Электр машиналары және электр жетегі



Профессор Досболаев М.Қ.

Асинхронды қозғалтқышты іске қосу

Асинхронды қозғалтқышты іске қосу кезінде өтпелі процесстер (тыныштық күйден орныққан күйге дейін) орын алады. Іске қосу тогы $(s = 1)$ төмендегідей (*пусковой ток*):

$$I_{\text{п}} = U_1 \Big/ \sqrt{(r_1 + r_2')^2 + (x_1 + x_2')^2}$$

Іске қосу моменті (*пусковой момент*):

$$M_{\text{п}} = \frac{m_1 U_1^2 r_2' p}{2\pi f_1 [(r_1 + r_2')^2 + (x_1 + x_2')^2]}$$

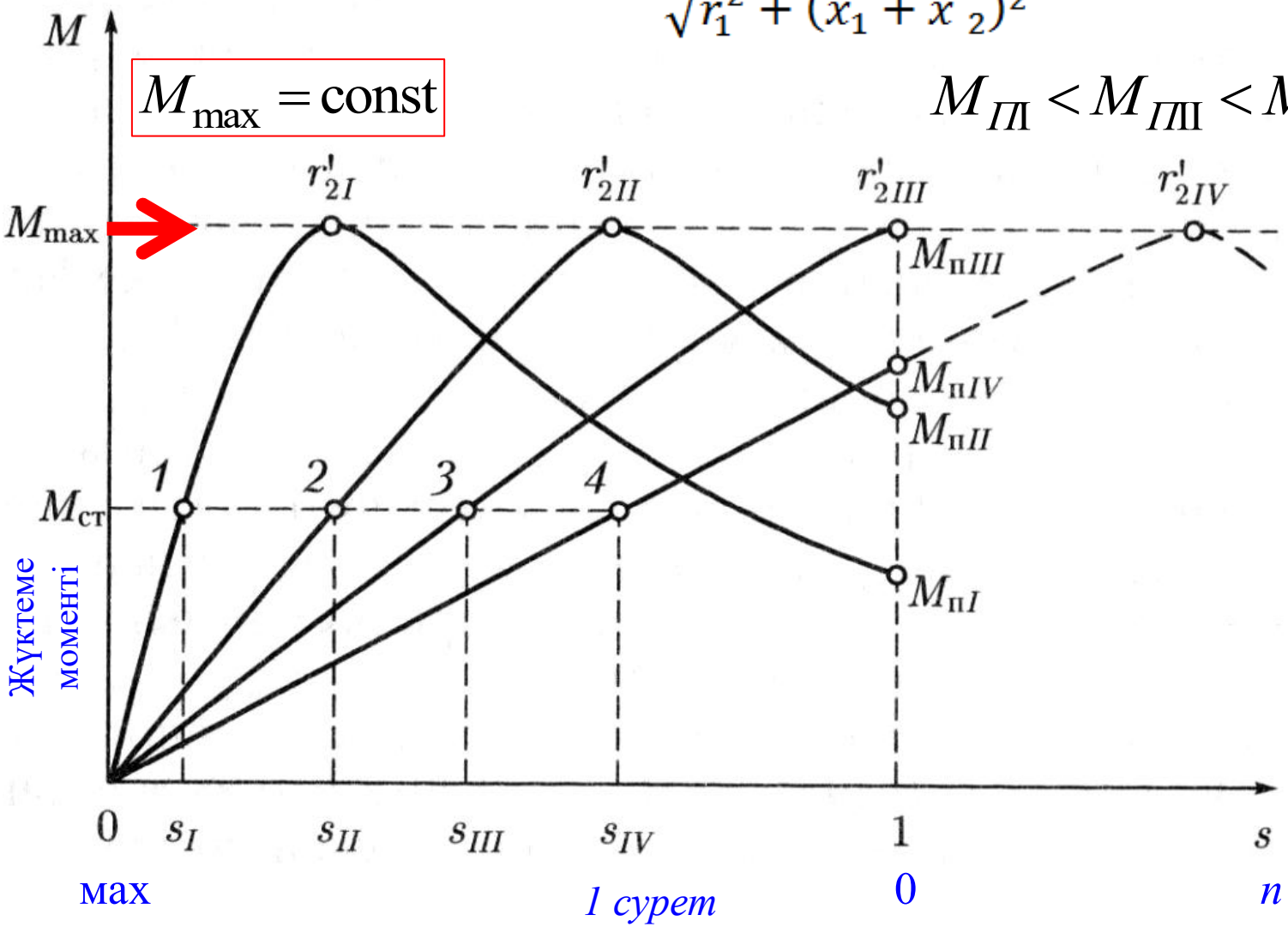
АҚ іске қосу қасиеттерін жақсарту үшін (салыстырмалы аз ток мәнінде әсерлі іске қосылу моментіне ие) ротордың активті кедергісін жоғарылату керек. Сонымен қатар желі кернеуінің шамасын өзгертуге болады.

Механикалық сипаттамаға ротордың активті кедергісінің әсері

$$s_{кр} = \pm \frac{r`_2}{\sqrt{r_1^2 + (x_1 + x`_2)^2}}. (11)$$

$M_{max} = const$

$M_{П1} < M_{П2} < M_{П3} > M_{П4}$

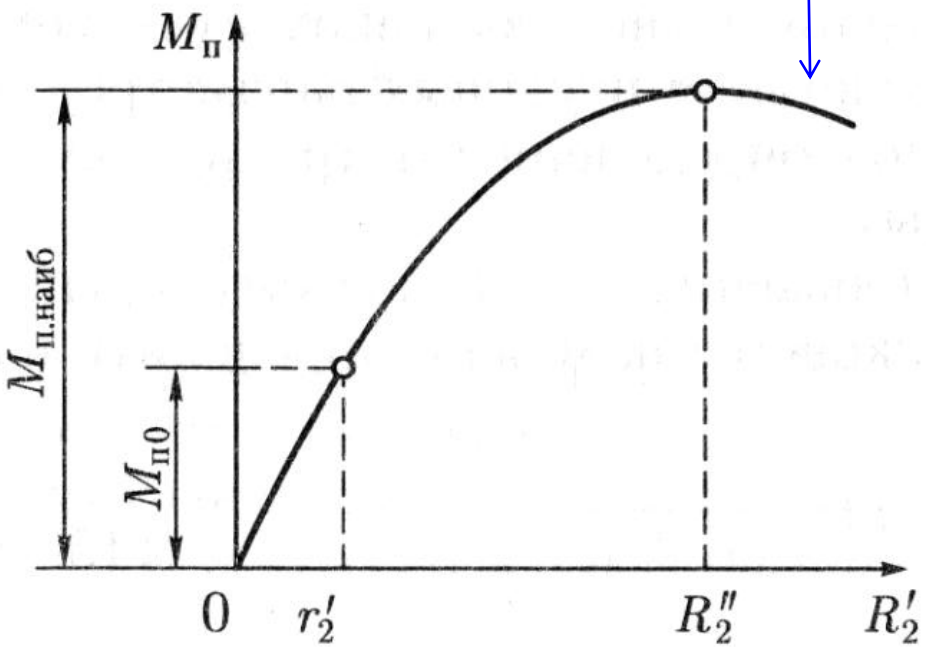


1 сурет

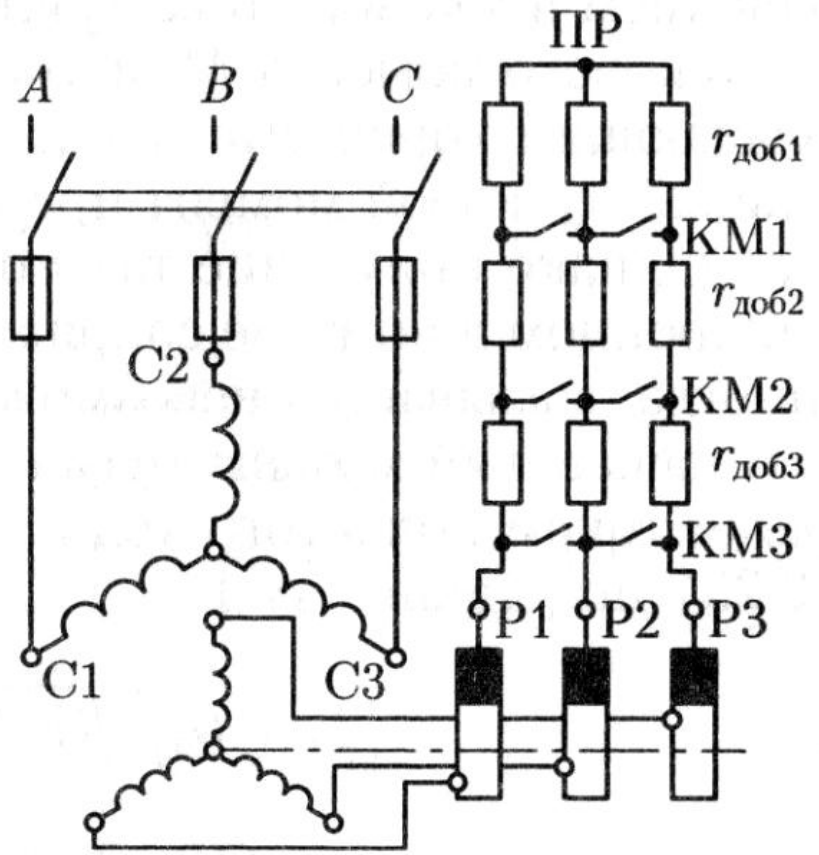
Фазалы роторлы асинхронды қозғалтқышты іске қосу

Іске қосу тогы азаяды

$$R``_2 > x_1 + x_2$$



а



б

2 сурет

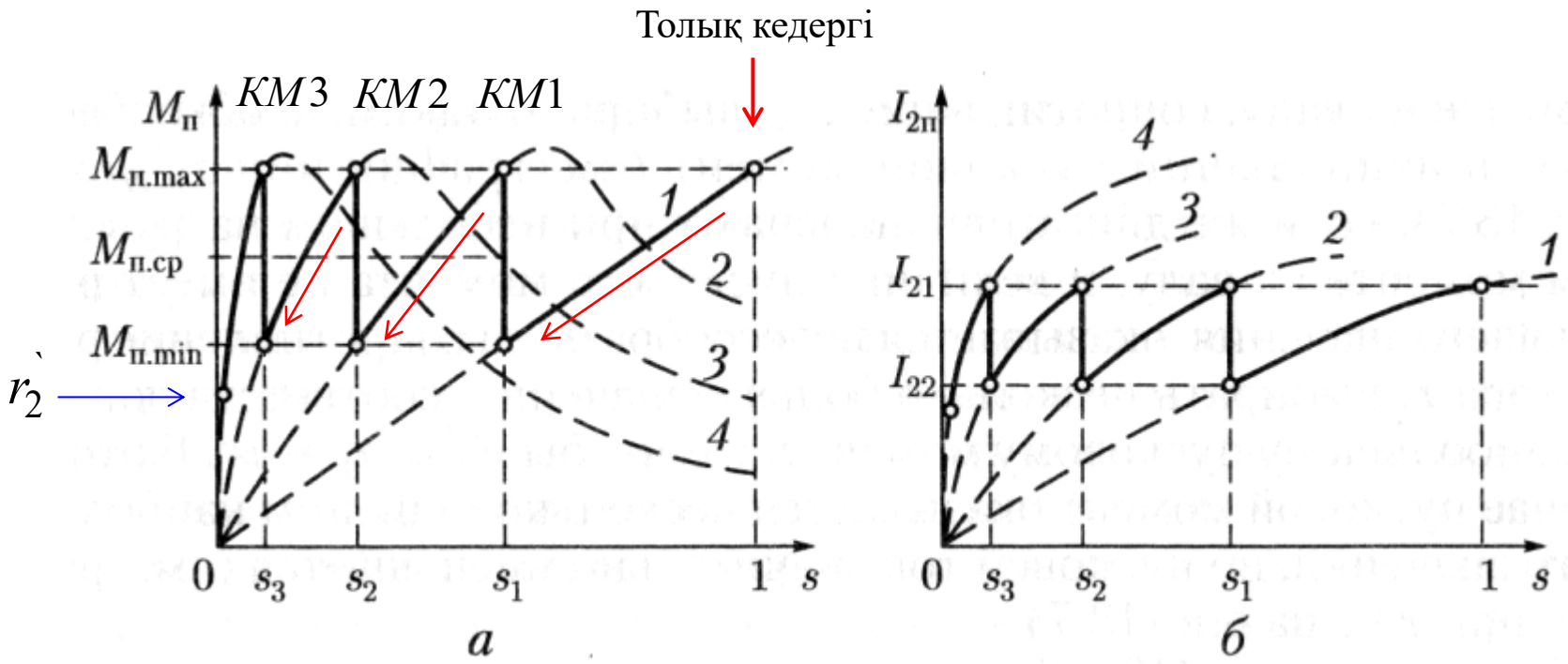
$$R``_2 = r`_2 + r`_{қос} = x_1 + x_2$$

$M_{Пmax}$ болатын кедергі

$$R`_2 = r`_2 + r`_{қос}$$

Толық кедергі

Фазалы роторлы асинхронды қозғалтқышты іске қосу



3 сурет

$$M_{П\min} \approx 1.1 M_{ном}$$

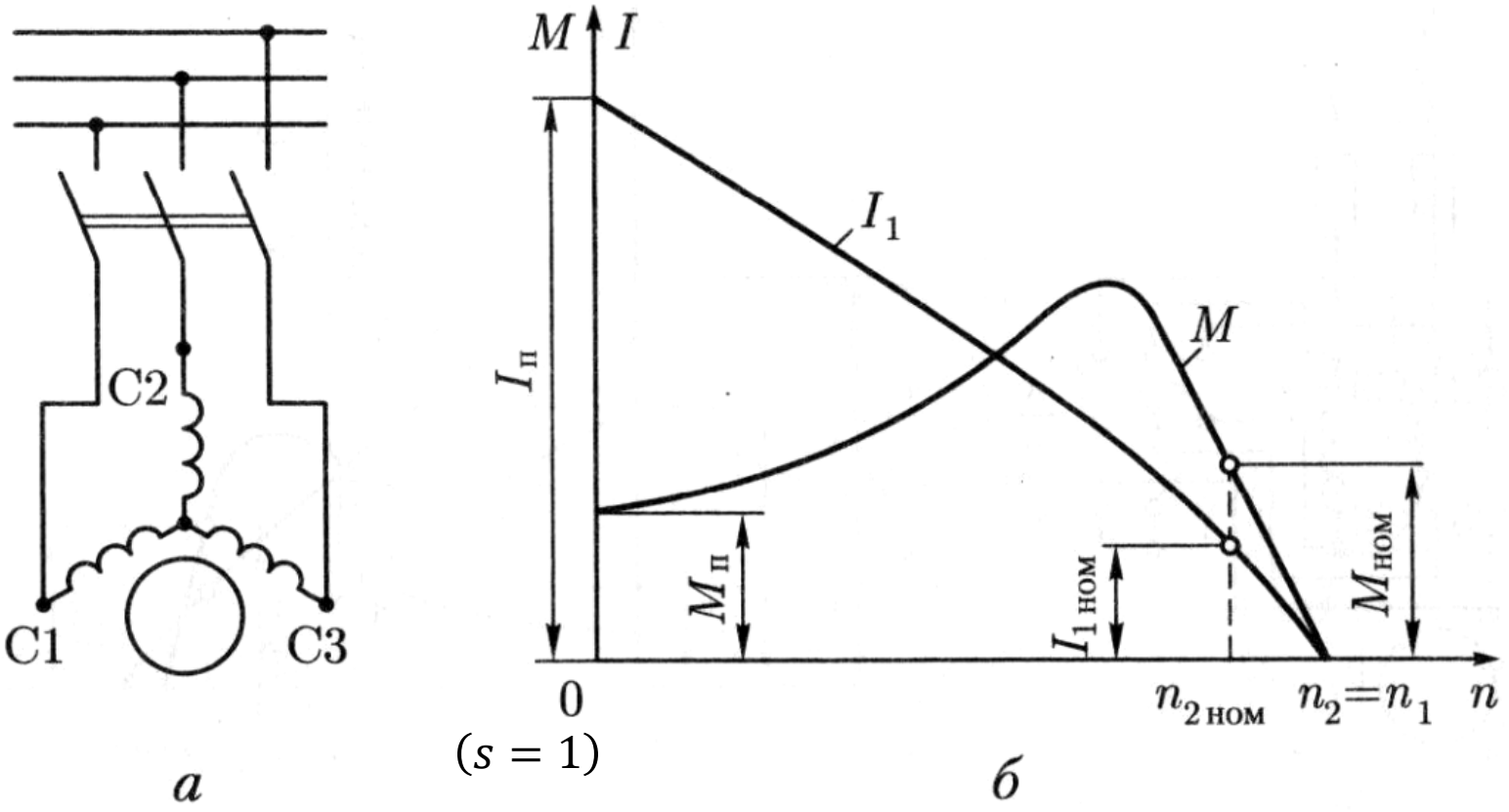
$$M_{\text{п.ср}} = 0.5(M_{\text{п.}max} + M_{\text{п.}min})$$

Іске қосылу тогының орташа мәні:

$$I_{\text{п.ср}} = 0.5(I_{22} + I_{21})$$

Қысқа тұйықталған роторлы АҚ іске қосу

Желіге тікелей жалғау. Бұл кезде іске қосу тогының шамасы номиналдан $\frac{I_{\text{П}}}{I_{\text{ном}}} = 5 \div 7$ есе көп болады, кейін АҚ орныққан режимге түскенде ток номинал шамасына келеді. Алайда мұндай өзгеріс желі кернеуінің күрт төмендеуіне әкеледі, ол 15 пайыздан аспағаны жөн. Әдетте бұл әдіс тек төмен қуатты АҚ-да қолданылады.

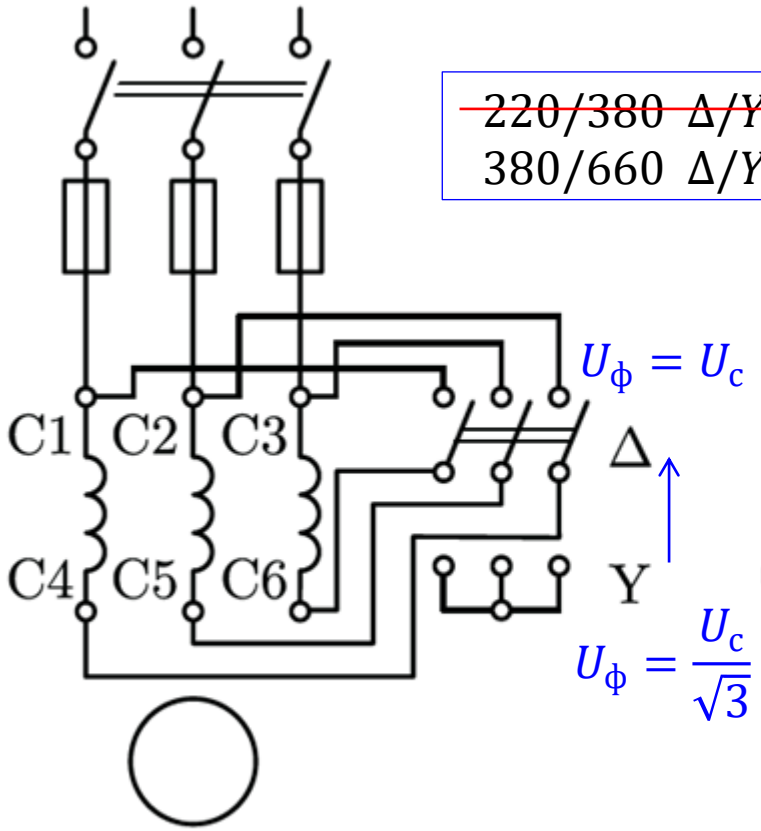


4 сурет

$I_{\text{П}}, M_{\text{П}}$ – іске қосу тогы және моменті

Қысқа тұйықталған роторлы АҚ іске қосу

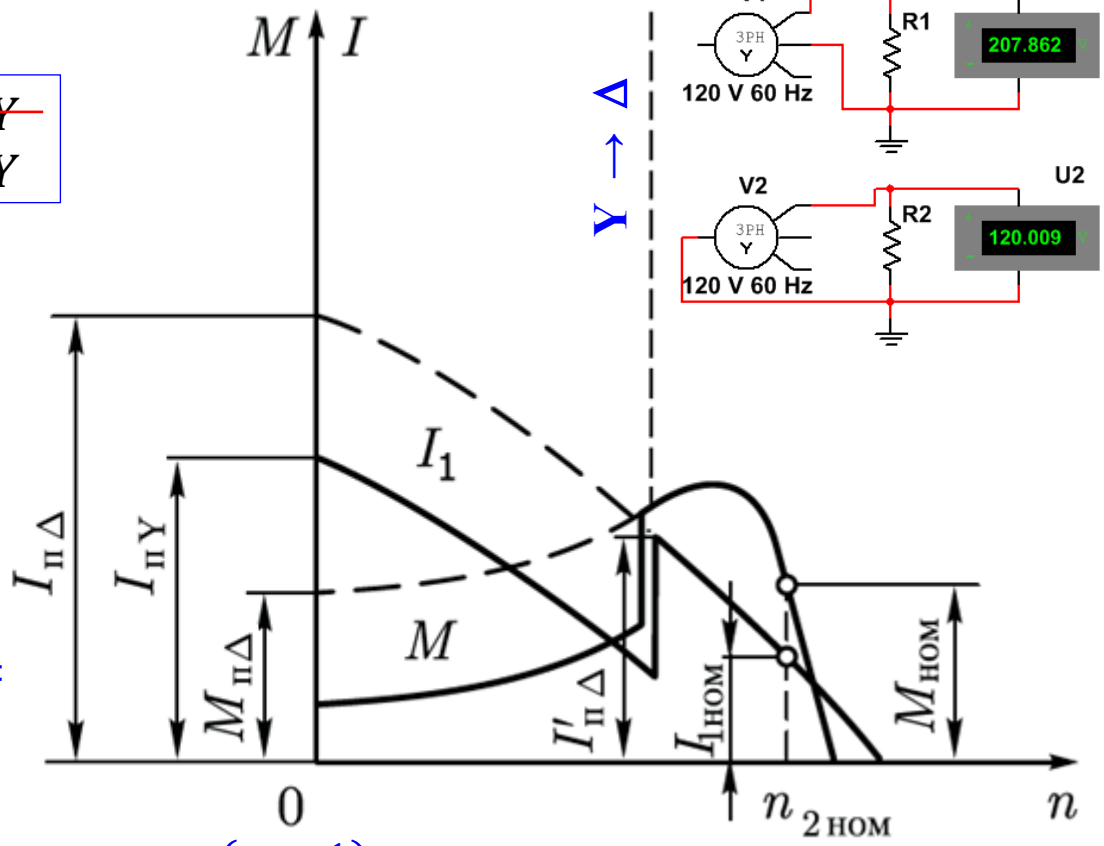
Төмендетілген кернеумен іске қосу. Бұл статор орамаларының жалғану түрін жұлдызшадан үшбұрышқа өзгертуге негізделген. Осылайша, АҚ іске қосқан кезде фазалық кернеу $\sqrt{3}$ есе аз болады. Әдістің басты кемшілігі іске қосу моменті төмен және тек үшбұрыш жалғау түрі үшін қолданылады.



~~220/380 Δ/Y~~
380/660 Δ/Y

$U_ф = U_с$

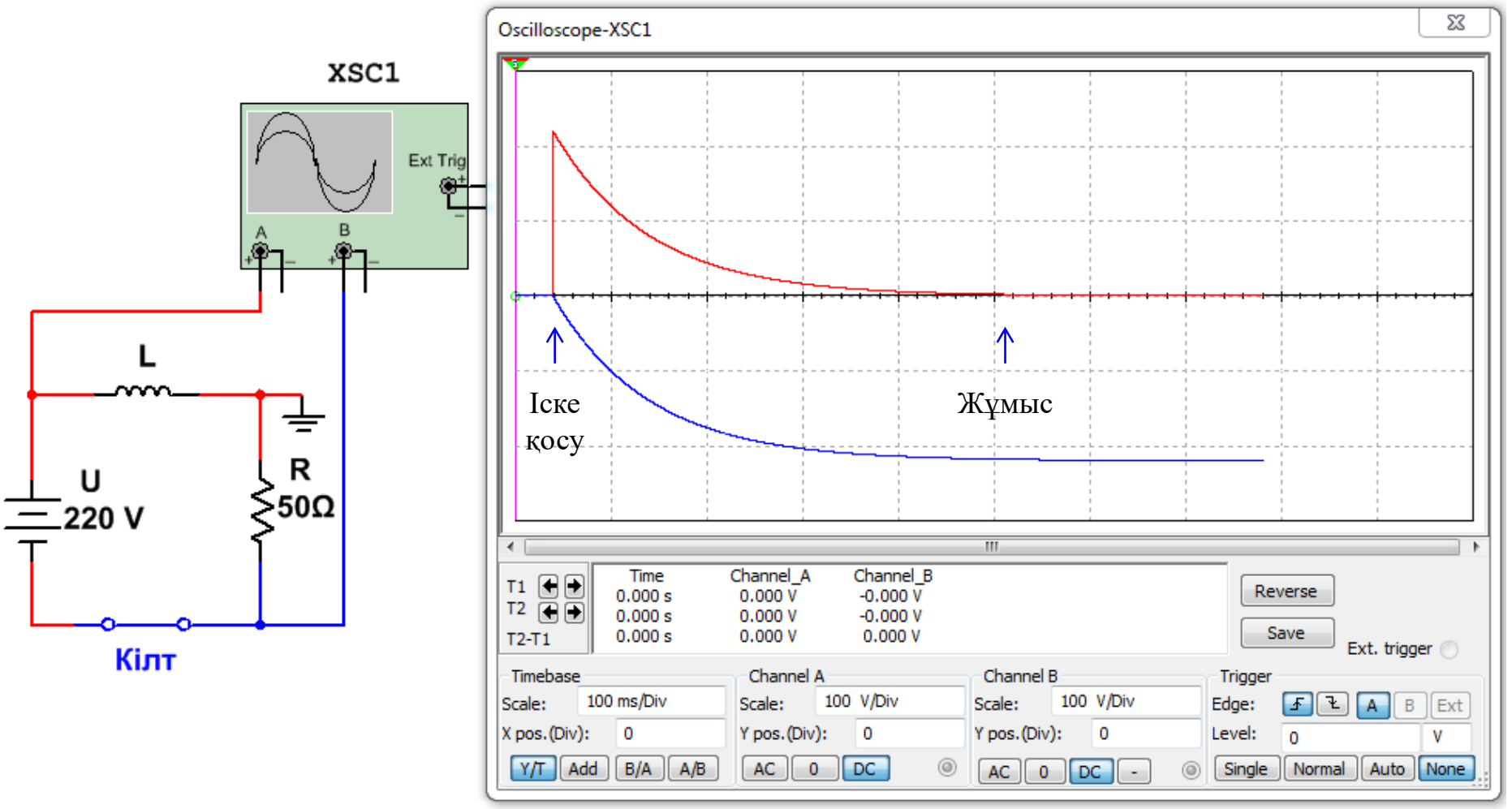
$U_ф = \frac{U_с}{\sqrt{3}}$



5 сурет

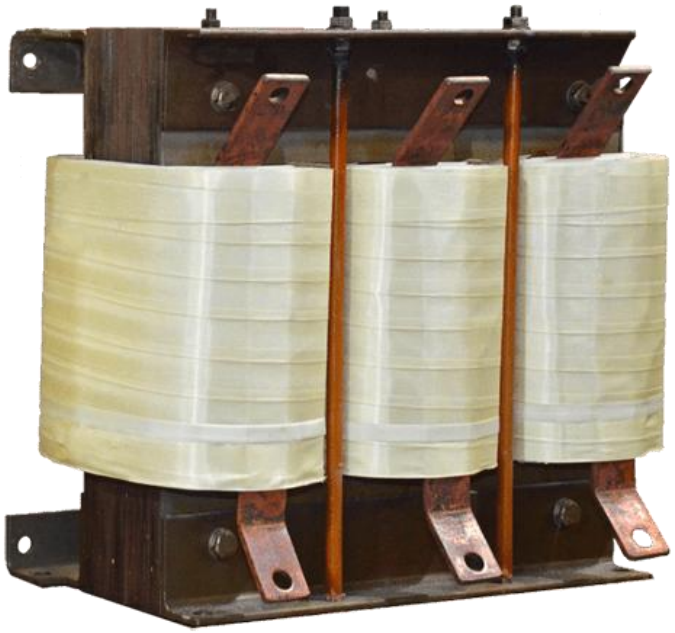
а *б*

Кернеу шамасына реактордың әсері

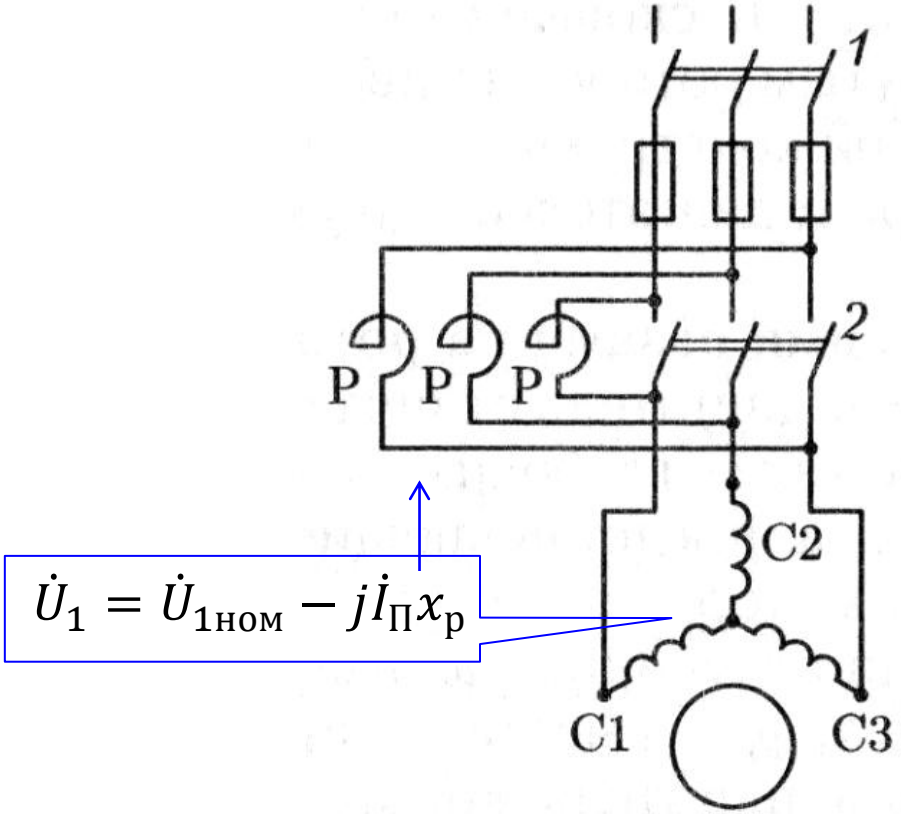


Қысқа тұйықталған роторлы АҚ іске қосу

Реактор (дроссель) арқылы іске қосу. Бұл кезде статорғы кернеу реактивті элемент арқылы төмендетіліп беріледі. Ротор айналу жиілігі орныққан күйге келгенде 2 рубильник қосылады. Дроссельдерді қолданудың басты артықшылығы ротордың айналу жиілігі жоғарылаған кезде ол жердегі ток жиілігі төмендейді($f_2 = f_1 s$), сол сияқты дроссель кедергісіде $\left(x_\text{р} = 2\pi f_1 s\right)$.



6 сурет. Реактор (дроссель)



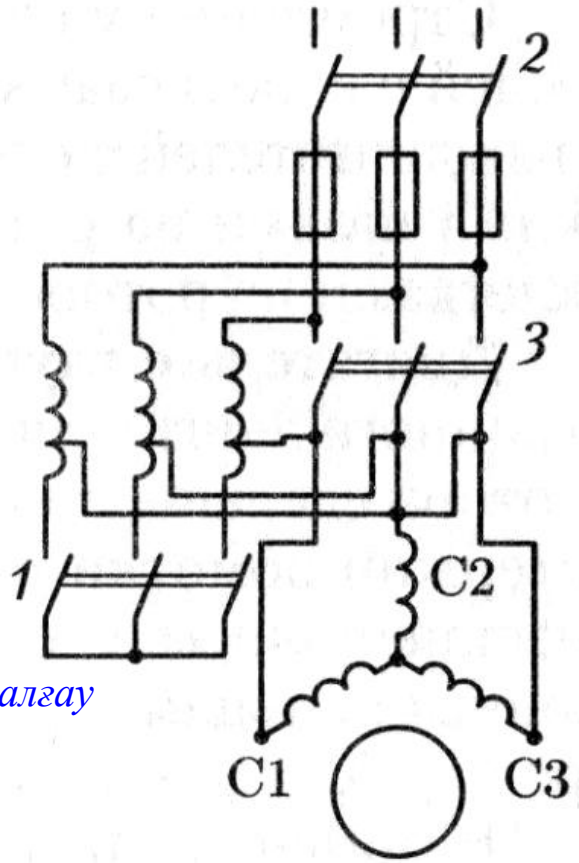
7 сурет

$j\dot{I}_\text{П} x_\text{р}$ – реакторға түскен кернеу

Қысқа тұйықталған роторлы АҚ іске қосу

Автотрансформатор (АТ) арқылы іске қосу. Бірінші 1 рубильник қосылғанда АТ жұлдызша жалғанады, кейін 2 рубильник қосылады. Айналу жиілігі орныққан күйге келгенде 1 рубильник ажыратылады, демек АТ дросселге түрленеді. 3 рубильник қосылғанда АҚ желінің толық кернеуі беріледі.

$$k_{\text{АТ}} = \frac{U_{12}}{U_2}$$



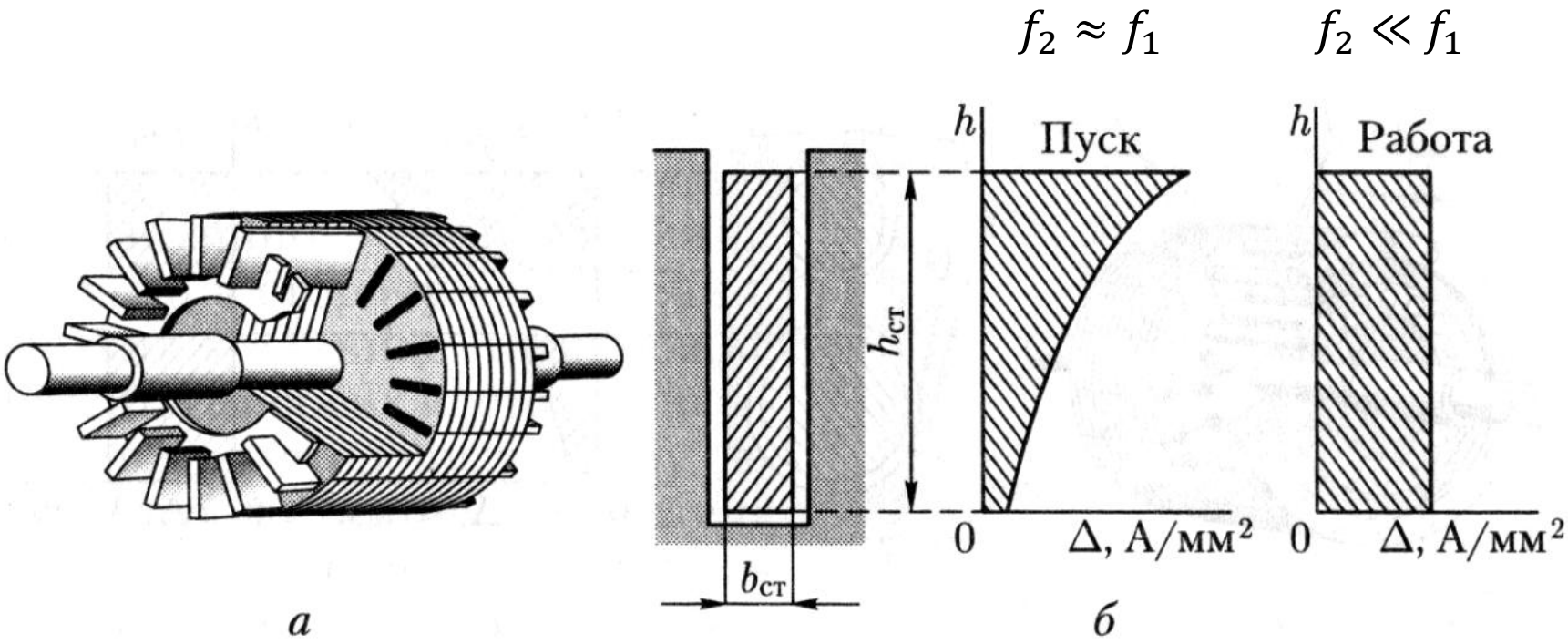
жұлдызша жалғау

8 сурет

Қысқа тұйықталған роторлы АҚ іске қосу

Терең пазды ротор $\rightarrow h/b = 9 \div 10$

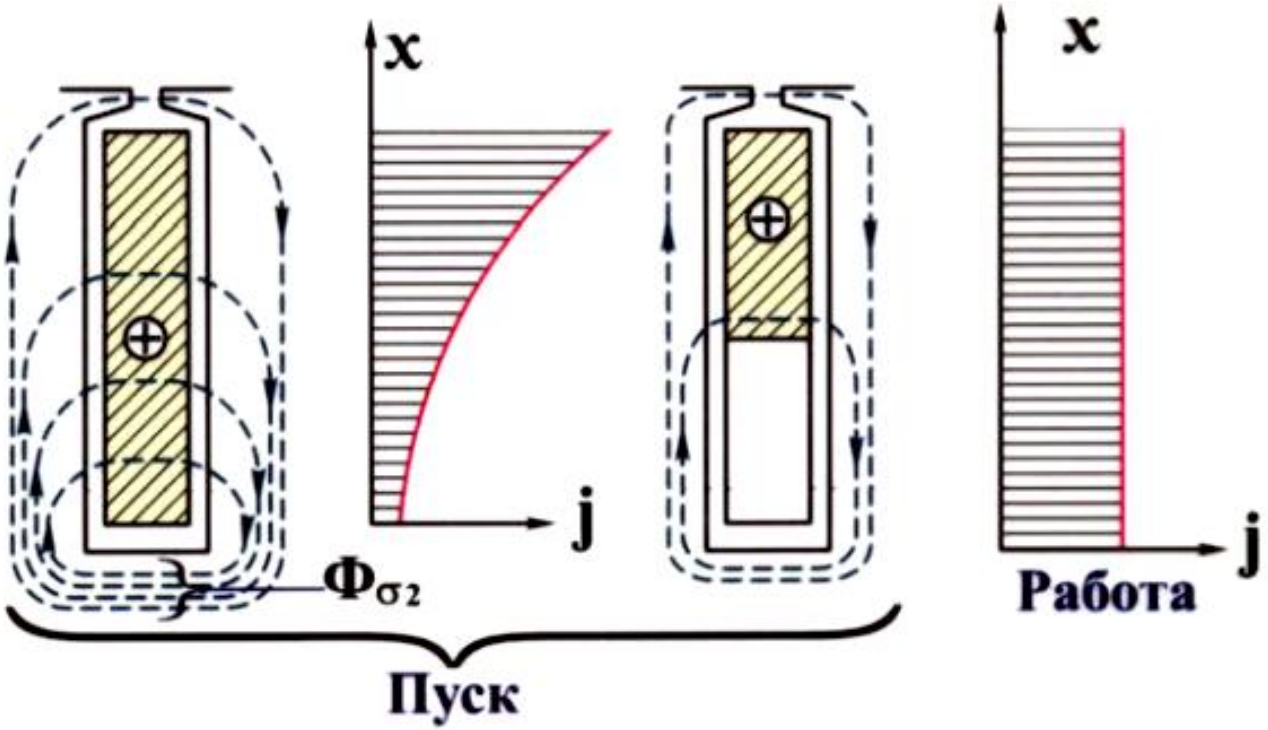
Ротордың айналу жиілігі: $f_2 = f_1 s$



9 сурет

Қысқа тұйықталған роторлы АҚ іске қосу

Терең пазды ротор $\rightarrow h/b = 9 \div 10$



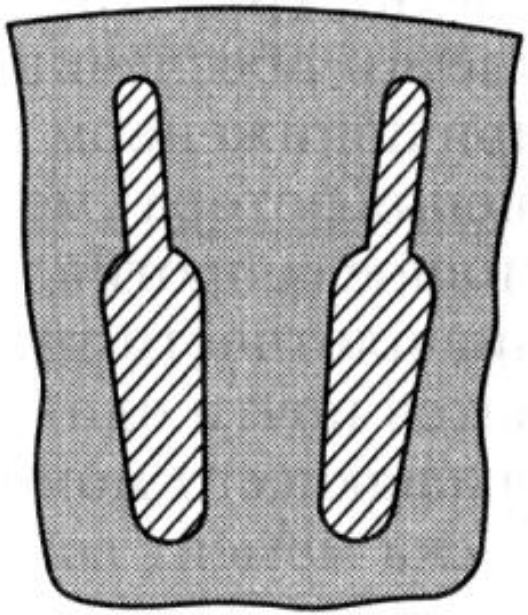
$s = 1$ $s \ll 1$

10 сурет

$\Delta = 503\sqrt{\frac{\rho}{\mu_m f}}$ −скин қабат қалыңдығы

ρ − меншікті электр кедергісі, μ_m −салыстырмалы магниттік өтімділік

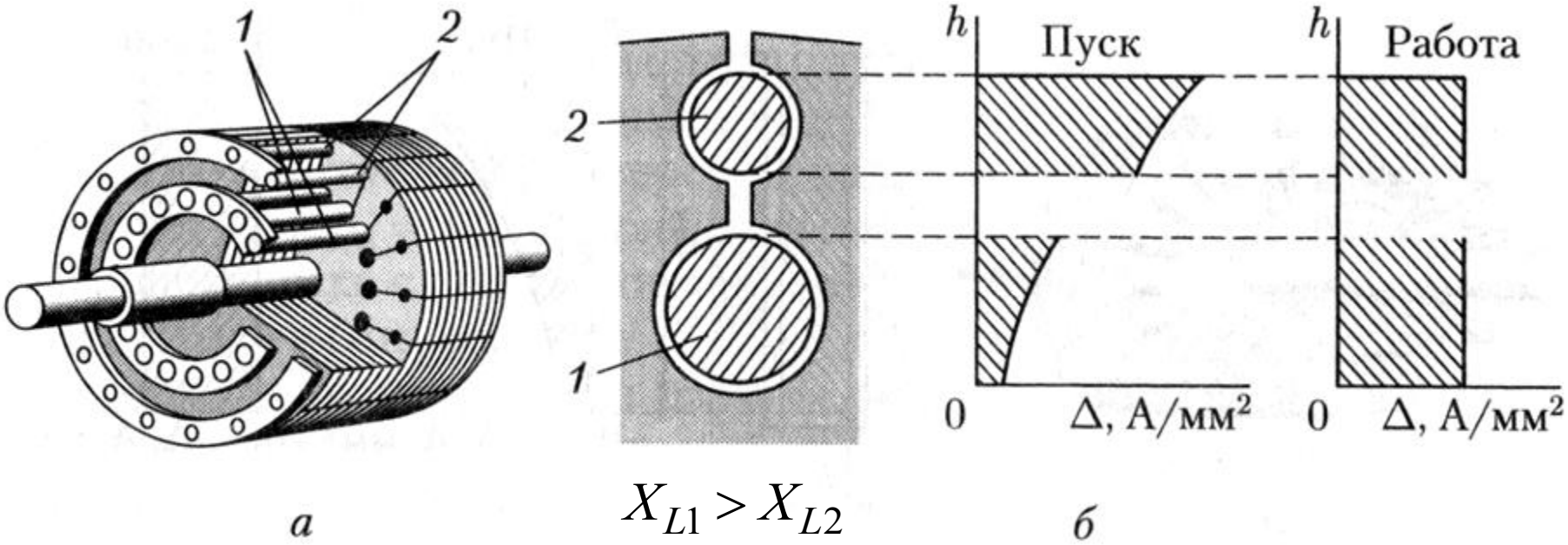
Қысқа тұйықталған роторлы АҚ іске қосу



11 сурет. Көлденең қимасының ауданы бөтелке типті ротор серженьдері

Қысқа тұйықталған роторлы АҚ іске қосу

Екі пазды (каналды) ротор. 1 жұмыс торы, ал 2 іске қосу торы, әдетте активті кедергісі жоғары (жез, қола) материалдан жасалады (*а* суреті).



а *б*

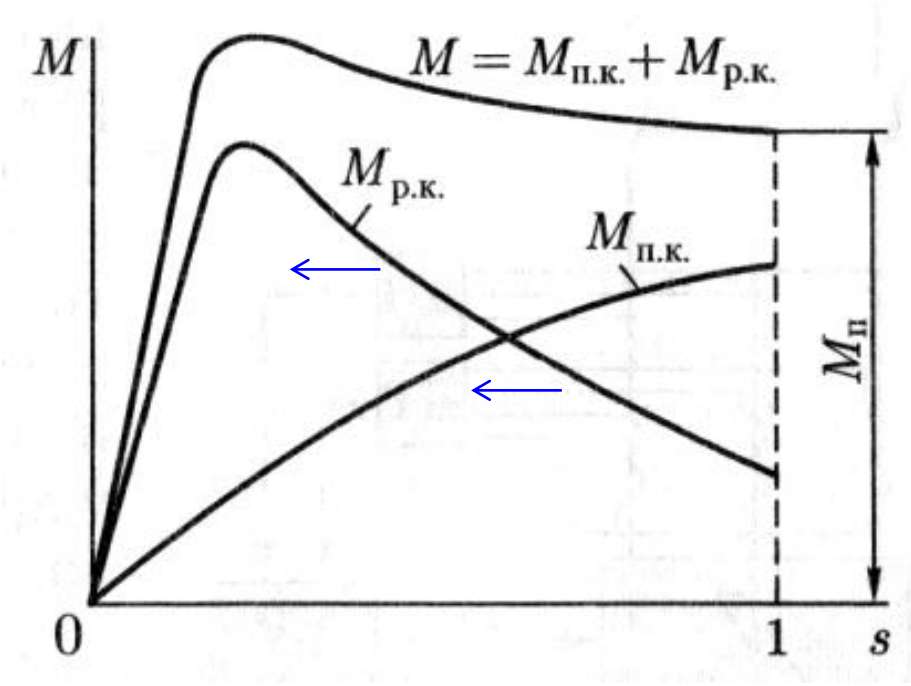
$$X_{L1} > X_{L2}$$

$$R_1 < R_2$$

12 сурет

Қысқа тұйықталған роторлы АҚ іске қосу

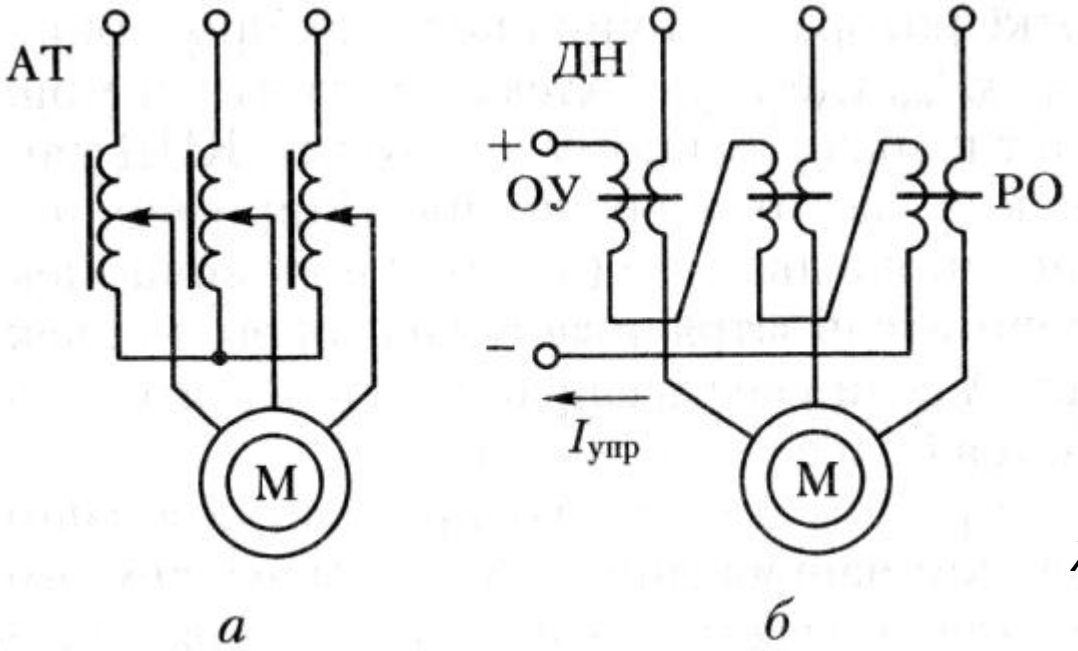
Екі пазды (р – жұмыс, п – іске қосу) ротор.



Бір бағыттағы моменттер суммаланып
қорытқы моментті береді

АҚ роторының айналу жиілігін реттеу (желі кернеуінің шамасын өзгерту арқылы)

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

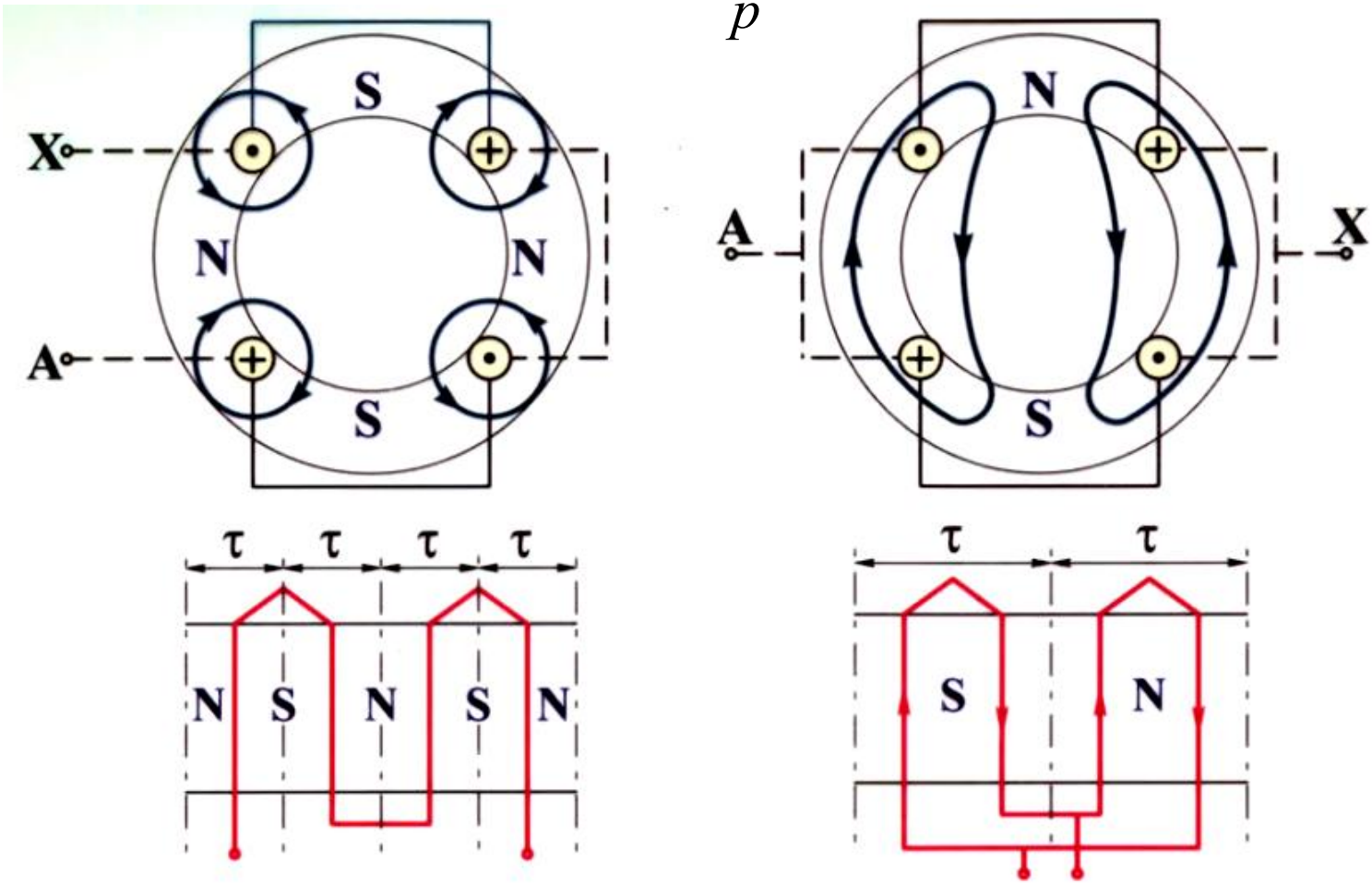


$$\lambda_{\text{М}} = \frac{M`_{max}}{M_{\text{ном}}}$$

13 сурет. Автотрансформаторды немесе магниттік қанығатын дроссель (ДН) қолдану

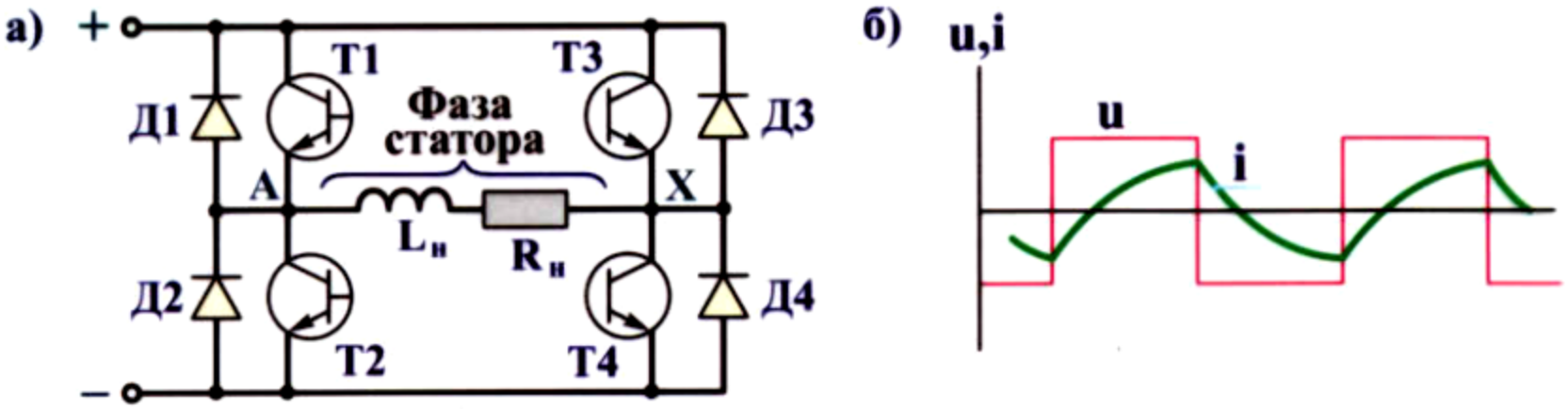
АҚ роторының айналу жиілігін реттеу (полюстар санын өзгерту арқылы)

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



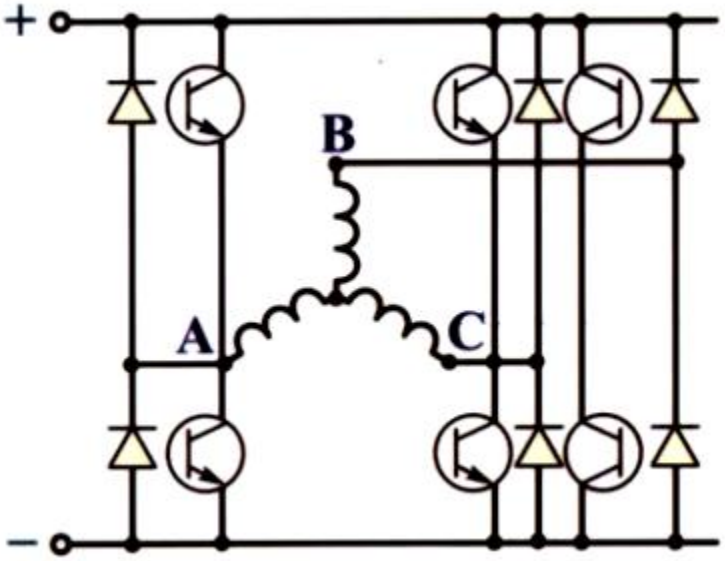
p – жұп полюстар саны (N&S)

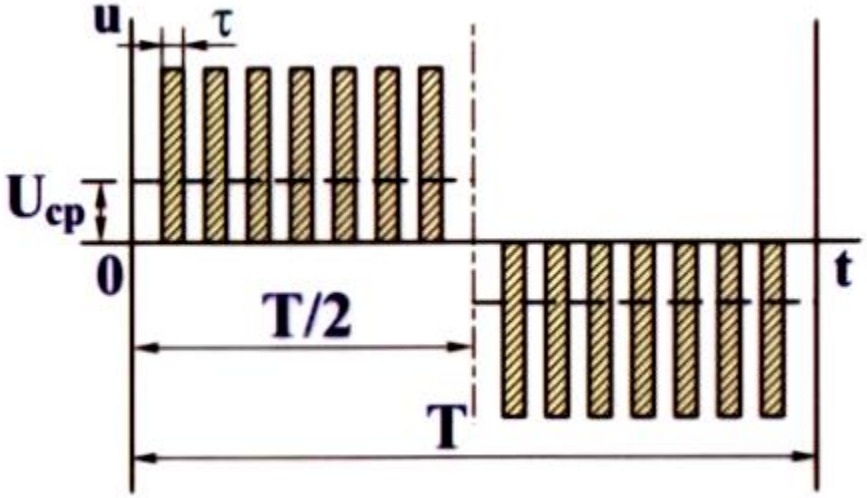
АҚ роторының айналу жиілігін реттеу (ШИМ)



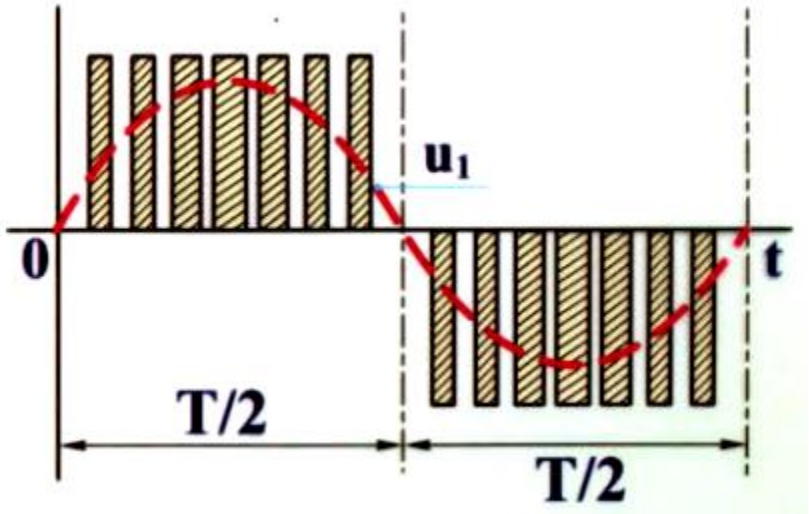
Транзисторлы инвертор

АҚ роторының айналу жиілігін реттеу (ШИМ)



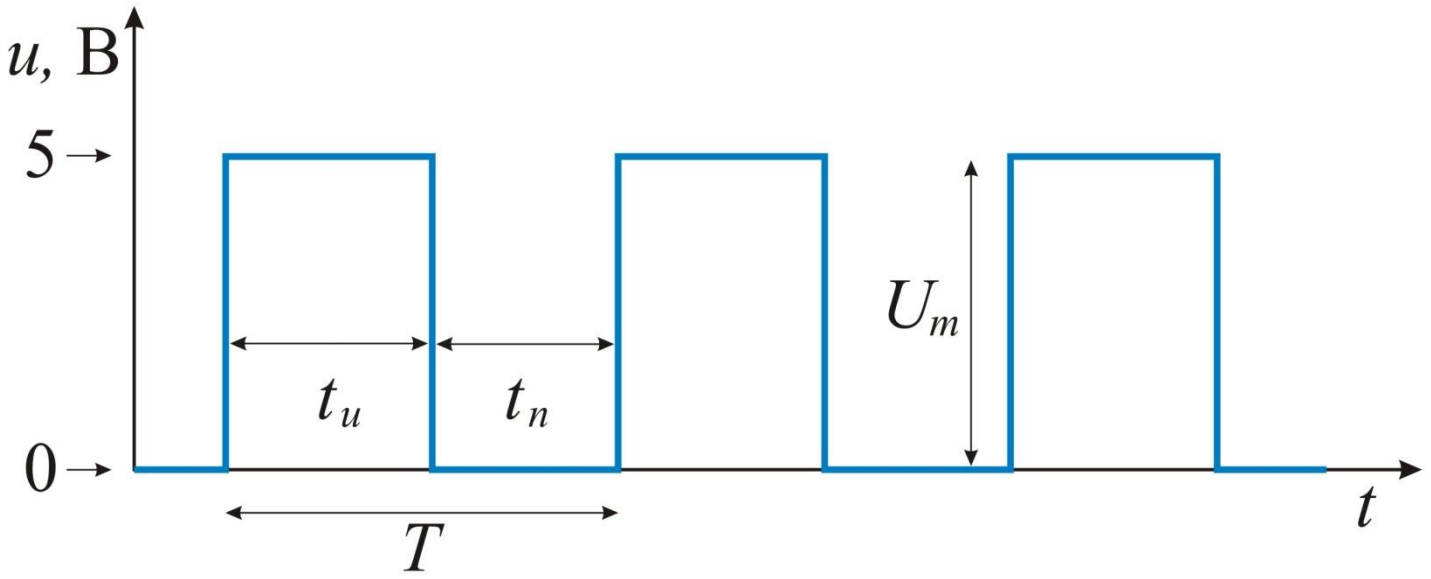


Импульсті-ендік реттеу



Синусоида бойынша импульсті-ендік модуляция

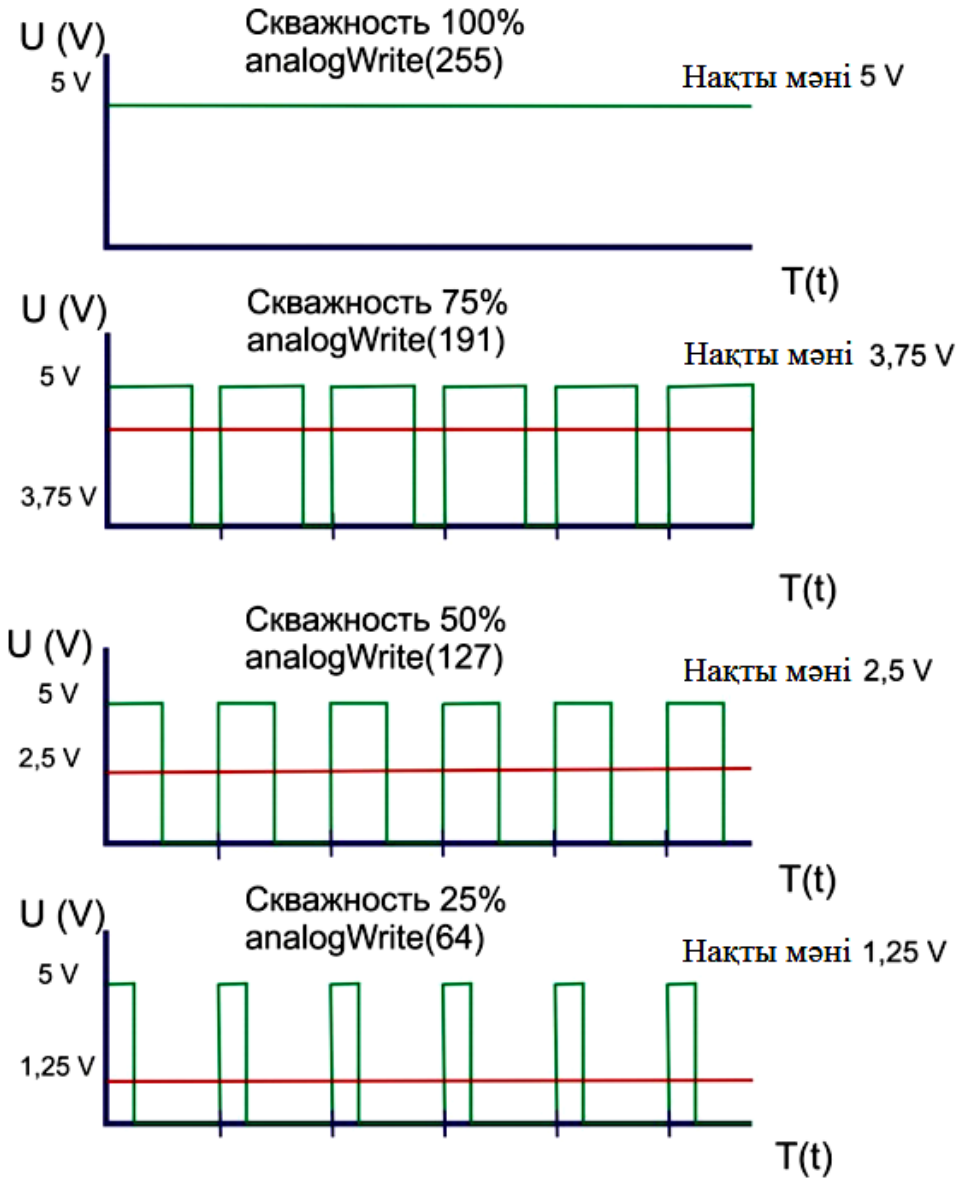
Импульсті сигнал



t_u – импульс ұзақтағы
t_n – үзіліс (пауза)
T – импульс периоды
U_m – импульс амплитудасы

$\gamma = t_u/T$ – толтыру коэффициенті
$N = T/t_u = 1/\gamma$ – скважность (duty cycle)

ШИМ (импульсті ендік модуляциялау)

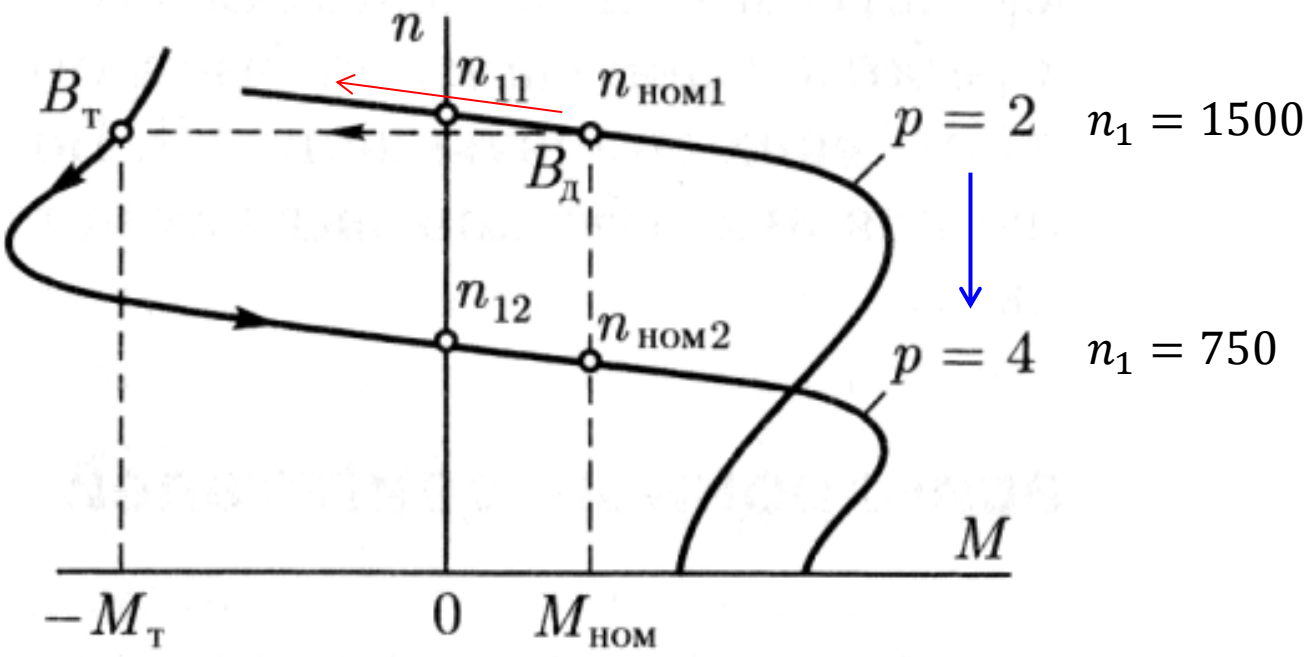


АҚ тежеу режимдері (рекуперативті)

АҚ генератор режиміне өткізу шарты: $n_2 > n_1$

Статордағы магнит өрісінің айналу жиілігі: $n_1 = \frac{f60}{p}$

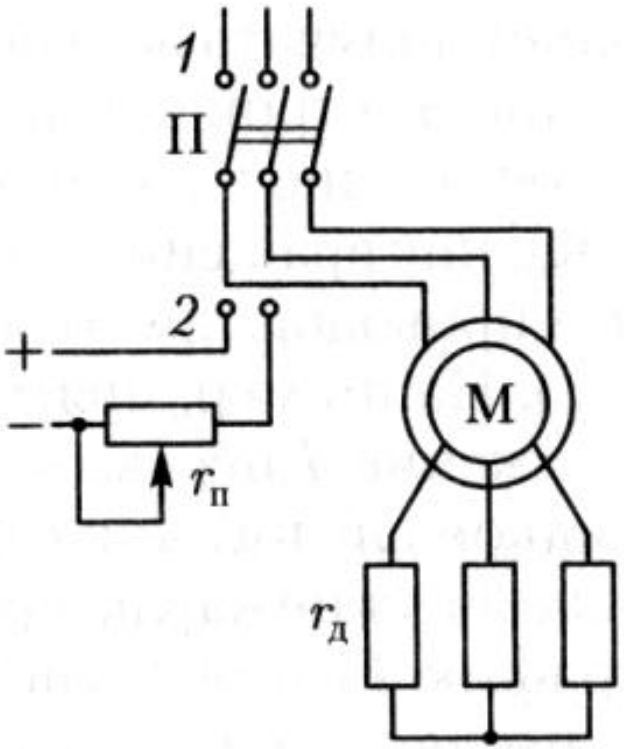
Инерция күші



Лифт, электромобиль, электрлі кран

p – жұп полюстар саны (N&S)

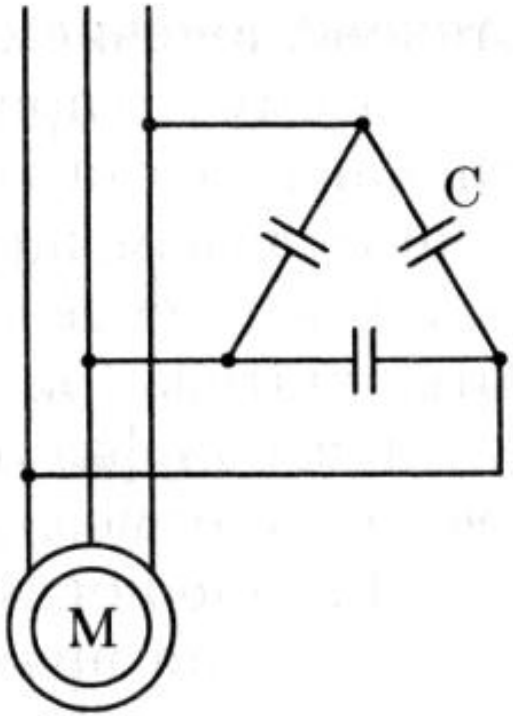
АҚ тежеу режимдері (динамикалық)



Желідегі айнымалы токтан ажыратып тұрақты ток көзіне жалғау. Бұл кезде Ленц ережесіне сай тежеу жүзеге асады.

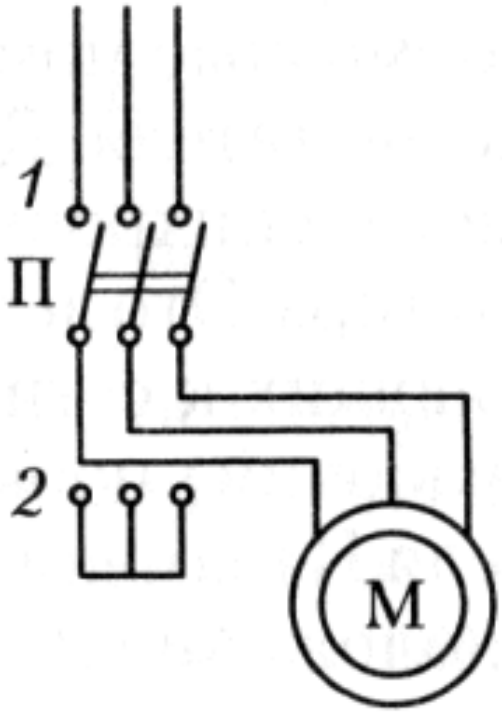
$r_Д$ – фазалық роторлы АҚ-қа жалғанған реостат кедергісі

АҚ тежеу режимдері (конденсаторлы)



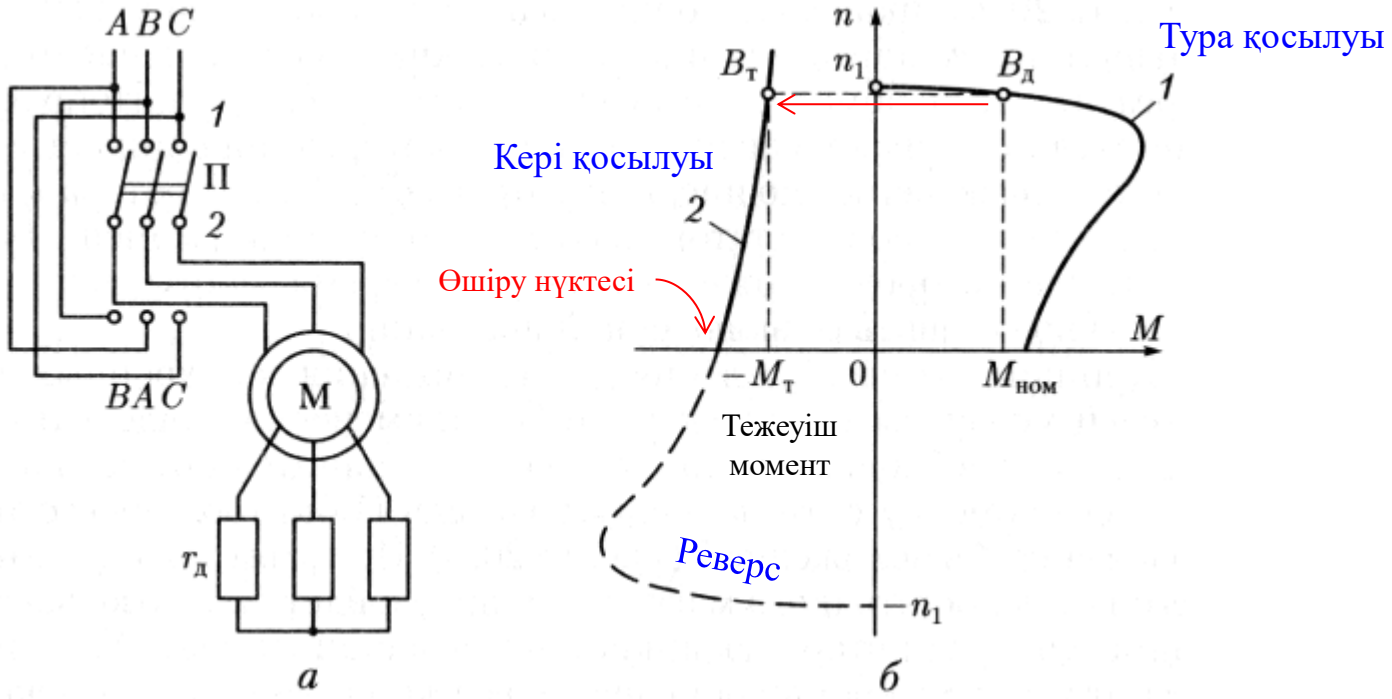
Бұл әдіс өздік қозуға негізделген динамикалық тежеу режиміне жатады. АҚ-ты желіден ажыратқан бойда өздігінен қозу қалдық магнетизмнің әсерінен болады, кейін конденсаторлар жалғанған кезде қозғалтқыштың магниттік өрісімен конденсаторлардың электрлік өрістері арасында реактивті энергия алмасу жүзеге асады.

АҚ тежеу режимдері (қысқа тұйықтау)



Бұл әдісте өздік қозу әдісіне негізделген динамикалық тежеу режиміне жатады. АҚ желіден ажыратқан бойда өздігінен қозу қалдық магнетизмнің әсерінен болады.

АҚ тежеу режимдері (қарсы қосу)

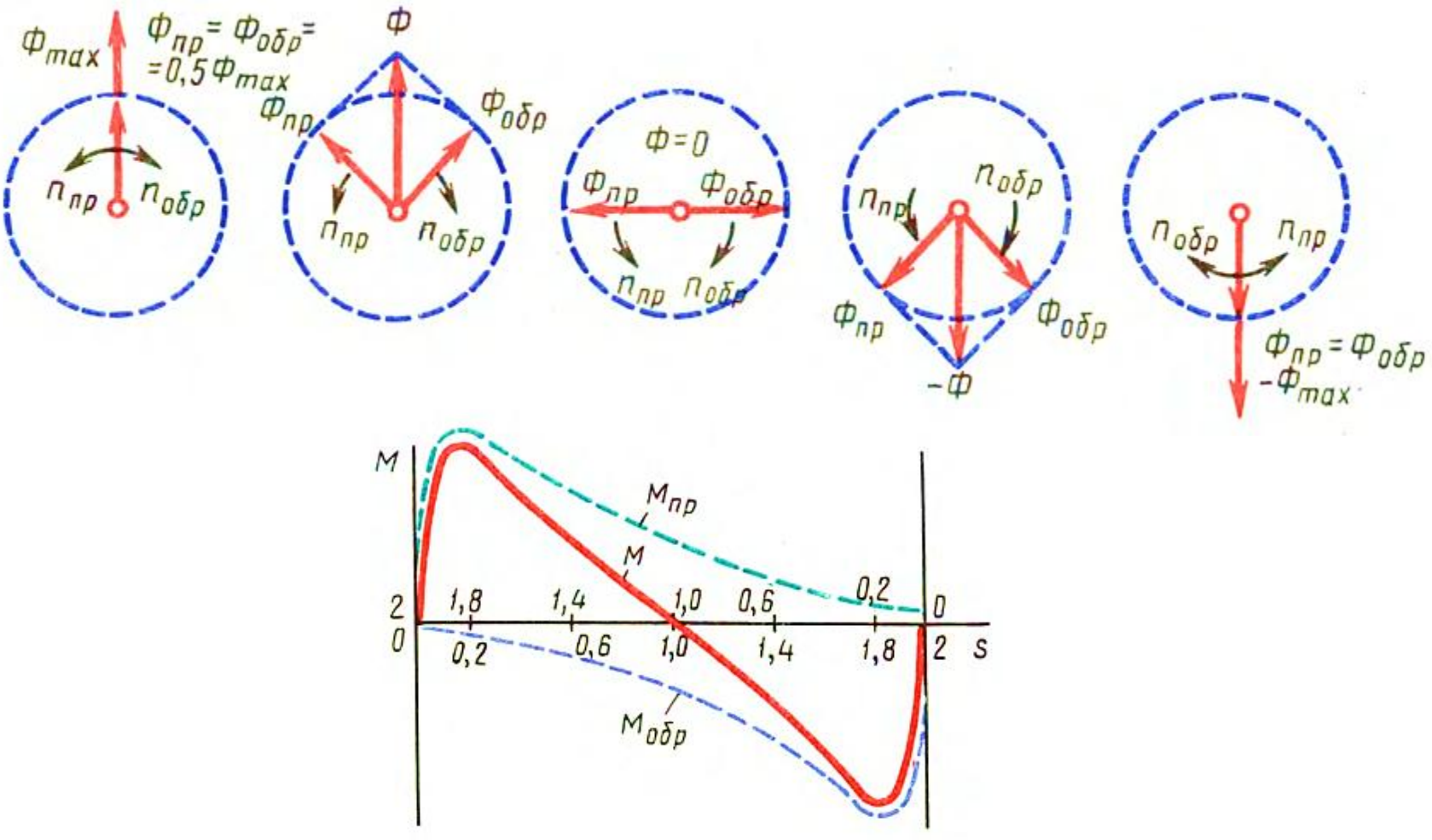


Механикалық сипаттама

Бұл әдіс екі фазаның орындарын ауыстырып жалғау арқылы жүзеге асады. АҚ орамдарындағы токты шектеу және критикалық сырғуды ығыстыру ($s > 1$) үшін, сәйкесінше қозғалтқыштың механикалық сипаттамасы жұмсарту үшін роторға қосымша кедергі жалғайды. Бұл кезде тежеу орнықты болады. Демек бұл әдіс тек фазалы роторлы қозғалтқыштарды тежеу үшін жарамды.

Бір фазалы АҚ.

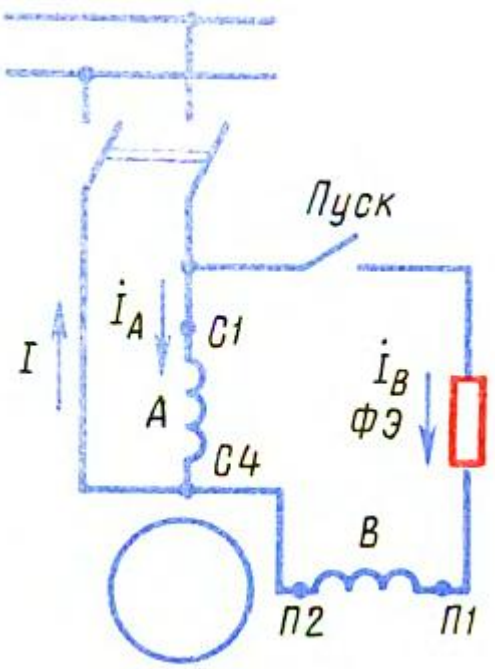
Бір фазалы АҚ-та магнит ағыны амплитудалық мәні Φ_{max} тең пульсті болады

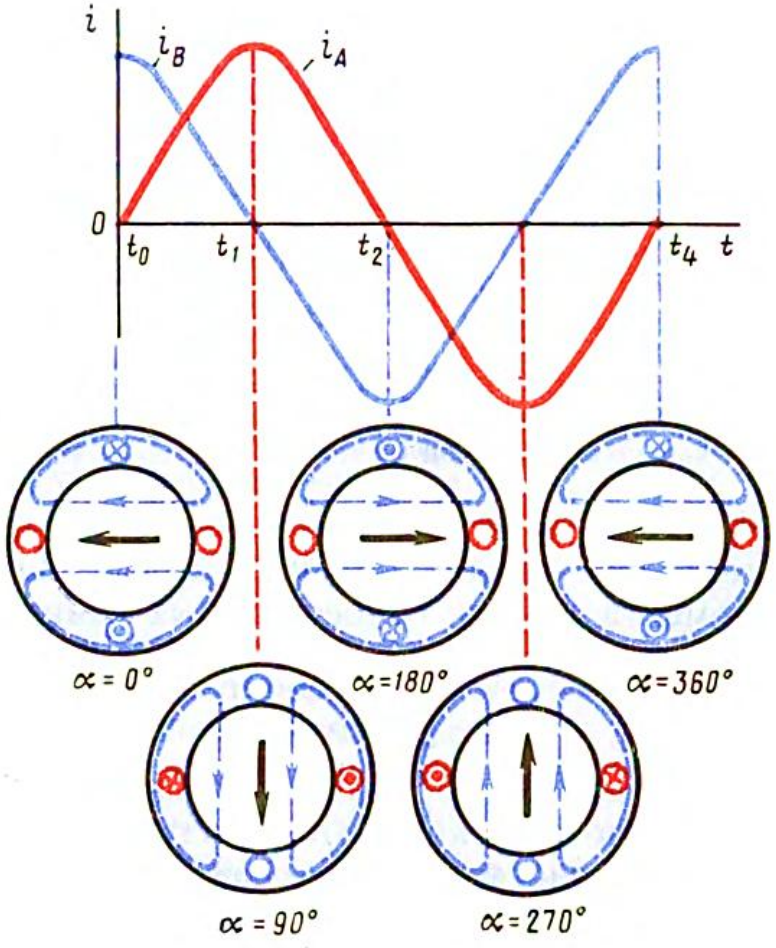


$n_{\text{пр}}, n_{\text{обр}}$ – негізгі ағынның құраушылары тудыратын ротордың айналу жиіліктері

Бір фазалы АҚ.

Іске қосушы орамдар жұмыс орамдарынан 90º-қа ығыса орналасады

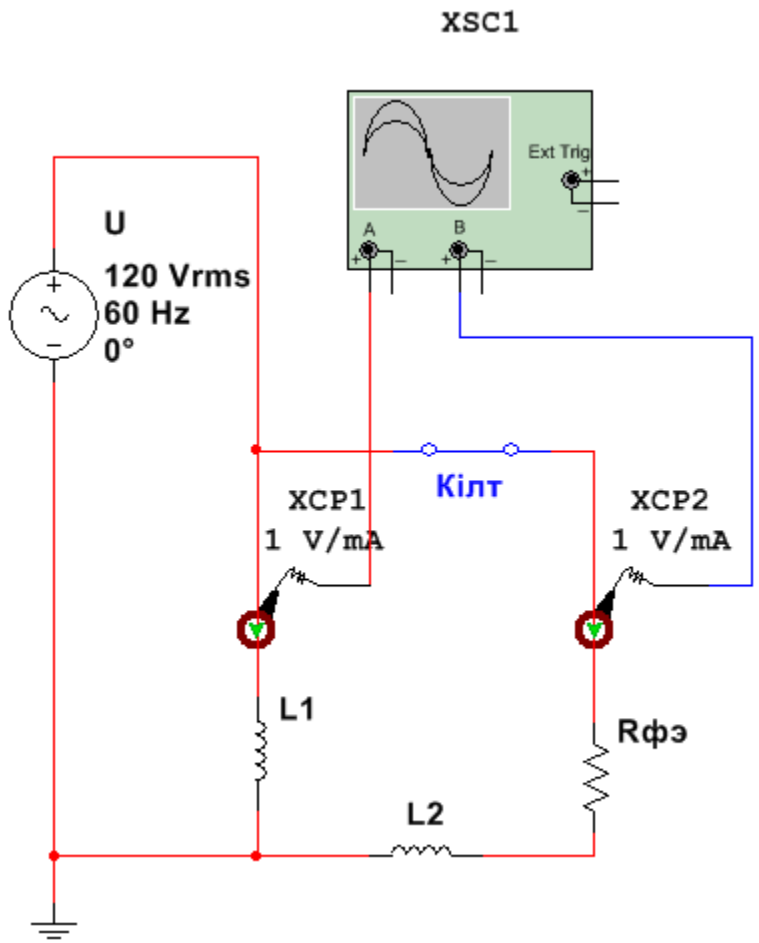


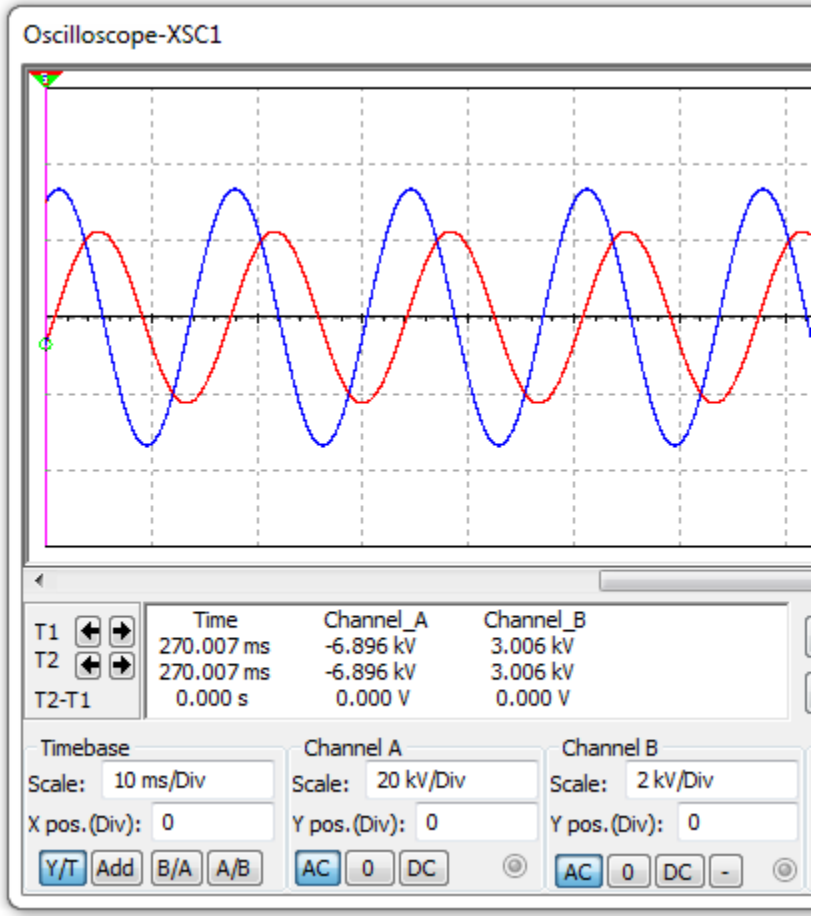


ФЭ – фаза ығыстырушы элемент

Бір фазалы АҚ.

Іске қосушы орамдар жұмыс орамдарынан 90º-қа ығыса орналасады

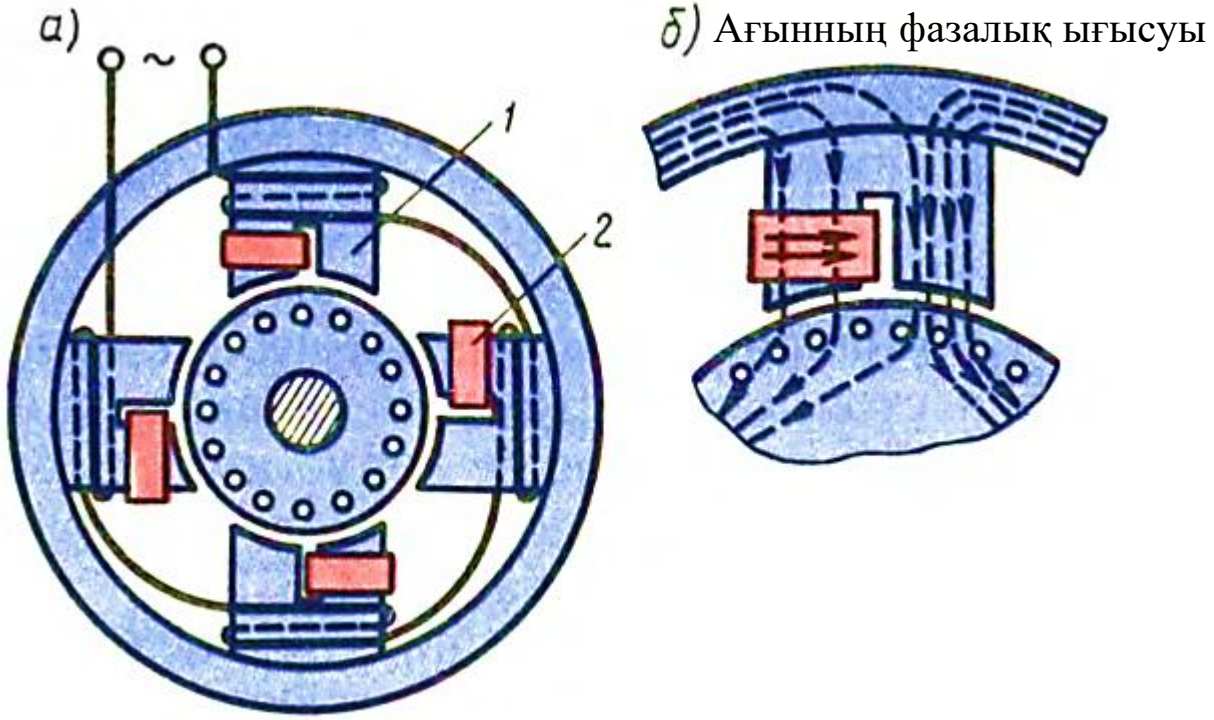




ФЭ – фаза ығыстырушы элемент

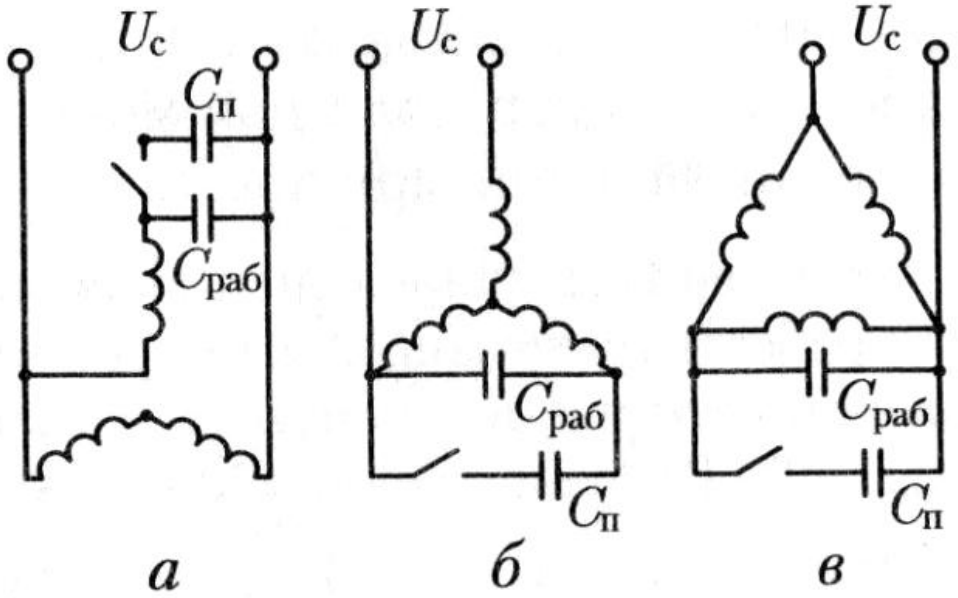
Экрандалған полюсты бір фазалы АҚ.

Ротор экрандалған полюс бағытына қарай айналады



Іске қосу моментінің еселігі: $M_{\text{П}}/M_{\text{ном}} = 0.5 \div 0.6$

Үш фазалы АҚ бір фазалы желіге қосу



$$C_{раб} \approx \frac{2700 \cdot I_1}{U_c} \qquad C_{раб} \approx \frac{2800 \cdot I_1}{U_c} \qquad C_{раб} \approx \frac{4800 \cdot I_1}{U_c} [\text{мкФ}]$$

$$C_П = (2.5 \div 3) C_{раб}$$

$$U_к \approx 1.3 U_c \qquad U_к \approx 1.15 U_c$$

$$P \approx 0.7 \div 0.8 \cdot P_{ном}$$