

Қазақстан Республикасының Білім және ғылым министрлігі
А. Байтұрсынов атындағы Қостанай мемлекеттік университеті
Электрэнергетика және физика кафедрасы

Х.З. Темірханова

Электр машиналары

Оқу – әдістемелік құрал

Қостанай, 2012

ББК 31.21

Т 33

Құрастырушы:

Темірханова Хадиша Запиевна, электроэнергетика және физика кафедрасының аға оқытушысы

Рецензенттер:

Курманов А.К.- техникалық ғылымдарының докторы, транспорт және техникалық сервис кафедрасының доценті

Салыков Б.Р. - техникалық ғылымдарының кандидаты, доцент инженерлік – техникалық факультетінің деканы

Нурписов Ж.А. - техникалық ғылымдарының кандидаты, профессор, машина, трактор және автокөлік кафедрасының меңгерушісі

Темірханова Х.З

Т 33 Электр машиналары. Оқу-әдістемелік құрал. -Қостанай: А. Байтұрсынов атындағы ҚМУ, 2012.- 20 бет.

Оқу-әдістемелік құрал оқу жұмыс бағдарламасына сәйкес келеді. Оқу-әдістемелік құралда курстық жұмыста арналған асинхронды электр қозғалтқышты жобалау, нақты инженерлік есепті шығаруда алынған теориялық білімді қолдану және есептеу дағдысын меңгеру сұрақтары қаралады.

Оқу-әдістемелік құралы 050718 және 5В071800 – Электроэнергетика мамандығы бойынша оқитын студенттерге арналған.

ББК 31.21

А. Байтұрсынов атындағы Қостанай мемлекеттік университеттің оқу-әдістемелік кеңесімен баспаға ұсынылды, _____ 2012 ж. хаттама № ____

©А. Байтұрсынұлы атындағы Қостанай мемлекеттік университеті

МАЗМҰНЫ

1. Жұмыстың орындалу тәртібі мен кепілдемесі.....
2. Негізгі өлшемдерді анықтау және электр жүктемесін таңдау.....
3. Статордың ойықтар санын, фазасындағы орамалар санын анықтау.....
4. Ротордың ойықтар санын анықтау, қысқа тұйықталған орамалар.....
мен ротордың тіс зоналарының есебі.....
5. Статор мен ротордың магнит тізбегінің есебі.....
6. Номиналдық тәртіптегі асинхронды қозғалтқыш
параметрлерінің есебі.....
7. Пайдалы әсер коэффициенті мен шығынды анықтау.....
8. Асинхронды қозғалтқыштың жұмыстың және іске қосу
сипаттамалар есебі.....
9. Қолданылған әдебиет.....
10. Қосымша анықтамалар.....

1. Жұмыстың орындалу тәртібі мен кепілдемесі

4А сериялы жалпы өнеркәсіпке арналған асинхронды электр қозғалтқышты жобалау, нақты инженерлік есепті шығаруда алынған теориялық білімді қолдану және есептеу дағдысын меңгеру осы курстық жұмыстың мақсаты болып табылады.

1. Өз тапсырмасының нұсқасына сәйкес жобаланатын қозғалтқыштың берілгендерін жазып алу қажет: номиналдық қуатын, орындалуын, статор орамының жалғануы, синхронды айналу жиілігін, қоректену желісінің жиілігін, қоректенудің номиналдық сызықтық кернеуін.

Шамаларды пән мұғалімі береді.

2. Осы әдістемелік нұсқаулардың кепілдемесі бойынша нұсқа тапсырмаларын орындауына кірісу.

3. Жұмысты негізгі шешімдерді түсіндіретін есептері бар, негізгі және есептелген шамаларды кіргізетін кестесі бар, кәсіпорын стандартының талабына сай жасалған сызбалары бар А4 формат парақтарында жасалған түсініктеме хат түрінде орындалуы тиіс.

Түсініктеме хат беттерінің жалпы саны 25-35-тен аспау керек (оның қолмен жазылуына немесе компьютермен терілуіне байланысты). Түсініктеме хаттың құрамы:

а) Титул беті. Толтыру нұсқасы 12-ші қосымша анықтамада көрсетілген.

б) Аннотация. Орындалған жұмыстың негізгі мазмұнын қамтиды.

«Аннотация» деген сөзбен басталып, бөлек жолда жазба әріптерімен жазылуы тиіс.

Аннотацияға түсініктеме хаттың көлемі жайлы мәліметтер, иллюстрациялар мен кестелер саны графикалық материал туралы мәліметтер кіреді.

Аннотация тест құрамына мына бөлімдер кіреді:

- орындалған жұмыстың мән-маңызын көрсететін негізгі бөлім.
- негізгі бөлімнің мазмұнын ашатын нақты нәтижелер.
- алынған нәтижелердің ерекшелігі, тиімділігі, қолдану аймағы мен мүмкіншіліктері туралы қысқаша қорытынды.

в) Мазмұны.

г) Кіріспе.

д) 2-8 әдістемелік нұсқаулардың бөлімдерінен тұратын түсініктеме-есеп бөлісі.

Есеп хатының әр бетің шеттерінде бос орын қалдыру керек: тексттен парақтың сол жақ шетіне дейін 30 мм, оң жақ шетіне дейін 10 мм, астынан 20 мм, жоғарғы жағынан 15 мм орын қалдыру керек.

Титул беті, аннотация және мазмұнынан басқа беттердің нөмерін оң жақтың жоғарғы бұрышына қойып шыққан жөн.

Беттерді араб сандарымен нүктесіз және екі жағынан сызықшамен белгілеусіз нөмерлейді. Текст құрамында есептеу формулаларының жалпы түрі және олардың санмен ауыстырылуы болу керек.

Есептеудің нәтижесі болып табылатын әрбір шаманың өлшем бірлігі көрсетілуі тиіс. Әр бөлімшеге сандық индекс қойылады, ол екі бөліктен тұрады: біріншісі-бас бөлімнің нөмірін көрсетеді, екіншісі-оған кіретін бөлімшенің нөмірін көрсетеді. Мысалы : 1.2 – 1- ші бас бөлімнің 2 – ші тарауын білдіреді.

Тараудың тексттік бөлігі, бас бөлімі, бөлімше және тақырып аттарының араларында 15 мм қалдырып отыру қажет. Формуладағы символдар бірінші рет кездескенде ғана түсіндіріледі.

Есептеудің нәтижесі болып табылатын әрбір шаманың өлшем бірлігі көрсетілуі тиіс. Жұмыстық және іске қосу сипаттамалары А3 форматында масштаб еселігімен сызылуы тиіс.

Сипаттамаларда құрастыру нүктелері анық көрінуі тиіс. Жұмыстық сипаттамалардың аналитикалық есептелуі рұқсат етіледі. Қолданылған мәлімет көзіне (әдебиеттер, кестелер, графиктер т.б) міндетті түрде сілтеулер болу керек.

4. Орындалған есептеулердің дұрыстығын былай тексеруге болады:

- есептік s_n номинал сырғанаудың мәні 0,02 до 0,08 аралығында болу керек;
- статор орамдарының активті және индуктивті кедергілері ротор орамдарының сәйкес кедергілерінен едәуір артық болу керек;
- 8.1 кестеде табылған P_2 , номиналды қуаттың есептік мәні берілген мәнмен бірдей немесе аз ғана айырмашылығы болу керек;
- Пайдалы әсер коэффициенті мен қуат коэффициентінің есептік мәндері 1 – ші қосымша анықтамасының график бойынша алынған мәнінен көп айырмашылық болмауы тиіс.

Берілген және есептеу шамаларының келіспеушілігі есептеу кезіндегі бүтін саннан кейінгі бөлшек сандарын көп жуықтағандықтан немесе есептеудің дұрыс болмауынан мүмкін.

Егер осы әдістемелік нұсқаудағы берілген мәліметтер курстық жұмысты түсіну мен есептеу үшін жеткіліксіз болса, онда 33 бетте көрсетілген әдебиетті пайдалануыңызға болады.

2. Негізгі өлшемдерді анықтау және электржүктемесін таңдау

Асинхронды машиналарды есептеу басты шамаларды анықтаудан басталады, олар: $D_{ин}$ статордың ішкі диаметрі және l_6 ауа саңылауының есептік ұзындығы. Статордың ішкі диаметрі полюстер санына тәуелді белгілі мөлшерлік ара қатынастар арқылы $D_{1сыр}$ статордың сыртқы диаметрімен байланысқан. Статордың сыртқы диаметрі жобалау кезінде мәні 4А серия үшін МЕСТ 13267-73 бойынша анықталған стандарттық биіктерден алынатын h айналу осінің биіктігін анықтайды. Осыған байланысты басты шамаларды келесі жүйелік бойынша таңдайды:

2.1 P_2 және $2p$ берілген мәндері үшін қозғалтқыштың орындалуына байланысты айналу осінің биіктігін алдын-ала 2.1 және 2.2 кестелері бойынша анықтайды.

Кесте 2.1 Жабық қозғалтқыштар үшін айналу осінің биіктігін анықтау

Айналу осінің биіктігі h , мм	Ұзындықтың шартты белгілеуі	2р (жабық) кезіндегі IP44 сақтау дәрежелі номиналдық қуат (кВт).					
		2	4	6	8	10	12
63	A	0,37	0,25	0,18	-	-	-
	B	0,55	0,37	0,25	-	-	-
71	A	0,75	0,55	0,37	0,25	-	-
	B	1,1	0,73	0,55	-	-	-
80	A	1,5	1,1	0,75	0,37	-	-
	B	2,2	1,5	1,1	0,55	-	-
90	A	3,0	2,2	1,5	0,75	-	-
	B				1,1	-	-
100	A	4,0	3,0	-	-	-	-
	B	5,5	4,0	2,2	1,5	-	-
112	A	7,5	5,5	3,0	2,2	-	-
	B			4,0	3,0	-	-
132	A	-	7,5	5,5	4,0	-	-
	B	11	11	7,5	5,5	-	-
160	A	15	15	11	7,5	-	-
	B	18,5	18,5	15	11	-	-
180	A	22	22	-	-	-	-
	B	30	30	18,5	15	-	-
200	A	37	37	22	18,5	-	-
	B	45	45	30	22	-	-
225	A						
	B	55	55	37	30	-	-

280	A	110	110	75	55	-	-
	B	132	132	90	75	-	-
315	A	160	160	110	90	55	45
	B	200	200	132	110	75	55
355	A	250	250	160	132	90	75
	B	315	315	200	160	110	90

Кесте 2.2 Сақтандырылған қозғалтқыштардың айналу осінің биіктігін анықтау

Айналу осінің биіктігі h, мм	Ұзындықтың шартты белгіленуі	2p (сақтандырылған) кезіндегі IP23 сақтану дәрежелі номиналды қуат (кВт)					
		2	4	6	8	10	12
160	A	22	18,5	11	7,5	-	-
	B	30	22	15	11	-	-
180	A	37	30	18,5	15	-	-
	B	45	37	22	18,5	-	-
200	A	55	45	30	22	-	-
	B	75	55	37	30	-	-
225	A	90	75	45	37	-	-
	B						
250	A	110	90	55	45	-	-
	B	132	110	75	55	-	-
280	A	160	132	90	75	-	-
	B	200	160	110	90	-	-
315	A	-	200	132	110	75	55
	B	250	250	160	132	90	75
355	A	315	315	200	160	110	90
	B	400	400	250	200	132	110

2.2 статордың $D_{I_{сыр}}$ сыртқы диаметрін және $D_{I_{iу}}$ ішкі диаметрін таңдалған айналу осіне сәйкес 2.3 кестесінен алады.

Кесте 2.3 Статордың сыртқы және ішкі диаметрлерін таңдау

h, мм	D _{1сыр} , мм	2p	D _{1іш} , мм		h, мм	D _{1сыр} , мм	2p	D _{1вн} , мм
1	2	3	4		1	2	3	4
50	81	2	41		180	313	2	171
		4	46				4	211
56	89	2	48		200	349	2	194
		4	55				4	238
63	100	2	54		225	392	2	208
		4	61				4	234
		6	65				6, 8	284
71	116	2	55		250	437	2	232
		4	70				4	290
		6, 8	76				6, 8	317
80	131	2	74		280	530	2	225
		4	84				4	335
		6, 8	88				6	370
							8	385
90	149	2	84		315*	590	2	275
		4	95				4	335
100	168	2	95		315**	590	6	370
							4	105
		6, 8	113					
							2	310
112	191	2	110		355*	660	4	380
		4	126				6	425
		6, 8	132				8	440
							10, 12	450
							10, 12	450

132	225	2 4 6, 8	130 145 158		355**	660	2 4 6 8 10, 12	345 435 470 490 500
160	272	2 4 6, 8	155 185 197		* - P44 орындалуы * - IP23 орындалуы			

2.3 Кейін (τ) полюстік бөлуді табады.

$$\tau = \frac{\pi \cdot D_{\text{лиш}}}{2p} \quad (2.1)$$

2.4 Асинхронды қозғалтқыштың P_i есептік қуатын берілген P_2 номиналдық қуат бойынша анықтайды:

2.5

$$P_i = K_e \frac{P_2}{\eta \cdot \cos \varphi_1} \quad (2.2)$$

мұндағы: $K_e = \frac{U_1}{E_1} = 0,99 \div 0,98$ (үлкен мән кіші $2p$ полюс санына сәйкес).

2.6 η және $\cos \varphi_1$ алдын-ала шамаларын 1-ші қосымша анықтамадан алуға болады. Өзектің есептік ұзындығын ғана емес, айтарлықтай қозғалтқыштың сипаттамаларын анықтайтындықтан, A_1 сызықтық ток жүктемесі және B_δ ауа саңылауындағы магнит индукциялары электр магниттік жүктемелердің алдын-ала таңдалуы болып, ол таңдалу аса мұқияттылықпен өту керек. A_1 және B_δ таңдау кепілдемесі 2-ші қосымша анықтамада берілген.

2.7 α_δ полюстік бөгеттің коэффициент және K_δ өріс формасының коэффициент мәндері алдын-ала мынаған тең болады:

$$\alpha_\delta = \frac{2}{\pi} = 0,64 \quad K_\delta = \frac{\pi}{2 \cdot \sqrt{2}} \approx 1,11$$

2.8 Орамалық коэффициенттің алдын-ала мәндері: бір қабатты орамалар үшін $K_{opl}=0,95 \div 0,96$, екі қабатты орамалар үшін $K_{opl}=0,9 \div 0,91$ $2p=2$ болған кезде және көп полюстік кезде $K_{opl}=0,91 \div 0,92$.

2.9 Ω , рад/с, қозғалтқыш білігінің синхронды бұрыштық жылдамдығы мына формуламен есептелінеді:

$$\Omega = 2 \cdot \pi \frac{n_1}{60} = 2 \cdot \pi \frac{f_1}{p} \quad (2.3)$$

мұндағы: n_1 – синхронды айналу жиілігі, айн/мин;

f_1 – қоректену жиілігі, Гц.

α_6 мәнін есептегендегі ауа саңылауының есептік ұзындығы, м:

$$l_6 = \frac{P_i}{D_{iш}^2 \cdot \Omega \cdot K_6 \cdot K_{op1} \cdot A_1 \cdot B_6} \quad (2.4)$$

$D_{iш}$ және l_6 басты өлшемдерді таңдаудың дұрыстығының белгісін

$\lambda = l_6 / \tau$, қатынасы білдіреді және ол қозғалтқышқа алынған орындалуы үшін арналған 3-ші қосымша анықтамада көрсетілген аралықта болу керек. Егер λ өте үлкен болса, онда стандарт қатарындағы жақындау үлкендеу h , айналу осінің биіктігі үшін есепті қайталау керек, ал егер λ өте аз болса, онда стандарт қатарындағы келісі кішілеу h айналу осінің биіктігі үшін есепті қайталайды. Осымен басты өлшемдерді таңдау аяқталады.

2.10 Магнит тізбегін есептеу үшін l_6 –дан басқа статордың (l_1 және l_{cm1}) және ротордың (l_2 и l_{cm2}) болаттарының толық құрастыру ұзындықтарын және өзектерінің ұзындығын анықтау керек. Өзектерінің ұзындығы 250÷300 мм-ден көп болмайтын асинхронды қозғалтқыштарда тарамдалған вентиляциялық каналдар жасалыну мүмкін емес. Бұндай құрастыру үшін:

$$l_1 = l_{cm1} = l_6 \quad (2.5)$$

Ұзынырақ машиналарда өзектерді аралары тармақталған вентиляциялық каналдармен бөлінген пакеттерге бөлінеді. $\epsilon_k = 10$ мм пакеттер тіліктер дестелері арасындағы радиалды ауа каналының стандарттық ені. $n_{нак}$ тіліктер саны және олардың ұзындығы $l_{нак}$ келесі есептеу ұзындық қатынасымен байланысқан.

$$n_{нак} \approx \frac{l_6}{l_{нак}} = \text{бүтін сан.} \quad (2.6)$$

Осы кездегі радиалды каналдардың саны.

$$n_k = n_{нак} - 1 \quad (2.7)$$

Қозғалтқыш статор өзекшесінің ұзындығы:

$$l_{cm1} = l_{нак} \cdot n_{нак} \quad (2.8)$$

Статор өзекшесінің құрастыру ұзындығы:

$$l_1 = l_{cm1} + \epsilon_k \cdot n_k \quad (2.9)$$

2.11 Нәтижелік мәні:

$$l_{\sigma} \approx l_1 - \epsilon_{\kappa} \cdot n_{\kappa} \quad b \geq 1,5 \text{ мм үшін,} \quad (2.10)$$

$$l_{\sigma} \approx l_{cm1} \quad b \leq 1,5 \text{ мм үшін} \quad (2.11)$$

Ротор өзекшесінің құрастыру ұзындығын статор өзекшесінің ұзындығына тең деп алады, яғни $l_2=l_1$, онда ротор өзекшесінің болат ұзындығы:

$$l_{cm2} = l_1 - n_{\kappa} \cdot \epsilon_{\kappa} \quad (2.12)$$

3. Статордың ойықтар санын, фазасындағы орамалар санын анықтау және тісті зонаның есебі

Басты (негізгі) өлшемдерді анықтағанда алдын-ала қабылданған мәндері алардың ауа саңылауындағы сызықтық жүктемесі мен индукциясына мүмкіндігінше сәйкес келіп, ал ойықтар саны орамалар орауыштарының бірқалыпты таралуын қамтамасыз ететіндей орама фазасының орам саны болу керек.

3.1 Орамалар түрі және статор ойықтарының пішіндері 3.1-кестесі бойынша таңдап алынады. t_1 бөліктерінің мәндері алдын-ала құйылған оралымы бар 4А сериясы үшін 4 қосымша анықтамадағы сурет бойынша қалағаныңызды аласыз. 1-ші зона $h \leq 90$ мм үшін

t_1 мәнін анықтайды; 2-ші зона для $h \leq 250$ мм үшін t_1 ; ал 3-ші зона $h \geq 250$ мм үшін t_1 мәнін анықтайды.

3.2 Статордың ойықтар саны.

$$Z_1 = \frac{\pi \cdot D_{lim}}{t_1} \quad (3.1)$$

Z_1 - стандартты саны $2p$ –ға қатысты 4.1 кестесінен алынады.

3.3 Полус пен фазадағы ойықтар саны (бүтін болуы тиіс) :

$$q_1 = \frac{Z_1}{2p \cdot m_1} \quad (3.2)$$

$$t_1 = \frac{\pi \cdot D_{lim}}{2p \cdot m_1 \cdot q_1} \quad \text{ақырғы мәні 4-ші қосымша анықтама суретінде}$$

көрсетілгендей 10% -тең артық шегінен шықпауы тиіс және қайткен күнде де $h \geq 56$ мм болатын қозғалтқыштар үшін $6 \div 7$ мм-ден кем болмау керек.

3.4 Статор орамасының номиналды (фазалық) тогы А:

$$I_{1n} = \frac{P_2}{m_1 \cdot U_{1\phi} \cdot \eta \cdot \cos \varphi_1} \quad (3.3)$$

m_1 – статор фазаларының саны.

3.5 Ойықтағы әсерлі өткізгіштердің саны:

$$U_n = \frac{A_1 \cdot t_1 \cdot a_1}{I_{1n}} \quad (3.4)$$

a_1 - параллель бұтақтар саны.

Шыққан U_n санын бүтінге жуықтайды, ал екі қабатты орамаға ол жұп санды болуы керек.

Кесте 3.1 Статор ойықтарының түрі мен пішінін таңдау

h, мм	2p	Статор ойығының пішіні	Статор орамасының түрі	IP44 қорғау дәрежесі бар қозғалтқыштың магнит индукциясының мәні.	
				B_{z1max}	B_{cl}
1	2	3	4	5	6
50÷132	2, 4	Трапециялық	Құйылған бірқабатты	1,75-1,95	1,5-1,65
	6			1,75-1,95	1,45-1,6
	8			1,7-1,9	1,2-1,35
160	2	Трапециялық	Құйылған екіқабатты	1,75-2	1,45-1,7
	4		Құйылған бір қабатты	1,75-2	1,45-1,7
	6		Сондай	1,7-1,65	1,35-1,5
	8		Сондай	1,7-1,85	1,1-1,2
180÷250	2	Трапециялық	Құйылған екіқабатты	1,7-1,9	1,45-1,65
	4, 6		Сондай	1,7-1,9	1,45-1,65
	8		Сондай	1,7-1,85	1,1-1,2
280÷355	2, 4	Тік бұрышты Жартылай ашық Трапециялық	Құйылған қатты жартылай орамадан	1,7-1,9	1,4-1,6
	6, 8		Құйылған екіқабатты	1,7-1,9	1,4-1,6
	10	Жартылай жабық	Құйылған екіқабатты	1,6-1,8	1,3-1,45
	12		Сондай	1,6-1,8	1,15-1,3

Ескерту : IP23 қорғау тәсілімен орындалған қозғалтқыштар үшін магниттік индукцияның берілген мәндерін 8%-ке арттыру қажет.

3.6 Статор орамасының фазасындағы орамдар саны:

$$W_1 = \frac{U_n \cdot Z_1}{2a_1 \cdot m_1} \quad (3.5)$$

Сондағы сызықтық жүктеменің соңғы мәні, А/м:

$$A_1 = \frac{2 \cdot I_{1n} \cdot W_1 \cdot m_1}{\pi \cdot D_{1iu}} \quad (3.6)$$

3.7 Статор орамасындағы ток тығыздығы (алдын-ала), А/м²:

$$J_1 = \frac{(A_1 J_1)}{A_1} \quad (3.7)$$

бұл жердегі қуаттылығы және орындалуы әр түрлі асинхронды қозғалтқыштар үшін мәндері $(A_1 J_1)$ 5-ші қосымша анықтамалар суретінде көрсетілген.

3.8 Эффектілі өткізгіш қимасы (алдын-ала):

$$S_{\text{эф}} = \frac{I_{1n}}{a_1 \cdot J_1} \quad (3.8)$$

Құйылған орамалар үшін диаметрі 1,4 мм-ден аспайтын орамдық сымдар қолданылуы мүмкін. Егер эффектілі өткізгіштің есептік қимасы сәйкес көрсетілген диаметрлер мәндерінен үлкен болса, онда ол бірнеше элементарлыға бөлінеді. Ол үшін 6-ші қосымша анықтамалар бойынша $S_{\text{эл}}$ элементарлы өткізгіш қимасы және $n_{\text{эл}}$ элементарлы өткізгіштер саны алынады, олар $d_{\text{эл}}$ диаметрі көрсетілген шектен аспайтындай эффектілі бір бүтінді құрайды.

3.9 Статор орамасындағы ток тығыздығы (соңғы):

$$J_1 = \frac{I_{1n}}{a_1 \cdot S_{\text{эл}} \cdot n_{\text{эл}}} = \frac{I_{1n}}{a_1 \cdot S_{\text{эф}}} \quad (3.9)$$

3.10 Қызуға беріктілік класы мен оқшаулану жүйесінің құрылысы бойынша статор орамасын изоляциялау класын таңдау. Бұл жерде 4А сериясының мынандай берілгенмен басшылық етеді: ось биіктігі $h=50 \div 132$ мм болатын қозғалтқыштарда В қызуға беріктілік класының оқшаулау жүйесін қолданады, ал ось биіктігі $h=160 \div 355$ мм болатын қозғалтқыштарда – F класы. 3.2 кестесінде статор орамасын оқшаулау құрылысы (конструкциясы) көрсетілген.

3.11 v_{z1} , мм, тісшелер ені статор тісшесіндегі магниттік индукцияның болатын мәні бойынша анықталады (3.1 кестесі):

$$e_{z1} = \frac{t_1 \cdot B_{\bar{\sigma}}}{K_c \cdot B_{z1 \max}} \quad (3.10)$$

бұл жерде $K_c = 0,97 \div 0,95$ – статор мен ротордың магнит сымының болатпен толтырылу коэффициенті; ($h = 50 \div 250$ мм үшін $0,97$; $h = 280 \div 355$ мм үшін $0,98$).

3.12 Статор арқасының биіктігі, мм:

$$h_{c1} = \frac{0,5 \cdot \alpha_{\bar{\sigma}} \cdot \tau \cdot B_{\bar{\sigma}}}{K_c \cdot B_{c1}} \quad (3.11)$$

Кесте 3.2 Статор орамасының изоляциясы

Сурет-тегі позиция.	Аты	Аты, маркасы	Қалыңдығы, мм	Қабат саны
Айналу осінің биіктігі $h=50 \div 132$ мм				
1.	Ойық қорабы	Полиэтилентерефталантты жұқа қабықша (ПЭТ)	0,19	1
2.	Ойық қақпағы Алдыңғы бөлік бандажы Дымқылдық Алдыңғы бөліктер жабыны	ПЭТ Полиэфирлі жіп МЛ-2 лак, компаунд ГФ-92ГО эмалі	0,25	1
Айналу осінің биіктігі $h=160 \div 250$ мм				
1.	Ойық қорабы	Пленкосинкартон ПСКФ және изоном	0,4	1
2.	Төсем	Сондай		
3.	Қабат аралық төсем	Сондай		
Айналу осінің биіктігі $h=280 \div 355$ мм				
1.	Ойық қорабы	Стеклоткань ЛПС	0,15	1
2.	Төсем	Электронит	0,3	1
3.	Қабат аралық төсем	Стеклослодопласт ГИТ-Т-ЛСБ	0,45	1
4.	Төсем	Сондай	0,5	1
5.	Ойық сынасы	Сондай		

3.13 Тісше биіктігі, мм:

$$h_{z1} = 0,5 \cdot (D_{1сыр} - D_{1iуу}) - h_{c1} \quad (3.12)$$

3.13 Трапециялық ойықтың штамптағы ең кіші ені, мм:

$$e_{nmin} = t_{1min} - e_{z1} \quad (3.13)$$

бұл жерде $t_{1min} = \frac{\pi \cdot D_{1iуу}}{Z_1}$ - тіс бөлінуінің ең кіші мәні, мм.

Ойықтың штамптағы ең үлкен ені, мм:

$$e_{nmax} = t_{1max} - e_{z1} \quad (3.14)$$

бұл жерде $t_{1max} = \frac{\pi \cdot (D_{1iуу} + 0,2 \cdot h_{z1})}{Z_1}$ - тісті бөлінудің ең үлкен мәні, мм.

Ойықтың орташа мәні:

$$e_n = \frac{e_{nmax} + e_{nmin}}{2} \quad (3.15)$$

3.15 $e_{у1}$ шлиц ені орауыш ойықтарына бір-бір сымнан салатындай болу керек. Әдетте оқшауланған сымның диаметрі $d \leq 1,78$ мм, ал $e_{ш1} \leq 4,0$ мм. Шлиц биіктігі $h_{у1} \approx 0,8 \div 1,2$ мм. Айналу осінің биіктігі $h \leq 250$ мм болатын қозғалтқыштардағы бұрыш $\beta = 45^\circ$, ал $h \geq 280$ мм болғанда $\beta = 30^\circ$.

3.16 Ойықтың сыналық бөлігінің биіктігі $h_{к1}$, мм:

$$\beta = 45^\circ \text{ болғанда } h_{к1} = 0,5 \cdot (e_n - e_{у1}) \quad (3.16)$$

$$\beta = 30^\circ \text{ болғанда } h_{к1} = 0,3 \cdot (e_n - e_{у1}) \quad (3.17)$$

3.17 Штамптағы ойықтың көлденең кимасының ауданы, мм²:

$$S_{n1} = 0,5 \cdot (e_n + e_n') \cdot h_{n1} + 0,5 \cdot (e_n' + e_{у1}) \cdot h_{к1} + e_{у1} \cdot h_{у1} \quad (3.18)$$

бұл жерде $h_{n1} = h_{z1} - h_{к1} - h_{у1}$ - ойықтың биіктігі (тереңдігі), мм.

3.18 Жарықтағы ойықтың өлшемі шихтовка мен Δe_n және Δh_n : өзектерін құрастыруға жіберілген әдепті қарастыра отырып анықталады:

$$e_n' = e_n - \Delta e_n; \quad (3.19)$$

$$h_{n1}' = h_{n1} - \Delta h_n \quad (3.20)$$

бұл жерде Δe_n и Δh_n 3.3 кестесінен алынады

Кесте 3.3 Шихтовка мен өзектерді құрастыруға жіберілген әдіптер

Айналу осінің биіктігі h , мм	Әдіптер, мм	
	Ойық ені бойынша $\Delta \epsilon_n$	Ойық биіктігі бойынша Δh_n
50÷132	0,1	0,1
160÷250	0,2	0,2
280÷355	0,3	0,3

3.19 Ойықтың көлденең қима ауданы, орамамен толтырылады, мм²:

$$S_{opl} = S_{n1} - S_{uu} - S_{mc} \quad (3.21)$$

Корпустық оқшауланудың көлденең қима ауданы, мм²:

$$S_{uu} = \epsilon_u (2 \cdot h_{n1} + \epsilon_n + \epsilon'_n), \quad (3.22)$$

бұл жерде, ϵ_u - корпустық оқшауланудың бір жақты қалыңдығы, мм, (3.2 кестесі бойынша айналу осінің анық биіктігін алу үшін қалыңдықты барлық мәндерін қосу керек).

3.20 Ойықтағы төсемнің ауданы, мм²:

$h = 50 \div 250$ мм болатын қозғалтқыштар үшін:

$$S_{mc} = 0,4 \cdot \epsilon_n + 0,9 \cdot \epsilon'_n \quad (3.23)$$

$h \geq 280$ мм болатын қозғалтқыштар үшін:

$$S_{mc} = 0,6(\epsilon_n + \epsilon'_n) \quad (3.24)$$

бір қабатты орамада:

$$S_{mc} = 0 \quad (3.25)$$

3.21 Ойықтың толтырылу коэффициенті:

$$K_m = \frac{n_{эл} \cdot U_n \cdot d^2}{S_{opl}} \quad (3.26)$$

Шыққан мән көрсетілген шектеулер аралығында болуы тиіс: $K_m = 0,7 \div 0,75$.

Статор орамасындағы маңызды өлшемдердің бірі- орамалық коэффициент. Статор орамасының ЭҚК гармонигінде негізгі топ үшін мынаған тең:

$$K_{opl} = K_{\kappa 1} \cdot K_{y1}, \quad (3.27)$$

бұл жерде K_{y1} – қысқару коэффициенті, ЭҚК азаюын ескереді, ол орама қадамының қысқаруымен белгіленеді:

$$K_{\kappa 1} = \sin \frac{\beta - \pi}{2} = \sin(\beta - 90^\circ) \quad (3.28)$$

бұл жерде K_{y1} – ойықтардағы орамаларды бөліп тарату ЭҚК азаюын үлестіру коэффициенті ескереді:

$$K_{y1} = \frac{\sin \alpha/2}{q_1 \cdot \sin \alpha/2q_1} \quad (3.29)$$

бұл жерде α - тісті бұрыш, град:

$$\alpha = \frac{360 \cdot p}{Z_1} \quad (3.30)$$

4А сериялы қозғалтқыштардағы статордың үшфазалық екі қабатты орамалары үшін $K_{\kappa 1}$, K_{y1} и K_{op1} коэффициенттерінің мәндері 3.4 кестесінде көрсетілген.

Кесте 3.4 Екі қабатты орамалардың үлестіру және қысқару коэффициенттері

q ₁	K _{y1}	$\tau = \frac{Z_1}{p}$	2p=2				2p≥2			
			y _{1o}	β	K _{κ1}	K _{op1}	y _{1p}	β	K _{κ1}	K _{op1}
1,5	0,96	4,5					4	0,88	0,985	0,945
2	0,966	6					5	0,83	0,966	0,935
2,5	0,957	7,5					6	0,8	0,951	0,91
3	0,96	9					7	0,77	0,94	0,902
4	0,958	12					10	0,83	0,966	0,925
5	0,957	15	15				12	0,8	0,951	0,91
6	0,956	18	11	0,61	0,819	0,783	15	0,83	0,966	0,923
8	0,956	24	15	0,62	0,832	0,795	19	0,79	0,947	0,905

3.22 Ауа саңылауындағы магниттік индукция (нәтижелік), Тл:

$$B_{\delta} = \frac{\Phi}{\alpha_{\delta} \cdot \tau \cdot l_{\delta} \cdot 10^{-6}} \quad (3.31)$$

бұл жерде Φ – магнит ағыны, Вб:

$$\Phi = \frac{K_e \cdot U_{1\phi}}{4,44 \cdot f_1 \cdot K_{op1} \cdot W_1} \quad (3.32)$$

3.23 Ауа саңылауы, м:

қуаттылығы $P_2 \leq 20$ кВт болатын қозғалтқыштар үшін:

$$2p=2 \text{ болғанда} \quad \delta = (0,3 + 1,5 \cdot D_{1iu}) \cdot 10^{-3} \quad (3.33)$$

$$2p=4 \text{ болғанда} \quad \delta = (0,25 + D_{1iu}) \cdot 10^{-3} \quad (3.34)$$

қуаттылығы үлкен және орташа қозғалтқыштар үшін :

$$\delta \approx \frac{D_{1iu}}{1,2} \left(1 + \frac{9}{2p}\right) \cdot 10^{-3} \quad (3.35)$$

3.24 Статор орауыштың өлшемдері:

орташа тістік бөлім:

$$t_{1op} = \frac{\pi \cdot (D_{1iu} + h_{z1})}{Z_1} \quad (3.36)$$

орауыштың орташа ұзындығы:

$$e_{op} = t_{1op} \cdot y_{1op}, \quad (3.37)$$

бұл жерде y_{1op} – тісті бөлімдердегі статор әр қадамының орташа мәні;
орауыш алдыңғы бөлігінің орташа ұзындығы, мм:

$$l_{1A} = (1,16 + 0,14 \cdot p) \cdot e_{1op} + 15 \quad (3.38)$$

статор орамасының орамының орташа ұзындығы, мм:

$$l_{1op} = 2 \cdot (l_{1b} + l_{1A}) \quad (3.39)$$

ораманың алдыңғы бөлігінің ұзындығы, мм:

$h \leq 132$ мм болғанда:

$$l_{1b} = (0,19 + 0,1 \cdot p) \cdot e_{1op} + 10 \quad (3.40)$$

$h \geq 160$ мм болғанда:

$$l_{1b} = (0,12 + 0,15 \cdot p) \cdot e_{1op} + 10 \quad (3.41)$$

4. Ротордың ойықтар санын анықтау

Қысқа тұйықталған орамалар мен ротордың тісті зоналарының есебі

4.1 Ротордың тісті зонасын жобалағанда ротордың ойыс санының таңдауы өте маңызды. Статор мен ротордағы тістер санының айналуға моменттің қисығына ара қатыстық ықпалы және шу мен вибрацияға әсерін анықтау үшін зерттеулер жүргізілді. Осының нәтижесінде полюстің түрлі сандары бар қысқа тұйықталған қозғалтқыштары үшін Z_1 мен Z_2 ең жақсы байланысы анықталды. Бұл 4.1 кестесінде көрсетілген.

Кесте 4.1 Статор ойықтары мен ротор ойықтарының ара қатынасы

	2p				
	2	4	6	8	10
Z_1 / Z_2	12 / 3, 15	12 / 9	36 / 26, 46	48 / 36, 64	60 / 44, 76
	18 / 12, 22	18 / 10, 14	54 / 44, 68	72 / 56, 86	90 / 68, 114
	24 / 17, 32	24 / 16, 32	72 / 56, 88	84 / 66, 104	120 / 86, 146
	30 / 22, 38	36 / 26, 46	90 / 74, 104	96 / 78, 114	-
	36 / 26, 46	42 / 34, 54	-	-	-
	42 / 32, 52	48 / 34, 64	-	-	-
	48 / 38, 58	60 / 50, 74	-	-	-
	-	72 / 62, 86	-	-	-

Ескерту: Аз қуатты қозғалтқыштарда $Z_2 < Z_1$, ал қуаты көп қозғалтқыштарда $Z_2 > Z_1$.

Ойық пішінін таңдау қозғалтқыштың қуаттылығына, 2p полюстер саны мен қажетті іске қосылған сипаттамаларға байланысты.

4.2 ϵ_{Z2} , ротордың тісше ені, мм 4.2 кестесіндегі B_{Z2max} мәні ескеріледі:

$$\epsilon_{Z2} = \frac{t_2 \cdot B_{\delta}}{K_c \cdot B_{Z2max}} \quad (4.1)$$

бұл жерде $t_2 - D_{2сыр}$, ротордың сыртқы диаметрі бойынша тістік бөлім, мм:

$$t_2 = \frac{\pi \cdot D_{2сыр}}{Z_2} = \frac{\pi \cdot (D_{1iш} - 2 \cdot \delta)}{Z_2} \quad (4.2)$$

бұл жерде ротордың сыртқы диаметрі, м:

$$D_{2сыр} = D_{1iш} - 2 \cdot \delta \quad (4.3)$$

Кесте 4.2 IP44 сериялы қозғалтқыштар үшін ойық пішінін таңдау

h , мм	$2p$	Ротор ойығының пішіні (қосымша 9)	Магнитті индукцияның мәндері, Тл; IP44 қорғау тәсілі бойынша қозғалтқыштардың орындалуы.	
			B_{Z2max}	B_{C2}
50÷132	2	а	1.75-1.95	1.35-1.45
	4	а	1.75-1.95	1.15-1.25
	6	а	1.75-1.95	1.05-1.15
	8	а	1.7-1.9	0.75-0.85
160÷225	2	а	1,75-1,95	1,35-1,45
	4	б	1,55-1,8	1,2-1,35
	6	б	1,65-1,9	1,05-1,15
	8	б	1,65-1,9	0,75-0,85
250	2	а	1,7-1,95	1,35-1,45
	4	а	1,65-1,9	1,15-1,25
	6	а	1,65-1,9	1,05-1,15
	8	а	1,65-1,9	0,75-0,85
280÷355	2	а	1,6-1,85	1,35-1,45
	4	б	1,8-2,0	1,15-1,25
	6	б	1,65-1,9	1,05-1,15
	8	б	1,65-1,9	0,75-0,85
	10, 12	б	1,65-1,9	0,75-0,85

Ескерту: IP23 орындалуындағы қозғалтқыштар үшін магнит индукцияның мәндерін 8%-ке арттыру қажет.

4.3 Ротор ұзындығы статордың ұзындығына тең деп аламыз, яғни.: $l_2 = l_1$, онда ротор өзекшесінде ток, А:

$$I_2 = k_i \cdot I_{1н} \cdot v_i \quad (4.4)$$

мұндағы: k_i – магниттелену тогының орауыштар кедергісінен тәуелділігін көрсететін коэффициент (10 сурет);

v_i – келтірілген токтар коэффициенті:

$$v_i = \frac{2 \cdot m_1 \cdot W_1 \cdot K_{opt}}{Z_2} \quad (4.5)$$

4.4 Өзекшенің көлденең қимасының ауданы, м²:

$$q_c = \frac{I_2}{J_2} \quad (4.6)$$

мұндағы: J_2 – паздары алюминиймен толтырылған жабық саңылаулы

болып жасалған машиналардың ротор өзекшелеріндегі ток тығыздығы, $(2,5 \div 3,5) \cdot 10^6 \text{ А/м}^2$, егер машина қорғанумен жасалға онда $10 \div 15 \%$ үлкен, сонымен қатар, қуаты үлкен машиналардың тығыздығының кіші мәнін алу керек.

Ось биіктігі 4А сериялы қысқа тұйықталу роторлы асинхронды қозғалтқыштарда:

$h \leq 250 \text{ мм}$ алмұртты паздар мен роторда тұтас орауыш жасайды;

$h < 160 \text{ мм}$ – паздар кішкентай тілімшелерге ие:

$$\begin{aligned} b_{u2} &= 1,0 \text{ мм} & h < 100 \text{ мм} \text{ болғанда;} \\ h_{u2} &= 0,5 \text{ мм} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_{u2} &= 1,5 \text{ мм} & h = 112 \div 132 \text{ мм} \text{ болғанда;} \\ h_{u2} &= 0,75 \text{ мм} \end{aligned}$$

биіктігі $h = 160 \div 250 \text{ мм}$ ие болған қозғалтқыштардың ойықтары алмұрт тәріздес және олардың өлшемдері:

$$\begin{aligned} b_{u2} &= 1,5 \text{ мм} \\ h_{u2} &= 0,7 \text{ мм} \end{aligned}$$

Ойықтардағы «мойнақ» биіктігі $2p \geq 4$, $h'_{u2} = 0,3 \text{ мм}$ орындайды;

Екі полюсті қозғалтқыштарды $h'_{u2} = 1 \div 1,5 \text{ мм}$. Айналу өсінің биіктігі $h = 280 \div 355 \text{ мм}$ қозғалтқыштарда ротор паздары жабық және: егер при $2p \geq 4$ – трапециялы, егер $2p = 2$ – күрекшелі болады.

4.5 Тісшенің мүмкін болатын ені, мм:

$$b_{Z_{2\text{бол}}} = \frac{B_{\sigma} \cdot t_2 \cdot l_{\sigma}}{B_{Z_{2\text{max}}} \cdot l_{\text{см}2} \cdot K_c} \quad (4.7)$$

4.6 Паздар өлшемі:

паздың үстіңгі жағындағы диаметр, мм:

$$b_1 = \frac{\pi \cdot (D_{2\text{свр}} - 2 \cdot h_{u2} - 2 \cdot h'_{u2}) - Z_2 \cdot b_{Z_{2\text{бол}}}}{\pi + Z_2} \quad (4.8)$$

паздың төменгі жағындағы диаметр, мм:

$$b_2 = \sqrt[3]{\frac{b_1^2 \cdot (Z_2/\pi + \pi/2) - q_c/4}{Z_2/\pi - \pi/2}} \quad (4.9)$$

$$h_1 = (b_1 - b_2) \cdot \frac{Z_2}{2 \cdot \pi} \quad (4.10)$$

Мынаны естен шығармаған жөн, егер қозғалтқыштың

$h \leq 132$ мм , онда b_2 2 мм кем және егер $h \leq 160$ мм, 3,5 мм кем емес болу керек.

Ойықтың толық биіктігі, мм:

$$h_{n2} = h'_{u2} + h_{u2} + \frac{b_1}{2} + h_1 + \frac{b_2}{2} \quad (4.11)$$

өзекше қимасы, мм²:

$$q_c = \frac{\pi}{8} \cdot (b_1^2 + b_2^2) + \frac{1}{2} \cdot (b_1 + b_2) \cdot h_1 \quad (4.12)$$

4.7 Өзекшедегі ток тығыздығы, А/м²:

$$J_2 = \frac{I_2}{q_c} \quad (4.13)$$

4.8 Ротордың тұтас тораптың қысқа тұйықталу сақина мөлшері:
көлденең қимасының ауданы:

$$q_{кл} = \frac{I_2 / \Delta}{0,85 \cdot J_2} \quad (4.14)$$

$$\text{осындағы: } \Delta = 2 \cdot \sin \frac{\pi \cdot 2}{Z_2}, \quad \pi = 180^\circ \quad (4.15)$$

$$b_{кл} = 1,25 \cdot h_{n2}; \quad a_{кл} = \frac{q_{кл}}{b_{кл}}; \quad q_{кл} = b_{кл} \cdot a_{кл};$$

$$D_{к.ор} = D_{2.свр} - b_{кл} \quad (4.16)$$

5. Статор мен ротордың магнит тізбегінің есептелуі

5.1 Магнит тізбегінің есептелуі статордың МҚК және магниттелу тогын білу үшін және қажет етілетін магнит ағынын жасау үшін қажет. Төрт полюсті машинаның магнит тізбегі бес тізбектей қосылған учаскілерден құрылған, олар: ауа саңылауы- δ , статордың тісшелі қабаты h_{z1} және ротордікі h_{z2} , статор қабырғалары l_{cm1} . Қос полюстері үшін , статор орауыш МҚК $\sum F$ былай табылады: магнит тізбегінің барлық айтылған бөлімдеріндегі магниттік кернеулерінің соммасына тең:

$$\sum F = 2 \cdot F_\delta + 2 \cdot F_{z1} + 2 \cdot F_{z2} + F_{c1} + F_{c2} \quad (5.1)$$

осындағы: F_δ – ауа саңылаудың МҚК ;

F_{z1} – статор тісшелі зонасының МҚК;

F_{z2} – ротор тісшелі зонасының МҚК;

F_{c1}, F_{c2} – статор мен ротор ярмаларының МҚК.

5.2 Статор тішесіндегі магнит индукциясы, Тл:

$$B_{z1} = \frac{B_{\sigma} \cdot t_1 \cdot l_{\sigma}}{\epsilon_{z1} \cdot l_{cm1} \cdot K_c} \quad (5.2)$$

5.3 Ротор тішесіндегі магнит индукциясы, Тл:

$$B_{z2} = \frac{B_{\sigma} \cdot t_2 \cdot l_{\sigma}}{\epsilon_{z2} \cdot l_{cm2} \cdot K_c} \quad (5.3)$$

5.4 Статор ярмаларындағы магнит индукция, Тл:

$$B_a = \frac{\Phi}{2 \cdot h_{c1} \cdot l_{cm1} \cdot K_c} \quad (5.4)$$

5.5 Ротор ярмаларындағы магнит индукция, Тл:

$$B_j = \frac{\Phi}{2 \cdot h_j \cdot l_{cm1} \cdot K_c} \quad (5.5)$$

осындағы: h_j - ротор ярмаларының есептелу биіктігі, мм:

$2p=2$ (және 4) тең болып өзекше қозғалтқыштың негізгі білігіне отырғызылса онда;

$$h_j = \frac{2+p}{3,2 \cdot p} \left(\frac{D_{2cыр}}{2} - h_{n2} \right) - \frac{2}{3} \cdot d_{\kappa 2} \cdot m_{\kappa 2} \quad (5.6)$$

осында: $d_{\kappa 2}$ – ротордың аксиалды каналдарының диаметрі;

$m_{\kappa 2}$ – аксиалды каналдардың қатарлар саны;

4А сериялы қозғалтқыштарда $h = 250$ мм болғанда: $m_{\kappa 2} = 10$; $d_{\kappa 2} = 15 \div 30$ мм;

$h = 280 \div 355$ мм болғанда: $m_{\kappa 2} = 12$; $d_{\kappa 2} = 20 \div 30$ мм;

$h > 355$ мм болғанда: $m_{\kappa 2} = 9$; $d_{\kappa 2} = 55 \div 100$ мм.

$h < 250$ мм болғанда: аксиалды каналдарды жасамайды.

Диаметрдің үлкен мәні $2p$ - нің үлкен мәніне тең.

5.6 Ауа саңылауының магнит кернеуі, А:

$$F_{\delta} = 1,59 \cdot 10^6 \cdot B_{\sigma} \cdot k_{\delta} \cdot \delta \quad (5.7)$$

осында: k_{δ} - ауа саңылауының коэффициенті:

$$k_{\delta} = k_{\delta 1} \cdot k_{\delta 2} \quad (5.8)$$

статордың ауа саңылауының коэффициенті:

$$k_{\delta 1} = \frac{t_1 + 10 \cdot \delta}{t_1 - \epsilon_{u1} + 10 \cdot \delta} \quad (5.9)$$

ротордың ауа саңылауының коэффициенті:

$$k_{\delta 2} = \frac{t_2 + 10 \cdot \delta}{t_2 - b_{u2} + 10 \cdot \delta} \quad (5.10)$$

5.7 Статордың тішелі зоналардың магнит кернеуі, А:

$$F_{z1} = 2 \cdot h_{z1} \cdot H_{z1} \quad (5.11)$$

осында: h_{z1} - статор тішесінің есептеу биіктігі, м.

Тішелердің кернеу өрісін H_{z1} , (А/м), алынып отырған болат маркалы тішелердің магниттелу қисығына сәйкес B_z индукция арқылы табады (қосымша 7).

5.8 Ротордың тішелі зонасының магниттің кернеуі, А:

$$F_{z2} = 2 \cdot h_{z2} \cdot H_{z2} \quad (5.12)$$

осында: h_{z1} - ротор тішесінің есептелу биіктігі, м, $h_{z2} = h_{n2}$

H_{z2} - өрістің кернеулігін алынған болат маркасының магниттелу қисығы бойынша табады (қосымша 7).

5.9 Тішлілі зонаның қанығу коэффициенті :

$$k_z = 1 + \frac{F_{z1} + F_{z2}}{F_\delta} \quad (5.13)$$

k_z мәні алынған өлшемдер мен машиналардың орауыш берілгендігінің дұрыстығын тексеруге мүмкіндік береді:

- егер $k_z > 1,5 \div 1,6$ - тішелі зоналардың тіптен қанығуы;

- егер $k_z < 1,2$ - тішелі зона аз пайдаланылған және ауа саңылауы өте үлкен.

5.10 Ротор мен статор ярмаларының магнитті кернеуі, А:

$$F_{c1} = L_a \cdot H_a \quad (5.14)$$

$$F_{c2} = L_j \cdot H_j$$

осында: L_a - , статор ярмасының ортаңғы магнит сызығының ұзындығы, мм:

$$L_a = \frac{\pi \cdot (D_{1\text{сыр}} - h_a)}{2p} \quad (5.15)$$

h_a - статор ярмасының биіктігі, м:

$$h_a = 0,5 \cdot (D_{1\text{сыр}} - D_{1\text{иш}}) - h_{n1} \quad (5.16)$$

L_j - ротор ярмасының ағынының ортаңғы магнит сызығының ұзындығы, м:

- $2p=2$, білікке дәл келтірілген болса:

$$L_j = 2 \cdot h_j \quad (5.17)$$

- қозғалтқыштың басқа түрлеріне:

$$L_j = \frac{\pi \cdot (D_{2\text{сыр}} - 2 \cdot h_{z2} - h_{n2})}{2p} + h_{n2} \quad (5.18)$$

Полюстер жұбына арналған магнитті кернеуі, А:

$$F = F_{\delta} + F_{z1} + F_{z2} + F_{c1} + F_{c2} \quad (5.19)$$

5.11 Магнит индукциясының қанығу коэффициенті:

$$k_u = \frac{F}{F_{\delta}} \quad (5.20)$$

5.12 Магниттелу тогы:

$$I_{\mu} = \frac{p \cdot F}{0,9 \cdot m_1 \cdot W_1 \cdot K_{op1}} \quad (5.21)$$

Магнит тоғының салыстырмалы мәні:

$$I_{\mu}^* = \frac{I_{\mu}}{I_{1H}} \quad (5.22)$$

6. Асинхронды қозғалтқыштың номинал режимнің параметрлері

Асинхронды қозғалтқыштың параметрлері деп: статор r_1 , x_1 мен ротордың r_2 , x_2 орауышының активті және индуктивті кедергісі, өзара индуктивті кедергісін x_{12} және есептелу кедергіні r_{12} атайды.

6.1 Есептелу жұмыс температурасына келтірілген, статор орама фазаларының активті кедергісі, Ом:

$$r_1 = \frac{\rho_{115} \cdot l_{op} \cdot W_1}{q_c \cdot a_1} \quad (6.1)$$

осында: ρ_{115} - есептелу жұмыс температура кезіндегі мыстың меншікті электр кедергісі (6.1 кестесі).

$$l_{cp} = 2(l_{n1} + l_{l1}) = 2(l_1 + K_l \cdot \epsilon_{km} + 2 \cdot B) \quad (6.2)$$

K_l - коэффициент 6.2 кесте бойынша анықталады;

$B = 0,01 \div 0,015$ - орауыштардың түзу сызығының шығу бөлімінің ұзындығы, м;

ϵ_{km} - орауыштың ортаңғы ұзындығы, м:

$$\epsilon_{km} = \frac{\pi \cdot (D_{iiv} + h_{n1})}{2p} \cdot \beta \quad (6.3)$$

$\beta = 1$ - статор орамасының салыстырмалы қысқартылуы.

Кесте 6.1 Әр түрлі өткізгіштерге арналған меншікті электр кедергісі

Түрі	Меншікті электр кедергі *10 ⁻⁹ Ом·мм, мына температурамен			Тығыздық, *10 ³ , кг/м ³
	20	75	115	
Мыс сымы	17,5	21,3	24,4	8,9
Алюминий сымы	29,4	35,7	40	2,6
Құйылған алюмин торабы	36,6	46,6	48,8	2,7

Ескерту: Орама оқшаулануы В класты болса, жұмыс температурасы 75°C деп алынады, F – класты 115°C.

Кесте 6.2 Статор орамаларының құрастыру коэффициенттері

2р қос полюстер саны	Статор орауыштары			
	Оқшауланбаған бас беті		Лентамен оқшауланған бас беті	
	K_L	$K_{был}$	K_L	$K_{был}$
2	1,2	0,26	1,45	0,44
4	1,3	0,4	1,55	0,5
6	1,4	0,5	1,75	0,62
≥8	1,5	0,5	1,9	0,72

Активті кедергінің салыстырмалы мәні:

$$r_{1*} = r_1 \cdot \frac{I_{1н}}{U_{1н}} \quad (6.4)$$

6.2 Ротор фаза орамаларының активті кедергісі, Ом:

$$r_2 = r_c + \frac{2 \cdot r_{кл}}{\Delta^2} \quad (6.5)$$

осында: r_c - өзекшенің кедергісі, Ом:

$$r_c = \rho_{115} \cdot \frac{l_c}{q_c} \quad (6.6)$$

$l_c = l_2$ - өзекшенің толық ұзындығы, м;

$$\Delta = 2 \cdot \sin \frac{\pi \cdot p}{Z_2}, \quad \pi = 180^\circ \quad (6.7)$$

$q_{кл}$ - өзекшенің қимасы, м;

$r_{кл}$ - екі тұйықталған өзекше арасындағы сақинаның кедергісі:

$$r_{кл} = \rho_{115} \cdot \frac{\pi \cdot D_{кл.ор}}{Z_2 \cdot q_{кл}} \quad (6.8)$$

$D_{кл.ор}$ - сақинаның тұйықталған ортаңғы диаметрі, м:

$$D_{кл.ор} = D_{2сыр} - e_{кп} \quad (6.9)$$

6.3 Статор орамалар санына келтірілген ротордың активті кедергісі r_2 :

$$r_2' = r_2 \cdot \frac{4 \cdot m_1 \cdot (W_1 \cdot K_{оп1})^2}{Z_2} \quad (6.10)$$

Салыстырмалы мәні:

$$r_{2*}' = r_2' \cdot \frac{I_{1н}}{U_{1н}} \quad (6.11)$$

6.4 Статор фаза орамаларының индуктивті кедергісі, Ом:

$$x_1 = 15,8 \cdot \frac{f_1}{100} \cdot \left(\frac{W_1}{100}\right)^2 \cdot \frac{l_\sigma}{p \cdot q_1} \cdot (\lambda_n + \lambda_{\lambda 1} + \lambda_{\sigma 1}) \quad (6.12)$$

осында: λ_n - фазалық орамасының паздың таралуының магнит өткізгіштілігінің коэффициенті, 1-кестеде 11 қосымшадан анықталады.

$\lambda_{\lambda 1}$ - магнит өткізгіштіліктің бас бетінің шашырау коэффициенті;

$$\lambda_{\lambda 1} = 0,34 \cdot \frac{q_1}{l_\sigma} \cdot (l_n - 0,64 \cdot \beta \cdot \tau) \quad (6.13)$$

q - фаза мен полюсқа ойықтар саны;

l_n - орауыштың бас бетінің ұзындығы;

β - орама қысқартылған салыстырмалы қадамы;

$\lambda_{\sigma 1}$ - дифференциалды таралудың магнитті өткізгіштіктің коэффициенті;

$$\lambda_{\sigma 1} = \frac{t_1}{12 \cdot \delta \cdot k_\delta} \cdot \xi \quad (6.14)$$

статор ойықтары ашық және ойықтарда қиғаштық болмаса:

$$\xi = \left(2 \cdot \frac{t_2}{t_1} - \frac{t_1}{t_2} \cdot \Delta_z\right) \cdot k_\beta - K_{оп1}^2 \cdot \left(\frac{t_2}{t_1}\right)^2; \quad (6.15)$$

статор ойықтары жартылай ашық, жартылай жабық және ойықтарда қиғаштық байқалса:

$$\xi = 2 \cdot k'_{ck} \cdot k_{\beta} - K_{opt}^2 \cdot \left(\frac{t_2}{t_1}\right)^2 \cdot (1 + \beta_{ck}^2) \quad (6.16)$$

Δ_z - 8 қосымшадағы сурет бойынша анықталады ;

$\beta_{ck} = b_{ck} / t_2$ - қиғаштық коэффициенті;

k'_{ck} - 8 қосымшадағы суреттегі қисықтар арқылы анықтайды;

$k_{\beta} = k'_{\beta} = 1$ - барлық бір сатылыларға және екі сатылы орамасының

диаметралды қадамы кезінде.

Индуктивтік кедергінің салыстырмалы мәні, Ом:

$$x_{1*} = x_1 \cdot \frac{I_{1H}}{U_{1H}} \quad (6.17)$$

6.5 Ротор фаза орамаларының индуктивті кедергісі, Ом:

$$x_2 = 7,9 \cdot f_1 \cdot l_{\sigma} \cdot (\lambda_{m2} + \lambda_{\lambda 2} + \lambda_{\partial 2}) \cdot 10^{-6} \quad (6.18)$$

осында: λ_{m2} - 11 қосымша 2-кестеден анықталады ;

$$\lambda_{\lambda 2} = \frac{2,3 \cdot D_{кл.сп}}{Z_2 \cdot l_{\sigma} \cdot \Delta^2} \cdot \lg \frac{4,7 \cdot D_{кл.сп}}{a_{кл} + 2 \cdot b_{кл}} \quad (6.19)$$

$$\lambda_{\partial 2} = \frac{t_2}{12 \cdot \delta \cdot k_{\delta}} \cdot \xi \quad (6.20)$$

$$\xi = 1 + \frac{1}{5} \cdot \left(\frac{\pi \cdot p}{Z_2}\right)^2 - \frac{\Delta_z}{1 - (p/Z_2)^2} \quad (6.21)$$

егер $Z_2/p \geq 10$, онда $\xi = 1 - \Delta_z$.

6.6 Статор орама саныны сәйкестірілген x_2 :

$$x_2' = x_2 \cdot \frac{4 \cdot m_1 \cdot (W_1 \cdot K_{opt})^2}{Z_2} \quad (6.22)$$

Индуктивті кедергінің салыстырмалы мәні:

$$x_{2*}' = x_2' \cdot \frac{I_{1H}}{U_{1H}} \quad (6.23)$$

7. Жоғалтулар мен пайдалы әрекет коэффициентті анықтау

Асинхронды машиналарда жоғалтулар болат, электрлік, механикалық және қосалқы болып бөлінеді.

7.1 Негізгі болаттағы жоғалтулар, Вт:

$$P_c = P_{a1} + P_{z1} \cdot [1 + 20 \cdot \sqrt{t_1 \cdot (k_\delta - 1)^3}] \quad (7.1)$$

осында: P_{a1} - статордың қабырғасындағы болат жоғалтулар:

$$P_{a1} = 1,6 \cdot p_{1,0/50} \cdot B_{a1}^2 \cdot m_{a1} \cdot \sqrt{(f_1 / 50)^3} \quad (7.2)$$

P_{z1} - статордың болат тішшелеріндегі жоғалтулар:

$$P_{z1} = 1,8 \cdot p_{1,0/50} \cdot B_{z1}^2 \cdot m_{z1} \cdot \sqrt{(f_1 / 50)^2} \quad (7.3)$$

$p_{1,0/50}$ - болат меншікті жоғалтауы, 7.1 кестесінен алынады.

Кесте 7.1 Әр түрлі болат маркаларының сипаттамасы

Болат маркалары	$p_{1,0/50}$, Вт/кг	ρ_{cm} , $\times 10^{-9}$, Ом·м	α	γ_c , кг/м ³
2013	2,5	250	0,0025	7800
2211	2,6	400	0,0015	7750
2312	1,75	500	0,001	7650
2411	1,6	600	0,0008	7550

B_{a1} және B_{z1} - статордың тішшелеріндегі орташа және қабырға индукциясы, Тл;

m_{a1}, m_{z1} - статордың тішшелер мен қабырға болат массасы, кг:

$$\begin{aligned} m_{a1} &= \pi \cdot (D_{\text{свр}1} - h_a) \cdot h_a \cdot l_{\text{см}1} \cdot K_c \cdot \gamma_c \\ m_{z1} &= h_{z1} \cdot b_{z1\text{оп}} \cdot Z_1 \cdot l_{\text{см}1} \cdot K_c \cdot \gamma_c \end{aligned} \quad (7.4)$$

h_{z1} - статор тішшелеріндегі есептелу биіктігі, м;

$b_{z1\text{оп}}$ - статор тішшелеріндегі орташа ені, м;

γ_c - болаттың меншікті массасы (7.1 кесте).

7.2 Механикалық және вентиляциялық жоғалтулар, Вт:

$$P_{\text{мех}} = K_T \cdot \left(\frac{n_1}{1000} \right)^2 \cdot (10 \cdot D_{1\text{свр}})^3 \quad (7.5)$$

$K_T = 5$ п $D_{1\text{свр}} \leq 0,25$ болғанда } $2p = 2$ болғанда

$$\begin{array}{l}
 K_T=6 \quad D_{1\text{свр}} > 0,25 \text{ болғанда } \} \\
 K_T=6 \quad D_{1\text{свр}} \leq 0,25 \text{ болғанда } \} \\
 K_T=7 \quad D_{1\text{свр}} > 0,25 \text{ болғанда } \}
 \end{array}
 \quad 2p \geq 4 \text{ болғанда}$$

7.3 Асинхронды қозғалтқыштың қосалқы жоғалтуларын пайдаланылатын қуаттың 0,5% -ке тең деп аламыз, Вт:

$$P_{\text{қос.н}} = 0,005 \cdot P_{1н} \quad (7.6)$$

7.4 Қозғалтқыштағы барлық жоғалтулардың қосындысы, кВт:

$$\sum P = (P_c + P_{\text{эл1}} + P_{\text{эл2}} + P_{\text{мех}} + P_{\text{қос}}) \cdot 10^{-3} \quad (7.7)$$

7.5 Пайдалы әрекет коэффициенті:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = 1 - \frac{\sum P}{P_1} \quad (7.8)$$

8. Асинхронды қозғалтқыштың жұмыстың және іске қосу сипаттамалар есебі

8.1 Орынбасарлық сұлбасының кедергісі, Ом:

$$r_{12} \approx \frac{P_c}{m \cdot I_\mu^2} \quad (8.1)$$

$$x_{12} = \frac{U_{1н} - I_\mu \cdot x_1}{I_\mu} \quad (8.2)$$

8.2 Орынбасарлық сұлбаның коэффициентті:

$$c_1 = 1 + \frac{x_1}{x_{12}} \quad (8.3)$$

8.3 Бос жүріс тогының активті құраушысы, А:

$$I_{oa} = \frac{P_c + 3 \cdot I_\mu^2 \cdot r_1}{3 \cdot U_{1н}} \quad (8.4)$$

8.4 Сипаттамаларды салу үшін қажет мәндерді анықтау:

$$\begin{array}{l}
 a' = c_1^2; \\
 a = c_1 \cdot r_1; \\
 b' = 0; \\
 b = c_1 \cdot (x_1 + c_1 \cdot x_2').
 \end{array}
 \quad (8.5)$$

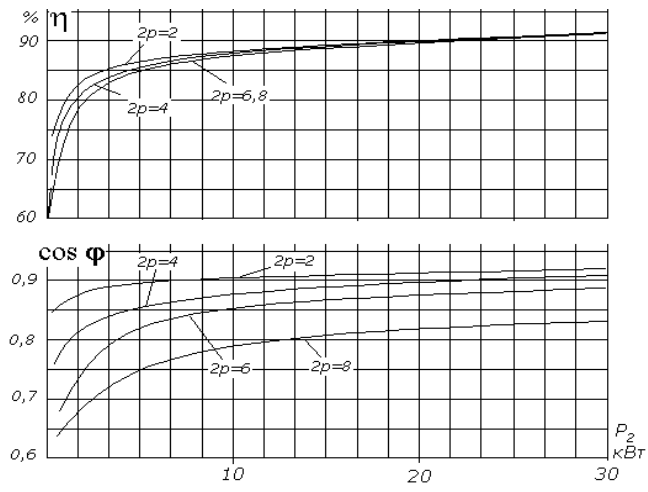
8.5 Жұмыс сипаттамаларын анықтау үшін сырғанау мәнін мынадан алады: 0,05; 0,01; 0,015; 0,02 және т.б $s_H = r_{2*}'$. дейін. Нәтижелік мәндерді 8.1 кестесіне жазады.

Кесте 8.1 Есептеу нәтижелері

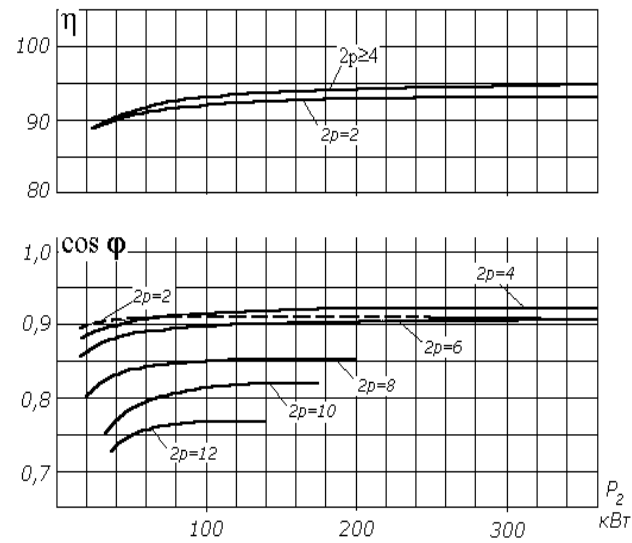
$P_{2H} = \dots \text{кВт}; 2p = \dots; I_{2H} = \dots \text{А}; I_{oa} = \dots \text{А};$ $I_{op} = I_{\mu} = \dots \text{А}; r_1 = \dots \text{Ом}; r_2' = \dots \text{Ом}; P_c + P_{\text{мех}} = \dots \text{кВт};$ $P_{\text{кос.н}} = \dots \text{кВт}; c_1 = \dots; a' = \dots; a = \dots; b' = \dots; b = \dots$								
№	Есептеу формуласы	Өлш. бірлігі	сырғанау					
			0,005	0,01	0,015	0,02	0,025	$s_H = \dots$
1	$a' \cdot r_2' / s$	Ом						
2	$b' \cdot r_2' / s$	Ом						
3	$R = a + a' \cdot r_2' / s$	Ом						
4	$X = b + b' \cdot r_2' / s$	Ом						
5	$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$	Ом						
6	$I_2'' = U_{1H} / Z$	А						
7	$\cos \varphi_2' = R / Z$	-						
8	$\sin \varphi_2' = X / Z$	-						
9	$I_{1a} = I_{oa} + I_2'' \cdot \cos \varphi_2'$	А						
10	$I_{1p} = I_{op} + I_2'' \cdot \sin \varphi_2'$	А						
11	$I_1 = \sqrt{I_{1a}^2 + I_{1p}^2}$	А						
12	$I_2' = c_1 \cdot I_2''$	А						
13	$P_1 = 3 \cdot U_{1H} \cdot I_{1a} \cdot 10^{-3}$	кВт						
14	$P_{\text{э1}} = 3 \cdot I_1^2 \cdot r_1 \cdot 10^{-3}$	кВт						
15	$P_{\text{э2}} = 3 \cdot I_2'^2 \cdot r_2' \cdot 10^{-3}$	кВт						
16	$P_{\text{кос}} = P_{\text{кос.н}} \cdot (I_1 / I_{1H})^2$	кВт						
17	$\Sigma P = P_c + P_{\text{э1}} + P_{\text{э2}} + P_{\text{мех}} + P_{\text{кос}}$	кВт						
18	$P_2 = P_1 - \Sigma P$	кВт						
19	$\eta = 1 - \Sigma P / P_1$	-						
20	$\cos \varphi = I_{1a} / I_1$	-						

Әдебиет тізімі.

1. Проектирование электрических машин. Под. Ред. И. Н. Копылова. – М.: Энергия, 1980.
2. Расчет и конструирование электрических машин. М. М. Кацман. – М.: Энергоатомиздат, 1984.
3. Проектирование электрических машин. О. Д. Гольдберг, Я. С. Гурин, И. С. Свириденко. – М.: Высшая школа, 1984.
4. А. Э. Кравчик, М. М. Шлаф, В. И. Афонин, Е. А. Соболевская. Справочник. Асинхронные двигатели серии 4А. – М.: Энергоиздат, 1982.
5. Государственные стандарты на электрические машины:
ГОСТ 19523-81Е, ГОСТ 12139-84, ГОСТ 13267-73



a)

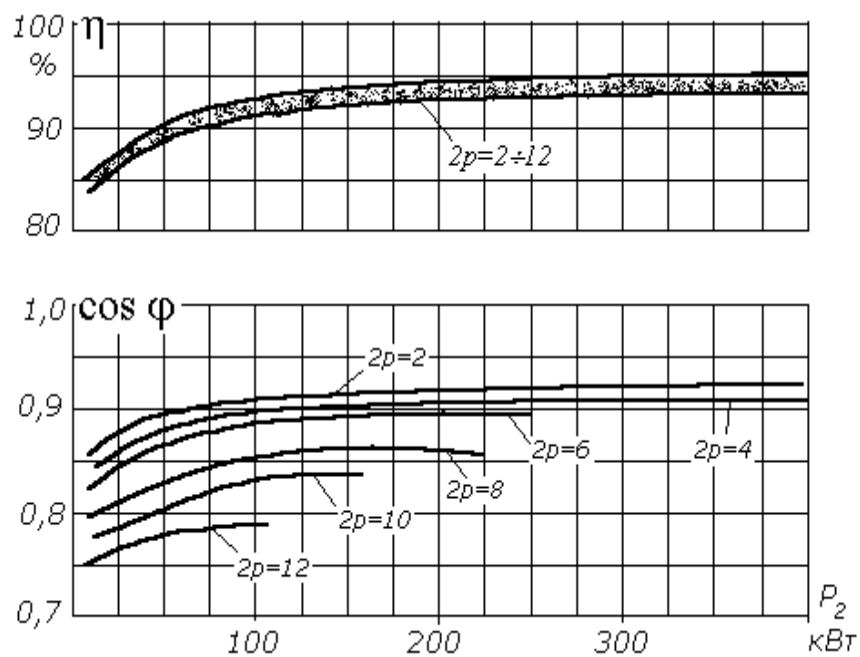


б)

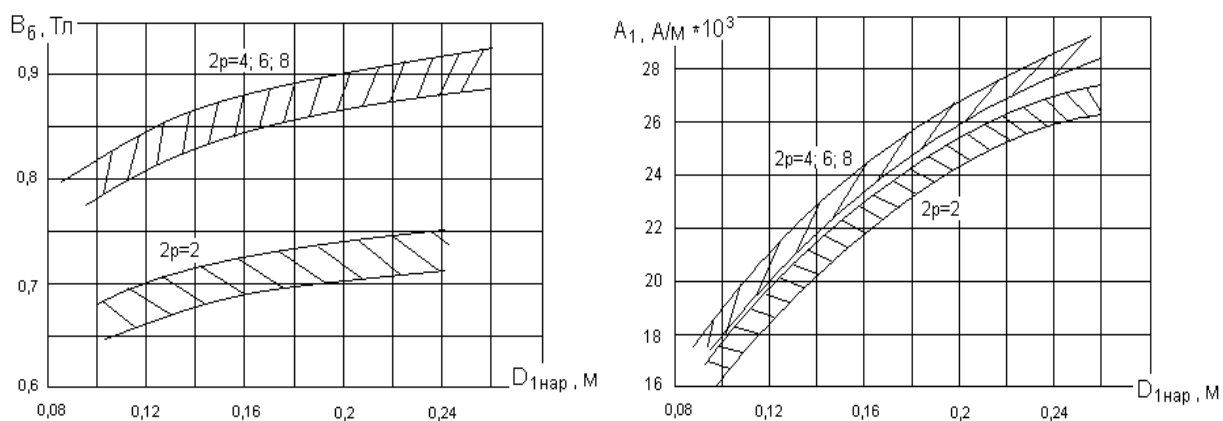
IP44 қорғау дәрежелі 4Асериялы асинхронды қозғалтқыштың ПӘК-і мен $\cos \varphi$ -дің жуық мәндері:

а) 30 кВт-қа дейін қозғалтқыш қуаты; б) 400 кВт-қа дейін қозғалтқыш қуаты

ҚОСЫМША 1

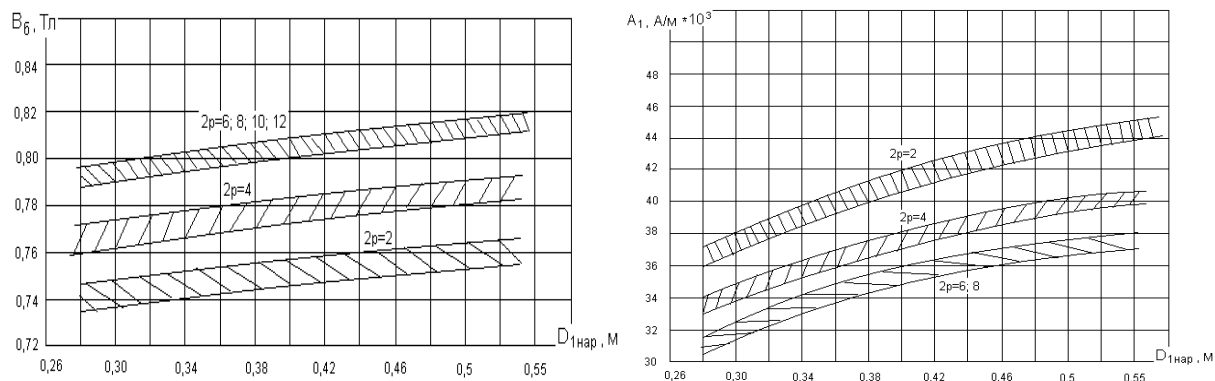


IP23 қорғау дәрежелі 4Асериялы асинхронды қозғалтқыштың ПӘК-і мен $\cos \phi$ -дің жуық мәндері.



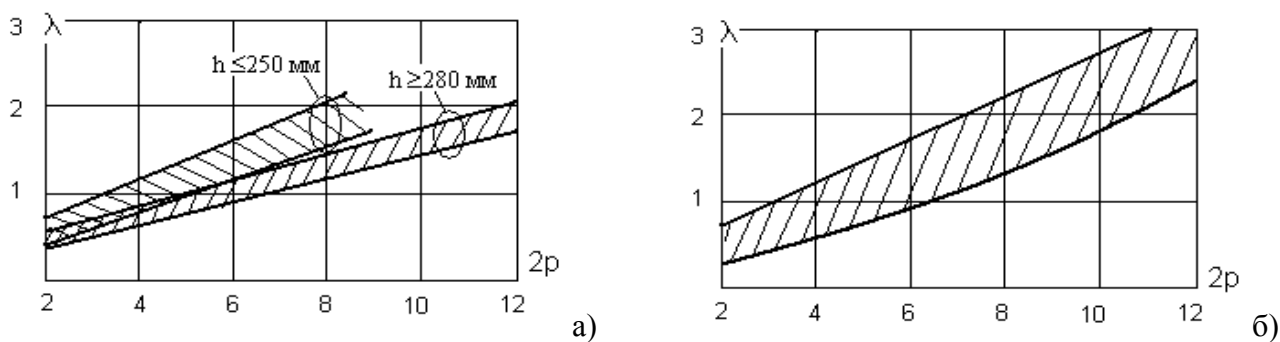
4А сериялы асинхронды қозғалтқыштың электромагниттік жүктемесі (0,26 м – ге дейін сыртқы диаметрлер үшін)

ҚОСЫМША 2



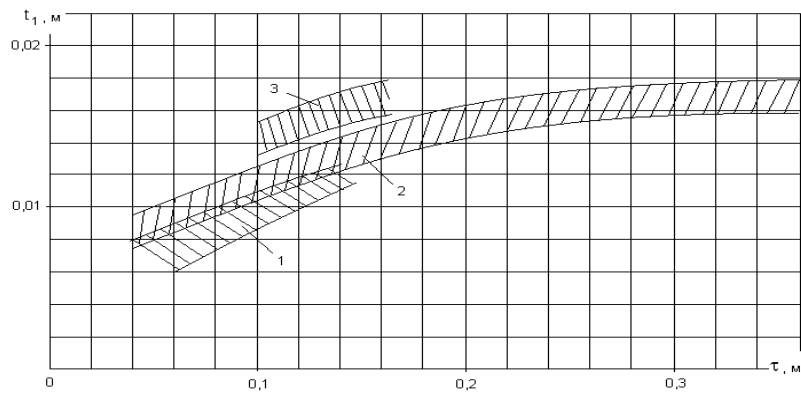
4А сериялы асинхронды қозғалтқыштың электромагниттік жүктемесі
(0,26 м – ге дейін сыртқы диаметрлер үшін)

ҚОСЫМША 3



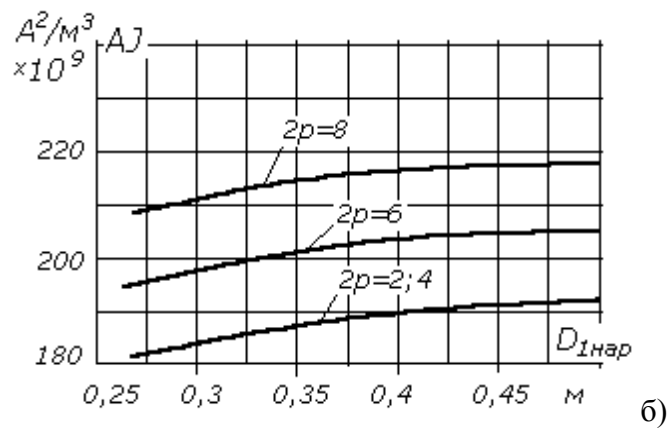
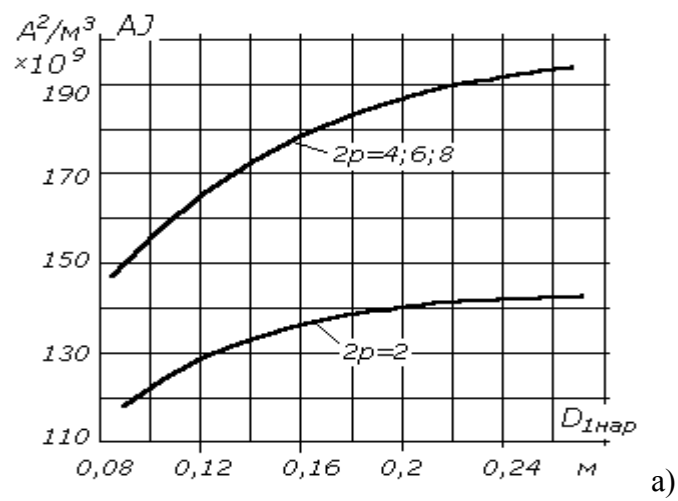
4А сериялы қозғалтқыштардағы $\lambda = l_s / \tau$ қатынасы
а – IP44 қорғау дәрежесімен; б – IP23

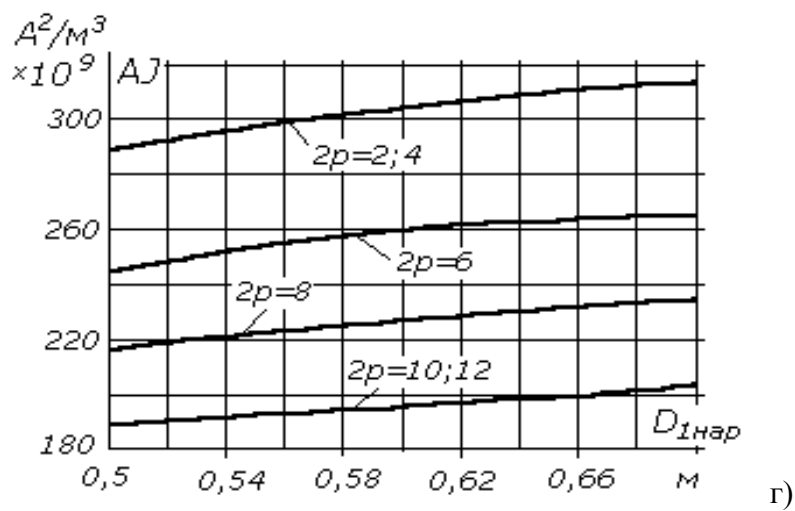
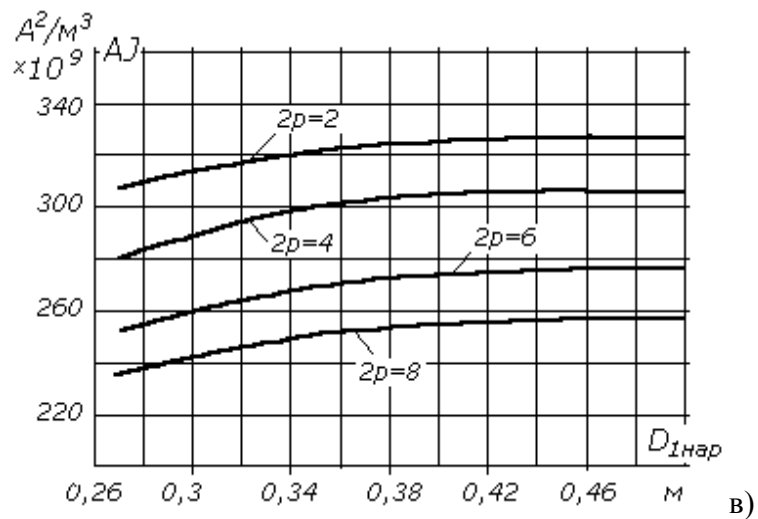
ҚОСЫМША 4



Асинхронды қозғалтқыш үгітілу орамасымен статор тішелерінің бөлінуі

ҚОСЫМША 5





Асинхронды қозғатқыштың орташа мәндерінің туындысы (AJ):

- а – IP44 қорғау дәрежесімен, $h \leq 132$ мм;
- б – сол сияқты, егер $h = 160 \div 250$ мм;
- в – IP23 қорғау дәрежесімен, егер $h = 160 \div 250$ мм;
- г – сол сияқты, егер $h = 280 \div 355$ мм.

ҚОСЫМША 6

ПЭТВ және ПЭТ-155 маркалары бар дөңгелек мыс эмалированлі өткізгіштің диаметрі және көлденең қимасының ауданы

Оқшауланған өткізгіштің орташа диаметрі, d, мм	Өткізгіштің көлденең қимасының ауданы $S_{эф}$, мм ²
1	2
0,134	0,00985
0,147	0,01227
0,154	0,01368
0,162	0,01539
0,18	0,01767
0,19	0,0201
0,2	0,0227
0,21	0,0255

0,22	0,0284
0,23	0,0314
0,242	0,0353
0,259	0,0394
0,271	0,0437
0,285	0,0491
0,3	0,0552
0,315	0,0616
0,335	0,0707
0,35	0,0779
0,37	0,0881
0,395	0,099
0,415	0,1104
0,44	0,1257
0,465	0,1419
0,49	0,159
0,515	0,1772
0,545	0,1963
0,585	0,221

6-кестенің жалғасы

1	2
0,615	0,246
0,655	0,283
0,69	0,312
0,73	0,353
0,77	0,396
0,815	0,442
0,865	0,503
0,915	0,567

0,965	0,636
1,015	0,709
1,08	0,785
1,14	0,883
1,2	0,985
1,26	1,094
1,33	1,227
1,405	1,368
1,485	1,539
1,585	1,767
1,685	2,011
1,785	2,27
1,895	2,54
1,995	2,83
2,095	3,14
2,22	3,53
2,34	3,94
2,46	4,36
2,6	4,91

ҚОСЫМША 7

Асинхрондық қозғалтқыштың тішшелерінің магниттелу қисығы. Болат 2013. (H_a и H_j)

h_z М В, Тл	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
	H, A/cm									
0,4	1,24	1,27	1,3	1,33	1,36	1,38	1,41	1,44	1,47	1,5
0,5	1,54	1,57	1,6	1,64	1,67	1,72	1,74	1,77	1,8	1,84
0,6	1,88	1,91	1,94	1,98	2,01	2,05	2,08	2,12	2,16	2,3
0,7	2,23	2,26	2,29	2,33	2,36	2,4	2,43	2,47	2,5	2,53
0,8	1,56	2,59	2,62	2,65	2,68	2,71	2,74	2,77	2,8	2,83
0,9	2,86	2,9	2,93	2,97	3,01	3,04	3,08	3,12	3,16	3,2
1	3,24	3,29	3,33	3,38	3,42	3,46	3,5	3,55	3,6	3,65
1,1	3,7	3,75	3,8	3,85	3,91	3,96	4,01	4,06	4,11	4,17
1,2	4,24	4,3	4,36	4,42	4,48	4,65	4,61	4,67	4,73	4,79
1,3	4,86	4,95	5,04	5,14	5,24	5,33	5,63	5,74	5,84	5,85
1,4	5,86	5,98	6,1	6,22	6,34	6,46	6,53	6,7	6,83	6,96
1,5	7,09	7,22	7,35	7,49	7,63	7,77	7,91	8,05	8,2	8,35
1,6	8,5	8,78	9,06	9,34	9,62	9,9	10,2	10,5	10,8	11,1
1,7	11,5	11,8	12,2	12,5	12,9	13,3	13,6	14	14,4	14,8
1,8	15,2	15,7	16,2	16,7	17,2	17,7	18,3	18,9	19,5	20,1

1,9	20,7	21,6	22,5	23,4	24,3	26,2	26,4	27,6	28,9	30,2
2,0	31,5	33,2	35,0	36,8	38,6	40,4	42,6	44,8	47	49,2
2,1	51,4	54,4	57,4	60,5	63,6	66,7	71,2	75,7	80,2	84,7
2,2	89,2	94,3	99,4	104,6	109,8	115	120	126	132	138
2,3	144,0	151,0	158	165	172	180	188	196	205	214

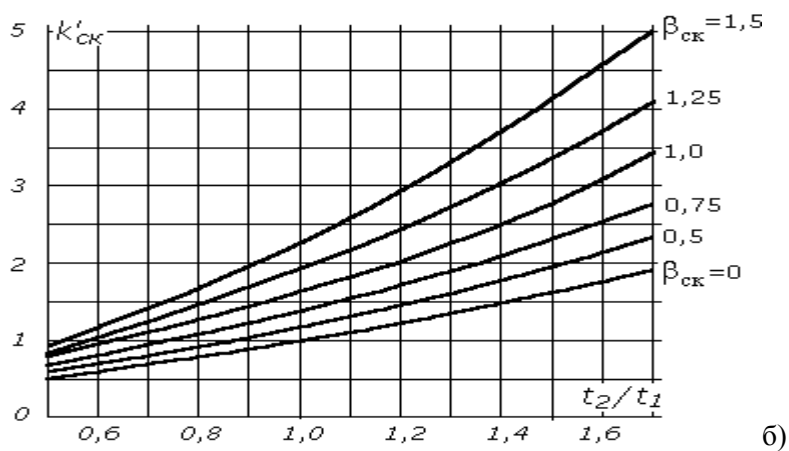
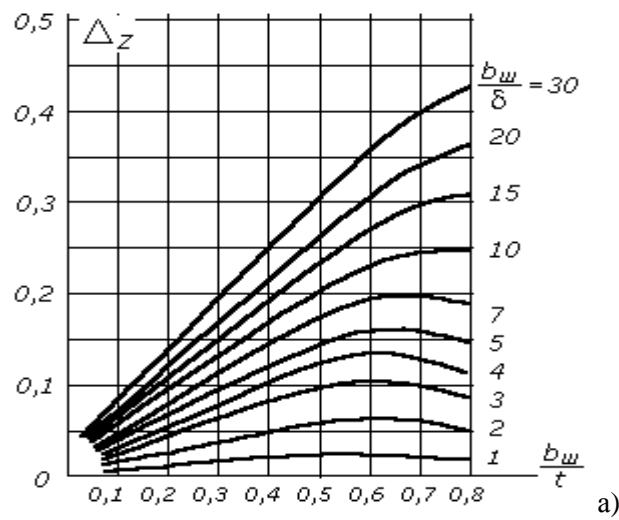
ҚОСЫМША 7

Асинхрондық қозғалтқыштың арқа магниттелу қисығы.

Болат 2013. (H_a и H_f)

$h, \text{ м}$	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
	$H, \text{ А/см}$									
0,4	0,52	0,53	0,54	0,55	0,56	0,58	0,59	0,6	0,61	0,62
0,5	0,64	0,65	0,66	0,67	0,69	0,71	0,72	0,74	0,76	0,78
0,6	0,8	0,81	0,83	0,85	0,87	0,89	0,91	0,93	0,95	0,97
0,7	1	1,02	1,04	1,06	1,08	1,11	1,13	1,15	1,18	1,21
0,8	1,24	1,26	1,29	1,32	1,35	1,38	1,4	1,43	1,46	1,49
0,9	1,52	1,55	1,58	1,61	1,64	1,68	1,71	1,74	1,77	1,81
1	1,85	1,88	1,91	1,95	1,99	2,03	2,06	2,09	2,13	2,17
1,1	2,21	2,25	2,29	2,33	2,37	2,41	2,45	2,49	2,53	2,57
1,2	2,62	2,67	2,72	2,77	2,83	2,89	2,95	3,01	3,07	3,13
1,3	3,2	3,27	3,34	3,41	3,49	3,57	3,65	3,73	3,82	3,91
1,4	4	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,64	4,78	4,92	5,06
1,5	5,2	5,42	5,65	5,86	6,08	6,3	6,54	6,78	7,02	7,26
1,6	7,5	7,88	8,26	8,64	9,02	9,4	9,82	10,2	10,7	11,1
1,7	11,5	12,2	12,9	13,6	14,3	15	16	17	18	19
1,8	20	21,6	23,2	24,9	26,5	28,1	29,6	31,1	32,7	34,2
1,9	35,7	38	40,3	42,6	44,9	47,2	49,3	51,4	53,5	55,6
2,0	57,7	60	63	66	70	74	79	84	90	97

ҚОСЫМША 8

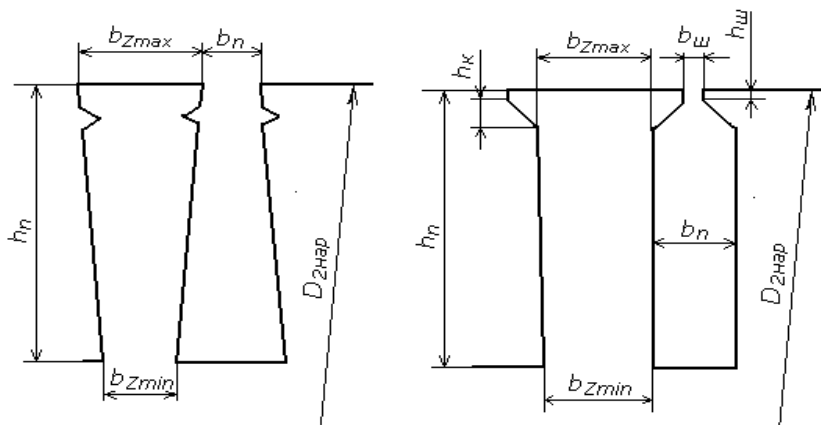


Дифференциалды шашыраудың өтімділік коэффициенттері есептеу.

а – Δ_z коэффициенті b_w/t және b_w/δ өлшеу қатынастарынан тәуелділігі

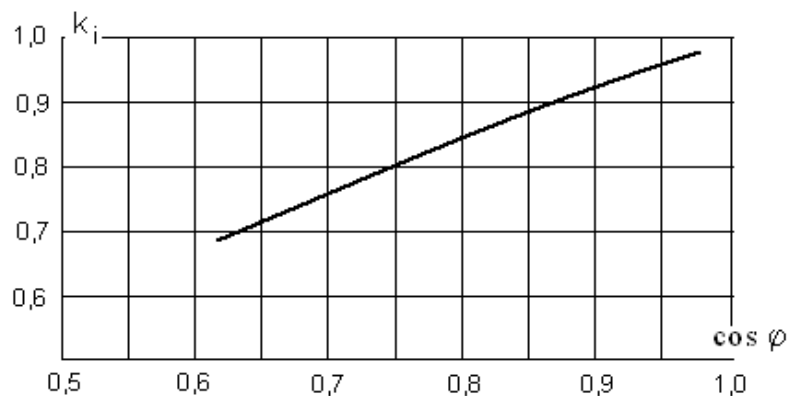
б – k'_{ck} коэффициенті t_2/t_1 қатынасынан және β_{ck} ойықтардың салыстырмалы жантаюынан тәуелділігі

ҚОСЫМША 9



Ротордың ойықтары: а – ашық; б – жартылай жабық

ҚОСЫМША 10

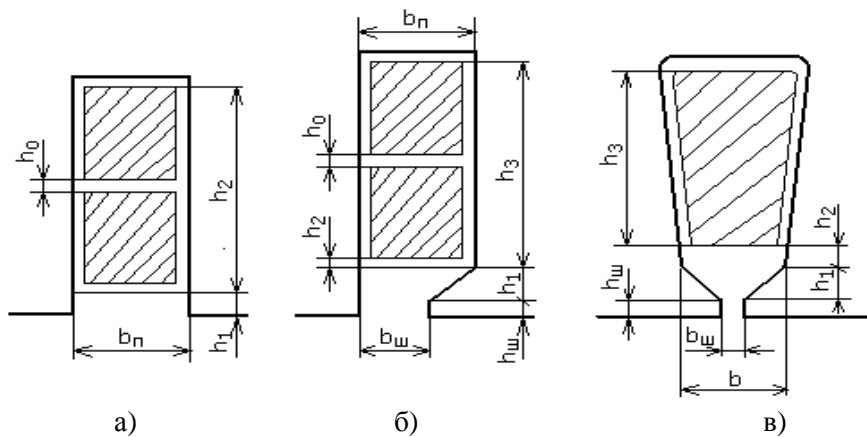


$\cos \varphi$ –дан k_I коэффициентінің тәуелділігі.

ҚОСЫМША 11

1-кесте. Фаздық орамалардың ойықтағы шашырауын магнит өтімділік коэффициентін анықтау үшін есептеу өрнектері λ_n .

Сурет	Ораманың типі	Есептеу өрнектері
1.11 а	Екісатылы	$\frac{h_2 - h_0}{3b_n} k_\beta + \frac{h_1}{b_n} k'_\beta + \frac{h_0}{4b_n}$
	Бірсатылы	$\frac{h_3}{3b_n} + \frac{h_1}{b_n}$
1.11 б	Екісатылы	$\frac{h_2 - h_0}{3b_n} k_\beta + \left(\frac{h_2}{b_n} + \frac{3h_1}{b_n + 2b_w} + \frac{h_w}{b_w} \right) k'_\beta$
1.11 в	Екісатылы және бірсатылы	$\frac{h_3}{3b} k_\beta + \left(\frac{3h_1}{b + 2b_w} + \frac{h_2}{b} + \frac{h_w}{b_w} \right) k'_\beta$



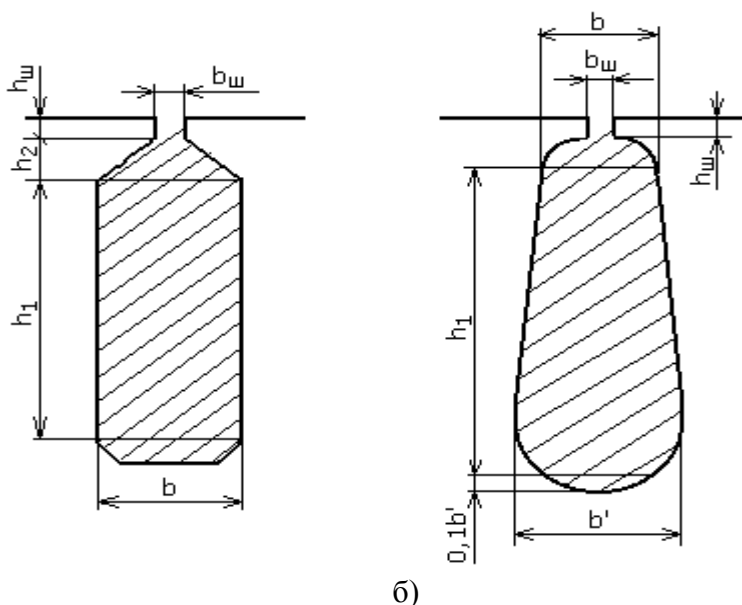
Сур.1.11 Статор ойықтардағы магнит өтімділігін есептеуіне арналған.

ҚОСЫМША 11

2-кесте. Қысқа тұйықталған орамалардың ойықтағы шашырауын магнит өтімділік коэффициентін анықтау үшін есептеу өрнектері

λ_{m2} .

Сурет	Есептеу өрнектері
2.11 а	$\left[\frac{h_1}{3b} + \frac{3h_2}{b + 2b_{ш}} \right] k_{Д} + \frac{h_{ш}}{b_{ш}}$
2.11 б	$\left[\frac{h_1}{3b} \left(1 - \frac{\pi b^2}{8q_c} \right)^2 + 0,66 - \frac{b_{ш}}{2b} \right] k_{Д} + \frac{h_{ш}}{b_{ш}}$



Сур. 2.11 Ротор ойықтардағы магнит өтімділігін есептеуіне арналған.

ҚОСЫМША 12

Бас беттің түсініктеме жазбасы.

.....
 Қазақстан Республикасы білім министрлігі.
 А. Байтұрсынов атындағы Қостанай Мемлекеттік Университет
 Аграрлық-технология институты
 Инженерлік факультеті
 «АӨМЭЭ» құжырасы

КУРСТЫК ЖҰМЫС

«Электр машиналар» пәніне
Тақырып: Асинхронды қозғалтқыштың
қысқа тұйықталған ротор есебі.

Шифр
Мамандығы “.....”

Орындаған: студент ...тобы,

Тексерген: оқытушы

.....

