Электр машиналары және электр жетегі



Профессор Досболаев М.Қ.

Ротор орамасының параметрлерін статордікіне келтіру

$$m_2 w_2 k_{\text{орам}2} \rightarrow m_1 w_1 k_{\text{орам}1}$$

роторлікі статорлікі

Шарт. Бұл кезде ротордың қуаты және ЭҚК-і мен токтары аралығындағы векторларының фазалық ығысулары өзгеріссіз қалуы керек.

Ротор қозғалыссыз ($s = 1$) тұрған кезде оның келтірілген ЭҚК:

$$E`_2 = E_2 k_e, (4)$$

Қысқа тұйықталу кезіндегі кернеу трансформациялау коэффициенті:

$$k_e = \frac{E_1}{E_2} = \frac{w_1 k_{\text{орам}1}}{w_2 k_{\text{орам}2}}$$

$k_{\text{орам}} = k_{\text{қ}}\, k_{\text{т}}$ – орам коэффициенті

Ротор орамасының параметрлерін статордікіне келтіру

Ротор қозғалыссыз тұрған кездегі оның тогының келтірілген формасы:

$$I`_2 = \frac{I_2}{k_i}, (5)$$

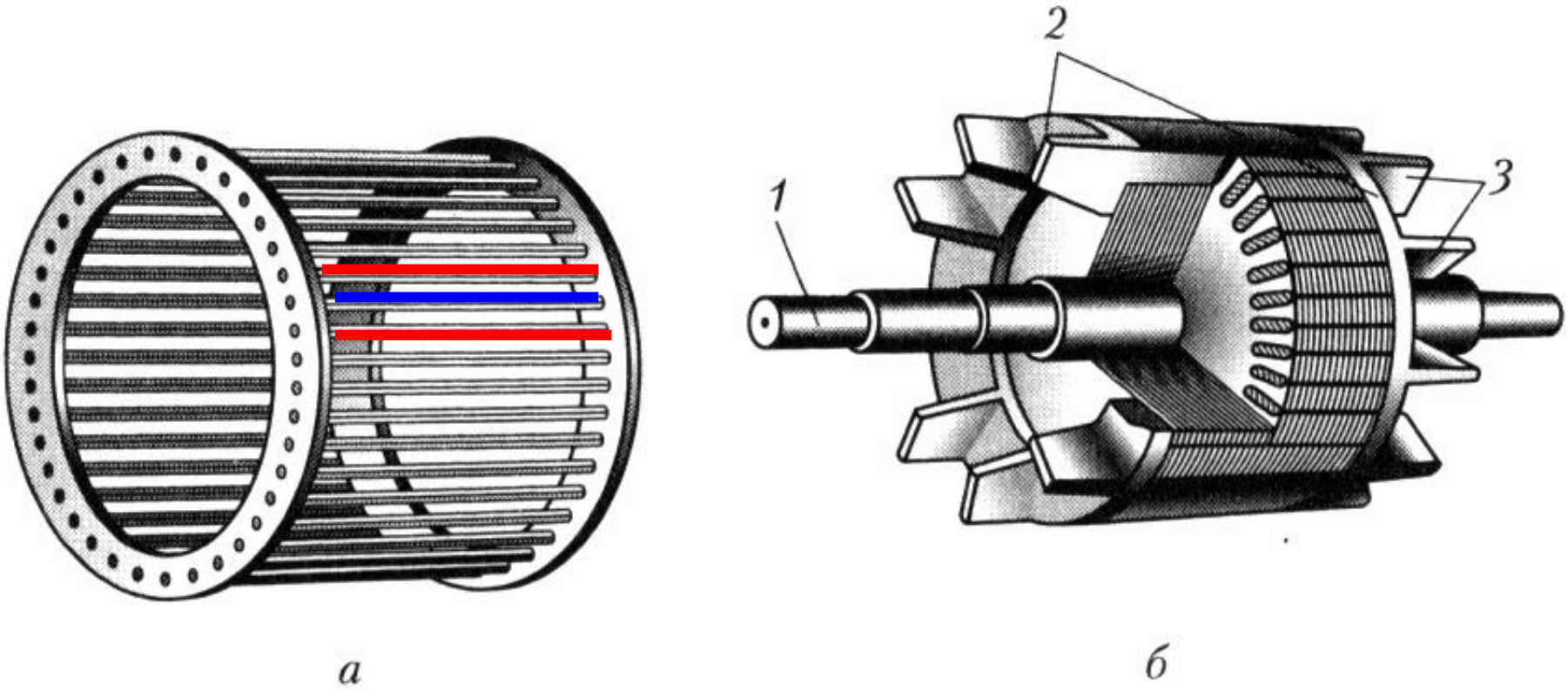
Қысқа тұйықталу кезіндегі ток трансформациялау коэффициенті:

$$k_i = \frac{m_1 w_1 k_{\text{орам1}}}{m_2 w_2 k_{\text{орам2}}} = \frac{m_1}{m_2} k_e$$

Асинхронды қозғалтқыштардың трансформатордан айырмашылығы ток пен кернеуді трансформациялау коэффициенттері өзара тең емес. Оның себебі статор мен ротор орамаларындағы фазалар санының тең болмауында.

$$m_1 \neq m_2 \longrightarrow k_e \neq k_i$$

Қысқа тұйықталған ротор орамдарындағы ерекшеліктер



1 сурет

$m_2 = Z_2$ – фаза (паз) саны

$w_2 = 0.5$ – бір фазадағы орам саны

$k_{\text{орам2}} = 1$ – орама коэффициенті

Ротор орамасының параметрлерін статордікіне келтіру

$$r`_2 = r_2 k_e k_i;$$ - активті кедергі

$$x`_2 = x_2 k_e k_i. \quad (6)$$ - реактивті кедергі

$$\dot{E}_2 - j\dot{I}_2 x_2 - \dot{I}_2 r_2/s = 0$$

Ротор орамасы үшін келтірілген ЭҚК теңдеуі:

$$\dot{E}`_2 - j\dot{I}`_2 x`_2 - \dot{I}`_2 r`_2/s = 0. \quad (7)$$

$$\frac{r`_2}{s} = \frac{r`_2}{s} - \frac{r`_2 s}{s} + r`_2 = r`_2 + r`_2 \frac{1-s}{s}, (8)$$

$$0 = \dot{E}`_2 - j\dot{I}`_2 x`_2 - \dot{I}`_2 r`_2 - \dot{I}`_2 r`_2 \frac{1-s}{s}. (9)$$

АҚ-тың векторлық диаграммасын тұрғызу үшін

$$\dot{I}_0 = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 \frac{m_2 w_2 k_{\text{орам2}}}{m_1 w_1 k_{\text{орам1}}} = \dot{I}_1 + \dot{I}`_2 -$$ *асинхронды*

қозғалтқыштың токтарының теңдеуі

$$\dot{U}_1 = \left(-\dot{E}_1\right) + j\dot{I}_1 x_1 + \dot{I}_1 r_1 -$$ *асинхронды қозғалтқыштың*

статор орамасы үшін кернеулер теңдеуі

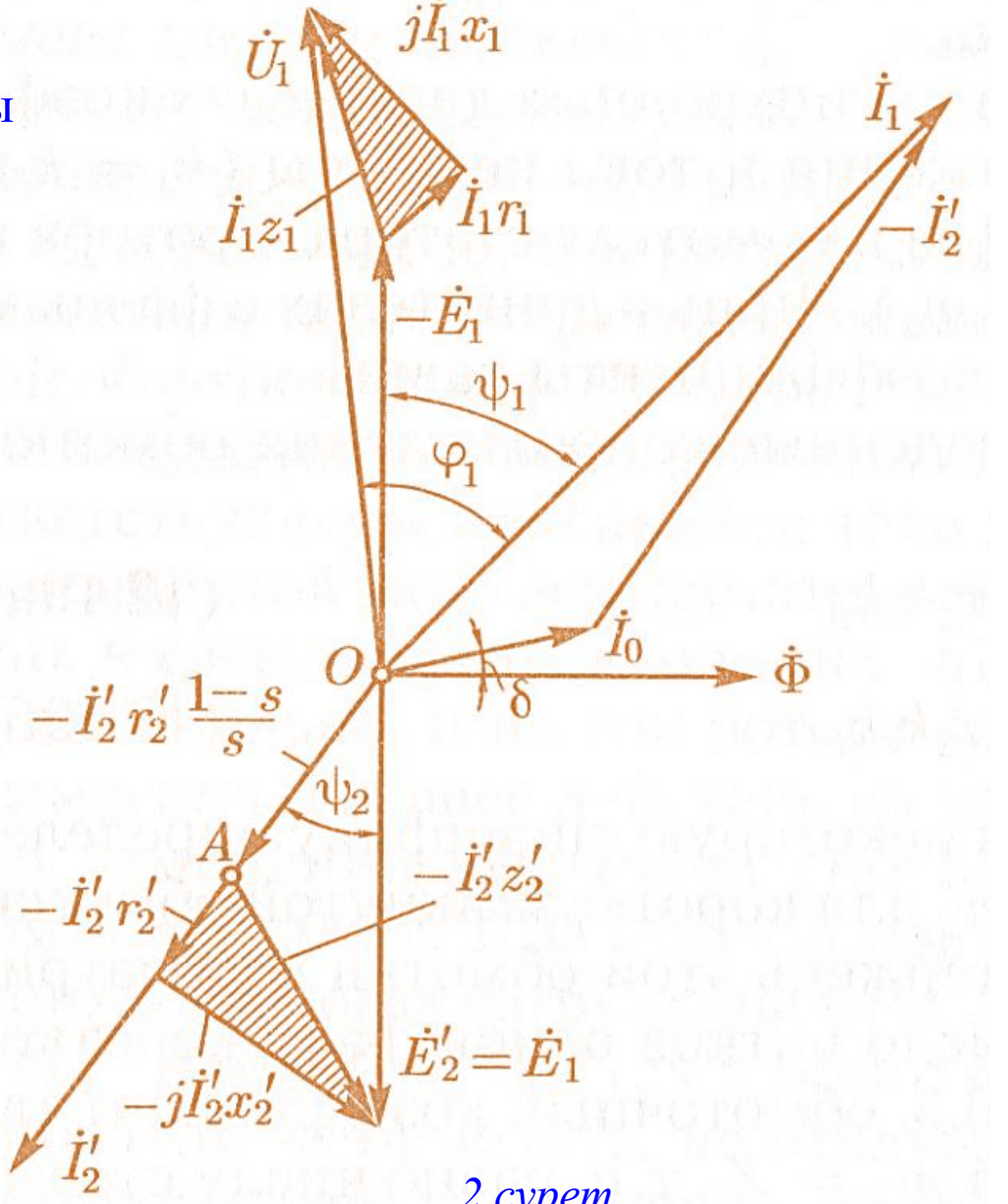
$$0 = \dot{E}`_2 - j\dot{I}`_2 x`_2 - \dot{I}`_2 r`_2 - \dot{I}`_2 r`_2 \frac{1-s}{s} -$$ *ротор тізбегі*

үшін келтірілген параметрлердегі ЭҚК теңдеуі

АҚ-тың векторлық диаграммасы

ЭҚК $\dot{E}`_2$ мен $\dot{I}`_2$ ток араларындағы фазалар айырымы:

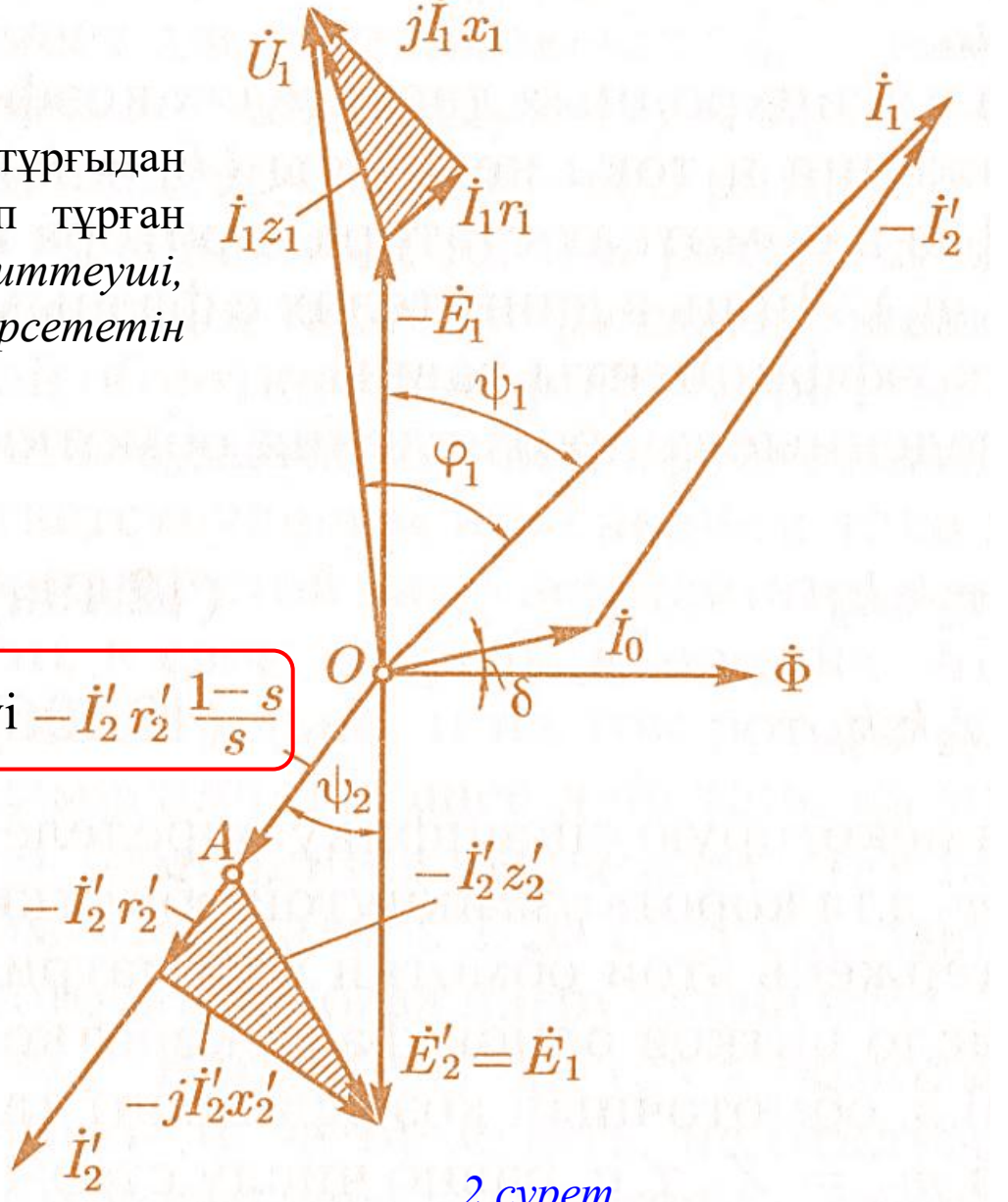
$$\psi_2 = \text{arctg}(x`_2 s / r`_2)$$



2 сурет

АҚ-тың векторлық диаграммасы

Асинхронды қозғалтқыш электрлік тұрғыдан тек активті жүктемемен жұмыс істеп тұрған трансформаторға ұқсас (*бұл кезде магниттеуші, сол сияқты магнитсіздеуші әсерді көрсететін вектор болмайды*).

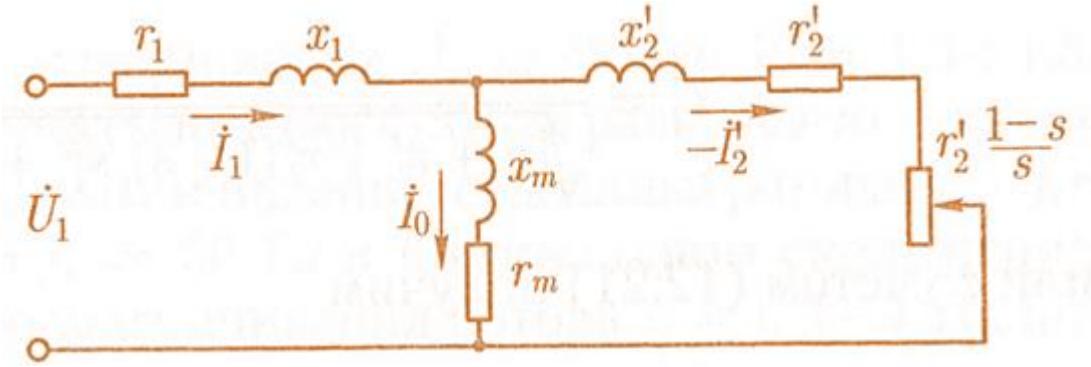


$$P`_2 = m_1 \dot{I}`^2_2 r`_2 \frac{1-s}{s}$$

толық механикалық қуат

2 сурет

АҚ Т типті орын басу сұлбасы

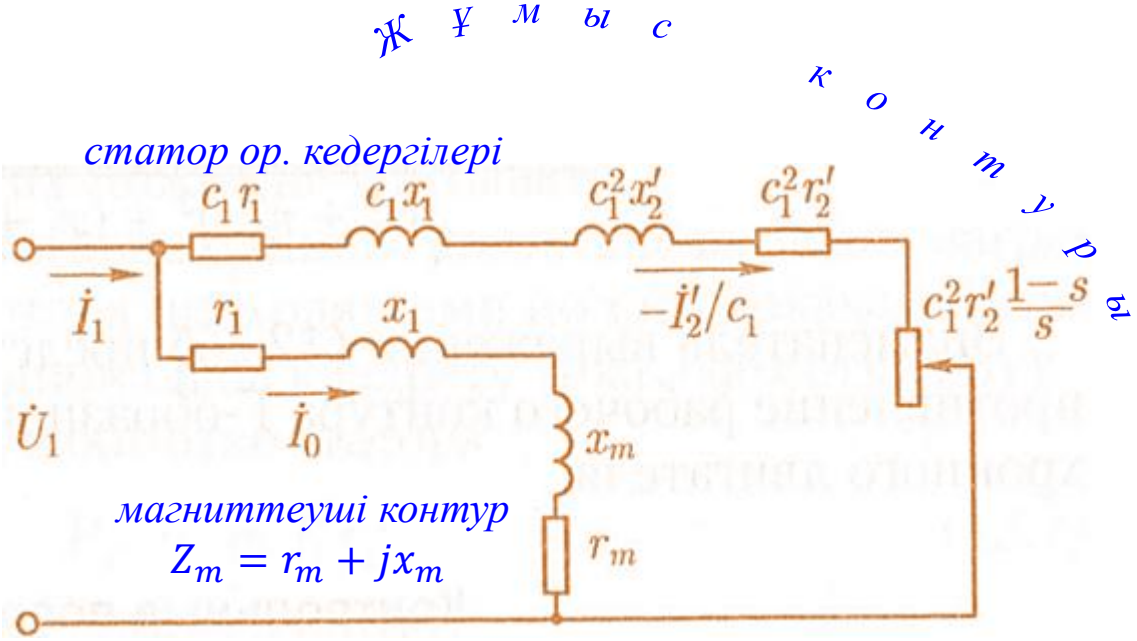


3 сурет

Бос жүріс режимі: $s \approx 0 \longrightarrow r`_2 \frac{1-s}{s} = \infty$

Қысқа тұйықталу режимі: $s = 1 \longrightarrow r`_2 \frac{1-s}{s} = 0$

АҚ Г типті орын басу сұлбасы



4 сурет

$$c_1 = \frac{U_1}{E_1}$$

U_1 – желі кернеуі, E_1 – статордың ЭҚК-і (бос жүріс кезіндегі)

Бос жүріс режимі кезіндегі қозғалтқыш тогы өте аз сондықтан желі кернеуінің статор ЭҚК айырмашылығы аз болады, сол себепті c_1 коэфф. бірге жуық. Мысалы, қуаты 3 кВт қозғалтқыш үшін $c_1 = 1.05 \div 1.02$. Сондықтан, есептеулер кезінде $c_1 = 1$ деп алады.

Г типті орын басу схемасындағы жұмыс контурының ток теңдеуі

$$\dot{I}_2^{`} = \frac{U_1}{\sqrt{\left[r_1 + r`_2 + r`_2 \frac{1-s}{s}\right]^2 + (x_1 + x`_2)^2}}$$

$$\frac{r`_2}{s} = r`_2 + r`_2 \frac{1-s}{s} \quad (8)$$

$$\dot{I}_2^{`} = \frac{U_1}{\sqrt{\left(\frac{r_1 + r`_2}{s}\right)^2 + (x_1 + x`_2)^2}} \quad (10)$$

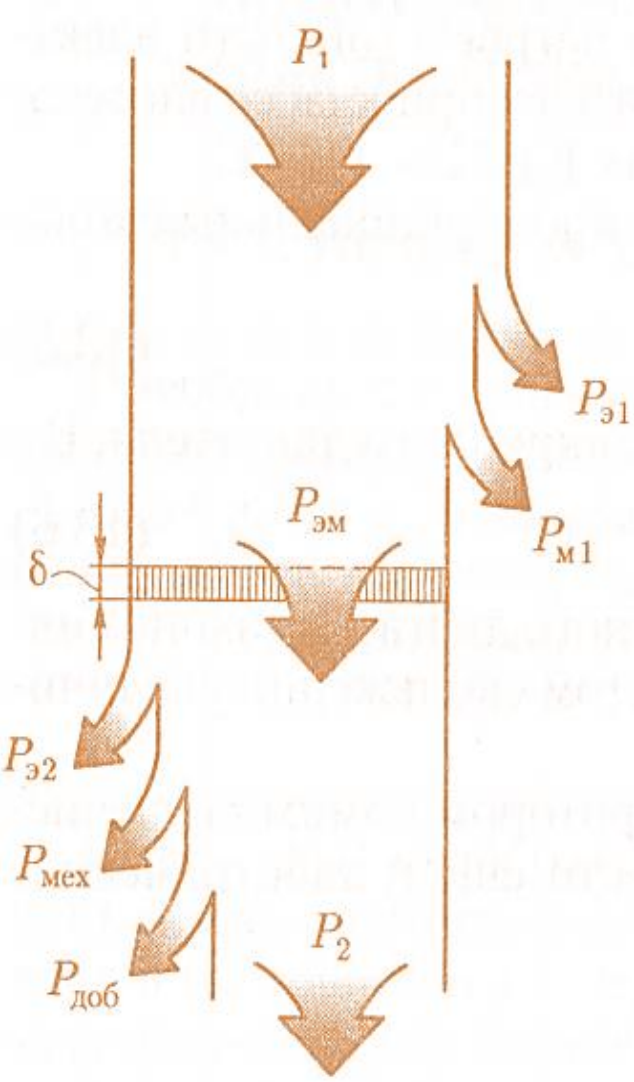
Асинхронды қозғалтқыштағы шығындар

Пайдалы қуат

$$P_2 = P_1 - \sum P \quad (11)$$

$$\sum P = P_м + P_{э1} + P_{э2} + P_{мех} + P_{қос}$$

$P_М$ – *магниттік шығын;*
$P_Э$ – *электрлік шығын;*
$P_{мех}$ – *механикалық шығын;*
$P_{қос}$ – *қосымша шығындар*



5 сурет. АҚ энергетикалық диаграммасы

Асинхронды қозғалтқыштағы магниттік шығындар

$$P_{\text{м}} \equiv f^{V} \quad (11^{*})$$

$$V = 1.3 \div 1.5$$

$f_1 = 50$ Гц статордың қайта магниттелу жиілігі

$f_2 = f_1 s$ ротордың қайта магниттелу жиілігі

$$s_{\text{ном}} = 1 \div 8\%$$

$$f_2 = 0.5 \div 4 \text{ Гц}$$

Ротор өзекшесіндегі магниттік шығындар өте аз осы себепті олар практикалық тұрғыдан ескерілмейді.

Асинхронды қозғалтқыштағы электрлік шығындар

$$P_{э1} = m_1 I_1^2 r_1$$ статордағы

$$P_{э2} = m_2 I_2^2 r_2 = m_1 I`_2^2 r`_2$$ роторда ғы

Жұмыс температурасына келтірілген орам (статор және ротор) кедергісі:

$$r = r_{20}\left[1 + \alpha\left(T_{жұм} - 20\right)\right]$$

Ротордағы электрлік шығындар сырғуға тура пропорционал:

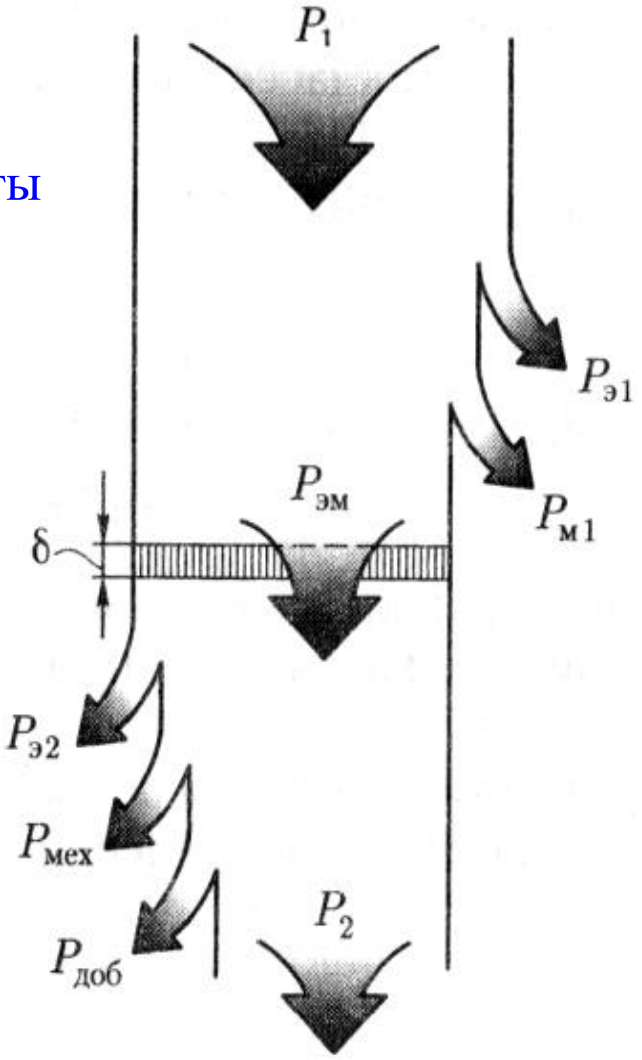
$$P_{э2} = sP_{эм} \quad (12)$$

$$P_{эм} = P_1 - (P_м + P_{э1}) \quad (13)$$

Фазалық ротордың щеткаларындағы электрлік шығын:

$$P_{эщ} = 3I_2 \Delta U_щ / 2 \qquad U_щ = 2.2 \text{ В}$$

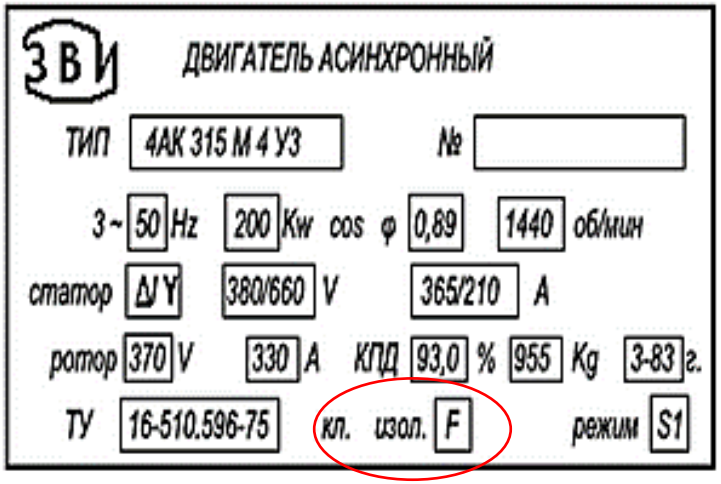
$\alpha_{мыс} = 0{,}004$

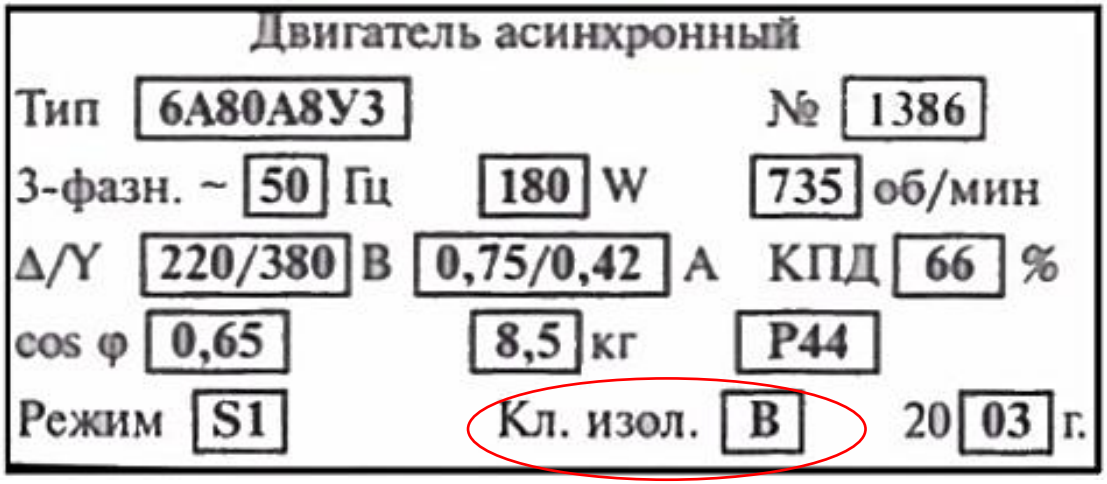


АҚ энергетикалық диаграммасы

Қызуға төзімділік класы: А→60°С; В→80°С; F →105°С; Н→125°С.

Оқшаулауыш материалдың қызуға төзімділік класы электр қозғалтқышының рұқсат етілген қызу деңгейін анықтайды.







Асинхронды қозғалтқыштағы механикалық шығындар

$$P_1 = m_1 U_1 I_1 \cos\varphi_1$$

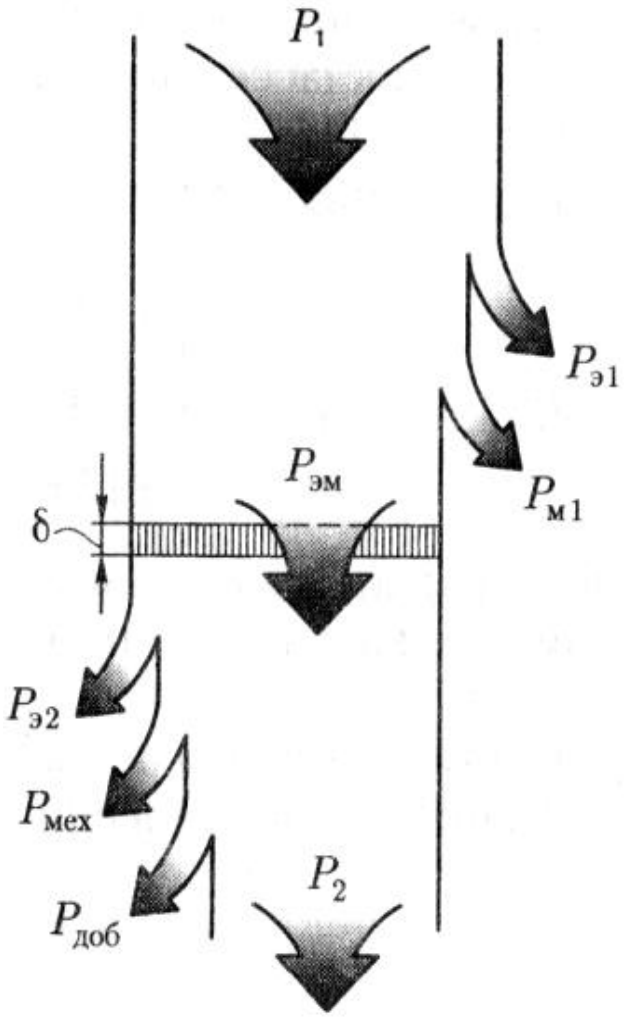
$$P_{мех} \equiv n_2^2$$

Қосымша шығындар $(P_{қос})$ олар қиын ескерілетін түрлері – МҚК жоғары гармоникаларынан, өркештердегі магнит индукциясының пульсі және т.б. Жалпы жағдайда олар қозғалтқышқа берілетін қуаттың 0,5 %-ын құрайды деп есептелінеді:

$$P_{қос} = 0.005 P_1$$

$$P`_{қос} = P_{қос}\beta^2$$

$$\sum P = P_м + P_{э1} + P_{э2} + P_{мех} + P_{қос}$$

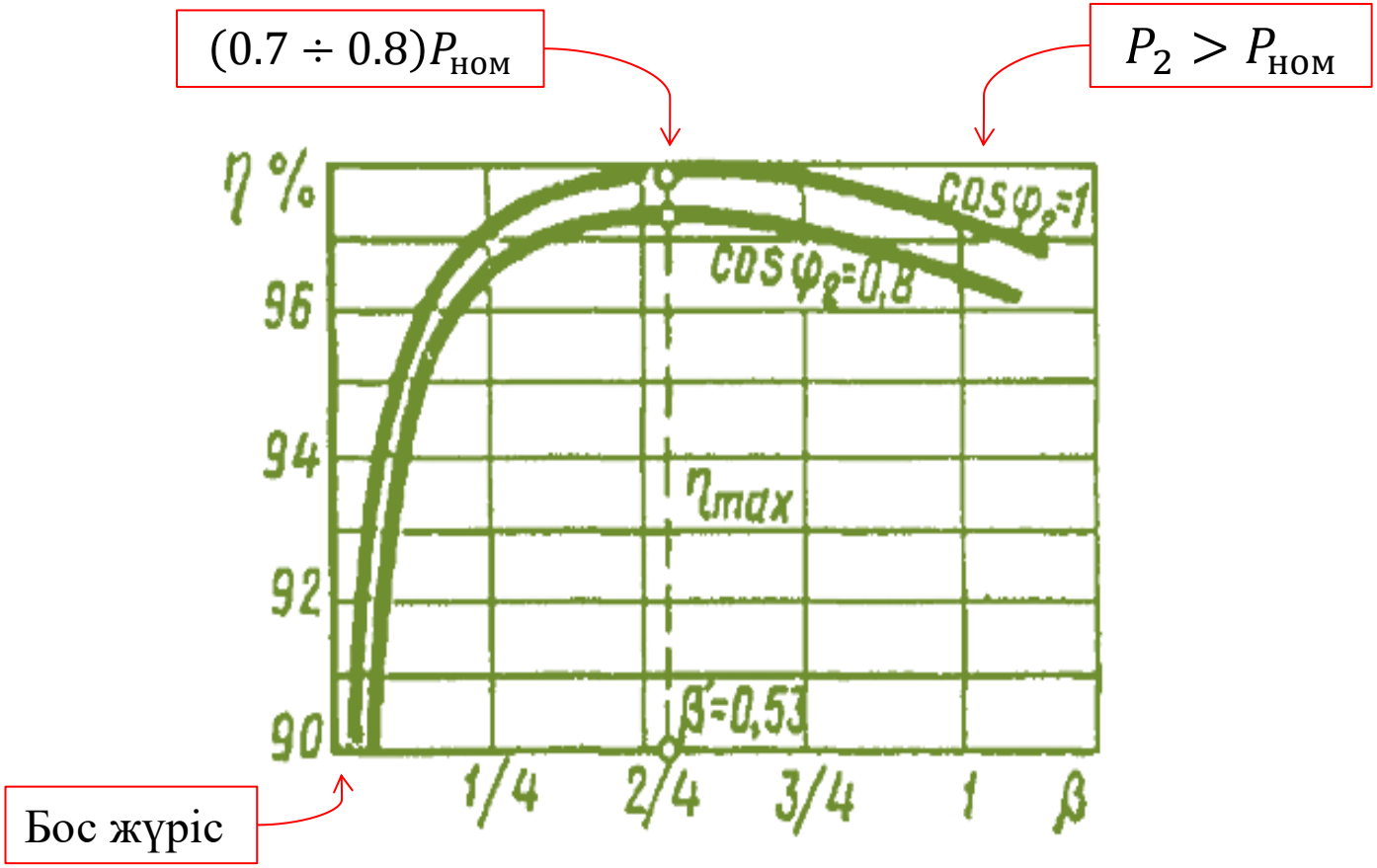


АҚ энергетикалық диаграммасы

$\beta = I_1/I_{1ном}$ – жүктеме коэффициенті

Асинхронды қозғалтқыштың ПӘК-і

$$\eta = P_2/P_1 = 1 - \sum P/P_1$$



6 сурет. ПӘК-нің жүктеме коэффициентінен тәуелділігі