

**Коммерциялық емес
акционерлік қоғам**



**АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА
ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС
УНИВЕРСИТЕТІ**

Өнеркәсіп қондырғыларының
электржетегі және
автоматтандырылуы кафедрасы

**ҚЫСҚА ТҰЙЫҚТАЛҒАН РОТОРЛЫ АСИНХРОНДЫ
ҚОЗҒАЛТҚЫШ**

(параметрлерін және жұмыс сипаттамаларын есептеу)

Курстық жұмысты орындауға арналған әдістемелік нұсқау
(5B071800 –мамандығына арналған)

Алматы 2014

ҚҰРАСТЫРУШЫЛАР: Р.М.Шидерова, А.Н.Бестерекова, Э.Б. Даркенбаева. Электр машиналары. Қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыштар (параметрлерін және жұмыс сипаттамаларын есептеу). Курстық жұмысты орындауға арналған әдістемелік нұсқау (5В071800 – Электр энергетикасы мамандығының студенттеріне арналған).- Алматы: АЭЖБУ, 2014.–25 бет.

Курстық жұмысты орындауға арналған әдістемелік нұсқау тапсырма нұсқалары, асинхронды қозғалтқыштардың негізгі өлшемдері, ротор және статор орамаларының есептеулері, сонымен қатар кестелер мен қажетті анықтамалық материалдарды құрайды.

Әдістемелік нұсқау 5В071800 – Электр энергетикасы мамандығының студенттеріне арналған.

Суреттер - 6, кесте 3, әдеб. – 7 атау.

Пікір беруші: ағам оқытушы Куркенов Б.К

«Алматы энергетика және байланыс университетінің» коммерциялық емес акционерлік қоғамының 2014 ж. баспа жоспары бойынша басылады.

© «Алматы энергетика және байланыс университетінің» КЕАҚ, 2014ж.

Мазмұны

	Кіріспе	4
1	Магнит тізбегін есептеу	5
2	Статордың және ротордың активті және индуктивті кедергілері	8
3	Болаттағы шығындар, механикалық және қосымша шығындар	16
4	Асинхронды қозғалтқыштың жұмыс сипаттамалары	18
5	Қосымша	21
	Әдебиеттер тізімі	25

Кіріспе

Бұл курстық жұмыста студенттер жалпы өндіріске тағайындалған қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқышты жобалауда және нақты инженерлік есепті шешу кезінде, теориялық білімдерін қолдана білулері керек.

Курстық жұмыс келесідей мазмұнда болады:

- а) курстық жұмысқа тапсырма;
- б) электромагниттік есептеулері бар, эскиздерден, кестелерден және негізгі түсіндірме есептеулері бар есептеулік хаттан тұрады. Әрбір шаманың өлшем бірліктері келтірулері көрсетіледі.

Есептеуді ЭЕМ-де Mathcad қосымшасымен орындалады.

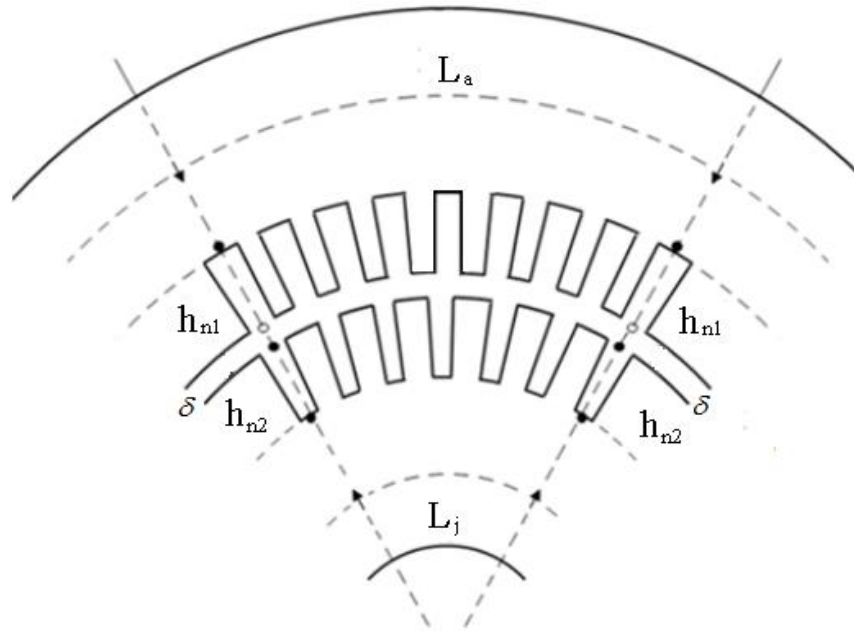
Курстық жұмысты орындау кезінде, ұсынылған әдебиеттер тізімін қолданылады.

Егер курстық жұмыс сәйкес нұсқау арқылы жасалмаса, ол жұмыс қайтадан жасалады. Әрбір түсіндірме хаттың бірінші бетінде шифр көрсетіледі.

Нақты әдістемелік нұсқау бірінші бөлімнің жалғасы болып табылады, ол жерде асинхронды қозғалтқыштың орамалық берілгендері және геометриялық өлшемдері берілген, ал екінші бөлімінде біз асинхронды қозғалтқыштың механикалық және қосымша шығындарын анықтаймыз, сонымен қатар жұмыс сипаттамаларын есептейміз. Нұсқаулары да сол бірінші бөлімдегі әдістемелік нұсқауда келтірілген.

1 Магнит тізбегін есептеу

Магнит тізбегіндегі есептеу қозғалтқышқа қажет магнит өрісі, статор тогының магниттелуімен және МҚК анықтаумен басталады. 1.1 суретінде төрт полюсті машинаның магнит тізбегі ұсынылған, ол бес тізбектей қосылған участкілерден тұрады ауа саңылауынан, статор және ротор тістік қабаттарынан, сонымен қатар статор мен ротор қабырғасынан тұрады.



L_a – статор жармасы, h_{n1} – статордың тістік зоналары, h_{n2} – ротордың тістік зоналары, δ – ауа саңылауы, L_j – ротор жармасы.

1.1 сурет – Орамалары бөлінген электр машиналарының магнит тізбегі

1.1 Екі полюсті магнит тізбегінің МҚК $F_{miз}$ барлық участкілердің магнит тізбегінің қосындысымен анықталады:

$$F_{miз} = F_{\delta} + F_{z1} + F_{z2} + F_{a1} + F_{a2}.$$

1.2 Екі полюске берілетін ауа саңылауының магнитті кернеуі F_{δ} , A :

$$F_{\delta} = 1,6 \cdot B_{\delta} \cdot \delta \cdot k_{\delta} \cdot 10^6.$$

бұл жердегі $k_{\delta} = k_{\delta 1} \cdot k_{\delta 2}$ – ауа саңылауының коэффициенті;

$$k_{\delta 1} = \frac{t_{z1}}{t_{z1} - \gamma \delta}, \quad \gamma_1 = \frac{(b_{ul}/\delta)^2}{5 + b_{ul}/\delta}.$$

$$k_{\delta 2} = \frac{t_{z2}}{t_{z2} - \gamma \delta}, \quad \gamma_2 = \frac{(b_{u2}/\delta)^2}{5 + b_{u2}/\delta}.$$

1.3 Статордың тістік қабатының магнитті кернеуі F_{z1}, A :

$$F_{z1} = H_{z1} \cdot L_{z1}, \quad \text{бұл жердегі } L_{z1} = 2 \cdot h_{z1}.$$

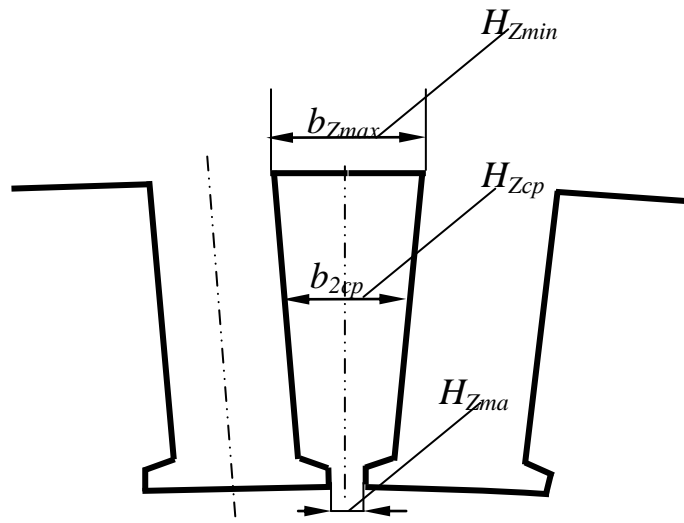
а) таңдалған болат маркасы үшін, трапециялық пазаларға, курстық жұмыстың бірінші бөліміндегі 3.14 тармақшада есептелген индукцияға A қосымшасы бойынша (Айналу осінің биіктігі $h \leq 250$ мм 2013 болат маркасы алынады, ал $h > 250$ - 2312 болат);

б) тікбұрышты үшбұрыш пазаларында әртүрлі тістік қималарыдағы индукция әртүрлі болады, сондықтан кернеулік есептеулер үш қима бойынша есептелінеді

$$H_{z1} = \frac{(H_{z1max} + 4H_{z1o1} + H_{z1min})}{6},$$

бұл жердегі H_{z1max}, H_{z1min} курстық жұмыстың бірінші бөліміндегі [7, 3.21 тармақша] тармақшасындағы индукциялар үшін, A қосымшасы арқылы анықталады;

$$H_{z1op} - \text{индукциясы үшін. } B_{z1o1} = (B_{z1max} + B_{z1min})/2.$$



2.1 сурет - Тізбекті статор орамасының трапециялық жартылай ашық пазалары

мұндағы $H_{z1max}, H_{z1min}, H_{z1op}$ – тістердің орташа, кіші және үлкен қималарындағы өріс кернеуліктері. Оларды осы тістердегі қималардың индукциялары арқылы анықтайды.

$$B_{z1max} B_{z1min} B_{z1o1} = 0,5(B_{z1max} + B_{z1min})$$

1.4 Ротор тістік қабатының магниттік кернеулілігі F_{z2}, A :

$$F_{z2} = H_{z2} \cdot L_{z2} \quad \text{бұл жердегі } L_{z2} = 2 \cdot h_{z2}$$

Ротор тізбегіндегі магниттік өрістің кернеулілігі H_{z2} келесідей анықталады:

а) трапециялық пазалар үшін, курстық жұмыстың бірінші бөліміндегі [7,5.1 тармақша] тармақшасындағы индукция A қосымшасы арқылы таңдалады;

б) тікбұрышты үшбұрышты пазалар үшін, үш қимадағы 2.3 бойынша таңдалады.

$$H_{z2} = \frac{(H_{z2\max} + 4H_{z2opt} + H_{z2\min})}{6},$$

бұл жердегі $H_{z1\max}, H_{z1\min}$ курстық жұмыстың бірінші бөліміндегі 5.13 тармақшасы бойынша A қосымшасының кестесі арқылы анықталады [7, 5.13 тармақша];

$$H_{z1opt} \text{ келесіні анықтау үшін } B_{z2opt} = (B_{z2\max} + B_{z2\min})/2.$$

1.5 Статор ярмосының магниттік кернеулілігі:

$$F_{a1} = H_{a1} \cdot L_{a1}, \text{ бұл жердегі } L_{a1} = \pi(D_{a1} - h_{a1})/2p$$

курстық жұмыстың бірінші бөліміндегі [7,3.22 тармақша] тармақшасындағы индукция үшін, B қосымшасы арқылы таңдалады.

1.6 Ротор ярмосының магниттік кернеулілігі F_{a2}, A :

$$F_{a2} = H_{a2} \cdot L_{a2}, L_{a2} = \pi(D_{a2} + h_{a2})/2p, H_{a2} = D_{a2}/2 - h_{r2}.$$

курстық жұмыстың бірінші бөліміндегі [7, 5.14 тармақша] индукция үшін, $B.2$ қосымшасы арқылы таңдалады.

1.7 Магнит тізбегінің, магнит кернеулілігінің қосындысы 1.1 тармақшасы арқылы анықталады.

1.8 Қозғалтқыштың магнит тізбегінің қанығу коэффициенті:

$$k_{\mu} = \frac{F_{\mu}}{F_{\delta}}, \quad (k_{\mu} = 1, 2 \div 1, 6);$$

1.9 Магниттеуші ток I_{μ}, A :

$$I_{\mu} = \frac{p \cdot F_{\mu}}{0,9 \cdot m_1 \cdot W_1 \cdot k_{обл}},$$

ал, процент бойынша статордың номиналды тогынан, магниттеуші ток проценті анықталады:

$$I_{\mu\%}^* = \frac{I_{\mu}}{I_{ном}} \cdot 100\%,$$

2 Статордың және ротордың орамаларының активті және индуктивті кедергілері

А. Статор орамасының кедергісі.

2.1 Статордың тістік бөлінуінің орташа мәні t_{op1} , м:

$$t_{op1} = \pi(D_1 + h_{z1})/Z_1.$$

2.2 Статордың катушкасының немесе секциясының орташа ені b_{op1} , м:

$$b_{op1} = t_{op1} \cdot y_{op1}$$

бұл жердегі y_{op1} – статордың орама адымының орташа мәні (екіқабатты орама үшін $y_{op1} = y_1$ (курстық жұмыстың бірінші бөліміндегі [7,2.7 тармақша]).

2.3 Жұмсақ катушкалы орамалар үшін, статордың жақтық бөлігінің орташа ұзындығы $l_{жак.б}$, м:

$$l_{жак.б} = (1,16 + 0,14p) \cdot b_{op}.$$

Қатты катушкалы орамалар үшін $l_{жак.бол}$, м:

$$l_{жак.бол} = 0,06 + h_{z1} + \frac{t_1 \cdot y_1}{\sqrt{1 - C_{жак.бол}^2}},$$

бұл жердегі $C_{жак.бол} = (b_{III} - 2 \cdot b_{о.ш} \cdot 10^{-3} + 0,003)/t_1$;

$2 \cdot b_{о.ш}$ - оқшауламаның екі жақты қалыңдығы, мм.

2.4 Статордың орамасының, орама санының орташа ұзындығы l_{op1} , м:

$$l_{op1} = 2(l_1 + l_{жак.бол}).$$

2.5 Статордың орамасының жақтық бөлігінің ұзындығы l_{e1} , м:

1) жұмсақ катушкалы орамалар үшін

$$l_{e1} = (0,12 + 0,15p) \cdot b_{op1} + 0,01;$$

2) қатты катушкалы орамалар үшін

$$l_{e1} = 0,03 + 0,5h_{z1} + \frac{y_1 \cdot C_{л1}/2}{\sqrt{1 - c_{л1}^2}}.$$

2.6 115^0 С (F оқшаулама класы үшін) жұмыс температурасы кезіндегі, статордың орамасының активті кедергісі r_1 , Ом:

$$r_1 = \rho_{115} \frac{W_1 \cdot l_{cp1}}{a_1 \cdot n_{эл} \cdot S_{эл}}.$$

бұл жердегі $\rho_{115} = 0,0244$ Ом·мм²/м – кезіндегі мыстың меншікті кедергісі.

a_1 и $n_{эл}$ – [7, 2.13 және 2.14] тармақшасынан анықталады.

2.7 Ол да салыстармалы бірлікте (с.б.):

$$r_{1*} = \frac{r_1 \cdot I_{1H}}{U_{1\phi}},$$

бұл жердегі $I_{1H}, U_{1\phi}$ - фазалық ток және кернеу номиналды мәндері.

2.8 Статордың орамасының тарау индуктивті кедергісі үш бөліктен тұрады: пазалық тарқау, дифференциалды тарқау және жақтық бөліктің тарқауы.

Статордың пазалық тарқауының магнит өткізгіштік коэффициенті:

1) трапециалық паза болғанда (2.1, а суретті қара)

$$\lambda_{n1} = \frac{h_1}{3b_{\text{III}}} \cdot k_{\beta 1} + \left(\frac{h_2}{b'_{\text{III}}} + \frac{3 \cdot h_{k1}}{b'_{\text{III}} + b_{\text{u1}}} + \frac{h_{\text{u1}}}{b_{\text{u1}}} \right) \cdot k'_{\beta 1},$$

2) тік бұрышты жартылай ашық паза болғанда (2.1, б суретті қара)

$$\lambda_{n1} = \frac{h_1 - h_2}{3b_{\text{III}}} \cdot k_{\beta 1} + \left(\frac{h_3}{b_{\text{III}}} + \frac{h_{\text{u1}}}{b_{\text{u1}}} + \frac{3h_{k1}}{b_{\text{III}} + 2b_{\text{u1}}} \right) \cdot k'_{\beta 1},$$

3) тік бұрышты ашық паза болғанда (2.1, в суретті қара)

$$\lambda_{n1} = \frac{h_1 - h_2}{3b_{\text{III}}} \cdot k_{\beta 1} + \frac{h_3 + h_{k1} + h_{\text{u1}}}{b_{\text{III}}} \cdot k'_{\beta 1},$$

бұл жердегі $k_{\beta 1}$ және $k'_{\beta 1} - \beta = y_1/\tau$ орамасының адым қысқаруын ескеретін коэффициенттер 2.1г суреті бойынша.

2.9 Статордың дифференциалды тарқауының өткізгіштік коэффициенті $\lambda_{Д1}$.

$$\lambda_{Д1} = \frac{0,9t_1 \cdot (q_1 \cdot k_{об1})^2 \cdot k_{Д1} \cdot k_{\text{u1}}}{\delta \cdot k_{\delta}},$$

бұл жердегі $k_{Д1} = f(q_1)$ - дифференциалды тарқау коэффициенті 2.1-кестеден алынады;

$k_{\text{u1}} = 1 - 0,033\beta_{\text{u1}}^2/t_1 \cdot \delta$, где k_{u1} - ашық тұрған паздың әсер ету коэффициенті.

2.10 Статордың жақтық бөлігінің өтімділік коэффициенті $\lambda_{\text{жак.б1}}$.

$$\lambda_{\text{жак.б1}} = 0,34 \cdot \frac{q_1}{l_1} \cdot (l_{\text{жак.б1}} - 0,64\beta_1 \cdot \tau).$$

2.11 Статордың орамасының тарқауының магнит өткізгіштік коэффициенті:

$$\lambda_1 = \lambda_{n1} + \lambda_{D1} + \lambda_{жсак.б1}.$$

2.12 Статордың орамасының фазалық тарқауының индуктивті кедергісі $x_1, Ом$:

$$x_1 = 1,58f_1 \cdot l_1 \cdot W_1^2 \cdot \lambda_1 / (p \cdot q_1 \cdot 10^5).$$

2.13 Индуктивті кедергі салыстырмалы бірлікте:

$$x_{1*} = x_1 \cdot I_{1H} / U_{1\phi}.$$

В. Ротордың орамасының кедергісі.

2.14 Ротордың тістік бөлінуінің орташа мәні $t_{op2}, м$:

$$t_{op2} = \pi(D_2 - h_{z2}) / Z_2,$$

2.15 Ротордың орамасының катушкасының орташа ен $b_{op2}, м$:

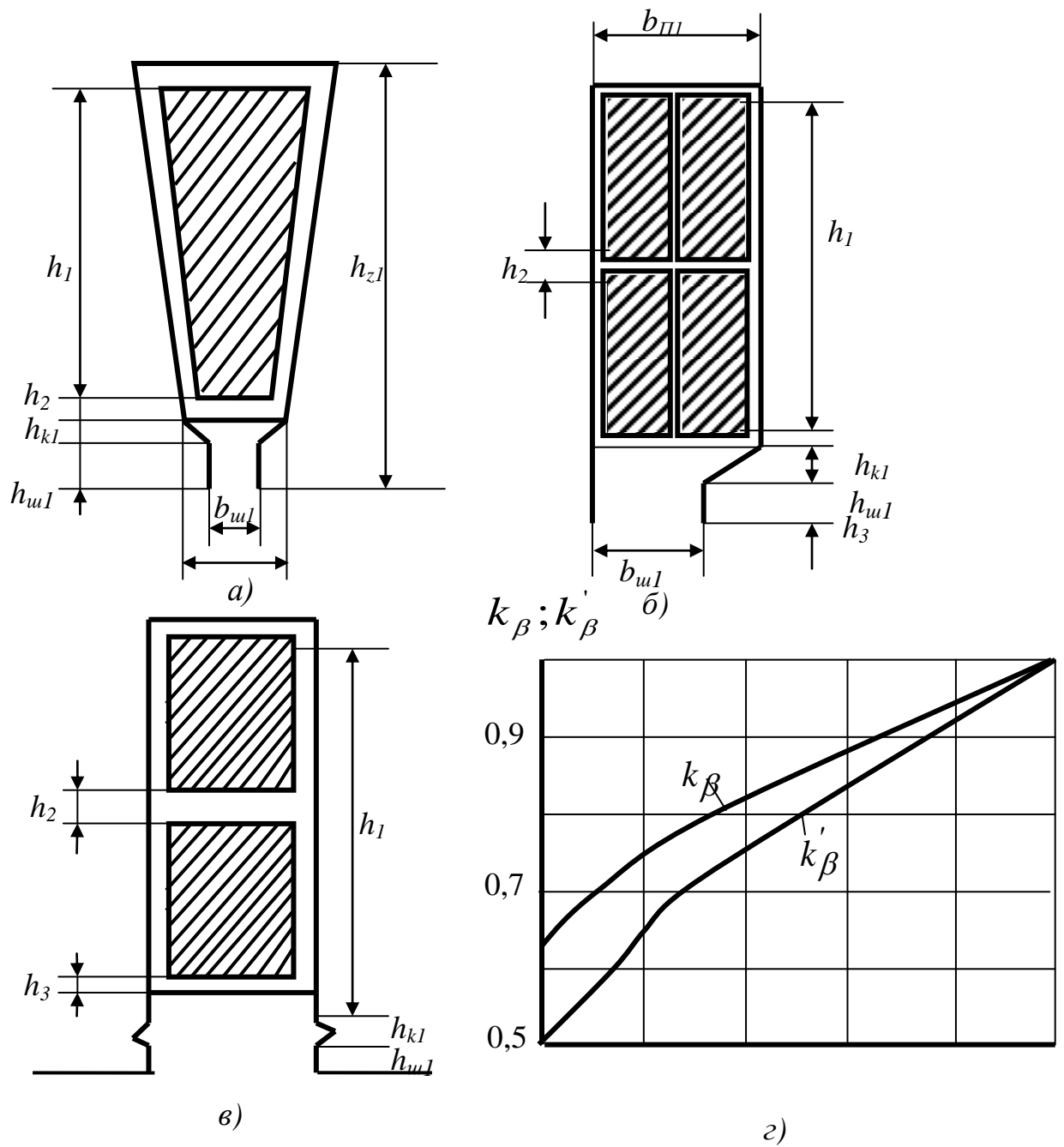
$$b_{op2} = t_{op2} \cdot y_{op2},$$

бұл жердегі $y_{op2} = y_2$ тұзақтық орама үшін, y_{op2} ротордың орамасының орташа адымы;

$$y_{op2} = \frac{y_2' + y_2''}{2} - \text{өзектің толқындық орамасы үшін.}$$

2.1 кесте - Дифференциалды тарқау коэффициенті

q_1	Коэффициент k_{D1}	
	Диаметрлік адымды бірқабатты орама	Қысқартылған адымды екіқабатты орама
1,5	-	0,0470
2,0	0,0285	0,0235
2,5	-	0,0180
3,0	0,0141	0,0111
4,0	0,0089	0,0062
5,0	0,0065	0,0043
6,0	0,0052	0,0030
8,0	-	0,0021



2.1 сурет – Статордың пазалық тарқауының магнит өтімділігін есептеу

2.16 Катушканың жақтық бөлігінің орташа ұзындығы l_{op2} , м:

$$l_{\text{жак.бол2}} = \frac{b_{\text{жак.бол2}}}{\sqrt{1 - C_{\text{жак.бол2}}^2}} + h_{z2} + 0,05; \quad C_{\text{жак.бол2}} = \frac{b_{\text{II2}} - 2 \cdot b_{\text{окии2}} \cdot 10^{-3} + 0,003}{t_2},$$

бұл жердегі $2 \cdot b_{окии2}$ - ротордың пазасының оқшауламасының екіжақты қалыңдығы, мм

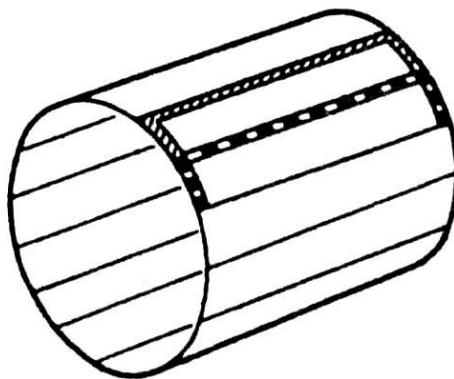
2.17 Ротордың орамасының орам санының орташа ұзындығы $l_{ор1}$ (м):
м:

$$l_{ор1} = 2 \cdot (l_2 + l_{жак.бол.л2}).$$

2.18 Ротордың орамасының жақтық бөлігінің шығуы $l_{жак.бол.шыг2}$, м:

$$l_{жак.бол.шыг2} = 0,7 \cdot l_{\theta 1}.$$

2.19 Қысқаша тұйықталған ротордың фазаларының активті кедергісі. Айтып өткеніміздей тор ретінде жасалған орамалардың бір өзегі және тұйықталған сақиналардың екі бөлімшесі бір фаза болып саналады (2.2 суретті қара).



2.2 сурет – Қысқаша тұйықталған ротор орамаларының фазалары

Тұйықталған сақина және өзектеріндегі токтар әртүрлі болады, сондықтан фазаның жалпы кедергісін есептеу кезінде бір токқа келтірілу керек. Осылайша қысқаша тұйықталған ротордың фаза кедергілері r_2 есептелуші параметр болып саналады, ол r_2 электр шығындарының теңдеу шарттарындағы I_2 тогынан алынады немесе қысқаша тұйықталған сақиналардың аймақтарындағы өзектеріндегі ток және тұйықталған сақинаның $I_{сақ}$ тогынан алынады:

$$I_2^2 r^2 = I_{\theta зек}^2 r_{\theta зек} + 2 I_{сақ}^2 r_{сақ},$$

бұл жердегі $I_{\theta з}$ – ротордың өзегіндегі ток, А;
 $I_{сақ}$ - тұйықталған сақиналардың тогы, А;
 $r_{\theta зек}$ - өзектің кедергісі, Ом;
 $r_{сақ}$ - тұйықталған сақиналардағы, екі көршілес өзекшелерінің учаскісіндегі кедергі, Ом;
 I_c - ротор тогы деп аталады, есептеулерде I_2 деп белгіленеді
 Егер келесі шартты ескерсек:

$$I_{ca\kappa} = I_c / \Delta = I_2 / \Delta,$$

бұл жердегі $\Delta = 2 \sin \frac{\pi p}{Z_2}$, [7, 6.2 тармақша], аламыз

$$r_2 = r_c + 2 \frac{r_{ca}}{\Delta^2}, \quad r_c = \rho_{115} \frac{l_c}{q_c} k_r, \quad r_{ca\kappa} = \rho_{115} \frac{\pi D_{ca\kappa,op}}{Z_2 q_{ca\kappa}},$$

бұл жердегі l_c — өзекшенің толық ұзындығы, тұйықталған сақиналардың арақашықтығына тең, м;

$D_{ca\kappa,op}$ — тұйықталған сақиналардың орташа диаметрі, м (2.2 суретті кара);

q_θ — өзекшенің қимасы, m^2 ;

k_r — тоқтың ығусы эффектісінен пайда болатын активті кедергінің жоғарылау; жұмыс режимдерінің есептеулерін жасағанда, сырғанаудың бос жүріс режимнен номиналды режимге дейін өзгеру кезінде $k_r = 1$ тең болады;

r_2 — ары қарай есептеулер жасау үшін, бірінші ораманың орам санына келтірілу керек.

$$r_2' = r_2 \frac{4 m_1 (w_1 k_{opl})^2}{Z_2}$$

2.20 Ротор орамаларының кедергісін статор орамасына келтіру коэффициенті:

$$k_{кел} = \frac{m_1 (w_1 k_{opl})^2}{m_2 (w_2 k_{op2})^2}$$

r_2 кедергісі ары қарай есептеулер жасау үшін, бірінші ораманың орам санына келтірілу керек. Келтіру коэффициентінің өрнегін қысқаша тұйықталған ротор үшін, келесі мәндерді қою арқылы жүзеге асады $m_2 = Z_2$, $w_2 = 1/2$, $k_{op2} = 1$ және пазалардың қиылысуын ескеру керек.

2.21 Статор орамасына келтірілген, ротор орамасының активті кедергісі r_2' , Ом:

$$r_2' = k_{np} \cdot r_2,$$

салыстырмалы бірлікте

$$r_2'^* = r_2' I_{1H} / U_{1\phi}$$

2.22 Ротордың пазалық тарқалуы кезіндегі, магнит өтімділігінің коэффициенті:

1) сопақ пазалар үшін λ_{n1} (2.3 - сурет (а))

$$\lambda_{n1} = \left[\frac{h_0}{3b_1} \left(1 - \frac{\pi b_1^2}{8q_c} \right)^2 + 0,66 - \frac{b_u}{2b_1} \right] k_d + \frac{h_u}{b_u};$$

2) тікбұрышты пазалар үшін λ_{n2} (2.3 – сурет (б))

$$\lambda_{n2} = \left(\frac{h_0}{3b_{п1}} + \frac{3h_2}{b_{п1} + 2b_u} \right) k_d + \frac{h_u}{b_u},$$

бұл жердегі $k_d = 1$ - барлық формулаларда номиналды есептеулер үшін;

4) тікбұрышты пазалар үшін (2.3 – сурет (в))

$$\lambda_{n3} = \frac{h_o}{3b_{II}} k_d + \frac{h_w}{b_w}.$$

2.23 Ротордың дифференциалды тарқалуының өтімділік коэффициенті λ_{d1} :

$$\lambda_{d1} = \frac{t_1}{12\delta k_\delta} \xi.$$

бұл жердегі, ξ келесі жолмен анықталады:

$$\xi = 1 + \frac{1}{5} \left(\frac{\pi\rho}{z_2} \right)^2 - \frac{\Delta_z}{1 - (\rho/z_2)^2}.$$

2.24 Ротордың орамаларының жақтық бөліктерінің тарқалуының өтімділік коэффициенттерін тұйықталған сақиналардың орналасуымен және өлшемдерімен есептеліп табылады (6.1 суретті қара)

$$\lambda_{12} = \frac{2,3 \cdot D_{сақ.ор}}{z_2 l_2 \Delta^2} \lg \frac{4,7 \cdot D_{сақ.ор}}{2(h_{сақ.} - b_{сақ.})},$$

бұл жердегі $D_{сақ.ор}$ — тұйықталған сақиналардың орташа диаметрі, м;

$\Delta = 2 \sin \frac{\pi\rho}{z_2}$ - сақиналардың тоқтарын, өзекшенің тоқтарына келтіру

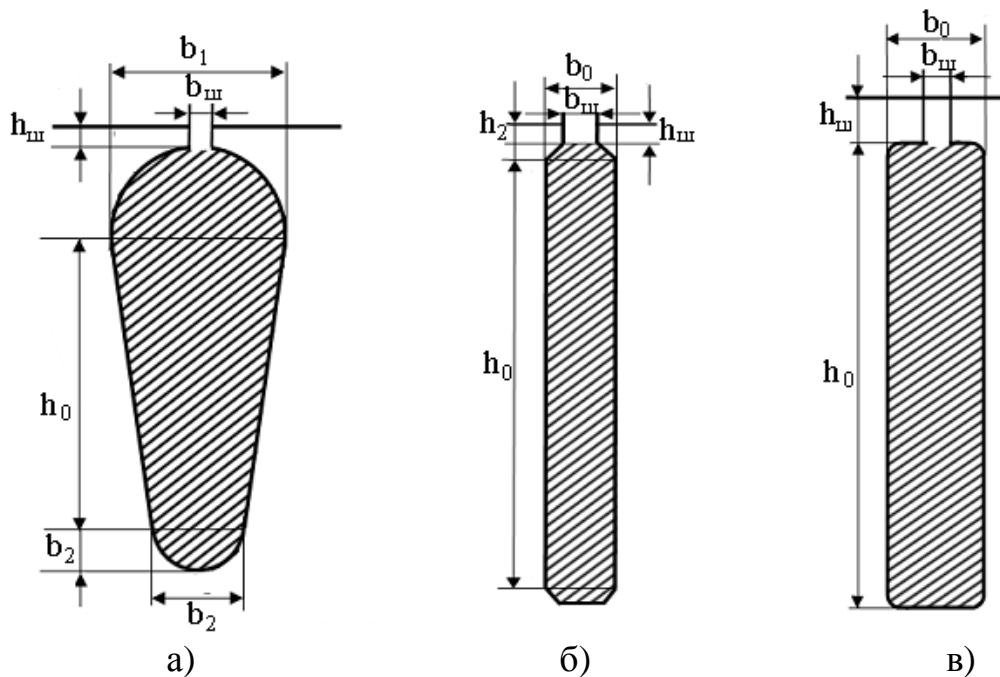
коэффициенті;

$H_{сақ}$ және $b_{сақ}$ — сақиналардың орташа ені және биіктігі, м [7, 6.1 – суреттен қара];

l_δ - ротор орамаларының ауаалмасу каналдарының есептелетін коэффициентінің ұзындығы, м:

$$l_\delta = l_2 - 0,5 \cdot n_k \cdot b_k,$$

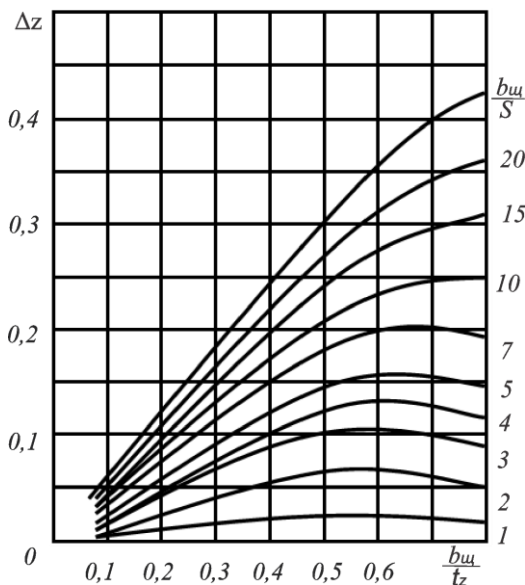
мұндағы n_k - радиалды каналдар болмаған кезде $n_k = 0$.



2.3 сурет – Қысқа тұйықталған ротордың пазалық тарқалуының магнит өтімділік коэффициентін есептеу үшін. Жартылай ашық пазалар

Егер ротордың пазалар саны үлкен болса: $Z_2/p \geq 10$, қателік аз болған жағдайда $\xi = 1$.

бұл жердегі Δz – келесі қисық үшін анықтаймыз (2.4 суретті қара).



2.4 сурет - Δz коэффициенті келесі өлшемдер қатынасынан қарастырылған b_u/t_z и b_u/S

2.2 кесте – Дифференциалды тарқалу коэффициенті

q_2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
$k_{Д2}$	0,018	0,011	0,008	0,006	0,005	0,0043	0,0036	0,003

Қиылысу өтімділік коэффициенті, ротордың орамаларының пазаларының қиылысу кезіндегі ЭҚК әсер етуін көрсетеді $\lambda_{киыл}$:

$$\lambda_{киыл} = (t_{z2} \beta_{ыт}^2) / (12k_{\delta} k_{\mu}),$$

бұл жердегі $\beta_{сак}$ — ротордың тістік бөлінуін көрсететін, пазалардың қиылысуы. Пазалардың қиылысуы кезіндегі бір тістік бөліну $\beta_{киыл} = 1$;

k_{μ} — магнит тізбегінің қанығу коэффициенті:

$$k_{\mu} = \frac{F_u}{F_{\delta}}.$$

2.25 Ротор орамаларының сейілуінің өтімділік коэффициенті:

$$\lambda_2 = \lambda_{n2} + \lambda_{Д2} + \lambda_{л2} + \lambda_{ск}.$$

2.26 Қысқаша тұйықталған ротор орамасының индуктивті кедергі, $x_2, (Ом)$

$$x_2 = 7,9 f_1 l_{\delta}' 10^{-6} (\lambda_{II} + \lambda_{л} + \lambda_{Д} + \lambda_{киыл}).$$

2.27 Ротор фазасының орамасына келтірілген индуктивті кедергі, $x_2, (Ом)$

$$x_2' = k_{np} \cdot x_2.$$

2.28 Ротор фазасының орамасына келтірілген индуктивті кедергі (с.б.)

$$x_{2*}' = x_2' \cdot \frac{I_{1H}}{U_{1\phi}}.$$

3 Болаттағы механикалық және қосымша шығындар

Болаттағы (магнитті шығындар) механикалық шығындар жүктемеге тәуелді емес, сондықтан олар тұрақты шығындар мен жұмыс сипаттамаларын есептеуден бұрын анықталады.

3.1 Трапециялық паза болғандағы, статордың болат тістерінің есептелетін массасы $G_{z1}, (кг)$:

$$G_{z1} = 7,8 \cdot Z_1 \cdot b_{z1} \cdot h_{III} \cdot l_1 \cdot k_c \cdot 10^3.$$

тік бұрышты паза болған кезде $G_{z1}, (кг)$:

$$G_{z1} = 7,8 \cdot Z_1 \cdot b_{z1cp} \cdot h_{III} \cdot l_1 \cdot K_c \cdot 10^3.$$

3.2 Статордың тістеріндегі магнитті шығындары $P_{z1}, (Вт)$:

а) 2013 маркалы болат үшін

$$P_{z1} = 4,4 B_{z1cp}^2 \cdot G_{z1}.$$

б) 2312 маркалы болат үшін

$$P_{z1} = 3,0 B_{z1op}^2 \cdot G_{z1}.$$

бұл жердегі B_{z10l} - трапециалды пазалар үшін, статордың тістеріндегі орташа индукциялары, $Tл$:

$$B_{z10p} = B_{z1};$$

тік бұрышты пазалар үшін, B_{z10p} , $Tл$:

$$B_{z10p} = (B_{z\max} + B_{z\min})/2.$$

3.3 Статордың жармасының болат массасы, G_{a1} , кг:

$$G_{a1} = 7,8\pi(D_{IH} - h_{a1}) \cdot h_{a1} \cdot l_1 \cdot K_c \cdot 10^3.$$

3.4 Статор жармасындағы магниттік шығындар, P_{a1} , (Вт):

а) 2013 маркалы болат үшін

$$P_{a1} = 4,4B_{a1}^2 \cdot G_{a1};$$

б) 2312 маркалы болат үшін

$$P_{a1} = 3,0B_{a1}^2 \cdot G_{a1}.$$

3.5 Болаттағы қосымша шығындарды қосатын, статордың өзекшесіндегі қосындылық магниттік шығындары, $P_{бол}$, (Вт):

$$P_{бол} = P_{z1} \cdot \left(1 + 2\sqrt{t_1 \cdot 100(k_s - 1)^2}\right) + P_{a1}.$$

3.6 Радиалды канал болмаған кездегі, $ICOI$ салқындату амалы арқылы есептелетін, $IP23$ қорғау кезіндегі механикалық шығындар, $P_{мх}$, (Вт):

$$P_{мх} = 6 \cdot (n_1/1000)^2 \cdot (10 \cdot D_1)^3.$$

радиалды каналдармен, $P_{мх}$, (Вт):

$$P_{мх} = (n_k + 11) \cdot (n_1/1000)^2 \cdot (10 \cdot D_1)^3.$$

$ICOI41$ ауа алмасытыру амалы кезіндегі, $IP44$ қорғау болған кездегі шығын, $P_{мх}$, (Вт):

$$P_{мх} = (n_1/1000)^2 \cdot (D_{IH} \cdot 10)^4.$$

3.7 Номиналы жүктеме болғанда қосымша шығындар эмпирикалық формула бойынша анықталады (Вт) (қосымша шығындар дегеніміз ағыннан және өткізгіштердегі токтардың ығысуынан пайда болатын шығындар), $P_{қос}$, (Вт):

$$P_{қос} = 0,005P_{2H} \cdot 10^3.$$

4 Асинхронды қозғалтқыштың жұмыс сипаттамасы

4.1 Асинхронды қозғалтқыштың жұмыс сипаттамалары деп келесі тәуелділіктерді айтамыз:

$$P_1, I_1, \cos \varphi_1, \eta, s = f(P_2).$$

Асинхронды қозғалтқыштың жұмыс сипаттамаларын аналитикалық амалмен Γ -тәріздес орынбасу сұлбасы арқылы есептеледі (4.1 суретті қараңыз).

Ротор және статордың орамаларының өзара индукция кедергісі, x_m , (Ом):

$$x_m \approx \frac{U_{1\phi}}{I_\mu} - x_1.$$

4.2 Параметрлерді T -тәріздес сұлбадан Γ -тәріздес сұлбаға келтіру коэффициенті:

$$C_1 \approx 1 + x_1/x_m.$$

4.3 $s=0$ кезіндегі бос жүріс тогының активті құрамы, I_{oa} , (А):

$$I_{oa} = \frac{P_{\text{бол}} + 3I_\mu^2 \cdot r_1}{3U_{1\phi}}.$$

4.4 $s=0$ кезіндегі бос жүріс тогының реактивті құрамы, I_{op} , (А):

$$I_{op} \approx I_\mu.$$

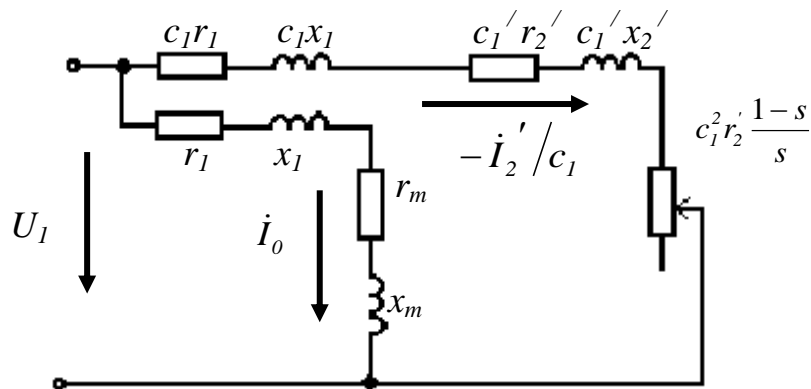
4.5 Жұмыс сипаттамаларын есептеудің формулалары 4.1 кестесінде келтірілген.

Есептеу келесідей сырғанау ретімен жасалады :

$$s_1, s_2, \dots, s_7 = k_i \cdot 0,2 \cdot r_2', \text{ қайда } k_i = 1, 2, \dots, 6,$$

бұл жердегі номиналды сырғанау келесідей болады:

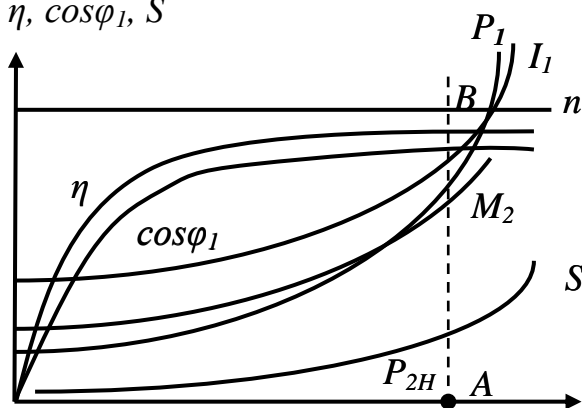
$$s_H = r_2'.$$



4.1 сурет

4.1 кестесіне және есептеу нәтижелеріне сәйкес асинхронды қозғалтқыштың жұмыс сипаттамалары тұрғызылады

$P_1, M_1, n, \eta, \cos\varphi_1, S$



4.2 сурет – Асинхронды қозғалтқыштың жұмыс сипаттамалары

4.7 Жұмыс сипаттамаларын тұрғызғаннан кейін абцисса осіне номиналды қуат салынады (A нүктесі), осы A нүктесі арқылы ординат осіне паралель AB сызығы жүргізіледі, осы AB нүктесімен қиылысқан жерде номиналды қуат P_{1H} , тоқ I_{1H} , айналу моменті M_{2H} , қуат коэффициенті $\cos\varphi_1$, ПӘК, ротордың айналу жылдамдығы n_H және сырғанау анықталады S_H .

4.8 Сырғанау максималды моментке сәйкес келеді:

$$s_m = c_1 r_2' / (x_1 + c_1 x_2')$$

4.9 Асинхронды қозғалтқыштың жүктемелік қабілеттілігі:

$$k_{пер} = \frac{M_{max}}{M_{ном}} \approx \frac{(s_H / s_m) + (s_m / s_H) + R_{кр}}{2 + R_{кр}}$$

бұл жердегі

$$R_{кр} = 2r_1 s_m / c_1 r_2'$$

4.1 кесте

Есептеу формуласы	Бірліктер	Сырғанау S					
$C_1^2 \cdot r_2' / S$	Ом						
$R = c_1 r_1 + c_1^2 \cdot r_2' / S$	Ом						
$x = c_1 (x_1 + c_1 x_2')$	Ом						
$z = \sqrt{R^2 + x^2}$	Ом						
$I_2'' = I_2' / c_1 = U_{1\phi} / z$	А						
$\cos \psi_2 = R / z$							
$\sin \psi_2 = x / z$							
$I_{1a} = I_{oa} + I_2'' \cos \psi_2$	А						
$I_{ap} = I_{ap} + I_2'' \sin \psi_2$	А						
$I_1 = \sqrt{I_{1a}^2 + I_{1p}^2}$	А						
$I_2' = I_2'' \cdot c_1$	А						
$P_1 = 3U_{1\phi} \cdot I_{1a} \cdot 10^{-3}$	кВт						
$P_{\text{э1}} = 3I_1^2 \cdot r_1$	Вт						
$P_{\text{э2}} = 3I_2^2 \cdot r_2'$	Вт						
$P_K = P_{K.H} \left(\frac{I_1}{I_{1H}} \right)$	Вт						
$\sum P = (P_{cm} + P_{mx} + P_{\text{э1}} + P_{\text{э2}} + P_{\text{дон}}) \cdot 10^{-3}$	кВт						
$P_2 = P_1 - \sum P$	кВт						
$\eta = 1 - \frac{\sum P}{P_1}$	-						
$\cos \varphi_1 = I_{1a} / I_1$							
$n = n_1 (1 - S)$	айн/мин						
$M_2 = P_2 \cdot 10^3 / \omega = 9,55 P_2 \cdot 10^3 / n$	Н·м						

А қосымшасы

А.1 кесте - Асинхронды қозғалтқыштардың тістерінің магниттелу қисығы. Болат 2013

B, Тл	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
	H, $\frac{A}{M}$									
0,4	124	127	130	133	136	138	141	144	146	150
0,5	154	157	160	164	167	171	174	177	180	184
0,6	188	191	194	198	201	205	208	212	216	220
0,7	223	226	229	233	236	240	243	247	250	253
0,8	256	259	262	265	268	271	274	277	280	283
0,9	286	290	293	297	301	304	308	312	316	320
1,0	324	329	333	338	342	346	350	355	360	365
1,1	370	375	380	385	391	396	401	406	411	417
1,2	424	430	436	442	448	455	461	476	473	479
1,3	486	495	504	514	524	533	536	547	584	585
1,4	586	598	610	622	634	646	658	670	683	696
1,5	709	722	735	749	736	777	791	805	820	835
1,6	850	878	906	934	962	990	1020	1050	1080	1110
1,7	1150	1180	1220	1250	1290	1330	1360	1400	1440	1480
1,8	1520	1570	1620	1670	1720	1770	1830	1890	1950	2010
1,9	2070	2160	2250	2340	2430	2520	2640	2760	2890	3020
2,0	3150	3320	3500	3680	3860	4040	4260	4480	4700	4920
2,1	5140	5440	5740	6050	6360	6670	7120	7570	8020	8470
2,2	8920	9430	9940	10460	10980	11500	12000	12600	13200	13800
2,3	14400	15100	15800	16500	17200	18000	18800	19600	20500	21400

А.2 кесте - Асинхронды қозғалтқыштардың тістерінің магниттелу қисығы. Болат 2211 және 2312

В, Тл	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
	H, $\frac{A}{m}$									
0,4	140	143	146	149	152	155	158	161	164	171
0,5	174	177	180	184	186	190	192	196	198	202
0,6	204	209	213	216	221	224	229	233	237	241
0,7	245	249	253	257	262	267	272	277	282	287
0,8	292	297	302	306	311	316	322	326	331	337
0,9	342	347	353	360	366	372	379	384	390	396
1,0	403	409	417	425	433	440	450	460	470	477
1,1	488	497	509	517	527	537	547	559	570	582
1,2	593	608	613	626	638	651	663	677	695	710
1,3	724	738	755	770	790	804	820	840	857	879
1,4	897	917	986	955	977	1000	1020	1040	1060	1090
1,5	1120	1150	1170	1210	1240	1270	1310	1330	1370	1410
1,6	1450	1490	1530	1560	1610	1650	1690	1780	1790	1840
1,7	1900	1840	2000	2070	2140	2220	2300	2380	2500	2600
1,8	2700	2800	2920	3060	3220	3330	3490	3610	3710	4000
1,9	4160	4350	4600	4800	5030	5330	5430	5790	6130	6420
2,0	6750	7170	7400	7790	8150	8520	9000	9400	9750	10200
2,1	10600	11000	11500	12100	12600	13000	13500	14100	14700	15400
2,2	15900	16500	17300	17400	17800	18500	19100	19600	20300	21100
2,3	23100	24300	2550	26800	28100	29500	30900	32400	33900	36400

В қосымшасы

В.1 кесте – Асинхронды қозғалтқыштың жармасы магниттелу қисығы. Болат 2013

В, Тл	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
	H, A/м									
0,4	52	53	54	55	56	58	59	60	61	62
0,5	64	65	66	67	69	71	72	74	76	78
0,6	80	81	83	85	87	89	91	93	95	97
0,7	100	102	104	106	108	111	113	115	118	121
0,8	124	126	129	132	135	138	140	143	146	149
0,9	152	155	158	161	164	168	171	174	177	181
1,0	185	188	191	195	199	203	206	209	213	217
1,1	221	225	229	233	237	241	245	249	253	257
1,2	262	267	272	277	283	289	295	301	307	313
1,3	320	327	334	341	349	357	365	373	382	391
1,4	400	410	420	430	440	450	464	478	492	506
1,5	520	542	564	586	608	630	654	678	702	726
1,6	750	788	826	864	902	940	982	1020	1070	1110
1,7	1150	1220	1290	1360	1430	1500	1600	1700	1800	1900
1,8	2000	2160	2320	2490	2650	2810	2960	3110	3270	3420
1,9	3570	3800	4030	4260	4490	4720	4930	5140	5350	5560
2,0	5770	6000	6300	6600	7000	7400	7900	8400	9000	9700

В.2 - Асинхронды қозғалтқыштың жармасы магниттелу қисығы. Болат 2211 және 2312

В, Тл	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
	H, $\frac{A}{m}$									
0,4	89	91	93	94	96	98	100	102	104	106
0,5	108	110	113	115	118	120	122	124	126	128
0,6	131	134	136	139	141	144	147	150	153	156
0,7	159	162	166	169	172	176	180	183	186	190
0,8	194	198	201	204	208	212	216	220	223	227
0,9	231	235	239	243	248	252	255	260	265	269
1,0	274	279	284	289	295	300	306	311	318	323
1,1	332	338	344	351	357	367	374	382	390	398
1,2	410	418	426	435	444	455	466	475	487	498
1,3	509	521	533	546	558	572	585	600	618	635
1,4	656	675	696	717	740	763	789	815	843	870
1,5	905	934	965	1000	1040	1090	1120	1190	1240	1290
1,6	1370	144	1520	1590	16610	1720	1820	1910	2010	2110
1,7	2180	2310	2410	2550	2610	2720	2840	2980	3130	3290
1,8	3460	3630	3800	3970	4140	4310	4490	4670	4850	5400
1,9	5220	5600	6000	6400	6900	7400	7900	8500	9100	9700
2,0	10400	11100	11800	12500	13300	14100	14900	15800	16700	17600

Әдебиеттер тізімі

1. Копылов И.П. Проектирование электрических машин. – М.: Юрайт, 2011. – 767 с.
2. Вольдек А.И. Электрические машины. Машины переменного тока.- М.: СПб, 2008. – 580 с.
3. Иванов-Смоленский А.В. Электрические машины. Т.1.- М.: «Академия», 2006. – 610 с.
4. Кацман М.М. Справочник по электрическим машинам.-М.: «Академия», 2005. – 620 с.
5. Иванов-Смоленский А.В. Электрические машины. Т.1.- М.: «Академия», 2006. – 590 с.
6. Гольдберг О.Д. Инженерное проектирование и САПР электрических машин.-М.: «Академия», 2008. – 450 с.
7. Шидерова Р.М., Бестерекова А.Н., Даркембаева Э.Б. Электрические машины. Асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором (Расчет геометрических размеров и обмоток). Методические указания к курсовой работе для студентов специальности 5В071800 – Электроэнергетика. - Алматы: АУЭС, 2014.– 35с.

Раушан Манаповна Шидерова
Алтын Нурмолдаевна Бестерекова
Эльмира Байджумаевна Даркенбаева

ҚЫСҚА ТҰЙЫҚТАЛҒАН РОТОРЛЫ АСИНХРОНДЫ ҚОЗҒАЛТҚЫШ

(параметрлерін және жұмыс сипаттамаларын есептеу)

5B071800 мамандығының студенттері үшін курстық жұмысты
орындау бойынша әдістемелік нұсқаулықтар

Редактор Қ.С. Телғожаева
Стандарттау бойынша маман Н.Қ. Молдабекова

_____ басуға қол қойылды
Таралымы _____ дана.
Көлемі _____ оқу – бас. әд.

Пішіні 60x84 1/16
№ 1 типографиялық қағаз
Тапсырыс _____ Бағасы _____

«Алматы энергетика және байланыс университеті»
Коммерциалық емес акционерлік қоғамының
көшірмелі-көбейткіш бюросы
050013, Алматы, Байтұрсынұлы көшесі, 126