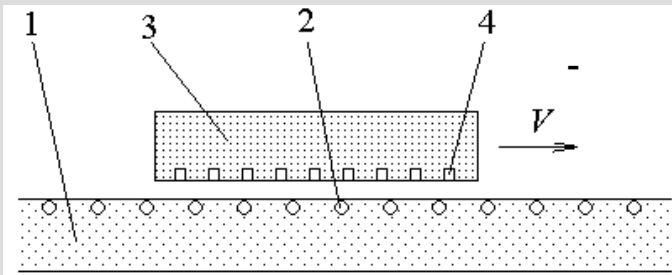


Конденсаторный асинхронный двигатель

Схеми з'єднання статорних обмоток трифазного асинхронного двигуна при підключенні до однофазної мережі



Лінійні асинхронні двигуни



сталеве осердя 1, в якому укладена трифазна обмотка 2, і бігуна, який складається з осердя 3 з короткозамкненою обмоткою 4 типа «біляча клітка»

$V_1 = 2\pi \cdot f_1$ Лінійна швидкість магнітного поля статора

$s = \frac{V_1 - V_2}{V_1}$ - Ковзання



Вторинний елемент — нерухома алюмінієва стрічка

Thanks for your attention