

В. В. МОСКАЛЕНКО

ЭЛЕКТРОМОНТЕРДІҢ АНЫҚТАМАЛЫҒЫ

*«Білім беруді дамытудың федералды институты»
федералды мемлекеттік автономдық мекемесі
бастауыш кәсіби білім беру бағдарламаларын іске асыратын
білім беру мекемелерінің оқу үдерісінде пайдалануға арналған
оқу құралы ретінде ҰСЫНҒАН*

*Пікірдің тіркеу нөмірі 786
26 желтоқсан 2012 жыл «БДФИ» ФМAM*

8-ші басылым, стереотипті



Мәскеу

«Академия» баспа орталығы

2014

ӨОЖ 621.3(075.32)

КБЖ 31.2ші722

M82

Бұл кітап Қазақстан Республикасының Білім және ғылым министрлігі және «Кәсіпқор» холдингі» КЕАҚ арасында жасалған шартқа сәйкес ««ТЖКБ жүйесі үшін шетел әдебиетін сатып алуды және аударуды ұйымдастыру жөніндегі қызметтер» мемлекеттік тапсырмасын орындау аясында қазақ тіліне аударылды.

Аталған кітаптың орыс тіліндегі нұсқасы Ресей Федерациясының білім беру үдерісіне қойылатын талаптардың ескерілуімен жасалды.

Қазақстан Республикасының техникалық және кәсіптік білім беру жүйесіндегі білім беру ұйымдарының осы жағдайды ескеруі және оқу үдерісінде мазмұнды бөлімді (технология, материалдар және қажетті ақпарат) қолдануы қажет.

Аударманы «Delta Consulting Group» ЖШС жүзеге асырды, заңды мекенжайы: Астана қ., Иманов көш., 19,

«Алма-Ата» БО, 809С, телефоны: 8 (7172) 78 79 29, эл. поштасы: info@dcg.kz

Пікір беруші:

О.А. Терешко - «ВИПКЭНЕРГО» энергетиктердің біліктілігін арттыру институтының ректоры, т.ғ.д., проф.;

С. О.Шевалье - КЛ-1 БКБ МБМ директорының ӨОЖ жөніндегі орынбасары, Кемерово қ.;

Е.В.Ерохова - КЛ-18 БКБ МБМ арнайы пәндер оқытушысы, Кингисепп қ.

Москаленко В.В.

M82 Электромонтердің анықтамалығы: орта білім беру мекемелерінің студенттеріне арналған оқу құралы /В. В. Москаленко. – 8-ші басылым, стер. – М.: «Академия» баспа орталығы, 2014. – 368 б.

ISBN 978-601-333-030-3 (каз.)

ISBN978-5-4468-1193-9 (рус.)

Электр жабдығының негізгі түрлері: кабель және электрлі оқшаулағыш бұйымдардың, кернеуі төмен және жоғары электр аппараттарының, трансформаторлардың, электрлі машиналардың, жартылай өткізгіш аспаптар мен түрлендіргіштердің, резисторлардың, конденсаторлар мен реакторлардың, электр жетектері мен электр технологиялық қондырғылардың және жарықтандыру аспаптарының арнаулы мен техникалық сипаттамалары және мәліметтер қамтылған. Сондай-ақ, электр техникасынан мәліметтер, электр жабдығын таңдау және тексеру үшін есептік арақатынастар келтіріліп, типтес есептерді шешу мысалдары көрсетіледі.

Анықтамалық «Электр жабдығын жөндеу және оған қызмет көрсету жөніндегі электромонтер (салалар бойынша)» кәсібін игеру кезінде пайдаланылуы мүмкін.

Орта кәсіби білім беру мекемелерінің студенттеріне арналған.

ӨОЖ 621.3(075.32)

КБЖ 31.2ші722

Оқу басылымы

Владимир Валентинович Москаленко

Электромонтердің анықтамалығы

Оқу құралы

8-ші басылым, стереотипті

Редактор Ә.Қ.Шапауов, Техникалық редактор О.Н.Крайнова

Компьютерлік беттеу: Н. В. Протасова

Корректорлар Н.Л.Котелина, И.В.Мозилевец

ISBN 978-601-333-030-3 (каз.)

© Москаленко В.В., 2012

ISBN978-5-4468-1193-9 (рус.)

© «Академия» білім беру-баспа орталығы, 2012

© Ресімдеу. «Академия» баспа орталығы, 2012

КІРІСПЕ

Электр энергиясын түзу, бөлу, түрлендіру және оны пайдалану алуан түрлі электр-техникалық және электр-механикалық жабдықтың көмегімен жүзеге асырылады. Жаңа сындарлы шешімдерді, материалдар мен элементтерді дайындау технологияларын қолдану есебінен үздіксіз жетілдіріліп отырады.

Осындай техникалық ілгерілеудің аса маңызды бағыттарының бірі – жартылай өткізгіш элементтер мен құрылғыларды, есептеу техникасы құралдарын кеңінен пайдалануға байланысты болып отыр. Бұл электр жабдығының функционалдық мүмкіндіктерін және қолдану аясын кеңейтуге, электр жабдығының да, ол қызмет көрсететін технологиялық агрегаттардың, жұмыс машиналары мен механизмдерінің де техникалық-экономикалық сипаттамаларын, жұмыс сенімділігін және пайдалану ыңғайлығын жоғарылатуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, электр жабдығын орнатумен, ретке келтірумен, пайдаланумен, жөндеумен және жаңғыртумен айналысатын электр-техникалық персоналдың біліктілігіне қойылатын талаптар деңгейі де арта түсті.

Оқу құралы студенттерге қарапайым болмаса да, қызықты әрі келешегі бар болып саналатын электрик пен электромеханик мамандықтарын игеруге көмектеседі. Мұнда дәстүрлі әрі бұрыннан қолданылатын электр жабдығымен қатар, жаңа жабдықтар, оның ішінде жартылай өткізгіш автоматика құрылғылары, электр энергиясының күш түрлендіргіштері және микропроцессорлық басқару құралдары көрсетілген.

Электр техникасынан қысқаша мәліметтер мен тиісті тарауларда келтірілген талдамалық өрнектер электр жабдығын оның техникалық параметрлері бойынша таңдау және тексеру кезінде көмектеседі. Материалды түсіндіру барысында типтес есептерді шешу мысалдары қоса келтіріледі, ал материалды игеру дәрежесін тексеру үшін әрбір тараудың соңында бақылау сұрақтары келтірілген.

Оқу құралының ерекшелігі – отандық электр жабдығының жаңа түрлері де, қолданыстағы түрлері де қарастырылады.

ЭЛЕКТР ТЕХНИКАСЫ БОЙЫНША НЕГІЗГІ МӘЛІМЕТТЕР**1.1. Электр-техникалық шамалар, олардың белгіленулері мен өлшем бірліктері**

Ғылым мен техникада Халықаралық бірліктер жүйесі (СИ) пайдаланылады, онда келесідей негізгі бірліктер мен олардың белгіленулері қабылданған:

метр (м, m) — жарық вакуумда $1/299\,792\,458$ секунд үлесі ішінде өтетін қашықтыққа тең ұзындық бірлігі;

килограмм (кг, kg) – халықаралық килограмм прототипінің массасына тең салмақ бірлігі;

секунда (с, s) – цезий-133 атомының негізгі күйінің екі аса жұһінішке деңгейлерінің арасындағы өтуге сай сәулелендірудің $9\,192\,631\,770$ кезеңдеріне тең уақыт бірлігі;

ампер (А) – ұзындығы шексіз екі параллель тікелей өткізгіштер мен вакуумда бір-бірінен 1 м қашықтықта орналасқан тым аз көлденең дөңгелек қима бойынша өте отырып, ұзындығы 1 м өткізгіштің әрбір учаскесінде $2 \cdot 10^{-7}$ Н-қа тең өзара әрекеттесу күшін тудыруы мүмкін өзгермейтін тоқ күшіне тең электр тоғы күшінің бірлігі;

кельвин (К) – судың үш нүктелі термодинамикалық температурасының $1/273,16$ бөлігіне тең термодинамикалық температура бірлігі (Т). Цельсий градустарын (t) да қолдануға болады. Олардың байланысы мынадай арақатынас арқылы анықталады

$$t = T - T_0, \text{ где } T_0 = 273,15 \text{ К};$$

моль (моль, mol) – массасы 0,012 кг көмірсутек-12 қамтитын атомдар сияқты құрылымдық элементтерді қамтитын жүйенің зат көлеміне тең зат көлемінің бірлігі;

кандела (кд, cd) – энергетикалық жарық күші $1/683$ Вт/ср құрайтын, берілген бағытта $540 \cdot 10^{12}$ Гц жиілікпен монохроматикалық сәулелендіру шығаратын жарық көзінің күшіне тең жарық күшінің бірлігі.

СИ жүйесіндегі қосымша бірліктер:

радиан (рад, rad) – шеңбердің екі радиусы арасындағы доға ұзындығы сол радиусқа тең болатын сол радиустар арасындағы бұрышқа тең жазық бұрыш бірлігі ($1 \text{ рад} = 57^\circ 17' 44,8''$);

стерадиан (ср, sr) – сфера бетінде қыры оның радиусына тең квадрат ауданына тең ауданды кесетін, сфера ортасында шыңы бар

денелік бұрышқа тең денелік бұрыш бірлігі.

Негізгі электрлі, магниттік және механикалық шамалар, олардың бірліктері мен белгіленулері 1.1-1.3 кестелерде келтірілген.

1.1-кесте

Электрлі шамалардың бірліктері

Шаманың атауы	Бірліктің атауы	СИ негізгі бірліктері арқылы өрнектеу	Шартты белгіленуі
Электр тогы	ампер	A	I
Электр қуаты көлемі, электрлі заряд	кулон	$A \cdot c$	q
Электрлі әлеует, кернеу, электр қозғаушы күш (ЭҚК)	вольт	$V = \text{кг} \cdot \text{м}^2 / (A \cdot \text{с}^3)$	U
Электр өрісінің кернеулігі	вольт метрге	$V/m = \text{кг} \cdot \text{м} / (A \cdot \text{с}^3)$	H
Электрлі сыйымдылық	фарад	$A^2 \cdot \text{с}^4 / (\text{кг} \cdot \text{м}^2) = \text{с} / \text{Ом}$	c
Электрлі кедергі	ом	$\text{кг} \cdot \text{м}^2 / (A^2 \cdot \text{с}^3) = V / A = \text{Ом}$	R
Толық қуаттылық	вольт-ампер	$V \cdot A$	S
Белсенді қуаттылық	ватт	$V \cdot A$	P
Реактивті қуаттылық	вар	вар	Q
Энергия (жұмыс)	джоуль	$V \cdot A \cdot \text{с}$	J

1.2-кесте

Магниттік шамалардың бірліктері

Шаманың атауы	Бірліктің атауы	СИ негізгі бірліктері арқылы өрнектеу	Шартты белгіленуі
Магниттік ағын	вебер	$\text{кг} \cdot \text{м}^2 / (A \cdot \text{с}^2) = V \cdot c$	Φ
Магниттік индукция	тесла	$\text{кг} / (A \cdot \text{с}^2)$	B
Абсолютті магниттік өтімділік	генри метрге	$\text{кг} \cdot \text{м} / (A^2 \cdot \text{с}^2) = \Gamma_{\text{H}} / \text{м}$	B

Шаманың атауы	Бірліктің атауы	СИ негізгі бірліктері арқылы өрнектеу	Шартты белгіленуі
Магниттік өрістің кернеулігі	ампер метрге	A/м	H_m
Индуктивтілік және өзара индуктивтілік	генри	$\text{кг} \cdot \text{м}^2 / (\text{А}^2 \cdot \text{с}^2) =$ $= \text{В} \cdot \text{с} / \text{А} = \text{Вб} / \text{А} =$ $= \text{Ом} \cdot \text{с} = \text{Гн}$	L
Магнитті қозғаушы күш, магниттік әлеуеттердің айырмасы	ампер	A	F_m
Магниттік кедергі	ампер веберге	$\text{с}^2 \cdot \text{А}^2 / (\text{м}^2 \cdot \text{кг}) =$ $= \text{А} / \text{Вб} = 1 / \text{Гн}$	R_m
Магниттік өткізгіштік	вебер амперге	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} / (\text{с}^2 \cdot \text{А}^2) =$ $= \text{Гн} = \text{Вб} / \text{А}$	E_m

1.3-кесте

Механикалық шамалардың бірліктері

Шаманың атауы	Бірліктің атауы	СИ негізгі бірліктері арқылы өрнектеу	Шартты белгіленуі
Ұзындық	метр	м	L
Салмақ	килограмм	кг	m
Уақыт	секунд	с	t
Аудан	шаршы метр	м^2	S
Көлем	текше метр	м^3	V
Күш	ньютон	$\text{кг} \cdot \text{м} / \text{с}^2$	F
Тығыздық	килограмм текше метр	$\text{кг} / \text{м}^3$	ρ
Күш моменті	ньютон-метр	$\text{кг} \cdot \text{м}^2 / \text{с}^2 = \text{Н} \cdot \text{м}$	M
Жұмыс, энергия	джоуль	$\text{кг} \cdot \text{м}^2 / \text{с}^2 = \text{Дж}$	J
Қуаттылық	ватт	$\text{кг} \cdot \text{м}^2 / \text{с}^3 =$ $= \text{Дж} / \text{с} = \text{Вт}$	P
Қысым	паскаль	$\text{кг} / (\text{м} \cdot \text{с}^2) =$ $= \text{Н} / \text{м}^2 = \text{Па}$	P

Шаманың атауы	Бірліктің атауы	СИ негізгі бірліктері арқылы өрнектеу	Шартты белгіленуі
Инерция сәті (динамикалық)	килограмм-шаршы метр	$\text{кг} \cdot \text{м}^2$	J
Жылдамдық	метр секунд	м/с	v
Үдеу	шаршы метр секунды	$\text{м}/\text{с}^2$	a
Бұрыштық жылдамдық	радиан секундқа	рад/с	ω
Бұрыштық үдеу	радиан шаршы секундқа	$\text{рад}/\text{с}^2$	ε
Кезең	секунда	с	T
Кезеңді үдеріс жиілігі	герц	$\text{с}^{-1} = \text{Гц}$	f

1.4-кесте

Энергия бірліктерінің арақатынастары

Бірлік	Дж	кВт · ч	кТс-м	ккал
1 Дж	1	$2,78 \cdot 10^{-6}$	0,102	$2,39 \cdot 10^{-4}$
1 кВт·ч	$3,6 \cdot 10^6$	1	$3,67 \cdot 10^5$	860
1 кгс · м	9,81	$2,72 \cdot 10^{-6}$	1	$2,34 \cdot 10^{-3}$
1 ккал	$4,19 \cdot 10^3$	$1,16 \cdot 10^{-3}$	427	1

1.5-кесте

Қуат бірліктерінің арақатынастары

Бірлік	Вт	кВт	кгс · м/с	л.с	ккал/с
1 Вт	1	$1 \cdot 10^{-3}$	0,102	$1,36 \cdot 10^{-3}$	$2,39 \cdot 10^{-4}$
1 кгс · м/с	9,81	$9,81 \cdot 10^{-3}$	1	$1,33 \cdot 10^{-2}$	$2,34 \cdot 10^{-3}$
1 л.с	0,736	0,736	75	1	0,176
1 ккал/с	$4,19 \cdot 10^3$	4,19	427	5,69	1

Техникада басқа да шама бірліктері қолданылады. Олардың СИ жүйесінің энергия мен қуат бірліктерімен арақатынастары 1.4 және 1.5-кестелерде келтірілген.

Ғылым мен техниканың кейбір облыстарында басқа да жеке бірліктер жүйелері қолданылады, мысалға: МКС, МКСА, СГС және т.б. Осы жүйелердің және СИ жүйесінің арақатынасы [1, 22]-де келтірілген.

Маңызды физикалық тұрақтылар:

еркін құлау үдеуі.....	$g_0 = 9,80665 \text{ м/с}^2$
электрон заряды.....	$e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
электрон тыныштығының массасы.....	$m_e = 9,109 \cdot 10^{-28} \text{ г}$
магнитті тұрақты.....	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$
электрлі тұрақты.....	$\epsilon_0 = 1/(\mu_0 c^2) = 8,86 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м},$
мұндас = 299 792458 м/с — вакуумдағы жарықтың жылдамдығы	
гравитациялық тұрақты.....	$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$
Планк тұрақтысы.....	$h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$
Больцман тұрақтысы.....	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
эмбебап газды тұрақты.....	$R = 8,314 \text{ Дж/(К} \cdot \text{моль)}$
идеалды газдардың көлемді кеңеюінің температуралық коэффициенті.....	$\alpha = 0,00366 \text{ К}^{-1}$
Авогадро саны.....	$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ молекул/моль}$
Фарадей саны.....	$F = 96 485 \text{ Кл/моль}.$

1.2. Электр техникасы мен электр жабдығының негізгі түсініктері

Электротехника — ғылым мен техниканың энергияны түрлендіру, заттарды алу, материалдарды өңдеу, ақпаратты беру үшін электрлі және магниттік құбылыстарды қолданумен байланысты болатын және электр энергиясын алу, түрлендіру, беру, бөліп тарату және пайдалану мәселелерін қамтитын саласы. Электр техникасының мәні адам өмірінің барлық тәжірибелік салаларында эмбебап әрі ыңғайлы энергия түрі ретінде электр энергиясын кеңінен пайдаланумен айқындалады.

Электрмен қамсыздандыру — әртүрлі тұтынушыларды электр энергиясымен қамтамасыз ету шараларының жиынтығы.

Электр энергиясын тұтынушы — технологиялық үдеріс арқылы біріктірілген және белгілі бір аумақта орналасатын электр қабылдағыш немесе электр қабылдағыштар тобы. Энергияны тұтынушыларға мысалдар: электр энергияны қабылдағыштары электр желісіне қосылған және электр энергиясын пайдаланатын кәсіпорын, ұйым, цех, құрылыс алаңы, пәтер.

Электр энергиясын қабылдағыш (электр қабылдағыш) — электр энергиясын басқа энергия түріне түрлендіруге арналған аппарат немесе агрегат. Қабылдағыштарға: жұмыс машиналары мен механизмдердің электр жетектері, электр-технологиялық қондырғылар, есептеу машиналары, электрмен жарықтандыру

аспаптары мысал бола алады.

Электрмен қамсыздандыру жүйесі – тұтынушыларды электр энергиясымен қамтамасыз етуге арналған электр қондырғыларының жиынтығы.

Электр қондырғысы – электр энергияны өндіру, түрлендіру, беру, жинақтау, бөліп тарату үшін және оны басқа энергия түрлеріне түрлендіруге арналған машиналар, аппараттар, тораптар мен қосалқы жабдық жиынтығы (олар орналасқан құрылыстармен және орынжайлармен қоса). Электр қондырғыларына мысалдар: қосалқы электр станциясы, электр беріліс торабы, конденсаторлық қондырғы, электр жетек, дәнекерлеу қондырғысы.

Электростанциясы – электр энергиясын, кейбір жағдайларда жылу энергиясын да өндіретін кәсіпорын, мысалы, жылу (ЖЭС), атомдық (АЭС), гидравликалық (ГЭС) электр станциялары.

Энергетикалық жүйе – электр және жылу энергияларын өндіру, түрлендіру мен бөліп таратудың үздіксіз үдерісін жүзеге асыратын, өзара қосылған электр станцияларының, электр және жылу тораптарының жиынтығы.

Электр желісі – белгілі бір аумақта жұмыс істейтін таратқыш құралдардан, тоқ өткізгіштерден, электр желісі тасымалдаудың әуе және кабельді желілерден, станциялардың тұратын электр энергиясын таратуға және жіберуге арналған электр құрылғы.

Қосалқы электр станциясы – трансформаторларды немесе басқа да электр қуатын түрлендіргіштерді, коммутация құрылғысын, бақылау және қорғау құралдарын және қосалқы жабдықтарды қоса алғанда, электр энергиясын өндіруге және таратуға арналған электр қондырғысы. Қосалқы станциялардың түрлері: трансформатор (ТП); түрлендіргіш (РР); кешенді (КТР немесе КРР) толықтай жиналған және орнатуға дайын болып келеді.

Бөліп тарату құрылғысы (БК) – электр энергиясын қабылдауға және бөліп таратуға арналған әрі коммутациялық аппараттарды, жинау және қосу шиналарын, қосалқы құрылғылар мен автоматика, қорғаныс және өлшеулер құрылғыларын қамтитын электрлі қондырғы. БҚ түрлері: ашық ауада пайдалануға арналған ашық (АБК); ғимараттарда орналастыруға арналған жабық (ЖБК); ішкі (ТҚБ) және сыртқы (СТҚБ) қондырғыларға арналған толымдыбөліп тарату құрылғысы.

Бөліп тарату бекеті (ББ) – трансформациялаусыз және түрлендірусіз бір кернеуде электр энергияны қабылдауға және бөліп таратуға арналған.

Басқару станциясы – электр қондырғыларын немесе олардың бөліктерін басқаруға арналған, басқару, реттеу, қорғау және дабыл беру функциялары автоматты орындалатын, кернеуі 1 кВ-ға дейінгі толымды құрылғы. Құрылма тұрғысынан басқару станциялары да бар.

блоктар, панельдер, шкафтар немесе қалқандар түрінде орындалады.

Кәсіпорынның электр шаруашылығы – кәсіпорынды электр энергиясымен қамсыздандыруды және оны технологиялық және өндірістік үдерістерді тиімді пайдалануды жүзеге асыратын генерациялаушы, түрлендіруші және беруші электр қондырғыларының жиынтығы. Электр шарушалығы – бұл оның қызмет етуі үшін қажетті адами, заттай, энергетикалық ресурстар мен ақпараттық қамтамасыз ету; технологиялық үдерістердің автоматикасы; электрмен жарықтандыру; электр жабдығын пайдалану және жөндеу.

Электр қуаты – зарядталған бөлшектердің электр-магниттік өрісі арқылы әрекет ету, қозғалу және өзара әрекеттесу орын алатын құбылыстардың жиынтығы.

Электр-магниттік өріс – зарядталған бөлшектердің арасында өзара әрекеттесу жүзеге асырылатын ерекше материя нысаны.

Электрическое поле – электр зарядтармен жасалатын және электр өрісінің кернеулігімен сипатталатын электр-магниттік өрістің жекелеген орын алу нысаны.

Магниттік өріс – қозғалатын электр зарядтары мен атомдық магнетизм тасығыштары (электрондар, протондар және т.б.) қалыптастыратын электр-магниттік өріс сипатының жеке нысаны.

Электр қозғаушы күш (ЭҚК) – электр тізбегінде электр тоғының болуын қолдап тұру үшін қажетті электр энергия көзін сипаттайтын шама. ЭҚК сандық тұрғындан дара оң зарядты тұйық тізбек бойымен орын ауыстыру жұмысына тең болады әрі вольтпен (В) өлшенеді.

Электр кернеуі (кернеу, әлеуеттер айырмасы) электр тізбегінің екі нүктесі арасында ол да сандық тұрғындан дара оң зарядты тұйық тізбек бойымен орын ауыстыру жұмысына тең болады әрі вольтпен (В) өлшенеді. Кернеу уақыт өзгеру сипатына қарай тұрақты немесе айнымалы болып бөлінеді.

Тұрақты ток кернеуі деп – бағыты бойынша уақыт өте өзгермейтін, бірақ өзінің арнауына (деңгейіне) қарай өзгеруі мүмкін кернеуді атайды. Айнымалы ток кернеуі деп – әдетте синусоидалды заң бойынша уақыт өте өзгертін кернеуді атайды.

Синусоидалды кернеуден басқа, электр тізбектері мен құрылғыларында айнымалы токтың синусоидалды емес кернеулері әрекет етуі мүмкін. Есептеулер жүргізудің ыңғайлылығы үшін әдетте олар амплитудалары мен өзгеру жиіліктері әртүрлі синусоидалды кернеулердің белгілі бір жиынтығы ретінде көрсетіледі. Бұл құрамдылар электр техникасында *кернеу үйлесімі* деген атауға ие болды.

Электр тоғы – электр өрісінің әсерінен зарядталған бөлшектердің (электрондардың, иондардың және т.б.) бағытталған қозғалысы, өткізгіштің көлденең қимасы арқылы уақыт бірлігінде өтетін зарядпен (электр қуаты көлемімен) сипатталады. Сандық тұрғыдан ток ампермен (А) өлшенетін күшпен сипатталады, ол өткізгіштің көлденең қимасы арқылы бір секунд ішінде (с) шамасы бір кулон (Кл) болатын электр зарядының орын ауыстыруына сәйкес келеді: $1 \text{ А} = 1 \text{ Кл/с}$. Шартты түрде токтың оң бағыты ретінде оң зарядтардың қозғалыс бағыты қабылданады.

Электр тоғы уақыт өте өзгеру сипатына қарай, кернеуге ұқсас, тұрақты немесе айнымалы болып бөлінеді. *Тұрақты ток* деп бағытын уақыт өте өзгертпейтін, бірақ өзінің арналуына (деңгейіне) қарай өзгеруі мүмкін электр тоғын атайды.

Айнымалы ток деп өзінің шамасы бойынша және уақыт өте өзгертін электр тоғын атайды. Көбінесе айнымалы ток өзінің уақыттағы шамасына қатысты синусоидалды тәуелділікпен сипатталады.

Синусоидалды тоқтан басқа, электр тізбектері мен құрылғыларында синусоидалды емес тоқтар өтуі мүмкін, есептеулер жүргізудің ыңғайлылығы үшін әдетте олар амплитудалары мен өзгеру жиіліктері әртүрлі синусоидалды тоқтардың белгілі бір жиынтығы ретінде көрсетіледі. Бұл құрамдылар электр техникасында *тоқ үйлесімі* деген атауға ие болды.

Электр қуаты – уақыт бірлігіндегі электр тоғының жұмысы, СИ бірліктер жүйесінде ваттпен өлшенеді ($1 \text{ Вт} = \text{В} \cdot \text{А}$). Тұрақты ток тізбегіндегі электр қуаты кернеу мен токтың көбейтіндісіне тең, ал айнымалы ток тізбектерінде толық қуаттылық олардың қазіргі мәндерінің көбейтіндісімен анықталады.

Электрэнергиясы – электр қуаты мен уақыттың көбейтіндісімен анықталатын және джоульмен өлшенетін, электр тоғының жұмысы: $1 \text{ Дж} = \text{В} \cdot \text{А} \cdot \text{с}$.

1.3. Электр техникасының негізгі заңдары

Электр-техникалық құрылғыларда, элеменеттері мен тізбектерінде орын алатын барлық құбылыстар физиканың бір бөлімі ретіндегі электр техникасының негізгі заңдарына бағынады.

1. Фарадейдің электр-магниттік индукция заңы. *Өткізгіштерден тұратын контурда тураланатын электр қозғаушы күш минус таңбасымен алынған, контурдағы ағын ілінісінің уақыт өте өзгеру жылдамдығына пропорционалды болады:*

$$\varepsilon = -d\psi/dt,$$

мұнда ψ — ағын ілінісі, $y = \Phi w$ (Φ – магниттік ағын; w – контурдағы өткізгіштердің саны).

Бұл заң контур бойынша индуктивтілікпен L өтетін, уақыт өте өзгертін электр тоғы i туралайтын өзіндік индукцияның e_L , ЭҚК шамасын анықтауға мүмкіндік береді:

$$e_L = -L di/dt,$$

және екі магнитті-байланысқан контурлардың біреуінде ток i шамасының өзгеруі орын алса, екеуінің біреуінде тураланатын өзара индукцияның e_v ЭҚК шамасын анықтауға мүмкіндік береді:

$$e_v = (\pm) M_n di/dt,$$

мұнда M_{12} – өзара индукция коэффициенті, Гн.

«+» таңбасын магнитті ағындардың қарсы бағыттары кезінде қояды, «-» таңбасын келісілген бағыттарда қояды.

Магниттік ағыны өзгеріссіз болатын магниттік өрісте өткізгіштің орын ауыстыруы кезінде онда ЭҚК тураланады:

$$e = BLv \sin \alpha,$$

мұнда B – өрістің магниттік индукциясы, Тл; L – өткізгіштің ұзындығы, м; v – өткізгіштің қозғалыс жылдамдығы, м/с; α — магнитті индукция векторларының және жылдамдықтың арасындағы бұрыш, град.

2. Ленц заңы. *Егер контур бойымен өзгермеді ток өтсе, онда ол контурда ЭҚК-ны туралайтын, өзгермелі әрі тоқтың қайндай да бір өзгеруіне кедергі келтіретіндей бағытталған магнитті ағынды қалыптастырады.* Бұл ЭҚК өзіндік индукцияның ЭҚК деп те аталады.

3. Джоуль – Ленц заңы. *Өткізгіш бойынша электр тоғы I өту кезінде өткізгіште бөлінетін жылу Q көлемі сол тоқтың күш квадратына, өткізгіштің кедергісіне R және тоқтың өту уақытына t тікелей пропорционалды болады:*

$$Q = I^2 R t.$$

4. Ампердің электр-магниттік күштер заңы. *Тоғы I бар және ұзындығы L болатын, индукциясы B бар магниттік өріске орналастырылған өткізгішке әрекет ететін күш F магниттік индукция, өткізгіштің ұзындығы, өткізгіштегі ток күшінің көбейтіндісіне тікелей пропорционалды болады және магниттік индукция мен тоқтың бағытына тәуелді болады, Н:*

$$F = BIL \sin \alpha,$$

мұнда α —магниттік индукция мен ток векторларының арасындағы бұрыш. Ұзындығы L бірдей әрі бір-біріне параллель қашықтықта орналасқан екі ұзын сымдардың өзара әрекеттесу күші H мынадай:

$$F = \mu_r \mu_0 I_1 I_2 L / (2\pi a),$$

мұнда μ_0 – сәйкесінше қатысты және абсолютті магниттік өтімділік; I_1 и I_2 — сымдардағы токтар, А.

5. Фарадейдің электролиз заңы. *Электролит арқылы t уақытта өтетін өзгеріссіз ток кезінде ерітіндіден зат массасы M бөлініп шығады, ол ток пен уақытқа пропорционалды болады, кг:*

$$M = kIt,$$

Мұндак – бөлініп шығатын заттың электр-химиялық баламасы.

6. Кулонның электростатика заңы. *Біртекті ортада бір-бірінен қашықтықта L орналасқан екі нүктелі қозғалыссыз зарядтардың q_1 және q_2 өзара әрекеттесу күші зарядтар шамасына тікелей пропорционалды және олардың арасындағы қашықтықтың квадратына кері пропорционалды болады, Н:*

$$F = q_1 q_2 / (4\pi\epsilon_r \epsilon_0 L^2)$$

7. ЭҚК көзі жоқ тезбік (өткізгіш) учаскесі үшін бірінші Ом заңы. *Өткізгіштегі токтың күші оның ұштарындағы әлеуеттердің айырмасына тікелей пропорционалды және өткізгіштің кедергісіне кері пропорционалды болады.*

8. ЭҚК көзі бар тұйық тарамдалмаған тізбек үшін екінші Ом заңы. *Ток күші ЭҚК-ға тікелей пропорционалды және тізбектің толық кедергісіне кері пропорционалды болады.*

Тұрақты және айнымалы ток тізбектеріне арналған осы заңдарды сипаттайтын математикалық формулалар 1.4 және 1.5-бөлімдерінде келтірілген.

9. Кирхгофтың бірінші ережесі. *Электр тізбегінің түйініндегі ток күштерінің алгебралық сомасы нөлге тең.*

10. Кирхгофтың екінші ережесі. *Электр тізбегіндегі тұйық контурдың электр-қозғаушы күштерінің алгебралық сомасы ондағы кернеулердің азаю сомасына тең.*

Кернеудің азаюы ток күшін кедергіге көбейту арқылы көрініс табады. Тұрақты және айнымалы ток тізбектеріне арналған Кирхгофтың екінші ережесін сипаттайтын формулалар 1.4 және 1.5-бөлімдерінде келтірілген.

11. Максвелл теңдеуі. Олар электр динамикасының негізгі теңдеулері болып табылады және еркін орталар мен вакуумдағы электр-магниттік құбылыстарды сипаттайды. Желілік изотроптық ортадағы электр-магниттік өріс үшін бұл теңдеулер мынадай түрде болады:

толық ток заңы —

$$\operatorname{rot} \mathbf{H} = \mathbf{E} + \epsilon_r \epsilon_0 d\mathbf{E} / dr;$$

электр-магниттік индукция заңы —

$$\operatorname{rot} \mathbf{E} = \mu_r \mu_0 d\mathbf{H} / dr;$$

$$\mathbf{B} = \mu_r \mu_0 \mathbf{H}; \mathbf{D} = \epsilon_r \epsilon_0 \mathbf{E},$$

мұнда $\mathbf{H}$ — магниттік өрістің кернеулік векторы; $\mathbf{E}$ — электр өрісінің кернеулік векторы; $\mathbf{B}$ — магниттік индукция векторы; $\mathbf{D}$ — жылжу тоғының векторы; $\mathbf{C}_1, \mathbf{C}_0$ — қатысты және абсолютті магниттік өтімділік; $\varepsilon_r, \varepsilon_0$ — қатысты және абсолютті электр тұрақтылары.

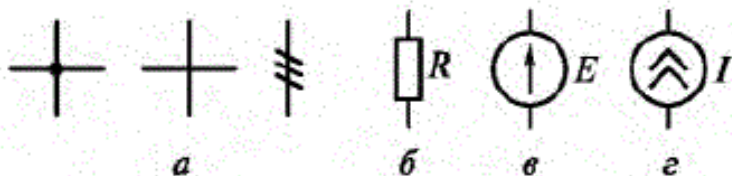
1.4. Тұрақты ток тізбектері

Электр тізбегі деп – бойымен электр тоғы өтуі мүмкін электр-техникалық элементтер мен құрылғылардың және оларды жалғайтын өткізгіштердің (немесе ток өткізуші орта элементтерінің) жиынтығы аталады. Электр тізбектері элементтер мен құрылғылар шартты кескіндермен бейнеленетін және өздерінің құрылымы бар байланыстарына сәйкес өткізгіштер арқылы жалғанған, электр сұлбалары түрінде көрсетіледі. Электр сұлбалары тоқты, кернеуді, қуаттылықты және электр-техникалық элементтер мен құрылғылардың орныққан әрі динамикалық (өтпелі) режимдердегі жұмысын сипаттайтын басқа да электр айнымалыларын есептеу үшін қолданылады.

Электр тізбектері желілік және желілік емес болуы мүмкін. Желілік тізбектерде тізбектердің параметрлері олардағы ток пен кернеуге тәуелді болмайды, ал желілік емес тізбектерде мұндай тәуелділіктер орын алуы мүмкін. Өрікарай желілік тізбектер қарастырылатын болады, ал желілік емес тізбектердің есептеулері [30] бөлімде келтіріледі.

Желілік тұрақты ток тізбектерінің негізгі элеменеттері болып желілер, резисторлар мен ЭҚК көздері табылады, олардың шартты кескіндері мен белгіленулері 1.1-суретте келтірілген.

Мысал ретінде, 1.2-суретте берілген ЭҚК электр энергиясының көзін E_i және резисторларды R_1, R_2 мен R_3 қамтитын, тұрақты ток тізбегінің электрлі сұлбасы келтірілген. Бір ток өтетін сызбаның учаскесі тарам деп аталады, суретте олардың саны үшеу. Тарамдар түйіндерге қосылады a және b . Егер тарамда электр энергиясының көзі бар болса, ол активті, болмаса – пассивті деп аталады. Суретте ЭҚК көзі бар тарам активті болып табылады, қалған тарамдар – пассивті болып саналады.



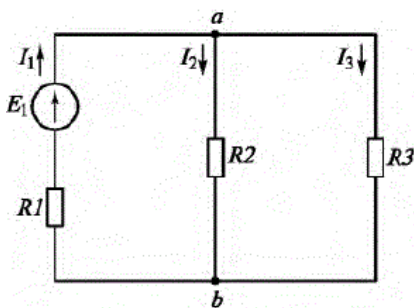
Сурет 1.11. Электрлі сызбалардағы шартты кескіндер:

a — электр желілері; $б$ — резистор; $в$ — ЭҚК көзі; $г$ — ток көзі

Электр тоғын өткізгіштің белсенді кедергісі оның материалымен, геометриялық өлшемдерімен анықталады, температураға байланысты болады және де мынадай формула бойынша есептеледі:

$$R = \rho l / S,$$

мұнда ρ — материалдың меншікті кедергісі, $\text{Ом} \cdot \text{м}$, $\rho = \rho_0(1 + \alpha t)$, ρ — материал кедергісінің температуралық коэффициенті, $1/^\circ\text{C}$; t — материалдың температурасы, $^\circ\text{C}$; l — өткізгіштің ұзындығы, м ; S — өткізгіштің көлденең қимасының ауданы, м^2 .



Сурет 1.2. Электр сұлбаның мысалы

Бір тарамда резисторлар тізбекті түрде жалғанған жағдайда олардың баламалы кедергісі $R_{\text{ЭКВ}}$, Ом ,

$$R_{\text{ЭКВ}} = \sum R_i,$$

төмендегі формула бойынша жеке резисторлардың R_i кедергілерінің сомасы ретінде анықталады

$$1/R_{\text{ЭКВ}} = \sum (1/R_i).$$

Өткізгіштің белсенді өтімділігі болып кедергіге кері шама табылады, ол мына $g = 1/R$

формула бойынша анықталады.

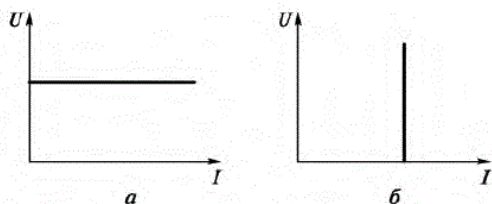
Электр тізбектеріндегі электр энергия көздері екі түрлі болады: кернеу көздері (ЭҚК) және ток көздері. Кернеу көздерінің ішкі кедергісі төмен, сондықтан оның шығыс кернеуінің шамасы жүктеме тоғына тәуелді болады. Оның сыртқы сипаттамасы токтың шығыс кернеуіне тәуелділік түрінде горизонталды желі сызық болып табылады, бұл 1.3а-суретте көрсетілген.

Идеалды ток көзінің сыртқы сипаттамасы вертикалды сызық түрінде болады (1.3б-сурет), бұл ол беретін токтың шығыс кернеуден тәуелсіздігін айқындайды. Ток көздерінің ішкі кедергісі үлкен болады.

Тұрақты ток тізбектеріндегі электр айнымалылардың есебі Ом заңдарын, Кирхгоф ережелерін және арнайы есептеу әдістерін пайдалана отырып жүргізіледі.

Тұрақты ток тізбегінің учаскесі үшін Ом заңы мына формуламен өрнектеледі

$$I = U/R.$$



1.3-сурет. Сыртқы сипаттамалар:
 а — кернеу көздері; б — тоқ көздері

Тұйық тарамдалмаған тұрақты тоқ тізбегі үшін Ом заңы:

$$I = \sum E / \sum R.$$

Тұрақты тоқ тізбегі үшін Кирхгофтың бірінші және екінші ережелері мынадай түрде болады:

$$\sum_{k=1}^n I_K = 0; \sum_{i=1}^m E_i = \sum_{k=1}^n I_K R_K.$$

Тарамдалған тұрақты тоқ тізбектеріндегі тоқты есептеу үшін контурлы ток, екі түйін және баламалы генератор әдістері пайдаланылады. Бұл есептеу әдістерін қолдану [22] бөлімде қарастырылады.

Мысал 1.1. Ұзындығы $l = 40$ м, қимасы $S = 2,5$ мм², температурасы $t = 50^\circ\text{C}$ болатын мыс сымының белсенді кедергісін анықтау.

Шешім 1. Мыс үшін $t = 20^\circ\text{C}$ температурасы кезінде меншікті белсенді кедергі $\rho_0 = 0,017 \cdot 10^{-6}$ Ом · м және температуралық кедергі коэффициенті $\alpha = 43 \cdot 10^{-4} 1/^\circ\text{C}$ болады.

2. $t = 50^\circ\text{C}$ температурасы кезінде анықтайтынымыз:

$$R = \rho l / S = \rho_0(1 + \alpha t) / S = (0,017 \cdot 10^{-6}(1 + 43 \cdot 10^{-4} \cdot 50)40) / 2,5 \cdot 10^{-6} = 0,33 \text{ Ом}$$

Мысал 1.2. 1.2-суреттегі сұлба үшін белгілі: $E_1 = 100$ В; $R_1 = 0,67$ Ом; $R_2 = 0,5$ Ом; $R_3 = 1$ Ом. I_1, I_2, I_3 тоқтарын анықтау қажет.

1. Кедергілері R_2 и R_3 бар сұлба тарамдарының баламалы кедергісін $R_{экв}$ анықтаймыз:

$$1/R_{экв} = 1/R_2 + 1/R_3 = 1/0,5 + 1/1 = 3 \text{ Ом}, \text{ бұдан } R_{экв} = 1/3 = 0,33 \text{ Ом}.$$

2. I_1 тоғы үшін жиынтық кедергіні анықтаймыз:

$$R_{\Sigma} = R_1 + R_{экв} = 0,67 + 0,33 = 1 \text{ Ом}.$$

3. I_1 тоғының мәнін есептейміз

$$I_1 = E_1 / R_{\Sigma} = 100/1 = 100 \text{ А}.$$

4. A және B нүктелері арасындағы әлеуеттердің айырмасын табамыз:

$$\Phi_b - U_{ab} = E_1 - I_1 R_1 = 100 - 100 \cdot 0,67 = 33 \text{ В.}$$

5. I_2 және I_3 сұлбасының тарамдарындағы токтарды анықтаймыз

$$I_2 = U_{ab}/R_2 = 33/0,5 = 66 \text{ А}; I_3 = U_{ab}/R_3 = 33/i = 33 \text{ А.}$$

1.5. Айнымалы тоқ тізбектері

Өнеркәсіптік және басқа да электр қондырғыларда негізінен бір және үш фазалық синусоидалды кернеу мен тоқ қолданылады. Синусоидалды айнымалы кернеудің лездік мәні мынадай кезеңдік заң бойынша уақыт өте өзгереді:

$$u = U_m \sin \omega t,$$

мұнда U_m — кернеудің амплитудалық (ең үлкен) мәні; ω — кернеу өзгеруінің бұрыштық жылдамдығы, рад/с, $\omega = 2\pi f = 2\pi/T$; f — кернеу ауытқуларының жиілігі (уақыт бірлігіндегі кернеу ауытқуларының саны), Гц (Ресейде және көптеген басқа елдерде 50 Гц); T — тоқ ауытқуларының кезеңі, $T = 1/f$.

Синусоидалды айнымалы токтың лездік мәні кернеуге ұқсас мынадай кезеңдік заң бойынша өзгереді:

$$i = I_m \sin \omega t,$$

где I_m — токтың амплитудалық (ең үлкен) мәні, А.

Айнымалы тоқ тізбектерін есептеу кезінде лездік және амплитудалық мәндермен қатар, айнымалы кернеу мен токтың қазіргі және орташа мәндерін пайдаланады. Тоқ пен кернеудің қазіргі мәні сәйкесінше тоқ пен кернеудің T кезеңіндегі орташа шаршылық мәнін білдіреді және мынадай формулалар бойынша анықталады:

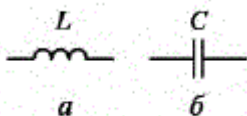
$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt}; \quad U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2 dt};$$

Токтың қазіргі мәні, шамасы сондай тұрақты тоқ сияқты жылу әсерін береді. Синусоидалды кернеу мен токтың қазіргі мәні олардың амплитудалық мәндерінен есе аз.

Тоқ пен кернеудің орташа мәні мынадай формулалармен анықталады:

$$I_{cp} = (2/T) \int_0^{T/2} i dt; \quad U_{cp} = (2/T) \int_0^{T/2} u dt.$$

Синусоидалды кернеу мен токтың орташа мәні олардың лездік мәндерінен $(2/\pi)$ есе аз.



1.4-сурет. Шартты бейнеленулер:

a — индуктивті элемент; *б* —

сыйымды элемент

немесе құрылғының индуктивтілігі көрсететін кедергімен сипатталатын шама.

Индуктивті кедергінің шамасы Ом мына формула бойынша анықталады:

$$x_L = 2\pi fL = \omega L,$$

мұнда L — индуктивтілік.

Индуктивтілік L және индуктивті кедергі трансформаторлар мен электр машиналардың орамдарына, электр аппараттардың катушкаларына, реакторларға, дроссельдерге, кабельдерге және т.с.с. тән. Тұрақты ток тізбектерінде индуктивті кедергі тек өтпелі кезеңдерде, ток пен магниттік өрістің өзгеруі орын алатын жерлерде ғана көрініс табады. Индуктивті элементтің (реактордың, дроссельдің, катушканың, орамның) шартты бейнеленуі 1.4, *a*-суретте көрсетілген.

Орныққан режимде индуктивті кедергіде жинақталған реактивті қуаттылық, вар, мына формула бойынша анықталады:

$$Q_L = I^2 x_L.$$

Сыйымды кедергі — бұл айнымалы токқа электр сыйымдылық көрсететін кедергімен сипатталатын шама. Сыйымды кедергінің шамасы Ом мынадай формула бойынша анықталады:

$$x_C = 1/(2\pi fC) = 1/(\omega C),$$

мұнда C — сыйымдылық.

Сыйымды кедергіні құрайтын негізгі элемент конденсатор болып табылады. Сондай-ақ, ауа және кабель желілерінің өткізгіштері бір-біріне қатысты және жерге қатысты және де басқа бірқатар элементтер мен құрылғылар сыйымды кедергіге ие. Тұрақты ток тізбектерінде сыйымды кедергі тек өтпелі үдерістерде көрініс табады. Сыйымды элементтің (конденсатордың) шартты белгіленуі 1.4, *б*-суретте келтірілген.

Орныққан режимде сыйымды кедергіде жинақталған реактивті қуаттылық, мына формула бойынша анықталады:

$$Q_C = I^2 x_C.$$

Белсенді R және реактивті x кедергісі бар элементтің толық кешенді кедергісі мынадай формуламен анықталады:

Айнымалы ток тізбектерінде белсенді кедергілермен қатар, реактивті кедергілер — индуктивті, сыйымды кедергі және белсенді мен реактивті кедергілермен анықталатын толық кедергі болуы мүмкін. *Индуктивті кедергі* — бұл айнымалы токқа тізбектің, элементтің

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}.$$

Бір фазалық айнымалы тоқтың қуаттылығы мынадай формулалар бойынша анықталады:

белсенді, Вт, —

$$P = UI \cos \varphi;$$

реактивті, вар, —

$$Q = UI \sin \varphi;$$

толық (шамалас), В · А, —

$$S = UI = \sqrt{P^2 + Q^2},$$

мұнда φ — кернеу мен ток векторларының арасындағы бұрыш.

Қуаттылық коэффициенті $\cos \varphi$ келесі арақатынаспен анықталады:

$$\cos \varphi = P/S = U_2/U = I_2/I = R/Z,$$

мұнда U_a, I_a — толық кернеудің U және тоқтың I белсенді құрамдылары.

Үш фазалық айнымалы тоқтың қуаттылығы мынадай формулалар бойынша анықталады:

белсенді, Вт, —

$$P = 3U_\phi I_\phi \cos \varphi;$$

реактивті, вар, —

$$Q = 3U_\phi I_\phi \sin \varphi;$$

толық (шамалас), В · А, —

$$S = 3U_\phi I_\phi = 3\sqrt{P^2 + Q^2},$$

Мұнда U_ϕ, I_ϕ — сәйкесінше фазалық кернеу мен ток.

Үш фазалық жүйенің элементтерін жұлдызға біріктірген кезде (1.5, а-сурет) токтар мен кернеулер арасында мынадай арақатынас орын алады:

$$U_\Delta = U_\phi; I_\Delta = I_\phi;$$

ал үшбұрышқа қосқан кезде (1.5, б-сурет) —

$$U_\phi = U_\Delta; I_\Delta = I_\phi,$$

мұнда U_Δ, I_Δ — сәйкесінше желілік кернеу мен ток.

Мысал 1.3. Индуктивтілігі $L = 0,015$ Гн және жиілігі $f = 50$ Гц реактордың индуктивті кедергісін анықтау.

Шешімі. Индуктивті кедергіні x_L есептеу формуласын пайдалана отырып, берілген шарттардағы шамасын анықтаймыз: $x_L = 2\pi fL = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,015 = 4,71$ Ом.

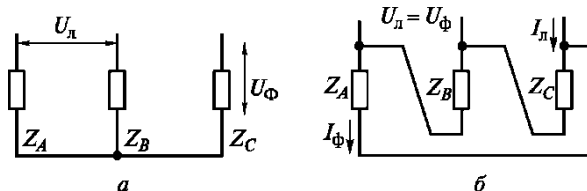


Рис. 1.5. Электр қабылдағыштарды қосу сызбасы:

a — жұлдыз түрінде; *б* — үшбұрыш түрінде

Мысал 1.4. Сыйымдылығы $C = 2$ мФ және жиілігі $f = 400$ Гц конденсатордың сыйымды кедергісін анықтау.

Шешімі. Сыйымды кедергіні x_C , есептеу формуласын пайдалана отырып, берілген шарттардағы шамасын анықтаймыз: $x_C = 1/(2\pi fC) = 1/(2 \cdot 3,14 \cdot 400 \cdot 2 \cdot 10^{-6}) = 200$ Ом.

Мысал 1.5. Бір фазалық айнымалы ток желісіне қосылған электр қондырғы кернеу $U = 380$ В және ток $I = 15$ А кезінде белсенді қуаттылықты $P = 3\,200$ тұтынады. Қуаттылық коэффициентін $\cos\varphi$, реактивті Q және толық S қуаттылықтарды анықтау.

Шешім. 1. Қуаттылық коэффициенті $\cos\varphi$:

$$\cos\varphi = P/(UI) = 3200/(380 \cdot 15) = 0,56.$$

2. Қондырғының реактивті қуаттылығы:

$$Q = UI\sin\varphi = UI\sqrt{(1 - \cos^2\varphi)} = 380 \cdot 15 \sqrt{(1 - 0,56^2)} = 4\,720 \text{ вар.}$$

3. Қондырғының толық (шамалас) қуаттылығы:

$$S = UI = 380 \cdot 15 = 5\,700 \text{ В} \cdot \text{А.}$$

1.6. Магниттік тізбектер

Магниттік тізбектерді есептеу формулалары өз түрлері бойынша электр тізбектерін есептеуге арналған формулаларды қайталайды, бұл ретте магниттік ағынның Φ электр тоғы, магниттік тізбектің F_m магниттік-қозғаушы күші (МҚК)— ЭҚК, ал магниттік кернеуі U_m — электр кернеуі бар болады.

Катушканың МҚК, A_m мына формуламен анықталады:

$$F_m = wI,$$

мұнда w — катушка айналымдарының саны; I — катушка тоғы, А.

Ұзындығы L тізбек учаскесі үшін магниттік кернеу A :

$$U_m = HL = \Phi R_m,$$

мұнда H — магниттік өрістің кернеулігі, $H = B/\mu_r\mu_0$; R_m — учаскенің магниттік кедергісі, $1/\text{Гн}$, $R_m = L/\mu_r\mu_0S$; S — учаскенің көлденең қимасы, м^2 .

Тізбек учаскесі үшін магниттік индукция Тл:

$$B = \Phi/S,$$

мұнда Φ — магниттік ағын.

Магниттік өрістің энергиясы Дж магниттік өрістің көлемінде V шоғырланған:

$$W = HBV/2.$$

Магниттік тізбектер электр тізбектерімен ұқсас Ом заңдары мен Кирхгоф ережелері қолданылады.

Кирхгофтың бірінші заңы магниттік тізбек үшін: магниттік тізбек түйінінде қиылысатын магниттік ағындардың сомасы нөлге тең:

$$\sum \Phi = 0.$$

Кирхгофтың екінші ережесі магниттік тізбек үшін: магниттік контордың МҚК сомасы магниттік кернеулердің құлау сомасына тең:

$$\sum F_M = \sum HL = \sum \Phi R_M$$

1.7. Электр-техникалық орынжайлар мен жабдықтың санаттары

Электр жабдықты жобалау, монтаждау, ретке келтіру, пайдалану және жөндеу келесідей нормативтік құжаттарда келтірілген нормалар мен ережелерге сәйкес жүргізілуі тиіс: «Электр қондырғыларды орнату ережелері» [13] және «Тұтынушылардың электр қондырғыларды техникалық пайдалану ережелері мен Тұтынушылардың электр қондырғыларын пайдалану кезіндегі қауіпсіздік техникасының ережелері» [12]. Осы құжаттардан электр жабдықты орындауға қатысты және ол орналасатын орынжайлардың түрлеріне қатысты негізгі ережелерді келтіреміз.

Электр жабдық (электр қондырғы). Қауіпсіздік жағдайларына қарай электр қондырғылар кернеуі 1000 В-ға дейін және 1000-дан жоғары электр қондырғыларға бөлінеді. *Ашық*, немесе сыртқы деп қоршаған ортаның әсерінен ғимаратпен қорғалмаған электр қондырғыларды атайды. *Ішкі* деп орынжайлардың (ғимараттың) ішінде орналасқан электр қондырғыларды атайды.

Электр қондырғылардың орындалуы нормативтік қызмет ету мерзімі ішінде берілген пайдалану жағдайларында және қоршаған орта жағдайында олардың сенімді жұмысын және қызмет көрсетуші персоналдың қауіпсіздігін қамтамасыз етуге тиіс. Бұл электр қондырғылардың номиналды төлқұжаттық деректерін таңдаумен қамтамасыз етіледі.

Электр жабдықты қорғау тәсілдерінің сипаттамасы

Бұйымның санаты	Бұйымның сипаттамасы
0	Жұмыс изоляциясы бар және жерге тұйықтау элементтері жоқ
0I	Жұмыс изоляциясы, жерге тұйықтау элементі және қорек көзіне жалғауға арналған, тұйықтау тарамынсыз сым бар
I	Жұмыс изоляциясы және жерге тұйықтау элементі бар
II	Қосарлы немесе күшейтілген изоляциясы бар және жерге тұйықтау элементтері жоқ
III	Кернеуі 42 В-дан асатын ішкі және сыртқы электр тізбектері жоқ

Электр-техникалық бұйымдардың адамды қорғау тәсілі бойынша санаттары 1.6-кестеде келтірілген.

Электр қондырғылардың қабықшалары мен бұйымдарының қорғаныс сипаттамалары IP кодымен (*ағылшыннан* International Protection — халықаралық нормалар бойынша қорғау) және екі цифрмен белгіленеді, олардың біріншісі қабықшаның ішіне қатты денелердің енуінен қорғау дәрежесінің кодын, ал екіншісі — су мен ылғалдың түсуінен қорғау дәрежесінің кодын белгілейді. Кернеуі 1000 В-ға дейінгі электр қондырғылардың қабықшаларын қорғау дәрежелерінің сипаттамасы 1.7-кестеде келтірілген.

Электр машиналарының салқындау тәсілі әріптік IC кодымен (*ағылшыннан* International Cooling — халықаралық нормалар бойынша салқындау) және цифрлармен белгіленеді. Алғашқы екі цифрі машинаның сыртқы бетінің салқындау тәсілін, ал кейінгі екі цифрі — ішкі бетінің салқындау тәсілін белгілейді. Мысалы, IC0141 белгіленуі машинаның сыртқы беті желдеткішпен салқындатылатынын, ал оның ішіндегі ауа ротормен немесе қосымша ішкі желдеткішпен суытылатындығын білдіреді.

Электр жабдығының климаттық орындалуы әріптермен белгіленеді: У — қоңыржай климат үшін; ХЛ — суық; Т — тропикалық; УХЛ — қоңыржай-суық климат үшін.

Электр жабдықты орналастыру орындарының санаты мынадай цифрлармен белгіленеді: 1 — ашық ауада; 2 — атмосфералық жауын-шашын мен күн сәулелерінің тікелей әсері жоқ орынжайлар; 3 — жасанды түрде реттелетін климаттық жағдайлары жоқ, табиғи тұрғыдан желдетілетін жабық орынжайлар; 4 — жасанды түрде реттелетін климаттық жағдайлары бар орынжайлар; 5 — ылғалдығы жоғары орынжайлар.

**Кернеуі 1000 В-ға дейінгі электр жабдық қабықшаларын қорғау
дәрежелерінің сипаттамасы**

Қорғау дәрежесі i	Қорғау дәрежесінің сипаттамасы	
	персоналды тоқ өтетін немесе қозғалатын жабдықпен жанасуынан қабықшаның ішіне бөгде қатты денелердің түсуі	жабдықты қабықшаның ішіне судың түсуінен қорғау
0	Қорғалмаған	Қорғалмаған
1	Адам денесінің көп учаскесінің тоқ өтетін немесе қабықшаның ішінде қозғалатын бөліктермен кездейсоқ жанасуынан қорғау. Сол бөліктерге әдейі қатынаудан қорғалмаған	Конденсатталған су тамшыларынан қорғау. Конденсатталған су тамшылары қабықшаға тігінен түсе отырып, оның ішіндегі жабдыққа теріс әсер етпеуі тиіс
2	Үлкен саусақтардың тоқ өтетін немесе қабықшаның ішінде қозғалатын бөліктермен мүмкін боларлық жанасуынан қорғау. Диаметрі кем дегенде 12,5 мм болатын бөгде қатты денелердің түсуінен қорғау	Жаңбырдан қорғау. Тігінен 60° астам емес көлбеу тұрғына қабықшаға түсетін жаңбыр оның ішіндегі жабдыққа теріс әсер етпеуі тиіс
3	Қалыңдығы 2,5 мм асатын құрал-сайманның, сымның не басқа заттардың тоқ өтетін немесе қабықшаның ішінде қозғалатын бөліктермен жанасуынан қорғау	Конденсатталған су тамшыларынан қорғау. Конденсатталған су тамшылары қабықшаға тігінен түсе отырып, оның ішіндегі жабдыққа теріс әсер етпеуі тиіс
4	Қалыңдығы 1 мм асатын құрал-сайманның, сымның не басқа заттардың тоқ өтетін немесе қабықшаның ішінде қозғалатын бөліктермен жанасуынан қорғау. Диаметрі кем дегенде 1 мм болатын бөгде қатты денелердің түсуінен қорғау	Шашырандылардан қорғау. Қабықшаға түсетін, кез келген бағыттағы шашыранды су оның ішіндегі жабдыққа теріс әсер етпеуі тиіс

Қорғау дәрежесі	Қорғау дәрежесінің сипаттамасы	
	персоналды тоқ өтетін немесе қозғалатын жабдықпен жанасуынан қабықшаның ішіне бөгде қатты денелердің түсуі	жабдықты қабықшаның ішіне судың түсуінен қорғау
5	Персоналды тоқ өтетін немесе қабықшаның ішінде қозғалатын бөліктермен жанасудан толықтай қорғау. Зиянды шаң шөгінділерінен қорғау	Су ағыстарынан қорғау. Ұшы арқылы қабықшаға түсетін кез келген бағыттағы су оның ішіндегі жабдыққа теріс әсер етпеуі тиіс
6	Персоналды тоқ өтетін немесе қабықшаның ішінде қозғалатын бөліктермен жанасудан толықтай қорғау. Шаң түсуден қорғау	Кеме палубасына тән әсерлерден қорғау (палубадағы су өтпейтін жабдықпен қоса)
7		Суға сүңгу кезіндегі қорғау. Су қабықшаға қысым кезінде және стандарттарда не жабдықтың техникалық шарттарында көрсетілетін уақыт ішінде түспеуі тиіс
8		Суға шектеусіз ұзақ сүңгу кезіндегі қорғау. Су қабықшаға қысым кезінде және стандарттарда не жабдықтың техникалық шарттарында көрсетілетін уақыт ішінде түспеуі тиіс

Климаттық орындауды және орналастыру санатын белгілеу мысалы: УХЛЗ — қоңыржай-суық климатта табиғи тұрғыдан желдетілетін орынжайларда жұмыс жасауға арналған электр жабдық.

Жарылыстан қорғалған электр жабдығы айрықша санатқа жатады. Бұл электр жабдығында қоршаған жарылыс қауіпті ортаның мүмкін боларлық жарылуын болдырмау немесе қиындату шаралары қарастырылған. Жарылыстан қорғалған электр жабдығының тобы қолдану аясына қарай [15] бөлімде қарастырылған.

Электр-техникалық орынжайлар орта жағдайларына қарай құрғақ (ауаның қатысты ылғалдығы кемінде 60%); ылғалды (қатысты ылғалдығы 60...75% аралығында); дымқыл (ылғалдығы 75%-дан жоғары); аса дымқыл (ылғалдығы 100%-ға таяу); ыстық (температурасы әрдайым 35°C-тан асатын); шаңды (орынжайда жабдыққа шөгетін және оның ішіне енетін, тоқ өткізетін не тоқ өткізбейтін шаң шығады); химиялық белсенді ортасы бар орынжайлар (агрессивті булар, газдар, изоляцияны және тоқ өтетін бөліктерді бұзатын сұйықтықтар бар) болып ажыратылады.

Адамды электр тоғы соғу қаупіне қарай орынжайлар бірнеше түрлерге бөлінеді.

1. Қауіптілігі жоғары орынжайлар, оларда жоғары қауіп жағдайларының бірі орын алады:

дымқылдық немесе тоқ өткізетін шаң; тоқ өткізетін еден; жоғары температура; адамның біруақытта жерге жалғанатын құрылмаларға, технологиялық жабдыққа, бір жағынан, және электр жабдықтың корпусына, екінші жағынан, жанасуы.

2. Қауіптілігі жоғары емес орынжайлар, оларда жоғары қауіп жағдайлары жоқ.

3. Аса қауіпті орынжайлар, оларда айрықша дымқылдық; химиялық белсенді немесе органикалық орта; біруақытта екі жоғары қауіп жағдайы орын алады.

Сонымен қатар, электр жабдығы жарылыс қауіпті және өрт қауіпті орынжайларда орналасып, пайдаланылуы мүмкін. *Өрт қауіпті аймақ* болып орынжайдың ішінде не одан тыс жерде тұрақты түрде немесе ауық-ауық кезде жанатын заттар түзілетін кеңістік аталады. *Жарылыс қауіпті аймақ* болып газ, жанғыш шаң не талшықтан жарылғыш қоспалар түзілетін немесе түзілуі мүмкін орынжайды немесе шектелген кеңістікті атайды.

Бақылау сұрақтары

1. Халықаралық бірліктер жүйесіндегі (СИ) физикалық шамалардың негізгі және қосымша бірліктерін атаңыз.

2. Электр техникасында қолданылатын электрлі, магниттік және механикалық шамалардың бірліктерін атаңыз және СИ жүйесінің негізгі және қосымша бірліктері арқылы өрнектеңіз.

3. Электр қондырғысы мен электр желісіне анықтама беріңіз және оларға мысал келтіріңіз.

4. Электр техникасының қандай негізгі заңдарын білесіз және олар не үшін қолданылады?
5. Тұрақты және айнымалы электр тоғы дегеніміз не?
6. Электр тізбегіндегі әлеуеттердің айырмасына анықтама беріңіз.
7. Қандай электр энергия көздерін білесіз? Оларға тән сипаттық белгілерді атаңыз.
8. Тұрақты және айнымалы тоқ тізбектерінің типтес электртехникалық элементтерінің атаңыз.
9. Электр тізбегінің қуаттылығын қалай есептейді?
10. Үш фазалық жүктеменің «үшбұрышқа» және «жұлдызға» қосылуы сұлбасын сызыңыз және осы сұлбалардағы кернеу мен тоқтың желілік және фазалық мәндерінің арақатынасын көрсетіңіз.
11. Өз сипатына қарай ұқсас магниттік және электрлі тізбектерді атаңыз.
12. Кернеуі 1000 В-ға дейінгі электр жабдық қабықшаларының қандай қорғаныс дәрежелері бар және олар қалай белгіленеді?
13. Электр жабдығын климаттық тұрғыдан орындау және орналастыру санаттары қандай болады және олар қалай белгіленеді?
14. Адамның электр тоғы соғуының қауіп дәрежелеріне қарай қандай орынжай түрлерін білесіз?
15. Жарылыс қауіпті және өрт қауіпті орынжайлар дегеніміз не?

ЭЛЕКТР-ТЕХНИКАЛЫҚ МАТЕРИАЛДАР

2.1. Диэлектрлік материалдар (диэлектриктер)

Электр-техникалық элементтер мен құрылғыларда қолданылатын материалдар диэлектрлік, жартылай өткізгіш, өткізгіш және магниттік болып ажыратылады.

Диэлектрлік болып тоқ өтуіне кедергісі көп электр-техникалық материалдар айтылады. *Электр-изоляциялық* деп – электр тізбектерін, элементтері мен құрылғыларын оқшаулауға арналған диэлектрлік материалдар (диэлектриктер) аталады.

Диэлектриктерге тән қасиет оларда күшті электр өрістерін құру және электр энергиясын жинақтау мүмкіндігі болып табылады. Бұл қасиет диэлектриктердің негізінде электр конденсаторларды құру үшін пайдаланылады.

Агрегаттық күйіне қарай диэлектриктер қатты, сұйық және газ тәріздес болады. Химиялық құрамына қарай органикалық диэлектриктер, яғни құрамына көміртек кіретін, және органикалық емес, яғни құрамында көміртек болмайтын диэлектриктер болып ажыратылады. Табиғи пайда болуына қарай табиғи және синтетикалық (жасанды), яғни табиғи шикізатты химиялық жолмен қайта өңдеу арқылы алынатын диэлектриктер кездеседі. Барынша таралған диэлектрлі материалдарға жататындар:

- талшықты (картон, қағаз, мата, лак-маталар);
- қабатты және слюдалық (текстолит, гетинакс, миканит, слюдинит, шыны текстолит);
- керамикалық (электрофарфор, термоконт, тиконт, стеалит);
- сұйық (минералды және өсімдік майлары, синтетикалық сұйықтықтар);
- электр-изоляциялық лактар мен эмальдер (майлы, кремний органикалық, глифт-майлы лактар мен сырлар).

Ысыту төзімділігі (рұқсат етілетін жұмыс температураларының деңгейі) бойынша диэлектрлік материалдар алты топқа бөлінеді (2.1-кесте).

2.2-2.8 кестелерде кейбір кеңінен пайдаланылатын диэлектрлік материалдардың деректері мен қасиеттері келтірілген.

Электр-изоляциялық материалдардың топтары

Ысытуға төзімділік санаты	Температура, °C	Қызушылығы бойынша осы классқа сәйкес келетін негізгі электр энергиясынан оқшаулағыш материалдар тобының
У	90	Целлюлозадан, мақтадан және табиғи жібектен жасалған талшықты материалдар, шылқылдатылмаған және сұйық электр-изоляциялық материалға тиелмеген
А	105	Целлюлозадан, мақтадан және табиғи жібектен жасалған талшықты материалдар, шылқылдатылған және сұйық электр-изоляциялық материалға тиелген
Е	120	Синтетикалық органикалық материалдар немесе олардың қарапайым үйлесімдері
В	130	Слюда, асбест және шыны талшық негізіндегі материалдар, органикалық тұрғыдан байланыстырушы және шылқылдатушы құрамдармен қолданылады
F	155	Слюда, асбест және шыны талшық негізіндегі материалдар, синтетикалық тұрғыдан байланыстырушы және шылқылдатушы құрамдармен үйлесімде қолданылады
Н	180	Слюда, асбест және шыны талшық негізіндегі материалдар, кремний органикалық тұрғыдан байланыстырушы және шылқылдатушы құрамдармен үйлесімде қолданылады, кремний органикалық эластомерлер
С	180-нен астам	Слюда, керамикалық материалдар, шыны, кварц немесе олардың үйлесімдері байланыстырушы құрамдарсыз немесе органикалық емес және элементі органикалық құрамдармен қолданылады. Бұл материалдарды қолдану температурасы олардың физикалық, химиялық, механикалық және электрлік қасиеттерімен анықталады

Диэлектрлік материалдардың қасиеттері

Материал	Тығыздық, кг/м ³	Электр беріктік 20°C жағдайында, кВ/мм	Ылғал сіңірушілік 24 сағатта, %	Нормаланатын температура, °C
Асбест	2100 ... 2800	2,4 . 4,6	2 . 4	500 ... 600 (рұқсат етілетін)

Материал	Тығыздық, кг/м ³	Электр беріктік 20°C жағдайында, кВ/мм	Ылғал сіңірушілік 24 сағатта, %	Нормаланатын температура, °C
Асбестті цемент	1600 ... 1800	2 ... 3	15 ... 20	250 (ысытуға төзімділік)
Битум	1 000	15 ... 20	—	30 ... 130 (жұмсару)
Вазелин	820 ... 840	20 ... 25	—	—
Қағаз	700...870	5 ... 10	7 ... 10	110 (ысытуға төзімділік)
Гетинакс	1300 ... 1400	20 ... 22	2	150 ... 180 (ысытуға төзімділік)
Лак мата	900 ... 1200	20...70	3,6 ... 8,0	105 (ысытуға төзімділік)
Миканит	1500 ... 2600	—	—	130 . 200 (ысытуға төзімділік)
Трансформато рлық май	840 . 920	15 ... 20	—	135 . 145 (жарқыл)

Парақтық асбестің техникалық деректері

Қалыңдығы, мм	Орташа тығыздығы, кг/м ³	Парақтардың габариттік өлшемдері, мм
2; 2,5; 3; 3,5; 4; 5; 6; 8; 10	1 000 ... 1300	900 x 900; 900 x 1 000; 1 000x 1 000

Электр-изоляциялық шыны мата

Маркасы	Қалыңдығы, мм	Қолдану облысы
ЛСМ-105/120	0,15; 0,17; 0,2; 0,24	Қалыпты климаттық жағдайларда ауада жұмыс жасауға арналған
ЛСММ-105/120	0,17; 0,2; 0,24	Температурасы 105°C-қа дейінгі ыстық трансформаторлық майда жұмыс жасауға арналған

Маркасы	Қалыңдығы, мм	Қолдану облысы
ЛСЭ-105/120	0,12; 0,15; 0,17; 0,2; 0,24	Жоғары ылғалдылық кезінде ауада жұмыс жасауға арналған (қатысты ылғалдылық 95% температурасы $t = 20^{\circ}\text{C}$)

2.5-кесте

Электр-изоляциялық картон

Маркасы	Қалыңдығы, мм	Тығыздығы, кг/м ³	Электр беріктігі 50 Гц жағдайында, Мв/м
ЭВ	0,1 ... 3,0	950 ... 1 150	8 ... 12
ЭВС	0,2 ... 0,4	1 250	10 ... 12
ЭВП	0,1 ... 0,2	1 250	9 ... 12
ЭВТ	0,1 ... 0,5	1 150	9 ... 13

2.6-кесте

Поливинил пластиктен жасалған таспа

Маркасы	Ені, мм	Қалыңдығы, мм	Маркасы	Ені, мм	Қалыңдығы, мм
ЛВ-40, ЛВ-50, ЛВ-40Т	10	0,65	ЛВ-40, ЛВ-50, ЛВ-40Т	20	0,55; 0,9; 1,5
	13	0,55		40	0,55; 0,9; 1,35
	15	0,65; 1,5		50	0,9
	18	0,55		105	1,5

2.7-кесте

Мақта-қағаз таспалар

Атауы	Ені, мм	Қалыңдығы, мм
Киперлік	10; 12; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 50	0,45
Тафталық	10; 12; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 50	0,25
Миткаль	12; 16; 20; 25; 30; 35	0,22
Батист	10; 12; 16,20	0,12; 0,16; 0,18

Электр-изоляциялық лактар мен эмальдар

Марка	Кептіру режимі		Еріткіш	Қолдану облысы
	кептіру температурасы, °C	кептіру уақыты, сағат		
Битум-майлы лак				
БТ-987	105	6	Бензин, толуол, скипидар, бензин-еріткіш	Орамдарды шылқылдату
БТ-988	105	3	Сондай	Сондай
Глифт-майлы лак				
ГФ-95	105	1 ... 2	Ксилол, скипидар, сольвент-нафта және олардың қоспалары	Майлы трансформаторлардың орамдарын шылқылдату және жағу
Алкид-меламинді лак				
МЛ-92	105	1	Толуол мен бензин-еріткіш қоспасы	Қуаты 100 кВт-ға дейінгі асинхронды электр қозғалтқыштардың статорлары мен роторларының орамдарын шылқылдату
Эпоксидті эмаль				
ЭП-91	190	1,5	Толуол, ксилол, этил спирті және олардың қоспалары	Электр машиналар мен 180°C-қа дейінгі температурада жұмыс істейтін аппараттардың алдыңғы бөліктерін, түйіндерін және бөлшектерін жағу
Кремний органикалық эмальдар				
КО-935	120	1 . 2	Толуол	Электр машиналар мен 180°C-қа дейінгі температурада ұзақ жұмыс істейтін аппараттардың алдыңғы бөліктерін, секцияларын, катушкаларын және басқа да бөлшектерін жағу

Марка	Кептіру режимі		Еріткіш	Қолдану облысы
	кептіру температурасы, °C	кептіру уақыты, сағат		
КО-911	20	20 ... 24	Сондай	Жөндеу, электр машиналар мен аппараттардың алдыңғы бөліктері, секциялары, катушкалары мен басқа да түйіндері үшін. Өртүрлі оқшаулау бөлшектерін әрлеу
КО-936	200	2 ... 3	Сондай	Электр машиналардың секциялары, катушкалары мен басқа бөліктерінің орамдарын жағу
<i>Глифтті және карбамидті шайырлардың негізіндегі эмаль</i>				
У-416	105	1,0 ... 10,5	Ксилол мен бутанол қоспасы	Трансформаторлардың бактарын және басқа жабдық түрлерін сырлау

2.2. Жартылай өткізгіш материалдар

Жартылай өткізгіш — негізгі қасиеті болып оның электр өтімділігі сыртқы факторлардың: электр өрісінің, температураның, сәулелендірудің және т.б. әсеріне тәуелділігі болып табылатын зат. Осындай құрылғылардың көбінде түзетуші p — n -өту қасиеті пайдаланылады, соның есебінен электр сигналдарын түзету және күшейту орын алуы мүмкін.

Негізгі жартылай өткізгіш материалдар кремний мен германий болып табылады, оларды пайдалана отырып, электронды жартылай өткізгіш аспаптардың көп бөлігі — диодтар, стабилитрондар, транзисторлар, тиристорлар, фото қабылдағыштар, күн батареялары, сондай-ақ микроэлектрондық және микропроцессорлық құрылғылардың негізін құрайтын интегралды микросхемалар жасалынады.

Бұл заттармен қатар, жартылай өткізгіш техникада көміртек, фосфор, күшән, висмут, күкірт, селен, теллур мен олардың қосылыстары пайдаланылады, осылар арнаулы сан алуын жартылай өткізгіш аспаптар мен құрылғыларды жасауға мүмкіндік береді. Жартылай өткізгіш материалдардың сипаттамалары мен техникалық деректері [22] бөлімде жан-жақты қарастырылған.

2.3. Өткізгіш материалдар

Өткізгіш материалдар (өткізгіштер) – электр өрісі пайда болған кезде электр тоғы туындайтын заттар аталады. Сондай заттар ретінде қатты денелер, сұйықтықтар мен газдар орын алуы мүмкін.

Электр техникасында қатты өткізгіштердің арасынан көбінесе металдар мен олардың қоспалары, сондай-ақ өткізуші көміртектің түрлендірулері мен соның негізіндегі қосылыстар пайдаланылады. Металл өткізгіш материалдар өткізгіштігі мен кедергісі жоғары материалдарға бөлінеді. Біріншілері электр тоғы өткен кезде электр энергияны біраз жоғалтуларымен сипатталады және сымдар, шоғырсымдар мен шиналарды жасауда қолданылады. 2.9-кестеде электр техникасында қолданылатын металдардың негізгі қасиеттері келтірілген.

2.9-кесте

Металдардың қасиеттері

Металл	Балку температурасы, °С	Қайнау температурасы, °С	Тығыздығы, т/м ³	Меншікті жылу сыйымдылығы, Дж/(кг • К)	Жылу өткізгіштік коэффициенті, Вт/(м • К)	Желілік кеңенің температуралық коэффициенті, 10 ⁻⁶ К ⁻¹	Меншікті кедергі, мКОм•м	Меншікті кедергінің температуралық коэффициенті, 10 ⁻⁴ К
Сынап	38,9	357	13,60	138	10	61,0	0,958	9
Цезий	28,5	700	1,87	234	—	95,0	0,210	48
Галлий	29,7	2 070	5,91	381	—	18,0	0,560	—
Калий	63,7	775	0,87	753	92	80,0	0,069	58
Натрий	97,8	883	0,97	1260	125	70,0	0,046	50
Индий	156,0	2 075	7,28	243	25	25,0	0,090	47
Литий	186,0	1 220	0,53	3 620	71	—	—	—
Қалайы	232,0	2 260	7,31	226	65	23,0	0,120	44
Кадмий	321,0	767	8,65	230	93	30,0	0,076	42
Қорғасын	327,0	1 620	11,40	130	35	29,0	0,210	37
Цинк	420,0	907	7,14	390	111	31,0	0,059	—
Магний	651,0	1 103	1,74	1 040	167	26,0	0,045	42

Металл	Балқу температурасы, °С	Қайнау температурасы, °С	Тығыздығы, т/м ³	Меншікті жылу сыйымдылығы, Дж/(кг·К)	Жылу өткізгіштік коэффициенті, Вт/(м·К)	Желілік кеңеюдің температуралық коэффициенті, 10 ⁻⁶ К ⁻¹	Меншікті кедергі, мкОм·м	Меншікті кедергінің температуралық коэффициенті, 10 ⁻⁴ К
Алюминий	657,0	1 800	2,70	922	209	24,0	0,028	42
Барий	710,0	1 637	3,50	268	—	17,0	0,500	25
Күміс	961,0	1 950	10,50	234	415	19,0	0,016	40
Алтын	1 063,0	2 600	19,30	126	293	14,0	0,024	38
Мыс	1 083,0	2 300	8,94	385	390	16,0	0,017	43
Бериллий	1 284,0	2 500	1,85	200	167	13,0	0,040	60
Никель	1 455,0	2 900	8,90	444	95	13,0	0,073	65
Кобальт	1 492,0	2 900	8,71	435	79	12,0	0,062	60
Темір	1 535,0	3 000	7,87	452	73	11,0	0,098	60
Палладий	1 554,0	2 200	12,10	243	72	12,0	0,110	—
Титан	1 725,0	2 800	4,50	577	15	8,1	0,480	33
Хром	1 850,0	2 430	7,10	—	—	6,5	0,210	—
Платина	1 770,0	4 240	21,40	134	71	9,0	0,105	—
Торий	1 850,0	3 500	11,50	113	—	11,2	0,186	23
Цирконий	1 860,0	4 900	6,50	276	17	5,4	0,410	45
Иридий	2 350,0	4 800	22,50	—	—	—	—	—
Ниобий	2 410,0	3 300	8,57	272	50	7,2	0,140	30
Молибден	2 620,0	3 700	10,20	264	151	5,1	0,057	46
Тантал	2 850,0	4 200	16,70	142	54	6,5	0,135	38
Рений	3 180,0	—	20,50	138	71	4,7	0,210	32
Вольфрам	3 380,0	5 500	19,30	218	168	4,4	0,055	46

Кедергісі жоғары материалдар резисторларды жасауда, сондай-ақ жылу энергиясын алуға арналған әртүрлі жылу қондырғыларында пайдаланылады. 2.10-кестеде кедергісі жоғары қоспалардың орташаланған қасиеттері көрсетілген.

Кедергісі жоғары қоспалардың қасиеттері

Қоспа	Тығыздығы, кг/м ³	Балку температурасы, °C	Керу кезіндегі беріктік шегі, МПа	Меншікті электрлік кедергі 20°C жағдайында, мкОм • м	Температуралық коэффициент, КИ “Г ¹ ”		Ең үлкен жұмыс температурасы, °C	Мыспен қоса термоэдс, мкВ/°C	Қолдану облысы
					меншікті кедергі	желілік кеңею			
Алюмель	8400	1450	595	0,27	4 000	2,6	950	—	Термобу үшін (хромельді сыммен қоса)
Хромель	8720	1455	850	0,67	55	1,55	950	22	Термобу жасау үшін (алюмель не копель сыммен қоса)
Копель	8990	1255	675	0,51	15	1,56	550	46	Термобу үшін (хромельді не мыс сыммен қоса)
Нейзильбер	8700	1085	475	0,36	33	1,9	225	15	Реостаттарды жасау үшін
Манганин	8400	980	575	0,47	0,75	1,9	275	0,95	Резисторларды және дәлдігі жоғары санаттағы аспаптарды жасау үшін
Константан	8900	1265	550	0,45	3,5	1,3	490	40	Дәлдігі төмен санаттағы аспаптарды жасау үшін
Сұр шойын (магнитті емес)	7400	1205	220	1,45	95	1,15	650		Резисторларды, жүктеме реостаттарын, электр машиналардың табандарын, өту изоляторларының фланецтерін және т.б. жасау үшін

2.11-кестеде дәнекерлер бойынша деректер мен оларды қолдану аумағы келтірілген.

2.11-кесте

Дәнекерлердің қасиеттері және олардың қолдану аумағы

Марка	Химиялық құрамы, массасы бойынша %-бен	Балку температурасы, °C	Дәнекерлеу температурасы, °C	Қолдану аумағы
<i>Алюминийді дәнекерлеу үшін</i>				
П250А	Қалайы — 80, цинк — 20	250	300	Алюминий сымдарды қалайылау және дәнекерлеу
П300А	Цинк — 60, кадмий — 40	310	360	Қосылыстарды дәнекерлеу, трансформаторлардың орамдарын орау кезінде қимасы дөңгелек және тікбұрышты алюминий сымдарын тұтастыру
П300Б	Цинк — 80, алюминий — 12, мыс — 8	410	750	Алюминий және мыс бөлшектері бар алюминий сымдарын қүймамен дәнекерлеу
34А	Алюминий — 66, мыс — 28, кремний — 6	525	650	Алюминий мен оның қоспаларынан жасалған бұйымдарды дәнекерлеу
<i>Қалайы-қорғасынды</i>				
ПОС-61	Қалайы — 61, қорғасын — қалғаны	190	240	Мыс пен оның қоспаларын, тоқ өткізетін машина мен аппараттардың бөліктерін қалайылау, дәнекерлеу
ПОС-61М	Қалайы — 61, мыс — 2, қорғасын — қалғаны	192	240	Ұсақ бөлшектер үшін де сондай (0,2 мм-ден аз)
ПОССу95-5	Қалайы — 95, сүрме — 5	240	290	Коллекторларды, зәкір секцияларын, электр машиналардың тоқ өткізетін қосылыстарын және электр жабдығының бөлшектерін дәнекерлеу

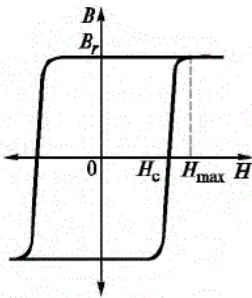
Марка	Химиялық құрамы, массасы бойынша %-бен	Балқу температурасы, °C	Дәнекерлеу температурасы, °C	Қолдану аумағы
ПОССу40-2	Қалайы — 40, сүрме — 0,5, қорғасын — қалғаны	235	285	Коллекторлар бандаждарын және электр машиналардың секцияларын, аспаптарды, қаңылтыр бөлшектерді дәнекерлеу
ПОССу30-2	Қалайы — 30, сүрме — 0,5, қорғасын — қалғаны	255	305	Мыс пен оның қоспаларын, сымдарды, шоғырсымдарды, бандаждарды және аппаратура бөлшектерін дәнекерлеу
ПОС-40	Қалайы — 40, қорғасын — қалғаны	238	290	Мыстан, жезден, қоладан, цинктелген темірден жасалған тоқ өткізуші бөліктерді дәнекерлеу және қалайылау
ПОСК50-18	Қалайы — 51, кадмий — 19, қорғасын — қалғаны	145	185	Мыс пен оның қоспаларынан жасалған бөлшектерді дәнекерлеу

2.4. Магниттік материалдар

Магниттік материалдар деп – концентраторлардың, өткізгіштердің және магниттік өріс көздерін орындай алатын материалдарды атайды. Магниттік материалдарды электр машиналар мен аппараттар, трансформаторлар, электрлі магниттер және тұрақты магниттер, дроссельдер, автоматика мен есептеу техникасының элементтері өндірісінде кеңінен қолданады. Магниттік материалдар жұмсақ магнитті, яғни негізінен магниттік ағын өткізгіштері ретінде пайдаланылатын, және қатты магнитті, яғни магниттік өріс көздері ретінде пайдаланылатын болып ажыратылады.

Магниттік материалдардың маңызды сипаттамасы болып магниттік индукцияның B магниттік өрістің кернеулігіне H тәуелділігі табылады, ол 2.1-суретте бейнеленген. Ерекшелігі – $B(H)$ тәуелділіктің әркелкілігін білдіретін гистерезис ілмегінің болуы. Магниттік гистерезис ілмегі бойынша магниттік материалдардың

Сурет 2.1. Магниттік индукцияның магниттік өріс кернеулігіне тәуелділігі



негізгі параметрлері анықталады: қанығу индукциясы B_s , өрістің максималды кернеулігі $H_{\max}$, қалдықты индукция B_r , коэрцитивті күш H_c . Көптеген материалдар үшін анықтамалықтар ретінде индукцияларының мәндері әртүрлі болған кезде 50 және 400 Гц жиіліктеріндегі меншікті қуат жоғалтулары келтіріледі. Мысалы, $p_{1,0/50} = 3,5$ Вт/кг белгіленуі жиілігі 50 Гц және индукциясы 1 Тл кезде материалдың бір килограммында 3,5 Вт қуаттылықтың жоғалтуын білдіреді. бұл ретте таспаның қалыңдығын немесе магнитті материалдан жасалған пластинаның қалыңдығын көрсету міндетті болып саналады.

Магниттік материалдардың көп бөлігі темірдің басқа заттармен қосылысы болып келеді, олардың орын алуы қажет етілетін қасиеттер мен сипаттамаларға қол жеткізуге мүмкіндік береді. Меншікті электрлік кедергісі мен магниттік өтімділігі жоғары электр-техникалық болат темірге кремний қосу арқылы алынған.

Электр-техникалық болат маркаларының бірінші саны өңдеу түрін және материалдың құрылымдық күйін (1 – ыстықтай тегістелген изотропты; 2 – суықтай тегістелген изотропты); екінші саны – кремний мөлшерін (0 — 0,4%-ға дейін; 1 — 0,4-0,8% аралығында; 2 — 0,8-1,8% аралығында; 3 — 1,8-2,8% аралығында; 4 — 2,8-3,8% аралығында; 5 — 3,8-4,8% аралығында); үшінші саны – негізгі нормаланатын параметрді: меншікті жоғалтуларды (0 — $B = 1,7$ Тл, 50 Гц; 1 — $B = 1,5$ Тл, 50 Гц; 2 — $B = 1$ Тл, 400 Гц) немесе магниттік индукцияны (6 — $H = 0,4$ А/м; 7 — $H = 10$ А/м); төртінші саны – болат типінің реттік нөмірін білдіреді.

Қоспаланбаған электр-техникалық болат маркаларының бірінші цифрі өңдеу түрін (1 — ыстықтай тегістелген, 2 — суықтай тегістелген); екінші цифрі — кремний мөлшері бойынша типін (0 — ескіру коэффициентін нормалаусыз, қоспаланбаған болат, 1 — ескіру коэффициенті берілген); үшінші цифрі — нормаланатын параметрді (8 — коэрцитивті күш); төртінші және бесінші сандары — нормаланатын параметрдің бүтін бірліктердегі мәндері (H_c , А/м).

Қалыңдығы 0,3...1,0 мм электр-техникалық болаттың барынша маркалары H_c 30...90 А/м шегінде, p меншікті қуат жоғалтулары 0,5-10

Вт/кг, қанығу индукциясы B_s 1,5...1,8 шегінде сипатталады.

Темір мен никель қоспасы — *пермаллой*, молибденмен, ванадиймен, вольфраммен, хроммен, кремниймен және мыспен қоспаланған, — бірнеше бірліктердің шегінде мәндері аз H_c болатын, гистерезис ілмегі тар магниттік материалдарды іске асыруға мүмкіндік береді, A/m , және $B_s = 0,63...0,5$ Тл. Мұндай материалдар шағын габаритті трансформаторларда және дроссельдерде, есептеу техникасы құралдарында, жоғары сезімтал аппаратурада және жиылыгы жоғары айналымы магниттік өрістерде жұмыс істейтін басқа да құрылғыларда пайдаланылады.

Бұл топтағы кеңінен таралған қоспалар 79НМ, 80НХС, 76НХД, 72НМДХ деп белгіленген, мұнда алғашқы екі цифрі никельдің мөлшерін %-бен көрсетеді, Н — никельдің болуын, ал қалған әріптер сәйкесінше қоспаланған қосымдардың болуын білдіреді.

Магниттік күшейткіштерде, релелерде, есептеу техникасының элементтерінде пайдаланылатын, гистерезис ілмегі тікбұрышты әрі тар болып келетін, пермаллой тәрізді қоспалар жеке топты құрайды. Бұл топтың барынша кеңінен таралған қоспасы 50НП таспаның не пластинаның қалыңдығына қарай B_s 1,2...1,6 Тл шегінде және H_c 1,6...80 А/м шегінде болады.

Электр-техникалық құрылғыларда металл емес магниттік материалдар да — *ферриттер*, яғни магниттік өріс жиілігінің кең өзгеру ауқымындағы құйынды токтарға жоғалтулары аз болатын, және *магнитті диэлектриктер*, яғни карбонильді темір мен альсифер қоспасының ұнтақтары пайдаланылатын материалдар қолданылады. Никель-цинкті ферриттердің белгіленуінде НН әріптері бар, ал марганец-цинктілерінде — НМ әріптері болады. Ферриттер үшін H_c мәні 0,1... 1,0 А/м, ал B_r мәні — 0,05 ...0,3 Тл құрайды.

Тұрақты магниттерді жасауға арналған қатты магнитті материалдар темір қоспаларының негізінде дайындалады: көміртеппен қоса (мөлшері 1%-ға дейін); никельмен және алюминиймен (ЮНД қоспасы) немесе никельмен, алюминиймен және кобальтпен (ЮНДК қоспалары); бағалы металдармен (ПЛК қоспалары); сирек кездесетін элементтермен (КС қоспалары).

Осы және басқа да магниттік материалдар бойынша жан-жақты мәліметтер [22] бөлімде қамтылған.

Бақылау сұрақтары

1. Диэлектрик дегеніміз не?
2. Диэлектриктердің қандай түрлерін білесіздер?
3. Диэлектриктерді сипаттайтын негізгі параметрлер қандай?
4. Электр-изоляциялық материалдардың қыздыруға төзімділігінің санаттарын атаңыз.

5. Жартылай өткізгіш материалдарды өзгешелейтін негізгі қасиет қандай?
6. Барынша қолданылатын жартылай өткізгіш материалдарды атаңыз.
7. Қандай заттар өткізгіштер деп аталады?
8. Өткізгіштің меншікті кедергісі дегеніміз не?
9. Меншікті кедергісі аз және көп болатын материалдар қандай және олар қайда қолданылады?
10. Өткізгіштер ретінде жиі қолданылатын заттарды атаңыз.
11. Қандай материалдар магниттік деп аталады?
12. Магниттік материалдардың қандай түрлерін білесіздер?
13. Магниттік материалды магниттеу сипаты нені білдіреді және қандай параметрлермен сипатталады?
14. Электр-техникалық болат дегеніміз не?

ӨТКІЗГІШ БҰЙЫМДАР**3.1. Сымдар**

Электр-техникалық жүйелер мен құрылғыларда электр энергияны (электр тоғын) беру үшін сымдар, шоғырсымдар мен шиналар түріндегі өткізгіш бұйымдар қолданылады. Олар жасалған материалына қарай, кимасы, оқшаулау түрі, механикалық бұзылулардан және қоршаған орта әсерлерінен қорғау тәсілдері бойынша бөлінеді.

Сым. Сымдар мен шоғырсымдарды жасаудың негізі ретінде мыс және алюминий сымдары мен қоспалардан жасалатын сым болады. Мыс сым дөңгелек және тікбұрышты қимада шығарылады. Дөңгелек сым жұмсақ (маркасы ММ), қатты (маркасы МТ) және диаметрі 0,02...11 мм байланысуға арналған болып ажыратылады. Сымның тұрақты токқа деген меншікті электрлік кедергісі 0,017...0,018 мкОм · м аспауы тиіс.

Қимасы тікбұрышты мыс сым ПММ (жұмсақ) және ПМТ (қатты) маркаларымен МЕСТ 434-78 бойынша, қалыңдығы 0,08...5,00 мм шегінде және ені 2 ... 30 мм аралығында шығарылады.

Дөңгелек алюминий сым қатты (маркасы АТ), жартылай қатты (маркасы АПТ) және жұмсақ (маркасы АМ) күйінде, диаметрі 0,1...18 мм түрде жасалынады. Сымның тұрақты токқа деген меншікті электрлік кедергісінің мәні 20°C температурасы жағдайында 0,028 мкОм · м аспауы тиіс.

Тікбұрышты алюминий сымды орау сымдарын және басқа да электр-техникалық бұйымдарды жасауға арналған, қатты (белгіленуі ПАТ)және жұмсақ (белгіленуі ПАМ) күйінде, үлкен жағынан өлшемі 2-18 мм, кіші жағынан – 0,8-5,6 мм аралығында дайындалады.

Сымдар. Сымдар оқшауланбаған, монтаждық, күштік және орамдық болып бөлінеді.

Оқшауланбаған сымдар негізінен ауа электр желілерінде қолданылады да, мыстан, алюминийден, қоладан жасалады, сондай-ақ болатты білігі маңайында бір не бірнеше орам алюминий сым оратылатын түрде дайындалады. Оқшауланбаған сымдардың маркалары мен қолдану аумақтары 3.1-естеде келтірілген.

Оқшауланбаған сымдардың маркалары мен қолдану аумақтар

Марка	Сымдардың құралымы	Қолдану аумақтары
М	Бір не бірнеше мыс тұратын сым	II және III типтес ауа атмосферасында барлық микроклиматтық аудандарда құрлықта және теңізде, МЕСТ 15150-69 бойынша
А	Оралған алюминийден тұратын сым	II және III типтес ауа атмосферасында, бірақ атмосферадағы шөгінді беретін күкіртті газ мөлшері $150 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{тәул})$ аспау жағдайында, барлық микроклиматтық аудандарда құрлықта, МЕСТ 15150-69 бойынша, ТВ және ТС аудандарынан басқа
АКП	А маркалы сым, бірақ бүкіл сымның қуысы, сыртқы бетінен басқа, термотөзімділігі жоғары бейтарап майлағышпен толтырылған	Теңіз, тұзды көл жағалауларында, өнеркәсіптік аудандарда және тұзды құм аудандарында, сондай-ақ оларға іргелес жерлерде, II және III типтес ауа атмосферасында барлық микроклиматтық аудандарда құрлықта және теңізде, МЕСТ 15150-69 бойынша
АС	Болатты өзектен және алюминий тұратын сым	А маркасын қараңыз
АСКС	АС маркалы сым, бірақ болатты өзектің сымаралық қуысы, сыртқы бетімен қоса, термотөзімділігі жоғары бейтарап майлағышпен толтырылған	Теңіз, тұзды көл жағалауларында, өнеркәсіптік аудандарда және құм аудандарында, сондай-ақ оларға іргелес жерлерде, II және III типтес ауа атмосферасында, бірақ атмосферадағы шөгінді беретін күкіртті газ мөлшері $200 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{тәул})$ аспау жағдайында, барлық микроклиматтық аудандарда құрлықта, МЕСТ 15150-69 бойынша, климаты тропикалық ылғалды аудандардан басқа

Марка	Сымдардың құралымы	Қолдану аумағы
АН	Термоөңделмеген алюминий қоспасынан жасалған сымдардан оралған сым	А маркасын қараңыз
АНКП	АН маркалы сым, бірақ бүкіл сымның сымаралық қашықтығы, сыртқы бетінен басқа, термотөзімділігі жоғары бейтарап майлағышпен толтырылған	АКП маркасын қараңыз
АЖ	Термоөңделген алюминий қоспасынан жасалған сымдардан оралған	А маркасын қараңыз
АЖКП	АЖ маркалы сым, бірақ бүкіл сымның сымаралық қашықтығы, сыртқы бетінен басқа, термотөзімділігі жоғары бейтарап майлағышпен толтырылған	АКП маркасын қараңыз

Мыс және алюминий сымдарының негізгі есептік сипаттамалары сәйкесінше 3.2 және 3.3-кестелерде келтірілген.

3.2-кесте

М маркалы мыс сымдардың есептік сипаттамалары

Номинал ды кимасы, мм ²	Қима сы, мм	Диаметрі, мм	Тұрақты тоққа кедергісі 20°C жағдайында, Ом/км, астам емес	Сымның ажырағыш күші, Н, кем дегенде		Массасы, кг/км
				сапасы 1-ші санатты МТ мыс сымы	сапасы жоғары МТ мыс сымы	
4	3,94	2,2	4,60092	1 520	1 630	35
6	5,85	2,7	3,07019	2 290	2 430	52
10	9,89	3,6	1,81978	3 630	3 820	88
16	15,90	5,1	1,15730	5 600	6 020	142
25	24,90	6,4	0,73367	8 830	3 490	224
35	34,61	7,5	0,52386	12 300	13 220	311

Номиналды қимасы, мм ²	Қимасы, мм ²	Диаметрі, мм	Тұрақты тоққа кедергісі 20°C жағдайында, Ом/км, астам емес	Сымның ажырағыш күші, Н, кем дегенде		Массасы, кг/км
				сапасы санатты мыс проволокасы	1-ші МТ сапасы жоғары МТ мыс проволокасы	
50	49,40	9,0	0,3682 ₂	16 620	17 490	444
70	67,70	10,7	0,27238	24 750	26 600	612
95	94,00	12,6	0,1944 ₉	34 460	37 000	850
120	117,0	14,0	0,1560 ₃	42 960	46 180	1 058
150	148,0	15,8	0,12388	50 500	54 100	1 338
185	183,0	17,6	0,10015	67 110	72 140	1 659
240	234,0	19,9	0,07809	86 070	92 530	2 124
300	288,0	22,1	0,0637 ₉	100090	105 360	2 614
350	346,0	24,2	0,05309	120270	126 600	3 135
400	389,0	25,5	0,04713	135 490	142 620	3 528

3.3-кесте

А, АКП маркалы алюминий сымдардың есептік сипаттамалары

Номиналды қимасы, мм ²	Қимасы, мм ²	Диаметрі, мм	Тұрақты тоққа кедергісі 20°C жағдайында, Ом/км, астам емес	Сымның ажырағыш күші, Н, кем дегенде		Массасы, кг/км (майлағышсыз)	АКП маркасы үшін майлағыш массасы, кг
				АТ маркалы алюминий проволока	АПТ маркалы алюминий проволока		
16	15,9	5,1	1,83763	—	2 670	43	—
25	24,9	6,4	1,16496	—	4 040	68	—
35	34,3	7,5	0,85013	—	—	94	—
50	49,5	9,0	0,58798	7 060	7 620	135	—
70	69,2	10,7	0,42098	9 110	10 460	189	—
95	92,4	12,3	0,31465	10 140	13 500	252	—

Номиналды қимасы, мм ²	Қимасы, мм ²	Диаметрі, мм	Тұрақты токқа кедергісі 20°С жағдайында, Ом/км, астам емес	Сымның ажырағыш күші, Н, кем дегенде		Массасы, кг/км (майлағышсыз)	АКП маркасы үшін майлағыш массасы, кг
				АТ маркалы алюминий сымы	АПТ маркалы алюминий сымы		
120	117,0	14,0	0,25095	—	19 190	321	16
150	148,0	15,8	0,19780	22 320	23 670	406	20
185	183,0	17,5	0,16085	27 450	29 110	502	25
240	239,0	20,0	0,12279	35 950	37 040	655	33
300	288,0	22,1	0,10186	43 460	46 100	794	54
350	346,0	24,2	0,08478	52 220	55 390	952	65
400	389,0	25,6	0,07567	58 510	62 050	1 072	73
450	442,0	27,3	0,06655	66 980	69 000	1 217	83
500	500,0	29,1	0,05870	73 130	77 700	1 378	94
550	544,0	30,3	0,05400	77 790	82 490	1 500	117
600	587,0	31,5	0,05032	83 480	88 540	1 618	126
650	641,0	32,9	0,04597	91 380	96 920	1 769	138
700	691,0	34,2	0,04261	98 590	104 560	1 907	149
750	747,0	35,6	0,03935	106610	109840	2 061	161
800	805,0	36,9	0,03654	111 460	118430	2 220	173

Болатты-алюминий сымдар аралықтары үлкен, климаттық жағдайлары күрделі (көктайғақ, қар, жел) және т.б., жоғары вольтты электр желілерін салуда кеңінен қолданысқа ие болуда. АС (алюминий), АСКС (болатты-алюминий, болатты және мыс тарамдардың арасындағы бос аралықтар арнайы термотөзімді майлағышпен толтырылған), АСК және т.б. болатты тарамдардан немесе алюминий тарамдарымен өрілген арқандардан тұрады.

Оқшауланбаған сымдарға рұқсат етілетін ұзақ тоқ жүктемелері 3.4-кестеде келтірілген, бұл ретте болатты-алюминий сымдары үшін алымында алюминийдің қимасы, бөлімінде – болаттың қимасы көрсетілген.

Оқшауланбаған сымдардың рұқсат етілетін тоқ жүктемелері

Қимасы, мм ²	Сымның маркасы	Орынжай лардан тыс	Орынжай лардың ішінде	Қимасы, мм ²	Сымның маркасы	Орынжай лардан тыс	Орынжай лардың ішінде
10/1,8	АС	84	53	150	А	440	440
10	М	95	60	185/24	АС	520	520
16/2,7	АС	111	79	185/29	АС	510	510
16	М	133	102	185/43	АС	515	515
16	А	105	75	185	М	650	650
25/4,2	АС	142	109	185	А	500	500
25	М	183	137	240/32	АС	605	605
25	А	136	106	240/39	АС	610	610
25/6,2	АС	175	135	240/56	АС	610	610
35	М	223	173	240	М	760	760
35	А	170	130	240	А	590	590
50/8	АС	210	165	300/39	АС	710	710
50	М	275	219	300/48	АС	690	690
50	А	215	165	300/66	АС	680	680
70/11	АС	265	210	300	М	880	740
70	М	337	268	300	А	680	570
70	А	265	210	330/27	АС	730	—
95/16	АС	330	260	400/22	АС	830	713
95	М	422	341	400/51	АС	825	705
95	А	320	255	400/64	АС	860	—
120/19	АС	390	313	400	М	1050	895
120	М	485	395	400	А	815	690
120	А	375	300	500/27	АС	960	830
120/27	АС	375	—	500	А	980	820
150/19	АС	450	365	600/72	АС	1050	920
150/24	АС	450	365	600	А	1 100	955
150/34	АС	450	—	700/86	АС	1 180	1 040
150	М	570	465				

КЕсет

Кесте 3.5-те оқшауланбаған алюминий сымдардың қасиеттері келтірілген.

АС, АСКС, АСКП, АСК маркалы оқшауланбаған алюминий сымдарының есептік сипаттамалары

Номиналды қимасы, мм ² , алюминий/болат	Қимасы, мм		Диаметрі, мм		Тұрақты токқа кедергісі 20°C жағдайында, Ом/км	Сымның ажырағыш күші, Н, кем дегенде		Массасы, кг/км, майлағышсыз
	алюминий	болат	сымдар	болатты өзек		АТ маркалы алюминий сым	АПТ маркалы алюминий сымы	
10/1,8	10,6	1,77	4,5	1,5	2,76630	—	3 790	43
16/2,7	16,1	2,69	5,6	1,9	1,80934	—	5810	65
25/4,2	24,9	6,15	6,9	2,3	1,17590	—	8730	100
35/6,2	36,9	6,15	8,4	2,8	0,78970	—	12 720	148
50/8,0	48,2	8,04	9,5	3,2	0,60298	15710	16140	195
70/11	68,0	11,3	11,4	3,8	0,42859	22170	22 770	276
70/72	68,4	72,2	15,4	11,0	0,42760	—	90180	755
95/16	95,4	15,9	13,5	4,5	0,30599	30690	31530	385
120/19	118,0	18,8	15,2	5,5	0,24917	—	40520	471
95/141	91,2	141,0	19,8	15,4	0,32108	—	168050	1357
120/27	114,0	26,6	15,4	6,6	0,25293	—	48680	528
150/19	148,0	18,6	16,8	5,5	0,19919	—	45 060	554

Номиналды қимасы, мм ² , алюминий/болат	Қимасы, мм		Диаметрі, мм		Тұрақты токқа кедергісі 20°C жағдайында, Ом/км	Сымның ажырағыш күші, Н, кем дегенде		Массасы, кг/км, майлағышсыз
	алюминий	болат	сымдар	болатты өзек		АТ маркалы алюминий сымы	АПТ маркалы алюминий сымы	
150/24	149,0	24,2	17,1	6,3	0,19798	—	50960	559
185/24	187,0	24,2	18,9	6,3	0,15701	54 950	56 750	705
185/29	181,0	29,0	18,8	6,9	0,16218	58370	60640	728
185/43	185,0	43,1	19,6	8,4	0,15954	—	76 020	846
185/128	187,0	128,0	23,1	14,7	0,15762	—	171610	1525
205/27	205,0	26,6	19,8	6,6	0,14294	60380	62 350	774
240/32	244,0	31,7	21,6	7,2	0,12060	70 940	73 280	921
240/39	236,0	38,6	21,6	8,0	0,12428	76 880	79 260	952
240/56	241,0	56,3	22,4	9,6	0,12182	94090	96410	1 106
300/39	301,0	38,6	24,0	8,0	0,09747	87280	88 730	1 132
300/48	295,0	47,8	24,1	8,9	0,09983	95 720	98550	1 186
300/66	288,0	65,8	24,5	10,5	0,10226	116 460	119 240	1313
300/67	288,0	67,3	24,5	10,5	0,10226	112 460	115230	1317
300/204	298,0	204,0	29,2	18,6	0,09934	—	266 830	2 428

300/27	319,0	26,6	24,2	6,6	0,09387	—	86 310	1 106
330/43	332,0	43,1	25,2	8,4	0,08888	—	101540	1255
400/22	394,0	22,0	26,6	6,0	0,07501	—	92 740	1261
400/51	394,0	51,1	27,5	9,2	0,07477	113 200	118130	1490
400/64	390,0	63,5	27,7	10,2	0,07528	123100	126 850	1572
400/93	406,0	93,2	29,1	12,5	0,07247	160760	164 660	1851
400/56	434,0	56,3	28,8	9,6	0,06786	124 720	128900	1640
500/27	481,0	26,6	29,4	6,67	0,06129	104 000	110010	1537
500/64	490,0	63,5	30,6	10,2	0,06005	140960	145 680	1852
500/204	496,0	204,0	34,5	18,6	0,06025	293960	301 100	2 979
500/336	490,0	336,0	37,5	23,9	0,06040	433 120	437845	4 005
550/71	549,0	71,2	32,4	10,8	0,05381	157 700	162965	2 076
600/72	580,0	72,2	33,2	11,0	0,05091	169 750	175314	2170
650/79	634,0	78,9	34,7	11,5	0,04655	183 500	191411	2 372
700/86	687,0	85,9	36,2	12,0	0,04289	199 550	208 140	2 575
750/93	748,0	93,2	37,7	12,5	0,03839	217030	224230	2 800
800/105	821,0	105,0	39,7	13,3	0,03586	241030	248940	3 092
1 000/56	1 002,9	56,3	42,4	9,6	0,02936	210100	219 740	3 062

Монтаждық сымдарды аппараттар мен құрылғыларды блок ішінде және блок арасында монтаждау үшін пайдаланылады. Оларда тоқ өткізетін тарамдар мыстан, оның ішінде қалайы, никель мен күміс жалатылып орындалады. Тоқ өткізетін тарамдардың изоляциясы полиэтиленнен, поливинилхлоридтан, пластиктен және фторопластан болуы мүмкін. Кейбір монтаждық сымдар шыны талшық, лавсан мен капрон талшықтарының негізіндегі изоляциямен қоса жасалынады, орау әдісімен салынып, бетіне лак жағылады. Монтаждық сымдар тікбұрышты қимада да орындалады.

Оқшауланған мыс (М), алюминий (А) және болатты-алюминий (АС) сымдардың рұқсат етілетін ұзақ тоқ жүктемелері 3.6-кестеде келтірілген.

3.6-кесте

Оқшауланған сымдардың рұқсат етілетін ұзақ тоқтары

Қимасы, м ²	Сымның маркасы	Орынжайлардан тыс	Орынжайлардың ішінде	Сымның маркасы			
				М	А	М	А
				орынжайлардан тыс		орынжайлардың ішінде	
10	АС-10/1,8	84	53	95	—	60	—
16	АС-16/2,7	111	79	133	105	102	75
25	АС-25/4,2	142	109	183	136	137	106
35	АС-35/6,2	175	135	223	170	173	130
50	АС-50/8	210	165	275	215	219	165
70	АС-70/11	265	210	337	265	268	210
95	АС-95/16	330	260	422	320	341	255
120	АС-120/19	390	313	485	375	395	300
120	АС-120/27	375	—	485	375	395	300
150	АС-150/19	450	365	570	440	465	355
150	АС-150/24	450	365	570	440	465	355
150	АС-150/34	450	—	570	440	465	355
185	АС-185/24	520	430	650	500	540	410
185	АС-185/29	510	425	650	500	540	410
185	АС-185/43	515	—	650	500	540	410

Қимасы, мм ²	Сымның маркасы	Орынжайлардан тыс	Орынжайлардың ішінде	Сымның маркасы			
				М	А	М	А
				орынжайлардан тыс		орынжайлардың ішінде	
240	АС-240/32	605	505			685	490
240	АС-240/39	610	505			685	490
240	АС-240/56	610	—	760	590	685	490
300	АС-300/39	710	600	880	680	740	570
300	АС-300/48	690	585	880	680	740	570
300	АС-300/66	680	—	880	680	740	570
330	АС-330/27	730	—	—	—	—	—
400	АС-400/22	830	713	1 050	815	895	690
400	АС-400/51	825	705	1 050	815	895	690
400	АС-400/64	860	—	1 050	815	895	690
500	АС-500/27	960	830	—	980	—	820
600	АС-600/72	1 050	920	—	1 100	—	955
700	АС-700/86	1 180	1 040	—	—	—	—

Күштік сымдар ашық ауада және орынжайлардың ішінде күш пен жарық желілерінде пайдалануға, сылақ астынан жасырын өткізуге арналған; қимасы 0,5-120 мм² болатын тоқ өткізетін тарамдары мыстан, алюминийден және биметалл алюминий-мыстан жасалған. Изоляция пластиктен, полиэтиленнен, резинадан, асбесттен, шыны талшықтан және резиналы шыны матадан жасалады. МЕСТ 22483-77 сәйкес сымдар мен шоғырсымдар тарамдарының қималары келесідей бекітілген, мм²: 0,03; 0,05; 0,08; 0,12; 0,20; 0,35; 0,50; 0,60; 0,80; 1,0; 1,2; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10; 16; 25; 50; 70; 95; 120; 150; 185; 240; 300; 400; 500; 625; 800; 1000; 1200; 1600; 2 000.

Орау сымдары электр машиналардың, аппараттардың, аспаптар мен басқа да электр-техникалық құрылғылардың орамдарын дайындау үшін қолданылады. Тоқ өткізетін тарамдар сымның арналуына қарай мыстан не алюминийден немесе кедергісі жоғары қоспалардан – нихром, манганин, константан дайындалады.

Изялоция ретінде эмальды лактардың негізіндегі эмаль жабындары, лак сіндірілген талшық, табиғи жібек, синтетикалық және қағаз-мақталы иірілген жіп, үлдір, қағаз бен пластмасса қолданылады. Өткізгіштердің қимасы 80 мм^2 -ге дейін, дөңгелек не тікбұрыш түрінде. 3.7 және 3.8 кестелерде сәйкесінше эмальды және эмаль-талшықты орау сымдарының деректері келтірілген.

3.7-кесте

Эмальды сымдардың техникалық сипаттамалары

Сымның маркасы	Тоқ өткізетін тарамның номиналды диаметрі, мм	Изоляцияның минималды қалыңдығы, мм	Температурасы, °С
ПЭЛ	0,02 ... 2,50	0,004 ... 0,006	105
ПЭВ-1	0,02 ... 2,50	0,006 ... 0,055	105
ПЭВ-2	0,05 ... 2,50	0,012 ... 0,070	105
ПЭМ-1	0,05 ... 2,50	0,020 ... 0,100	105
ПЭМ-2	0,05 ... 2,50	0,030 ... 0,130	105
ПЭМФ	0,25 ... 0,95	0,030 ... 0,050	105
ПЭВБЖ	0,02 ... 0,050	0,004 ... 0,008	105
ПЭВД ПЭВДБ	0,10 ... 0,51	0,015 ... 0,035	105
ПЭВТЛ-1	0,02 ... 1,60	0,002 ... 0,04	120
ПЭВТЛ-2	0,02 ... 1,60	0,004 ... 0,06	120
0,025ПЭВТЛН-1	0,02 ... 1,60	0,002 ... 0,04	120
ПЭВТЛН-2	0,02 ... 1,60	0,004 ... 0,06	120
ПЭВТЛК	0,06 ... 0,355	0,025 ... 0,050	120
ПЭТВ	0,06 ... 2,50	0,010 ... 0,07	130
ПЭТВ-939	0,06 ... 2,50	0,010 ... 0,07	130
ПЭТВ-ТС	0,06 ... 2,50	0,010 ... 0,07	130
ПЭТВМ	0,25 ... 1,40	0,035 ... 0,065	130
ПЭТВ-Р	0,02 ... 0,20	0,006 ... 0,015	130
ПЭТ-155	0,06 ... 2,50	0,010 ... 0,070	155
ПЭТМ	0,53 ... 1,32	0,033 ... 0,060	155
ПЭФ-155	0,063 ... 1,60	0,008 ... 0,070	155
ПЭТ-200	0,50 ... 2,50	0,035 ... 0,070	200

Эмальды-талшықты сымдар

Сымның маркасы	Сымның номиналды өлшемдері, мм (дөңгелек - диаметрі, тікбұрышты - қырлары)	Изоляцияның қосарлы қалыңдығы, мм	Температурасы, °С
ПБД	0,38 ... 5,2	0,22 ... 0,33	105
АПБД	1,35 ... 8,0; $a = 1,81 \dots 7,0$; $b = 4,1 \dots 18,0$	0,27 ... 0,35 0,27 ... 0,44	105
ПШД	$a = 0,8 \dots 1,32$; $b = 2,8 \dots 4,5$	0,15 ... 0,20	105
ПЭЛБО	0,38 ... 2,12	0,17 ... 0,22	105
ПЭЛБД	0,93 ... 2,12	0,28 ... 0,33	105
ПЭЛШО	0,05 ... 1,56	0,08 ... 0,16	105
ПЭЛШКО	0,10 ... 1,56	0,08 ... 0,16	105
ПЭЛШКД	0,75 ... 1,45	0,19	105
ПЭЛЛО, ПЭВЛО	0,05 ... 1,32	0,08 ... 0,14	105
ПЭТВЛО	0,20 ... 1,32	0,12 ... 0,18	130
ПЭВТЛЛО	0,20 ... 1,32	0,12 ... 0,18	120

Әуедегі электр желілері үшін және ғимараттар мен құрылыстарға кіретін тарамдары үшін өзін көтеруші оқшауланған сымдар (ӨОС) қолданылады. 3.9-кестеде «Завод Мос- кабель» ЖАҚ зауыты өндірген, номиналды кернеуі 0,6/1 кВ ӨОС сымдары бойынша деректер келтірілген.

3.9-кесте

Өзін көтеретін оқшауланған сымдардың техникалық деректері

Сымның маркасы	Қимадағы тарамдардың саны, мм ²	Ескертпе
СИП-1	1 x 16 + 1 x 25; 3 x 16 + 1 x 25; 3 x 25 + 1 x 35; 3 x 25 + 1 x 50; 3 x 50 + 1 x 50; 3 x 50 + 1 x 70; 3 x 70 + 1 x 70; 3 x 70 + 1 x 95; 3 x 95 + 1 x 70; 3 x 95 + 1 x 95; 3 x 120 + 1 x 95; 4 x 16 + 1 x 25; 4x25+ 1 x35	Көтеретін оқшауланбаған шина алюминий қоспасынан жасалған

Сымның маркасы	Қимадағы тарамдардың саны, мм ²	Ескертпе
СИП-1А	1 x 16 + 1 x 25; 3 x 16 + 1 x 25; 3 x 25 + 1 x 35; 3 x 25 + 1 x 50; 3 x 50 + 1 x 50; 3 x 50 + 1 x 70; 3 x 70 + 1 x 70; 3 x 70 + 1 x 95; 3 x 95 + 1 x 70; 3 x 95 + 1 x 95; 3 x 120 + 1 x 95; 4 x 16 + 1 x 25; 4x25+1 x35	Көтеретін нөлдік тарам жарықтай тұрақталған термопластикалық полиэтиленмен оқшауланған
СИП-2	1 x 16 + 1 x 25; 3 x 16 + 1 x 25; 3 x 25 + 1 x 35; 3 x 25 + 1 x 50; 3 x 50 + 1 x 50; 3 x 50 + 1 x 70; 3 x 70 + 1 x 70; 3 x 70 + 1 x 95; 3 x 95 + 1 x 70; 3 x 95 + 1 x 95; 3 x 120 + 1 x 95; 4 x 16 + 1 x 25; 4x25+1 x35	Көтеретін оқшауланбаған шина алюминий қоспасынан жасалған
СИП-2А	1 x 16 + 1 x 25; 3 x 16 + 1 x 25; 3 x 25 + 1 x 35; 3 x 25 + 1 x 50; 3 x 50 + 1 x 50; 3 x 50 + 1 x 70; 3 x 70 + 1 x 70; 3 x 70 + 1 x 95; 3 x 95 + 1 x 70; 3 x 95 + 1 x 95; 3 x 120 + 1 x 95; 4 x 16 + 1 x 25; 4 x 25 + 1 x 35; 3 x 25 + 1 x 54,6; 3 x 35 + 1 x 54,6; 3 x 50 + 1 x 54,6; 3 x 70 + 1 x 54,6	Көтеретін нөлдік тарам жарықтай тұрақталған тігісті полиэтиленмен оқшауланған
СИП-3	35; 50; 70; 95; 120; 150	Алюминий қоспасынан жасалған тарамы бар бір тарамды сымның кернеуі 20 кВ-ға дейінші тігісті полиэтиленнен қорғаныс қабықшасы болады
ЗАЛП-В	35; 50; 70; 95; 120; 150	Сондай, кернеуі 35 кВ-ға дейінгі су бұғаттайтын элементтері болады

3.2. Шиналар

Шиналар негізінен электр станцияларындағы, қосалқы станциялардағы және бөліп-тарату құрылғыларындағы шиналық жинақтарды және шиналық сымдарды жасауға арналған. Электр-техникалық шиналар мыс пен алюминийден жасалады. Мыс шиналар МЕСТ 434-78 бойынша келесідей болады: ШММ — жұмсақ мыс шиналар; ШМТ — қатты мыс шиналар; ШМТВ — оттегісіз мыстан жасалған өатты мыс шиналар. Шиналардың номиналды өлшемі аз жағынан (қалыңдығы) 4...30 мм, ал үлкен жағынан (ені) — 16...120 мм құрайды.

ШАТ маркалы қимасы тікбұрышты окшауланбаған алюминий шиналар ТШ 16-705.002-77 бойынша кең жағынан 10.120 мм және тар жағынан 3.12 мм болып шығарылады. Бұл шиналардың есептік қимасы 30-1 440 мм² аралығында болады. Шиналардың тұрақты токқа меншікті электрлік кедергісі 20°C температура жағдайында 0,029.0,031 мкОм - маспауы тиіс.

3.3. Кабельдер

Кабельдік бұйымдар көптеген белгілері бойынша сыныпқа бөлінеді. Қолдану салалары бойынша кабельдер келесі түрлерге бөлінеді.

Қуатты кабельдер электр энергиясын өткізу және таратуға арналады және қағаздан, пластиктан, полиэтиленнен, резинадан және өзге де окшаулайтын материалдардан жасалған окшаулаумен мыс және алюминий тоқ өткізгіш тарамдармен шығарылады. Кабельдердің қорғасын, алюминий, резина немесе пластмасса қорғаныс қабықшалары бар және 500 кВ-ға дейін қуатқа шығарылады.

Бақылау кабельдері аспаптарды, аппараттарды және өзге де құрылғыларды қоректендіру үшін қолданылады. Олардың саны 4-тен 37-ге дейін жететін 0,75.10 мм² қимасымен мыс немесе алюминий тарамдары болуы мүмкін.

Басқару кабельдері автоматиканың әр түрлі құрылғыларын қоректендіру үшін қолданылады және, әдетте, олардың болаттан жасалған сымдардан жасалған қорғаныш құралы салынатын мыс тарамдары мен пластмасса қабықшасы болады. Мұндай қабықша сыртқы электромагнитті кедергілерден экрандайды және механикалық зақымданудан қорғанысты қамтамасыз етеді. Басқару кабельдерінің тарамдарының саны – 3-тен 108-ге дейін болады.

Байланыс кабельдері ақпараттың электр сигналдарын өткізуге арналады. Байланыс кабельдері жоғары жиілікті және төмен жиілікті болып бөлінеді, сонымен бірге алғашқысы алыс байланыстарға, ал екіншісі – жергілікті байланысқа арналады.

Радио жиілікті кабельдер әр түрлі радиотехникалық құрылғылар мен жүйелер арасындағы электр байланыстарын қамтамасыз етуге арналады. Олардың полиэтиленнен немесе фторопласттан жасалған окшаулығымен мыс орталық тарамымен коаксиалдық құрылымы бар. Окшаулау үстінен сыртқы өткізуші немесе полиэтиленнен немесе пластиктен қорғаныс қабықшасын салынады.

Кабельдік өнімнің келтірілген түрлері бірнеше мыңнан астам атауы бар шығарылатын кабельдік бұйымдардың электротехникалық өнеркәсіптің бір бөлігін ғана құрайды [15, 22]. Бұдан әрі электроэнергетикада, электрмен қамсыздандыру жүйелерінде және электротехникалық құрылымдарда қолданылатын кабельдерді қарастырамыз. Кабельдердің әріптік белгілері 3.10-кестесінде келтірілген.

3.10-кесте

Кабельдердің белгіленуі

Әріптік белгілері	Мәні
А	Алюминий тарамы
АС	Алюминий тарамы және мыс қабықша
АА	Алюминий тарамы және алюминий қабықша

Б	Тоттануға қарсы жабынмен екі болат лентадан жасалған сауыт
Бн	Жанбайтын қорғаныс жабынымен, дәл осындай (жануды қолдамайды)
г	Сауыт немес қабықша үстінде қорғаныс жабындарының болмауы
Л(2Л)	В Сауыт астында жастықшада пластмасса лентадан қабаты (екі қабат) бар
В(Н)	Сауыт астында жастықшада тығыздалған поливинилхлоридтан жасалған шланг бар (полиэтилен)
ТТТв (Шн)	Поливинилхлоридтан тығыздалған шланг (қабықша) түрінде қорғаныс қабықшасы (полиэтилен)
К	Дөңгелек мырыштанған болат сымдардан сауыт, оның үстіне қорғаныс жабын салынған.
Н	Жануды қолдамайтын қорғаныс жабыны
м	Май толтырылып құйылған
п	Тегіс мырышталған сымдардан сауыт, оның үстіне қорғаныс жабын салынған
С	Қорғасын қабықша
о	Әр фаза үстінен жекелеген қабықша
В (белгілеу соңында дефис арқылы)	Әлсіз сіңген қағаз оқшаулау
ц	Құрамында церезин бар ағып кетпейтін қоспа сіңірілген қағаз оқшаулау

3.10-кестенің соңы

НР	Жануды қолдамайтын резина оқшаулау және резинадан қабықша
В	Поливинилхлоридтан оқшаулау немесе қабықша
П	Термопластикалық полиэтиленнен оқшаулау немесе қабықша
Нс	Өзі сөнетін полиэтиленнен (жануды қолдамайтын) оқшаулау немесе қабықша
Бб	Қалыпқа келтірілген болат лентадан сауыт

Мыстан жасалған тарамдардың болуы таңбалауда ерекшеленбейді. Кабельдерді белгілеу мысалдарды: ААБв – алюминий тарамдарымен кабель, алюминий қабықшада, поливинилхлоридтан тығыздалған болат лентадан сауыт астында; СБ – қорғасын қабықшада мыс тарамдармен қағаз сіңірілген оқашаулаумен кабель (С), болат лентадан сауытпен (Б), битум сіңірілген кабельдік жіптен қорғаныс жабынмен; АСБ – СБ сияқты, бірақ алюминий тарамдары бар; ААБ – АСБ сияқты, бірақ алюминий қабықшамен.

3.11-кестеде 1...10 кВ қуатқа арналған үш тарамды кабель туралы мәліметтер келтірілген.

3.11-кесте

Үш тарамды кабельдердің техникалық сипаттамасы

Таңбалардың белгіленуі	Тарамдар саны	кВ номиналдық қуаттылығы кезінде номиналдық тарамдар қимасы мм ²			
		1	3	6	10
ААГ, ААШв, ААШп, ААБл, ААБ2лШн, ААБ2лШп, ААБлГ, ААБ2л, АСГ, СГ, АСШв, АСБ, СБ, АСБл, СБл, АСБн, СБн, АСБлн, СБлн, АСБГ, СБГ, АСБ2л, СБ2л, АСБ2лШв, СБ2лШв, АСБ2лГ, СБ2лГ	3	6 ... 240	6 . 240	10 . 240	16 ... 240
СПШв, СБШв	3	16 ...240	—	10 ... 240	16 ... 240

3.11-кестенің соңы

Таңбалардың белгіленуі	Тарамдар саны	кВ номиналдық қуаттылығы кезінде номиналдық тарамдар қимасы мм ²			
		1	3	6	10
ААПл, ААП2л, ААПлГ, ААП3лГ, ААП2лШв, АСП, СП, АСПл, СПл, АСП2л, СП2л, АСПлн, СПлн, АСПГ, СПГ, АСКл, СКл, АСП2лГ, СП2лГ	3	25 ... 240	25 ... 240	16 ... 240	16 ... 240
СПШв	3	25 ... 240	—	16 ... 240	16 ... 240

АОАБ, ОАБ, АОАБ2л, ОАБ2л, АОАБ2лГ, ОАБ2лГ, АОСБ, ОСБ, АОСБл, ОСБл, АОСБн, ОСБи, АОСБГ, ОСБГ, АОАШвБ, ОАШвБ	3				
АОСК, ОСК	3	—	—	—	—
ААШв-В, ААП2лШв-В, ААБл-В, ААБ2л-В, АСБ-В, СБ-В, АСБл-В, СБл-В, АСБн-В, СБн-В, ААГ-В, АСБлн-В, СБлн-В, АСБГ-В, СБГ-В, АСБ2л-В, СБ2л-В, ААШп-В	3	6 ... 120	6 . 120	16 ... 120	
ААБв, ААБвГ	3	—	—	10 ... 240	16 ... 240
ААШв-В, ААБГл-В, АСБГ-В, СБГ-В	3	185 ... 240	—	—	—
ААПл-В, ААПлГ-В, АСП-В, СП-В, АСПл-В, АСПлн-В, СПлпн-В, АСП2л-В, СП2п-В	3	25 ... 150	25 ... 150	16 ... 120	
АСПГ-В, СПГ-В, АСП2л-В, СП2лГ-В	3	185 ... 240	—	—	—

3.12-кестесінде 1 кВ қуатты төрт тарамды қуатты кабельдер туралы мәліметтер келтірілген. Төртінші тарам (нольдік) 120 мм² қимасы бар кабельдер үшін бірдей фазалық тарамдары болуы мүмкін.

3.12-кесте

1 кВ қуаттылығына арналған төрт тарапты қуатты кабельдер

Таңбалардың белгіленуі	Тарамадардың қимасы мм ²
ААГ, ААШп, ААШв, ААБлГ, ААП2лШв, ААБл, ААБ2л, АСГ, СГ, АСБ, СБ, АСБл, СБл, АСБн, СБи, АСБлн, СБлн, АСБГ, СБГ, АСБ2л, СБ2л, АСШв, СШв, СБШв	10 ... 185
ААПл, ААП2л, ААПлГ, АСП, СП, АСПл, СПл, АСПлн, СПлн, АСПГ, СПГ, АСП2л, СПШв, АСКл, СКл	16 ... 185
АСКл, СКл	25 ... 185

ААШв-В, ААП2лШв-В, ААБл-В, ААБ2л-В, АСБ-В, СБ-В, АСБл-В, СБл-В, АСБн-В, СБн-В, АСБлн-В, АСБ2л-В, СБ2л-В	10 ... 120
ААБлГ-В	16 ... 120
АСБГ-В, СБГ-В	10 ... 185
ААПл-В, ААПлГ-В, СП-В, АСП-В, АСПл-В, СПн-В, АСПлн-В, СПлн-В, АСПГ-В, СПГ-В, АСП2л-В, СП2л-В	16 ... 120

3.13-кестеде жерден тарту үшін ұсынылатын кабельдер маркасы келтірілген

3.13-кесте

Жерден және траншеялардан тартуға арналған кабельдер

Кабельдердің түрі мен маркасы			Трассада тарту шарты	Қолдану аясы
Қағаз сіңірілген окшаулаумен		пластмассалық және резиналық		
пайдалану кезінде мәнді созылу күшіне	пайдалану кезінде мәнді созылу күшіне	пайдалану кезінде мәнді созылу күшіне		
ААШв, ААШп, АЛБл, АСБ	ААПл, АСПл	АВВ, АПсВГ, АПаВГ	Адаспа тоқтарсыз	Төмен тоттану белсенділігімен жерде

3.13-кестенің соңы

Кабельдердің түрі мен маркасы			Трассада тарту шарты	Қолдану аясы
Қағаз сіңірілген окшаулаумен		пластмассалық және резиналық окшаулаумен		
пайдалану кезінде мәнді созылу күшіне шалдықпай	пайдалану кезінде мәнді созылу күшіне шалдығады	пайдалану кезінде мәнді созылу күшіне шалдықпай		

ААШв, ААШп, ААБ2л, АСБ	ААП2л, АСПл	АПВГ, АБВБ, АПВБ, АПсВБ,	Адаспа токтардың болуы	Төмен тоттану белсенділігі мен жерде (траншеяда)
ААШв, ААШп, ААБл, ААБ2л, АСБ, АСБл	ААПл, АСПл	АППБ, АПвВБ, АПБбШв	Адаспа токтарсыз	Төмен тоттану белсенділігі мен жерде (траншеяда)
ААШп, ААШв, ААБ2л, ААБв, АСБл	ААП2л, АСПл	АПвБбШв, АВВбШп	Адаспа токтардың болуымен	
ААШп, ААШв, ААБ2л, ААП2лШв, АСБ2л, ААБ2лШп, АСП2л, ААБ2лШв, ААБв, АСБл		АПсБбШв, АВГБ, АНРБ	Адаспа токтарсыз	Төмен тоттану белсенділігі мен жерде (траншеяда)
ААШп, ААБв, АСБ2л, АСБ2лШв	ААП2лШв, АСП2л	АВАБл, АПАБл	Адаспа токтардың болуымен	

3.14-кестеде ауада салуға арналған кабель маркалары көрсетілген

Ауада салуға арналған кабельдер

Металл қабықшада қағаз сіңірілген оқшауланған		Пластмасса және резина оқшаулануымен және қабықшамен		Қолдану саласы
пайдала нуда механик алық зақымда	пайдалануда механикалық зақымдану қауіпсіздігі бар кезінде	пайдалануда механикалық зақымдану қауіпсіздігі жоқ кезінде	пайдалануда механикалық зақымдану қауіпсіздігі бар кезінде	
ААГ, ААШВ ААТТТВ	ААБЛГ ААБЛГ	АВВГ, АВРГ АНРГ, АПВВГ, АПВГ, АПсВГ, АПсВГ	АВВБГ, АВРБГ АВББШВ, АПВВБП, АПАТТТВ, АВАТТТВ, АПВББШВ, АПсББШВ, АпсВБГ, АПВБП, АНРБГ	Жай-күйде, арналарда, кабельдік жартылай қабаттарда, шахталарда, кәріздерде өндірістік үй-жайларда тарту: а) құрғақ б) сызды, әлсіз тоттану белсенділігі бар орта болған кезде
ААТТТВ, АСТТТВ	ААБЛГ, ААБ2ЛТТТВ, ААБЛГ, АСБЛГ, АСБ2ЛГ, АСБ2ЛШВ			в) сызды, орташа және жоғары тоттану ортасы бар жиі суға толатын кезде
ААГ, ААТТТ В	ААБВГ, ААБЛГ, АСБЛГ	АВВГ, АВРГ, АПсВГ, АНРГ, АСРГ, АПсВГ	АВВБГ, АВВБГ, АВББШВ, АПсББШВ, АПсВБГ, АВРБГ, АСРБГ	Өрт қауіпі бар үй- жайда тарту

Металл қабықшада қағаз сіңірілген окшауланған		Пластмасса және резина окшаулануымен және қабықшамен		Қолдану аясы
пайдалануда механикалық зақымдану қауіпі кезінде	пайдалануда механикалық зақымдану қауіпі бар кезінде	пайдалануда механикалық зақымдану қауіпі жоқ кезінде	пайдалануда механикалық зақымдану қауіпі бар кезінде	
СБГ, СБШв, ААТТТв ААБлГ. АСБГ, ААТТТв ААГ, АСГ, СТТТв, ААТТТ	— — ААБлГ, АСБГ	ВВГ, ВРГ, НРГ, СРГ АВВГ, АВРГ. АВВГ, АВРГ, АНРГ, АСРГ	ВБВ, ВББШв, ВВБбГ, НРБГ, АВБВ, АВБбШв. АВВБбГ, АВВБГ, АСРБГ, АВРБГ —	Жарылыс қауіпі бар аймақтарда тарту сыныптапала: а) В-Т, В-Та б) В-Тг, В-П в) В-Тб, В-Па
АТТТв ААТТТв, ААБлГ ААБвГ, АСБлГ,	ААБлГ, ААБвГ, ААБ2лШв, — ААБлГ	— ААВГ, АВРГ, АНРГ, АПсВГ, АПвВГ, АПВГ, АПвсВГ, АВ, —	АВВБГ, АВВБбГ, АНРБГ, АПсВБГ, АПвсВГ, АВАТТТв АВВБГ, АВВБбГ, АВРБГ, АНРБГ, АВАТТТв АПсВБГ, АПВБГ	Эстакадаларда тарту: а) технологиялық б) арнайы кабельдік в) көпірлерде
СГ, АСГ		АВВГ, АПсВГ, АПвВГ, АПВГ		Прокладка в блоках

Тартудың әр түрлі тәсілі кезінде рұқсатты ток жүктемесі 3.15-3.22-кестеде келтірілген

Жер бойымен тартылған қорғасын немесе алюминий қабықшада қағаз сіңірілген оқашулауланған мыс тарамдарымен кабельдердің рұқсатты ток жүктемесі, А.

Тарамдардың қимасы мм ²	1 кВ-қа дейін кернеу кезінде бір тарамды	1 кВ-қа дейін кернеу кезінде екі тарамды	Кернеу кезінде үш тарамды кабельдер			1 кВ-ға дейін кернеу кезінде төрт тарамды
			до 3 кВ	до 6 кВ	10 кВ	
2,5	—	45	40	—	—	—
4	80	60	55	—	—	50
6	105	80	70	—	—	60
10	140	105	95	80	—	85
16	175	140	120	105	95	115
25	235	185	160	135	120	150
35	285	225	190	160	150	175
50	360	270	235	200	180	215
70	440	325	285	245	215	265
95	520	380	340	295	265	310
120	595	435	390	340	310	350
150	675	500	435	390	355	395
185	755	—	490	440	400	450
240	880	—	570	510	460	—
380	1 000	—	—	—	—	—
400	1 220	—	—	—	—	—
500	1 400	—	—	—	—	—
625	1 520	—	—	—	—	—
800	1 700	—	—	—	—	—

**Май канифольмен және ағып кетпейтін қоспамен қағазға сіңірілген А,
кабельдердің рұқсатты ток жүктемелері**

Тарамды ардың қимасы , мм ²	1 кВ-қа дейін кернеу кезінде бір тарамды	1 кВ-қа дейін кернеу кезінде екі тарамды	кернеу кезінде үш тарамды кабельдер			1 кВ-ға дейін кернеу кезінде төрт тарамды
			до 3 кВ	до 6 кВ	10 кВ	
2,5	40	30	28	—	—	—
4	55	40	37	—	—	35
6	75	55	45	—	—	45
10	95	75	75	55	—	60
16	120	95	95	65	60	80
25	160	130	130	90	85	100
35	200	150	150	110	105	120
50	245	185	185	145	135	145
70	305	225	225	175	165	185
95	360	275	275	215	200	215
120	425	320	320	250	240	260
150	470	375	375	290	270	300
185	525	—	430	325	305	340
240	610	—	—	375	350	—
300	720	—	—	—	—	—
400	880	—	—	—	—	—
500	1 020	—	—	—	—	—
625	1 180	—	—	—	—	—
800	1 400	—	—	—	—	—

Сумен өткізілетін қорғасын қабықшада оқшауланған май канифоль және ағып кетпейтін қоспамен сіңірілген қағазбен мыс тарамды А, кабельдердің ток жүктемелері

Тарамдардың қимасы, мм ²	Кернеу кезінде үш тарамды кабель			1 кВт дейінгі кернеу кезіндегі төрт тарамды кабель
	до 3 кВ	до 6 кВ	10 кВ	
16	—	135	120	—
25	210	170	150	195
35	250	205	180	280
50	305	255	220	285
70	375	310	275	350
95	440	375	340	410
120	505	430	395	470
150	565	500	450	—
185	615	545	510	—
240	715	625	585	—

3.18-кесте

Темір қорғаныс қабықшасында резина оқшауландыруымен мыс тарамдармен А, кабельдер мен сымдардың және сауытта және сауытта емес қорғасында, пластмассада немесе резина қабықшада резина немесе пластмасса оқшаулаумен, мыс тарамдармен кабельдердің ток жүктемесі (1 кВ)

Тарамдардың қимасы, мм ²	Бір тарамды кабельдер	Екі тарамды кабельдер		Үш тарамды кабельдер	
	ауада	ауада	жерде	ауада	жерде
1,5	23	19	33	19	27
2,5	30	27	44	25	38
4	41	38	55	35	49
6	50	50	70	42	60
10	80	70	105	55	90

3.18-кестенің соңы

Тарамдардың қимасы, мм ²	Бір тарамды кабельдер	Екі тарамды кабельдер		Үш тарамды кабельдер	
	ауада	ауада	жерде	ауада	жерде
16	100	90	135	75	115
25	140	115	175	95	150
35	170	140	210	120	180
50	215	175	265	145	225
70	270	215	320	180	275
95	325	260	385	220	330
120	385	300	445	260	385
150	440	350	505	305	435
185	510	405	570	350	500
240	605	—	—	—	—

3.19-кесте

Жерден/ауадан өткізу кезінде қорғасын немесе алюминий қабықшада қағаз оқшаулаумен алюминий тарамдарымен А, кабельдерінің рұқсатты ток жүктемелері

Ток өткізетін тарамдардың қимасы, мм ²	Кернеу кезінде үш тарамды кабельдер			1 кВ-қа дейін кернеу кезінде төрт тарамды кабельдер
	до 3 кВ	до 6 кВ	до 10 кВ	
6	55/35	—	—	46/—
10	75/46	60/42	—	65/45
16	90/60	80/50	75/46	90/60
25	125/80	105/70	90/65	115/75
35	145/95	125/85	115/80	135/95
50	180/120	155/110	140/105	165/110
70	220/155	190/135	165/130	200/140
95	260/190	225/165	205/155	240/165

Ток өткізетін тарамдардың қимасы, мм ²	Кернеу кезінде үш тарамды кабельдер			1 кВ-қа дейін кернеу кезінде төрт тарамды кабельдер
	до 3 кВ	до 6 кВ	до 10 кВ	
120	300/220	260/190	240/185	270/200
150	335/225	300/225	275/210	305/230
185	380/290	340/250	310/235	345/260
240	440/330	390/290	355/270	—

Жерден/ауадан өткізу кезінде қорғасын, полихлорвинил немесе резина қабықшада резина немесе пластмасса оқшаулаумен алюминий тарамдарымен А, кабельдерінің рұқсатты ток жүктемелері

Тарамдардың қимасы, мм ²	Бір тарамды кабельдер	Екі тарамды кабельдер	Үш тарамды кабельдер
2,5	23	21/34	19/29
4	31	29/42	27/38
6	38	38/55	32/46
10	60	55/80	42/70
16	75	70/105	60/90
25	105	90/135	75/115
35	130	105/160	90/140
50	165	135/205	110/175
70	210	165/245	140/210
95	250	200/295	170/225
120	295	230/340	200/295
150	340	270/390	235/335
185	395	310/440	270/385
240	465	—	—

Мыс тарамды резина және пластмасса оқшауымен А, сымдар мен баулардың рұқсатты ток жүктемелері

Тарамдар қимасы, мм ²	Сымдар ашық салынған	Сымдар бір тұрбада салынған				
		Екі бір-тарамды	Үш бір-тарамды	төрт бір-тарамды	бір бір-тарамды	бір үш-тарамды
0,5	и	—	—	—	—	—
0,75	15	—	—	—	—	—
1	17	16	15	14	15	14
1,5	23	19	17	16	18	15
2,5	30	27	25	25	25	21
4	41	38	35	30	32	27
6	50	46	42	40	40	34
10	80	70	60	50	55	50
16	100	85	80	75	80	70
25	140	115	100	90	100	85
35	170	135	125	115	125	100
50	215	185	170	150	160	135
70	270	225	210	185	195	175
95	330	275	255	225	245	215
120	385	315	290	260	295	250

3.22-кесте

Полихлорвинил оқшауымен алюминий тарамдарымен А, сымдарға рұқсатты ұзақ ток жүктемелері

Ток өткізетін тарамдар қимасы, мм ²	Ашық салынған сымдар	Тұрбада салынған сымдар (бір тарамды)			Ток өткізетін тарамдар қимасы мм ²	Ашық салынған сымдар	Тұрбада салынған сымдар (бір тарамды)		
		екі	үш	төрт			екі	үш	төрт
2	21	19	18	15	16	75	60	60	55
2,5	24	20	19	19	25	105	85	80	70
3	27	24	22	21	35	130	100	95	85

Ток өткізетін тарамдардың қимасы, мм ²	Ашық салынған сымдар	Тұрбада салынған сымдар (бір тарамды)			Ток өткізетін тарамдар қимасы мм ²	Ашық салынған сымдар	Тұрбада салынған сымдар (бір тарамды)		
		екі	үш	төрт			екі	үш	төрт
4	32	28	28	23	50	165	140	130	120
4	36	32	30	27	70	210	175	165	140
6	39	36	32	30	95	255	215	200	175
8	46	43	40	37	120	295	245	220	200
10	60	50	47	39					

3.23-кестеде бақылау кабельдерінің негізгі түрлері келтірілген.

3.23-кесте

Бақылау кабельдерінің техникалық сипаттамалары

Маркасы	тарамдардың материалы	Ток өткізетін тарамдардың қимасы, мм ²	Оқшауланған тарамдардың саны
<i>Резина оқшаулауымен кабельдер</i>			
КРСГ, КРСБ, КРСБГ, КРСК	М	1; 1,5; 2,5	4; 5; 7; 10; 14; 19; 27; 37
	М	4; 6	4; 7; 10
КРВГ, КРВГЭ, АКРВГ, АКРВГЭ	М	0,75; 1,0; 1,5	4; 5; 7; 10; 14; 19; 27; 37; 52
КРВБ, АКРВБ, КРВБГ, АКРВБГ, КРВБ6Г, АКРВБ6Г, КРНГ, АКРНГ, КРНБ, АКРНБ, КРНБГ, АКРНБГ, КРНБГц, АКРНБГц, КРНБ6Г, АКРНБ6Г	М, А	2,5	4; 5; 7; 10; 14; 19; 27; 37
	М, А	4; 6; 10	4; 7; 10
	А	10	4; 7; 10
<i>Поливинилхлорид оқшаулаумен кабельдер</i>			
КВВГ, КВВГЭ, АКВВГ, АКВВГЭ, КВВБ, АКВВБ, КВВБГ, АКВВБГ, КВВБГц, АКВВБГц,	М	0,75; 1,0; 1,5	4; 5; 7; 10; 14; 19; 27; 37; 52; 61
	М, А	2,5	4; 5; 7; 10; 14; 19; 27; 37

Маркасы	Тарамдар материалы	Ток өткізетін тарамдардың қимасы, мм ²	Оқшауланған тарамдардың саны
КВВБ6Г, АКВВБ6Г, КВБ6Шв, АКВБ6Шв, КВП6Шв, КВСтШв, АКВСтШв	М, А	4; 6	4; 7; 10
<i>Полиэтилен оқшаулаумен кабельдер</i>			
КПВГ, АКПВГ, КПВБ, АКПВБ, КПВБГ, АКПВБГ, КПВБ6Г, АКПВБ6Г, КПБ6Шв, АКПБ6Шв, КПП6Шв, КПСтШв, АКПСтШв, КПсВГ, АКПсВГ, КПсВГЭ, АКПсВГЭ, КПсВБ, АКПсВБ, КПсВБГ, АКПсВБГ, КПсВБ6Г, АКПсВБ6Г, КПсБ6Шв, АКПсБ6Шв, КПсП6Шв	М	0,75; 1,0; 1,5	4; 5; 7; 10; 14; 19; 27; 37; 52; 61
	М, А	2,5	4; 5; 7; 10; 14; 19; 27; 37
	М, А	4; 6	4; 7; 10
	А	10	4; 7; 10

Бақылау кабельдері әр түрлі электротехникалық құрылғыларда төмен вольтты аз қуатты дабылдар беру үшін қолданылады. Кабельдер 660 В ауыспалы кернеуге дейін 100 Гц жиілікте және 1000 В тұрақты кернеуге дейін есептелген. Кабельдердің тарамдары мыстан (қима 0,75-тен 6 мм² дейін) және алюминийден (қима 2,5-ден 10 мм²) жасалады.

Бақылау кабельдерін (К)оқшаулау резинадан (маркада таңбалау - Р), полиэтиленнен (П), фторопластан (Ф), кейбір жағдайларда - кабельдік сіңірілген қағаздан жасалады.

Кабельдер қабықшалары резинадан немесе пластмассадан, қорғасын және алюминийден жасалады. Сыртқы электр тегеруінен сақтау үшін экран (Э) болуы мүмкін. төсеме шартына байланысты бақылау кабельдерінің сауытты (Б) және қорғаныс жабындары болуы мүмкін.

Кабельді белгілеу шифрлаудың мысалдары: КРСБ- мыс тарамды бақылау кабелі, резина оқшауымен, қорғасын қабықшасымен, сауыты бар; АКВВБГ – алюминий тарамдарымен, поливинилхлоридті оқшауымен және қабықшасымен, тоттануға қарсы жабынмен екі болат лентамен сауытталған. 3.24-кестеде басқару кабельдері туралы мәліметтер келтірілген.

Басқару кабельдерінің техникалық сипаттамасы

<i>Кабель маркасы</i>	<i>Тарам қиылысы, мм²</i>	<i>Тарам саны</i>	<i>Есептік массасы кг/км</i>	<i>Ескерту</i>
КРШУ	1,00	4 ... 37	200 ... 1180	Оқшауландыру — резина және прорезиналық мата лента, экран — мыс үктелген сым (МҮС), орауы — прорезиналанған резина, панцир сауыт, : 1 – болат мырышталған сым (БМС), 2-тот баспайтын болат сым (ТБМС), 3-мыс үктелген сым
КРШУЭ	1,00	4 ... 37	300 ... 1940	
КУШГПВ	0,35	7 ... 108	68 ... 810	
КУШГПВ-П (1),	0,50	7 ... 108	78,7 ... 965	
КУШГПВ-П (2), КУШГПВ-П (3)				
КРШГПР	0,35	4 ... 108	58 ... 879	Оқшауландыру — полиэтилен (ПЭ), орауы — полиамид пленка, прорезиналық мата пленка (ПМП), орауы — резина, панцирь сауыт: болат мырышталған сым, тот баспайтын болат сым, мыс үктелген сым
КРШГПР-П	0,50	4 ... 108	64,8 ... 1031	
КУШГПР-Пм	0,75	4 ... 37	92 ... 643	
КУШГПВ-П (1),	1,00	4 ... 37	103 ... 760	
	1,50	4 ... 37	134 ... 1016	
КЭРШ, КЭРШ-П	0,35	16 ... 115	237 ... 1310	Оқшауландыру – ПЭ, Экран – мыс үктелген сым А, орауы – полиамид пленка, панцирь сауыт: болат мырышталған сым, тот баспайтын болат сым, мыс үктелген сым, қабықшасы - резина

<i>Кабель маркасы</i>	<i>Тарам қиылысы, мм²</i>	<i>Тарам саны</i>	<i>Есептік массасы кг/км</i>	<i>Ескерту</i>
КЭРШ-Пн,	0,35	9 ... 63	263 ... 1481	-
КЭРШ-Пм	0,50	16 ... 115	106 ... 1006	
	0,75	9 ... 63	113 ... 1090	
	0,35	4 ... 52	130 ... 565	
	0,50	4 ... 52	154 ... 706	
	0,15	4 ... 19	207 ... 972	
КПКР, КПКР-П	0,50	12	209 ... 295	Оқшаулау – ПЭ, қабықша – 0,1 мм қалыңдықты капрон, орам – ПК-4 полиамидті пленка, сауытты қорғаныш – тотықпайтын темір сым
	0,75	4	119 ... 185	
КУПКР	0,50	12	182	Оқшаулау – ПЭ, қабықша – 0,1 мм қалыңдықты капрон, орам – ПК-4 полиамидті пленка, сауытты қорғаныш – тотықпайтын темір сым
	1,00	37	400	
КФШР, КФЭШР	0,50	10 ... 48	155 ... 529	Оқшауландыру— фторопласт 40Ш,орамасы — Ф-4 бағытталған пленкасы, КДФР экран жоқ, КДФЭР — Ф-4 бағытталған пленкасы, қабықшасы
	0,20	24	233	
	0,35	45	511	
	0,20	10	170	
	0,35	19	282	

КБФРТ	0,50	12	282	Фторопласт 4 бағытталған пленкалары, экран — мыс үктелген сым, қабықшасы — резина ШНН-45Л
	0,75	14	434	
	0,50	4	147	
	0,75	7	192	
КДФР	0,20	3 ... 52	82,1 ... 349	Оқшаулау – 40Ш фторопласты, орам –Ф-4 бағытталған пленка, КДФР-да экран жоқ, КДФР-да - – Ф-4 бағытталған пленка, орам – ШНН-45Л резинасы, орағыш – жібек, лавсан
КДФЭР	0,35	3 ... 52		
	1,00	61		
	1,50	3 ... 52		
	0,20	3 ... 52		
	0,35	3 ... 52		
	0,20	9 ... 32		
	0,35	7 ... 17		
КУС	0,5	1	85	Оқшауландыру — кремнийорганикалық резина, экран — күмістелген сым, экран және жүрекше бойынша орағыш — Ф-4 бағытталған пленка, қабықшасы — кремнийорганикалық резина
КФРВ	0,75	19	210	Оқшауландыру — фторопласт-40Ш, орамы — Ф-4 бағытталған пленка, орамасы — фенилон лак сіңірілген жібек, лавсан, қабықшасы — лавсанмен түзетілген кремнийорганикалық резина
КУФЭФС	0,75	2	84,6	Оқшауландыру — фторопласт-40Ш, экран — мыс үктелген сым, орамасы — Ф-4 бағытталған пленка, қабықшасы — фторкаучук

Басқару кабельдері 1 000 В дейін ауыспалы кернеуде 5 кГц жиілікке дейін немесе 1 400 В дейін тұрақты кернеуде аз қуатты дабылдарды өткізу үшін арналған. Басқару кабельдердің қозғалмай қондырылатын бақылау кабельдерден айырмашылығы қозғалыста қосылуы болып табылады. Кабельдердің, әдетте, 0,03 ... 2,5 мм² қимасымен және 3-тен 108-ге дейін санымен мыс тарамдары болады. Кабельдер экрандалмаған, жартылай экрандалған тарамдарымен, барлық тарамдары экрандалған, қос экранды болуы мүмкін. Басқару кабельдерінің тарамдарының ток өткізетін тарамдарының бірдей қимасы да әр түрлі қимасы да болады. Ұзақ қолдану температурасының диапазоны: резиналық оқшауланған кабельдер үшін 70°С-тан фторопласт – 4 оқшауландырумен болады.

Кабельдік өнімдердің жаңа түрлері. Кабельдік өнеркәсіптің дамуы тігілген полиэтилен (ТПЭ) оқшауландырумен қуатты кабельдерді, өрт қауіпсіз кабельдерді; өзінде бар оқшауланған сымдар және талшықты-оптикалық байланыс кабельдерін шығаруға әкелді.

Қуатты кабельдер қағаздың арнайы қоспасымен сіңірілген (АСҚ) оқшауландыруы бар дәстүрлі кабельдермен салыстырғанда салмағы жеңіл, диаметрі кіші, тқмен зақымдануымен және жоғары өткізу қабілетімен, сондай-ақ дымқыл ортаға үлкен тұрақтылығымен және төмен диэлектрлік шығындарымен ерекшеленеді.

Мұндай кабельдердің құрылымы радиалдық және көлденең бағытта дымқылдың кіруінен герметизацияланған, бұл оларды сулы топырақтарда пайдалануға мүмкіндік береді. 10 киловатты кабельдердің оқшауландыруын АСК-дан ТПЭ-ге ауыстырған кезде пайдалану шығындарын азайтуға қол жеткізуге болады.

Өрт қауіпсіз кабельдер жауапты объектілердің (АЭС және т.б.) адамдардың (метрополитен, сауықтық залдар және т.б.), сондай-ақ электрондық жабдықтар және телекоммуникациялық жүйелердің зақымдануынан өрт кезінде қорғау үшін қажетті кешенді қасиеттері болуы керек.

Кабельдердің өрт қауіпсіздігі келесі көрсеткіштерге сәйкес қамтамасыз етіледі:

- Жанатын массаның жоғары шоғырланған орамдарында кабельдерді өткізу кезінде кабельдің коммуникациялар бойынша жанудың таралмауы;

- Түтінің аз бөлінуі, тот белсенді және денсаулыққа қауіпті жанатын өнімдерді төмен өрт қауіпті пластикаттардың жаңа сериясын қолданумен кабельдер (LS — low smoke индексмен кабельдер) және қабықшасы галогенсіз материалдардан жасалған кабельдер (HF — halogen free индексмен кабельдер) қамтамасыз етеді. HF-кабельдер LS-кабельдермен салыстырғанда жанған кезде түтін құрайтын төмен қабілеттілігі мен газдардың төмен қышқылдығы бар;

- Берілген уақытта объектінің жануы кезінде кабельдердің жұмысын қамтамасыз ету (3 сағатқа дейін) (FR-кабельдер немесе отқа берік кабельдер).

3.25-кесте

Жануды таратпайтын кабельдердің рұқсатты ток жүктемелері

Номиналдық қима, мм ²	Галогендері жоқ полимерлік композициядан оқшауландыру			Силанольдік тігілген полиэтиленмен	
	Бір тарамдық	Үш тарамд	Төрт және бес	Бір тарамдық	Үш, төрт және бес
16	121	87	81	140	101

25	160	115	107	185	131
35	197	141	131	228	163
50	247	177	165	—	—
70	318	226	210	—	—
95	386	274	255	—	—
120	450	321	299	—	—
150	521	370	344	—	—
185	594	421	392	—	—
240	704	499	464	—	—

* — тұрақты токта жұмыс үшін ток жүктемелері.

3.25-кестеде «Завод Москабель» ЖАҚ өндірісінің 0,66 және 1 кВ кернеу кезінде 100 Гц жиілігімен жай-күйлерде және кабельдік құрылымдарда өткізу кезінде галогені жоқ және силанольдік тігілген полиэтиленнен оқшауландырумен полимер композициялардан қуатты кабельдердің рұқсатты ток жүктемелері келтірілген.

3.26-кестеде ТУ 16.К71-304—2001-ге сәйкес шығарылатын, 1 кВ номиналдық кернеуімен «Завод Москабель» ЖАҚ өндірісінде құрамында галоген жоқ, полимер композициялардан оқшауландырылған және қабықшасымен жануды таратпайтын, қуатты кабельдердің мәліметтері келтірілген.

3.26-кесте

Нг-НГ индексті қуатты кабельдердің техникалық сипаттамалары

Кабель маркасы	Тарамдар саны	Тарамдар қимасы, мм ²	Ескерту
ППГнг-НГ	1, 3, 4, 5	16 ... 240	Механикалық зақымдану қауіпі жоқ кезде кабельдік құрылымдарда және жай-күйлерде өткізу үшін мыс тарамдарымен кабельдер

3.26-кестенің соңы

Кабель маркасы	Тарамдар саны	Тарамдар қимасы, мм ²	Ескерту
ПБбПнг-НГ	3, 4, 5	16 ... 240	Дәл солай, сауытталған. Пайдалану үрдісінде механикалық зақымдану қауіпі бар кезде кабельдік құрылымдарда және жай-күйлерде өткізу

ПвПнг-НГ	1, 3, 4, 5	16 ... 35	Мыс тарамдарымен кабельдер,тігілген полиэтиленнен оқшауланған. Пайдалану кезінде механикалық зақымдану қауіпі жоқ кезде кабельдік құрылымдарда және жай-күйлерде өткізу
----------	------------	-----------	---

Өзі таситын оқшау сымдар 0,4 және 6 және 10 кВ кернеуде ауа күштерін және жарық беру желілерінде электр энергиясын өткізу және таратуға арналған.

Оқшауланған өзі таситын сымдардың оқшауланбағандармен салыстырғандағы пайдалану басымдылығы төмендегідей:

- Пайдалануда жоғары сенімділік;
- Атмосфералық әсерлерге беріктік (мұзға айналу, желдің әсері);
- желінің индуктивті қарсы әсерінің 3,5 есе төмендеуі;
- жасыл отырғызуларды қорғау (өткізу жолындағы ағаштар мен бұталарды кесу қажет етілмейді).

ОӨС жоғары сенімділігі 80 %-ға пайдаланушылық шығындарды төмендетуге мүмкіндік береді, өйткені қысқа өшірілу және ағаштың құоауымен, қар жабысуымен туындаған үзілулер іс жүзінде болмайды.желіде электр энергиясының жоғалуы 3 еседен астам азаяды, заңсыз қосылу тәуекелі де төмендейді.ОӨС техникалық мәліметтері 3.9-кестеде келтірілген.

Талшықты-оптикалық кабельдер (ТОК) перспективалық және тез дамып отыратын байланыс кабелі болып табылады, бір мезетте ондаған миллион телефонмен сөйлесуді немесе мындаған телевизиялық цифлық арналарды беруге қабілетті. Бұл кварцтық шынының ондаған терагерцті қамтитын зор жиілік кеңістігінде оптикалық дабылдарды тасу мүмкіндігі есебінен болып отыр.

ТОК негізгі элементі цилиндр пішіндес жарық дабылдары беріліп отыратын жіңішке оптикалық талшық түрінде орындалған жарық өткізгіш болып табылады.

Жарық өткізгіштің екі қабатты құрылымы және жүрекшесі мен қабықшасы бар. Жүрекше, әдетте, кварцтан тұрады және жарық энергиясын өткізу үшін қызмет етеді. Қабықшасы кварцтан немесе полимерден болуы мүмкін, және оның «жүрекше-қабықша» шекарасында шағылысудың ыңғайлы жағдайын құруда және қоршаған кеңістіктен кедергілерден қорғауға арналған. Жарық өткізгіштің сыртынан оның механикалық әсер етуден және түрлі-түсті әсерден сақтау үшін қорғаныс жабыны орналасқан.

Жарық өткізгіш бойынша бір немесе бірнеше, сән деп аталатын жарық сәулелері тарайды. Сәйкесінше бір сәндік және көп сәндік жарық өткізгіштер деп бөлінеді.

Байланыс желісінің үлкен өткізгіш қабілетін қамтамасыз ету үшін әлсіз өшетін бір модальық талшықтың аз мөлшері (8-ге дейін) ТОК өндірілетін, ал тарату желілері үшін кабельдер желі сегменттері арасындағы ара қашықтыққа байланысты бір модальық та көп модальық та 144-ке дейін талшықтар болуы мүмкін.

Пайдалану шарты бойынша кабельдер монтаждық, станциялық, аймақтық және магистральдық болып бөлінеді.кабельдердің алғашқы екі түрі ғимарат пен құрылымдардың ішінде өткізуге арналған.Олар ыңғайлы, жеңіл, әдетте, кіші құрылыстық ұзындығы бар. Соңғы екі түрі кабельдің кабельдік коммуникациялардың құдықтарында, топырақта, ЛЭП жағалай тұғырларында, су астында өткізу үшін арналған. Бұл кабельдердің сыртқы әсерден қорғаныстары бар және ұзындығы еі километрден астам болады.

Ресейде ТОК бірнеше кабельдік өнім өндірушілермен шығарылады. «Завод Москабель» ЖАҚ ОМЗКГМ, ОКСТМ, ОКСТМН, ОКСНМ, ОКПМ, ОКПД түрлі

көп модалық ТОК, және ОМЗКГЦ түрлі бір модалық ТОК және ғимараттың ішінде, кабель арналарында, тұрбаларда, тоннельдерде және көпірлерде өткізуге арналған әр түрлі бірқатар ТОК өндіреді.

3.4. Бөліктерді есептеу, сымдарды, кабельдерді және шиналарды таңдау

Сымдар, кабельдер және шиналар желінің осы түрі үшін жеткілікті түрде механикалық берік болуы керек;

Сымдар, кабельдер және шиналар желінің осы түрі үшін электрмен қамсыздандыру жүйесінде қысқа тұйықталу туындаған кезде жеткілікті термикалық беріктігі болуы керек;

Сымдар, кабельдер мен шиналардың қимасы электр үзігінің барынша ток сақтау жарғысына сәйкес болуы керек.

Өткізгіштердің есептік ток жүктемесі 1 есеп, А, төмендегідей анықталады:

Үш фазалық төрт сымды және үш сымды желі үшін —

$$I_{\text{расч}} = P_{\text{max}} / (\sqrt{3} U_{\text{н.л}} \cos \varphi);$$

Нольдік сыммен екі фазалық желі үшін —

$$I_{\text{расч}} = P_{\text{max}} / (2 U_{\text{н.ф}} \cos \varphi);$$

Бір фазалық желі үшін —

$$I_{\text{расч}} = P_{\text{max}} / (U_{\text{н.ф}} \cos \varphi),$$

бұнда P_{max} — есептік барынша жүктеме, Вт; $U_{\text{н.л}}$, $U_{\text{н.ф}}$ — номиналдық желілік және фазалық кернеу, В; $\cos \varphi$ — жүктеме қуаттылығының коэффициенті.

Электр беру желісінің қалыпты жағдайын қамтамасыз ету үшін кабель қызу бойынша, кернеу жоғалту және қысқа тұйықталу токтары кезінде термикалық беріктігі бойынша тексерілуі керек.

Қызу бойынша өткізгіштер қимасын таңдау және тексеру

Адоп.есеп қатынасы бойынша жасалады.

$$I_{\text{доп.расч}} \leq k_1 k_{\text{н.к}} I_{\text{доп.табл}},$$

бұнда k_1 — қоршаған желінің нақты температурасын ескеретін түзету коэффициенті; $k_{\text{н.к}}$ — траншеяда өткізілген кабельдердің санын санын ескеретін коэффициент.

3.27-кестеде жалаңаш және оқшауланған кабельдер, жалаңаш және оқшауланған сымдар [6] үшін түзету коэффициентінің k_1 мәні келтірілген, бұнда $t_{\text{расп}}$, $t_{\text{норм}}$ — сәйкесінше ортаның есептік температурасы және тарамдардың нормаланатын температурасы.

Жер мен ауаның температурасына түзету коэффициенті

$t_{расп}$ °C	$t_{норм}$ °C	Ортаның нақты температурасы кезінде коэффициенті, °C											
		-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
25	80	1,2 4	1,2 0	1,1 7	1,1 3	1,0 9	1,0 4	1,0 0	0,9 5	0,9 0	0,8 5	0,8 0	0,7 4
15		1,1 4	1,1 1	1,0 8	1,0 4	1,0 0	0,9 6	0,9 2	0,8 8	0,8 3	0,7 8	0,7 3	0,6 8

3.27-кестенің соңы

$t_{расп}$ °C	$t_{норм}$ °C	Ортаның нақты температурасы кезінде коэффициенті, °C											
		-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
25	70	1,2 9	1,2 4	1,2 0	1,1 5	1,1 1	1,0 5	1,0 0	0,9 4	0,8 8	0,8 1	0,7 4	0,6 7
15		1,1 8	1,1 4	1,1 0	1,0 5	1,0 0	0,9 5	0,8 9	0,8 4	0,7 7	0,7 1	0,6 3	0,5 5
25	65	1,3 2	1,2 7	1,2 2	1,1 7	1,1 2	1,0 6	1,0 0	0,9 4	0,8 7	0,7 9	0,7 1	0,6 1
15		1,2 0	1,1 5	1,1 2	1,0 6	1,0 0	0,9 4	0,8 8	0,8 2	0,7 5	0,6 7	0,5 7	0,4 1
25	60	1,3 6	1,3 1	1,2 5	1,2 0	1,1 3	1,0 7	1,0 0	0,9 3	0,8 5	0,7 6	0,6 6	0,5 4
15		1,2 2	1,1 7	1,1 2	1,0 7	1,0 0	0,9 3	0,8 6	0,7 9	0,7 1	0,6 1	0,5 0	0,3 6
25	55	1,4 1	1,3 5	1,2 9	1,2 3	1,1 5	1,0 8	1,0 0	0,9 1	0,8 2	0,7 1	0,5 8	0,4 1
15		1,2 5	1,2 0	1,1 4	1,0 7	1,0 0	0,9 3	0,8 4	0,7 6	0,6 6	0,5 4	0,3 7	—
25	50	1,4 8	1,4 1	1,3 4	1,2 6	1,1 8	1,0 9	1,0 0	0,8 9	0,7 8	0,6 3	0,4 5	—

3.28-кесте

Жұмыс жасаушы кабельдердің санын түзету коэффициенті

Жарықта кабельдер арасындағы ара	Кабель саны кезінде коэффициенттің мәні					
	1	2	3	4	5	6
100	1,00	0,9	0,85	0,80	0,78	0,75
200	1,00	0,92	0,87	0,84	0,82	0,81
300	1,00	0,93	0,90	0,87	0,86	0,85

3.28-кестеде $k_{л-к}$ [15] коэффициентінің мәні келтіреді. Кернеудің жоғалуы бойынша тексеріс жарық беру қондырғылары үшін және 1 км-ден астам кабельдік

желінің ұзындығы кезінде жүргізіледі. Үш фазалық ток желі үшін белгіленген деңгей бойынша кернеудің жойылуы үшін қиманы есептеу және таңдау келесі оңайтылған формула бойынша орындалады:

$$S_{\text{п.н}} = PL / (U \Delta U \gamma),$$

бұнда P — қабылдағыштар қуаттылығы, Вт; L — желінің есептік ұзындығы, м; ΔU — кернеудің жоғалуы, В; γ — өткізгіш шекті электр өткізуі, См/м.

Бұл формула белгілі қимасы болған жағдайда ΔU кернеуінің жоғалуын, өткізгіштер материалы мен ұзындығын анықтау үшін қолданылады.

Кейбір есептерде желілердің шекті белсенді және индуктивті үйкеліс мәнінің білімі талап етіледі. 3.29 – кестеде x_0 желісінің шекті индуктивті үйкелістің орташа мәні келтірілген.

Желінің шекті белсенді үйкелісі

$$R = 1\ 000/s$$

формуласы бойынша есептеледі,

бұнда s — бір фазаның өткізгішінің қимасы, мм².

Термикалық беріктік бойынша қиманы тексеру электр қамсыздандыру жүйесінде қысқа тұйықталу токтары есебі негізінде жүргізіледі. Қысқа тұйықталудың тоққа терминалық ең аз беріктігі $I_{\text{к.з}}$ кабельдің қимасы $s_{\text{т.у}}$ мына формула бойынша анықталады.

$$S_{\text{т.у}} = (I_{\text{к.з}} \sqrt{t_{\text{к.з}}}) / C,$$

мұнда $I_{\text{к.з}}$ — қысқа тұйықталған ток; $t_{\text{к.з}}$ — қысқа тұйықталудың есептік уақыты; C — кабельдер үшін терминалық коэффициент.

Механикалық беріктік шарты бойынша сымдардың аз рұқсатты қималары 3.30-кесте [15] келтірілген.

3.31-кестеде сымдар, шиналар және кабельдер үшін экономикалық тығыздығының мәні келтірілген[15].

S өткізгіштерінің экономикалық дұрыс қимасы

$$S = I / j_{\text{эк}} \text{ формуласы бойынша анықталады.}$$

мұнда I — өткізгіштердің есептік тогы.

3.29-кесте

Желінің шекті индуктивті үйкелісінің орташа мәні

Желінің түрі және оның жұыс кернеуі	x_0 , Ом/км
Бір тізбекті ауа желілері 6, 10, 15, 35, 64, 110 кВ	0,40
1 кВ-қа дейін ауа желілері	0,30
6 және 10 кВ кабельдік желілер	0,12
Кабельдік желілер 35 кВ	0,08
Кабельдік желілер 1 кВ	0,07

**Механикалық шарты беріктігі бойынша сымдардың
аз рұқсатты қималары**

Сымның сипаттамасы және өткізу шарттары	Тарамның ең аз қимасы, мм ²	
	мыс	алюминий
Жарық беру арматураларының оқшауланған сымдары		
Ғимараттың ішінде	0,5	—
Ғимараттың сыртында	1,0	—
Ілулі және үстел үстіндегі лампа және тасымалданатын тұрмыстық электр қабылдағыштар үшін жеңіл қорғаныс резинада, полихлорвинил құбыршегі баулары және сымдары	0,75	
Өнеркәсіптік қондырғыларда тасымалданатын электр қабылдағыштарды қосу үшін орташа қорғаныс құбыршегі баулары мен сымдары	1,0	—
Ауыр құбыршекте баулар мен сымдар	2,5	—
Оралған екі тарапты сымдар	1,0	—
1 м	1,0	2,5
2 м	1,5	2,5
6 м	2,5	4,0
12 м	4,0	6,0
12 м-ден астам ара қашықтықта бір-бірінен орналасқан оқшауландырылған тіректерде өткізу үшін сымдарды оқшауландыру	6,0	16,0
Тұрбаларда өткізу үшін сымдарды оқшауландыру	1,0	2,5
Ғимараттарда оқшауландырылмаған сымдар	2,5	4,0
Ғимараттарда тоттанудан сақталған, оқшауландырылмаған сымдар	1,5	2,5
қабырғалар бойынша	2,5	4,0
барлық өзге жағдайлардасыртқы өткізгіштерде оқшауландырылған және тоттанудан сақталған оқшауландырылмаған сымдар	4,0	10,0
Сыртқы өткізгіштерде оқшауландырылмаған сымдар	4,0	10,0

Ауа желілерінің оқшауландырылмаған сымдары	6,0	16,0
--	-----	------

3.31-кесте

Токтың экономикалық тығыздығы

Өткізгіштер	$I_{эк}, \text{ А/мм}^2$ жылына барынша жүктеме пайдалану сағат сағаты саны кезінде экономикалық токтың тығыздығы		
	1000 ... 3000	3 000 ... 5 000	5 000-ден астам
Оқшауланбаған сымдар			
мыс	2,5	2,1	1,8
алюминий	1,3	1,1	1,0
Тарамдармен резина және поливинилхлорид оқшауландырумен қағаз кабелдер және сымдар:			
мыс	3,0	2,5	2,0
алюминий	1,6	1,4	1,2
Тарамдармен резина және пластмасса оқшауландырумен кабельдер:			
мыс	3,5	3,1	2,7
алюминий	1,9	1,7	1,6

Кабельдің қимасы тексерудің барлық келтірген шарттарына сәйкес болуы керек.

3.1 - мысал. Ұзақ рұқсатты ток бойынша мыс тарамдарымен үш фазалық кабельдік желінің қимасын санау және таңдау. Кабель жерге бір траншеямен $L = 150$ м қашықтықта электр қондыруға $P = 70$ кВт есептік қуаттылығымен, $U_{н.л} = 380$ В кернеумен және $\cos\varphi = 0,85$ қуаттылық коэффициентімен өткізіледі. Ауаның есептік температура 45°C , траншеяда тағы бір кабель бар.

1-шешімі. Жүктеменің есептік тогын анықтаймыз:

$$I_{расч} = P_{\max} / (\sqrt{3} U_{н.л} \cos\varphi) = 70\,000 / (1,73 \cdot 380 \cdot 0,85) = 125 \text{ А.}$$

2. $s = 25 \text{ мм}^2$ қимасымен ұзақ мерзімді рұқсатты ток $I_{рұқ.} = 160 \text{ А}$ жерден өткізу үшін мыс тарамдарымен үш фазалық кабель таңдаймыз.

3. 3.26 және 3.27-кестелерден тиісті коэффициенттерді пайдалана отырып, қоршаған ортаның температурасын ескере отырып, кабельдің рұқсатты есептік жүктемені табамыз:

$$I_{доп.расч} = I_{доп} k_t k_{п.к} = 160 \cdot 0,74 \cdot 0,92 = 109 \text{ А.}$$

4. $I_{доп.расч} < I_{расч} = 125 \text{ А}$ болғандықтан, тарамдардың қимасымен кабель таңдаймыз $s = 35 \text{ мм}^2$, ұзақ мерзімді рұқсатты тоқы бар $I_{доп} = 190 \text{ А}$. Ол үшін $I_{доп.расч} =$

$$I_{доп} k_t k_{п.к} = 190 \cdot 0,74 \cdot 0,92 = 129 \text{ А, қайсысы}$$

82көп $I_{расч} = 125 \text{ А}$ есептеуіш жұмыс тогы және есептеу талаптарына

қанағаттандырады.

5. ΔU кернеуді жоғалту бойынша кабельді тексереміз:

$$\Delta U = PL/(sU\gamma) = 70000 \cdot 150 / (35 \cdot 380 \cdot 57) = 13,9 \text{ В}, 3,6 \% \text{-ті құрайды.}$$

Бақылау сұрақтары

1. Өткізгіш материалдарда өткізгіш және электр окшаулау материалдарының қандай түрлері қолданылады?

2. Сымдар қандай түрлерге бөлінеді?

3. Шиналар қайда пайдаланылады және олар қандай материалдардан жасалады?

4. Электр кабельдерінің қандай түрлерін білесіздер?

5. Кабельдер тарамдарының қандай түрлерін және қорғаныс қабықшаларының материалдарын білесіздер?

6. Кабельдерді өткізу тәсілдерін атаңыздар және олар кабель түрін таңдауға қалай әсер етеді?

7. Өткізгіштер бұйымдарының қимасын таңдауын есептеу кезінде қандай факторлар ескерілуі керек?

8. Рұқсатты ток жүктемесі бойынша өткізгіштердің қимасы қалай есептеледі?

9. Өткізгіштердің қимасы тоқтың экономикалық тығыздығы бойынша қалай есептеледі?

10. Кернеуді жоғалту бойынша өткізгіштердің қимасы қалай есептеледі?

ЭЛЕКТР АППАРАТТАРЫ МЕН ТӨМЕН КЕРНЕУ ҚҰРЫЛҒЫЛАРЫ

4.1. Электр аппараттарының жіктелуі

Электр аппараттары (ЭА) дегеніміз – энергия мен аппараттардың ағынын, сондай-ақ жұмыс режимін, техникалық және электр техникасы жүйесін және оның құрауыштарын бақылау мен қорғауды басқаруға арналған электр техникалық құрылымдары.

ЭА жіктелуінің негізгі белгілері олардың жұмыс (номиналдық) кернеуі болып табылады, олар арқылы төмен (1 000 В-қа дейін) және жоғары (1 000 В-дан астам) кернеу аппараттары болып бөлінеді.

Төмен кернеулі аппараттары негізінен, электр тізбектері мен құрылғыларын (автоматты ажыратқыштар, контакторлар, жібергіштер, реле, өшірулер мен пакетті ажыратқыштар, басқару батырмалары, тумблерлер және өзге де аппараттар) және техникалық объектілердің өлшемдерін реттеу (тұрақтандырығыштар, кернеудің, қуаттың және тоқтың реттеуіштері, күшейткіштер, әр түрлі ауыспалықтың көрсеткіштері) қызметін атқарады.

Жоғары кернеу аппараттары коммутациялық (ажыратқыштар, жүктемені ажыратқыштар, бөлгіштер), өлшемдік (тоқтың және кернеудің өлшем трансформаторлары, кернеуді бөлушілер), өтегіш (тұйықтау реаторлары), жинақты тарату құрылғылары болып бөлінеді.

Өзінің орындалуы бойынша аппараттар электромеханикалық (байланысты), статикалық (байланыссыз) және гибриді болып бөлінеді.

Электромеханикалық аппараттардың негізгі белгілері оларда жылжымалы бөліктердің, мысалы коммутациялық аппараттардың байланыс жүйелерінің болуы болып табылады.

Статикалық аппараттар жартылай өткізгіш және магниттік элементтердің және құрылғылардың (диодтардың, транзисторлардың, тиристорлардың, магнитті күшейткіштердің, толыққан дроссельдердің және т.б.) пайдалануымен салынады. Олар электр механикалық аппараттармен салыстырғанда пайдалануға өте ыңғайлы, дегенмен әр түрлі асқан жүктемелерге және электромагнитті кедергілерге едәуір сезімтал.

Гибриді аппараттар электромеханикалық және статикалық аппараттардың қиылысуы болып табылады.

Электр аппараттары сондай-ақ төмендегідей жіктеледі:

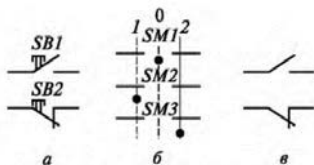
- Жұмыс тоқтарының мәні бойынша — аз тоқты аппараттарға (5 А дейін) және күшті тоқты (5 А-астам);
- Тоқ түрі бойынша — тұрақты және ауыспалы тоқ аппараттары;
- Жұмыс кернеуінің жиілігіне – калыпты (50 Гц дейін) және артқан (400-ден 10 000 Гц-ке дейін) кернеу жиілігімен аппараттары.

Қолмен басқарудың аппараттарына командалық аз қуатты құрылғылар – батырмалар, басқару кілттері және әр түрлі командоаппараттары (командоконтроллерлер) жатады, олардың көмегімен басқарудың электр тізбектерінің коммутациясы және оператордың әр түрлі электротехникалық қондырғыларға басқару командаларын беру жүзеге асырылады.

Басқару батырмалары. Басқару батырмалары өлшемдері бойынша (калыпты және аз көлемді), байланысты матастыру және ажырату санына, итерме нысанына, тоқтың ауқымы және түріне және кернеуіне, қоршаған ортаның әсерінен қорғаныс деңгейі бойынша ерекшеленеді. Бір корпусқа салынған екі, үш немесе бірнеше батырмалар батырмалық станция құрайды.

4.1 а -суретте матастырумен бір тізбекті батырмалардың (батырма SB1) және ажырату байланыстардың (батырма SB2) шартты белгілері көрсетілген. Сызбаларда батырмалар байланысы және өзге де электр аппараттары оларға механикалық, электр, магниттік немесе қандай да бір әсер жасалмай олардың калыпты жағдайында суреттеледі. Екі тізбекті батырмалар бірыңғай жетекте көрсетілген байланыстардың қос пары бар.

ББ батырмалар сериясының ажыратқыштары 500 В-ға дейін кернеумен ауыспалы ток және 220 В-қа дейін кернеумен тұрақты ток және 10 А-ге дейін ток тізбегінде жұмыс жасауға арналған. Сағатына барынша қосу жиілігі - 1 200 цикл, ажыратқыштардың әр түрлі орындалуының коммутациялық тозуға тұрақтылығы - 0,1-ден 10 млн цикл.



4.1-сурет. Шартты белгілері

а — басқару батырмалары; б — басқару кілттері; в — электр аппараттарының байланыстары

ББ ажыратқыштарының шартты белгіленуінің құрылымы: ББ XX X X X X — XX: ББ — серия; XX — матастыратын (3) және ажырататын (Р) контактілерінің саны; X — итергіш түрі: 0 — жетек құрылғысының өзге түрі, 1 — цилиндр итергіш, 2 — саңырауқұлақ пішіндес итергіш, 3 — саңырауқұлақ пішіндес белгіленген; X — итергіш түсі: 1 — қара, 2 — қызыл, 3 — жасыл, 4 — сары, 5 — көк, 6 — ақ; X — арнайы құрылымдардың болуы: 0 — жоқ, 1 — тұтқа 0...90°, 2 — тұтқа 45...45°, 3 — тұтқа 90...0...90°, 4 — кілт 0...90°, алынады, 5 — кілт 90...0...90°, алынады, 6 — кілт 0.90°, алынбайды, 7 — кілт 90...0...90, алынбайды; X — басқару элементі тарапынан деңгеймен ажыратқыштардың орындалуы: 1 — IP40, 2 — IP54; X — климаттық орындалу (У, уХН, Т) Мемст бойынша 15150 — 69.

Белгілеу мысалы: ББ 131101 — бір матастыратын және үш ажырату контактісі бар ажыратқыш, цилиндр итергіш, қара түсті, арнайы құрылғысыз, қорғаныс деңгейі IP40.

ББ 120 және КЕ түрлі батырмалар және батырма станция 380 В-ге дейін ауыспалы токтың және 220 В-ге дейін тұрақты ток және 4 А номиналдық кернеуіне дейін шығарылады.

Басқару бекеттерінде ПKE-112 батырма сериялары 660 В-ға дейін кернеуге шығарылады және оның екі матастыратын және ажырату байланыс бойынша шығады.

Басқару кілттері (әмбебап тоқ ауыстырғыш. Бұл аппараттардың басқару тұтқасының екі немесе бірнеше белгіленген жағдайы және бірнеше матастыратын және ажырататын байланысы бар. 4.1,б –суреттетұтқаның үш белгіленген жағдайы бар тоқ ауыстырғыштың шартты кескіні берілген. Тұтқаның орташа жағдайында (0 позициясы) *SM1* байланысында жабылған, бұл сызбада нүктемен берілген, ал *SM2*және *SM3*байланыстар ашық. 1 кілт жағдайында *SM2* байланысы жабылады және *SM1* ашылады, 2 жағдайда – керісінше.

ПЕ сериясынан басқару кілттері КЕ басқару батырмалары сияқты сол кернеулер мен токтарға шығарылады. УП 5300, УП 5400 и ПКУ 3 сериясынан әмбебап тоқ ауыстырғыштары контакторлар катушкасының тізбектерінің коммутациясы үшін, май ажыратқыштары, көп жылдамдықты асинхрондық қозғатқыштарды басқаруда және өзге жағдайларда пайдаланылады. Олар 32 тізбекке дейін коммутацияланады және басқару тұтқасының 8 жағдайына (позициясы) дейін болады.

Командоконтроллерлер (командоаппараттар). Олар бірнеше аз қуатты (16 А-дейін жүктеме тоғы) бірнеше жағдаймен тұтқаны немесе басқыштар басқаруымен электр тізбегінің коммутациясы үшін аппарат болып табылады. Олардың электр сызбасы осындай басқару және тоқ ауыстырғыш сызбасы ретінде суреттеледі.

4.1-кесте

Командоаппараттардың техникалық сипаттамасы

Сериясы	Кернеу, В	Ток, А	Тағайындалуы және орындалу ерекшелігі
КП-1000	500	10	Магнитті бақылаушылар мен аппараттармен қашықтан басқару үшін барабандық
КА-21-17	220, 380	4	Аппараттармен басқару үшін жұдырықты микро тоқ ауыстырғыш
КА-11	30	0,5	Металлургиялық кондырғылар үшін герметикалық байланыстарда
КА401А	500	16 дейін	Электр жетекті басқару үшін жұдырықты
КА-4000	440, 500	15 дейін	Электр жетекті басқару үшін жұдырықты

4.1-кестеде командоаппараттардың негізгі техникалық мәліметтердің және тағайындалуы келтірілген.

4.3. Қолмен басқарумен қуатты коммутациялық аппараттар

Ток өшіргіштер 500 В-ға дейін кернеумен тұрақты және ауыспалы ток және 5 000 А-ға дейін токпен қуатты электр тізбектерін автоматтандырылмаған сирек тұйықталу мен ажыратуға арналған қарапайым коммутациялық аппарат болып табылады. Олар коммутацияланатын тоқтың көлемі, полюстер саны (коммутацияланатын тізбектер), тұтқа жетегінің түрі және оның жағдайы саны (екі

немесе үш) бойынша ерекшеленеді. Р, РП, РПЦ, ППЦ, РО, П және РА тоқ өшіргіштер 100 ... 630 А тоқтарына, 220.. 660 В кернеуіне шығарылады және 1,2, немесе 3 полюстік саны бар.

Пакетті ажыратқыштар тоқ өшіргіштердің әр түрн көрсетеді және олардың байланыс жүйелері полюстер саны бойынша жеке пакеттерден (коммутацияланған тізбектер) жинақталады. Пакет окшаулағыштардан тұрады, олардың пазасында ұшқын өшіргіш құрылғысымен сымдар мен серіппелі жылжымалы байланыс үшін винтті қысқышпен жылдымайтын байланысы бар.

Өнеркәсіп 220 в-ға дейін кернеумен тұрақты тоқ және 400 А-ға дейін тоқ және 380 В-ға дейін кернеу кезінде 250 А-ға дейін ауыспалы

тоқ электр тізбегі коммутациялары үшін арналған ПВМ, ППМ, ПУ, УП, ОКП, ПВП 11, ПМО, түрімен пакеттік ажратқыштарды шығарады.

4.2-кестеде номиналдық кернеуде 500 ВР сериялық тоқ өшіргіштерге және 220 В тұрақты тоқ және 380 В ауыспалы тоқ кернеуіне ПВМ сериясында пакеттік ажыратқыштарға мәліметтер келтірілген.

ПВП 17 — 29 сериясынан пакеттік ажыратқыш-қайта қосқыштар сәйкесінше 63 және 100 А номиналдық тоқ бар, коммутациялық алаңдар саны 1...16 и 1...8 және 380 В кернеуде 50 және 60 Гц кернеуге шығарылады. Механикалық тозыққа беріктігі - кемінде 0,5 млн ауыстыру.

ПП 52 сериялы пакеттік ажыратқыштар 380 В және 220 В ауыспалы тоқ кернеуіне шығарылады және 16...63 А және 10...40 А номиналдық тоғы бар. Механикалық тозыққа беріктік - кемінде 100 мың ауыстыру.

4.2-кесте

Тоқ өшіргіштер және пакеттік ажыратқыштар

Түрі	Номиналдық тұрақты ток, А	Номиналдық ауыспалы ток, А	Полюстер саны	Түрі	Номиналдық тұрақты ток, А	Номиналдық ауыспалы ток, А	Полюстер саны
P2124/2	800	800	2	ПВМ2-60	60	40	2
P2344/2	1 500	1500	2	ПВМ2-100	100	63	2
P2523/2	300	2 500	2	ПВМ2-150	250	160	2
P2723/2	5 000	4 000	2	ПВМ2-400	400	250	2
P2126/2	800	800	3	ПВМ3-10	10	6,3	3
P2326/2	1 500	1 500	3	ПВМ3-25	25	16	3
P2525/2	3 000	2 500	3	ПВМ3-100	100	63	3
P2725/2	5 000	4 000	3	ПВМ3-60	63	40	3
ПВМ1-10	6,3	4	1	ПВМ3-250	250	160	3

ПВМ2-10	10	6,3	2	ПВМ3-400	400	250	3
ПВМ2-25	25	16	2				

ВРА1 — 1, ВРА1 — 2 сөндіру түрлі ажыратқыштар 16, 100, 250, 400 және 600 А токтарға бір, екі және үш полюсті орындауда алдыңғы немесе бүйірдегі тұтқамен шығарылады.

Сөндіру құралдарының әр түрлілігі жетектің әр түрімен ауыстырғыш-ажыратқыш болып табылады: ППЦ тетікті түрі, орталық тұтқамен, маховиктен жетекпен немесе П2000/2 типті штангамен болады. Оларда номиналдық кернеуге және сол полюс сандарына және 100-ден 5 000 А токтарына шығарылады.

Контроллеры негізінен электр қозғалтқыштарына қуатты жетекті тікелей коммутация үшін қолмен немесе аяқпен көп позициялық электр аппараты болып табылады. Қуатты контроллерлер екі түрлі болады: жұдырықты және магнитті.

Жұдырықты контроллерлер олардың байланыстарын матастыру және ажырату бұруын тұтқа, маховик немесе басқы көмегімен қамтамасыз етілетіндігімен сипатталады. Жұдырықтардың тегістелуі есебінен байланыс элементтері коммутациясының қажетті бірізділігі қамтамасыз етіледі.

Крандық электр жетекте 440 В-қа дейін кернеумен тұрақты токты қозғалтқыштарын басқару үшін 380 В және КВ 100-ге дейін кернеумен асинхрондық қозғалтқыштарды басқару үшін ККТ—60А сериясынан жұдырықты контроллерлер пайдаланылады. Олар 63 А-ге дейін номиналдық токқа 12 қуатты байланыстары, сондай-ақ басқару тізбектерінің коммутациясы үшін аз қуатты байланыстары бар. Тұтқа (маховик)позициясының саны - орташа (нольдік) жағдайдан әр жаққа 6-ға дейін.

Магнитті контроллерлар құрамына командоконтроллер және қуатты электр магнитті аппараттар - контакторлар енетін коммутациялық құрылым болып табылады. Командоконтроллер өзінің байланыстарының көмегі арқылы қозғалтқыштың өз байланыстарымен қуатты тізбектерінің коммутациясын жүзеге асыратын контакторлар катушкасын басқарады. Магнитті контроллер қызмет ету мерзімі бәріне бірдей жағдайда жұдырықты контроллерге қарағанда әжептәуір жоғары, ол электр магнитті контактілердің жоғары коммутациялық қабілеті мен тозуға беріктігімен анықталады.

Магнитті контроллерлер жұмысы үлкен қозғалтқыштарды сөндірудің жоғары жиілігімен сипатталатын крандық тетіктегі электр жетегінде негізгі қолдануын тапты. Металлургиялық өндірісте крандық тетіктегі электр жетегінде 250 А-ға дейін контакторлардың номиналдық тоғына және КС 400 А-ге дейін токтарда К типтес магнитті контроллерлер, ал жалпы тағайындалған крандарда – 160 А-ге дейін токтарға ТА және 250 А-ге дейін токтарға ТСА қолданылады.

Контроллердің басты тізбегі 220 380 кернеудегі ауыспалы токқа, ал басқару тізбегінде - 220 А кернеуде тұрақты токқа (К және КС) және қуатты тізбектің ауыспалы кернеуінде (Та және ТСА) шығарылады.

4.4. Автоматты ажыратқыш

Төмен кернеулі автоматты ажыратқыш (автомат) электр тізбегінің сирек емес коммутациясына арналған көп тізбекті электр аппараты ретінде ұсынылады, сондай-ақ қысқа тұйықталу тоқтары мен жүктемелердің артуы, кернеуліктің төмендеуі немесе жоғалуы, тоқ бағыттарының өзгертуі т.б. сияқты авариялық режимдерден электр тізбектері мен жабдықтарды қорғауға арналған.

Автоматы ажыратқыш қызметте қолданылуы бойынша тоқты шектемейтін, тоқты шектейтін және іріктеу автоматы сынды бөліктерге бөлінеді.

Тоқты шектемейтін автомат күтілмен мәндегі тоқтың қысқа тұйықталуы болған кезде тізбекті ажыратып тастайды.

Тоқты шектейтін автомат электр доғалық қосымша кедергілер мен кейіннен жылдам ажырату тізбегінде жылдам енгізу жолымен қысқа тұйықталған тоқты шектейді.

Іріктеу автоматы тоқ пен тоқтың барынша қорғаныстық уақытын реттеуге мүмкіндік береді, ол тұтынушы мен тізбекті қорғауды іріктеуді (таңдауды) жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Тоқты шектейтін және іріктеу автоматтар күрделі және қымбат аппарат болып саналады, сондықтан да оларды қолданудың техникалық және экономикалық негіздері болуы қажет.

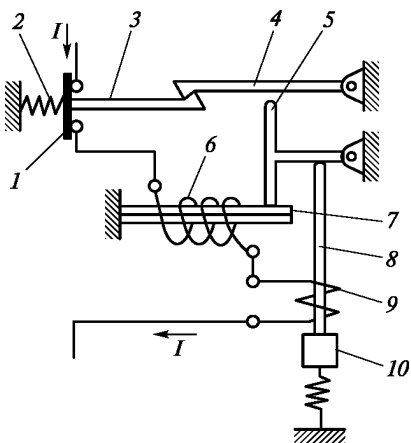
Жылудан ағытқыш қатты жүктемеден тізбекті, ал электромагниттік қысқа тұйықталу тоғынан және тоқ бойынша қатты жүктемеден қорғауға арналған. Жартылай сымды ағытқыш оларды орнатуды реттеу бойынша ауқымды мүмкіндіктерді қорғауды қамтамасыз етеді.

Минималды және нөлдік бөлшектегіштер желідегі кернеудің азаюынан сақтайды, минималды бөлшектегіштер автоматты қашықтықтан сөндіруде жиі қолданылады. Тәуелсіз бөлшектегіштер автоматтарды қашықтықтан сөндіру үшін қолданылады.

Дифференциалды тоқты бөлшектегіштер тоқтың азаюынан әсер алады және қорғаныстық ажырату құрылғыларында (ҚАҚ) қолданылады. 10...30 мА іске қосылу тоқтарына ҚАҚ адамдарды электр тоғының соғуынан қорғау үшін пайдаланылады, ал 100.300 мА іске қосылу тоқтарына ҚАҚ тізбектер мен электр қондырғыларын сақтау үшін пайдаланылады.

4.2-сурет. Автоматты сөндіргіш құрылғысы:

- 1 — автоматтың контактысы; 2 — серіппе;
3 — иінтірек; 4 — ілмек; 5 — еркін бөлшектегіш механизмінің иінтірегі; 6 — жалу релесінің қыздырғышы; 7 — биметалды пластина; 8 — итергіш;
9 — максималды ток релесінің катушкасы;
10 — максималды ток релесінің білігі



Автоматты ажыратқыштың жұмыс істеу принципі 4.2-суретте көрсетілген. І қуат жұмыс істеу тогы 1 автоматтың контактысы, 6 жылу релесінің қыздырғышы және 9 максималды ток катушкасы арқылы жүреді. Бақылаулы тізбектегі қысқа тұйықталу кезінде 10 максималды ток релесінің білігі 9 катушкаға қарай тартылады да, 8 итергіштің көмегімен 5 еркін бөлшектегіш механизмінің иінтірегіне әсер етеді. Иінтірек сағат тілінің бағытымен қозғалып, 4 ілмекті көтереді. 3 иінтірек босайды, 2 серіппе автомат контактысын ажыратады.

Автоматтың одан шамадан тыс ток өткен кездегі сөндірілуі де осылай жүреді. Бұл жағдайда ток 5 жылу релесінің қыздырғышынан өтіп, 7 биметалды пластинаны қыздырады. Пластинаның бос тұрған ұшы жоғары көтеріліп, 5 иінтірек арқылы 4 ілмекті ашады, сөйтіп автомат сөнеді.

Кейде автоматтарда қыздырғышсыз жылу бөлшектегіштері қолданылады. Ондайда ток тікелей биметалды пластина арқылы жіберіледі. Қуаты аз автоматтарда мұндай бөлшектегіш максималды ток қорғанысы элементінің функцияларын да атқаруы мүмкін.

Автоматты ажыратқыштар бір-бірінен қолданылу мақсаттарымен, номиналды ток және кернеу деңгейлерімен, қолданылатын қорғаныстың жүзеге асуы және жинақталуымен, сөндіру қабілеттілігімен және сөну уақытымен ерекшеленеді. Олардың номиналды ток диапазоны 10...10 000 А құрайды, шекті коммутацияланатын токтарда — 0,3...100 кА, сөндірілу уақыты — 0,02...0,7 с.

1. А 3000 сериял автоматты ажыратқыштар бірнеше орындау тәсілдеріне ие әрі түрлі қондырғыларда қолданылады. 4.3-кестеде осы серияның Автоматты ажыратқыштарінің техникалық сипаттамалары келтірілген.

А 3000 сериялы автоматтардың техникалық сипаттамасы

Типі	Ток, А	Кернеу, В	Қосула р саны	Ағытқыштармен бірге орындау мүмкіндігі		Бөлшектегіш тағайындамас ының тогы, А	Шекті сөну тогы, кА		Сөну уақыты, с
				жылу	электро магниттік		Тұрақты	Айнымалы	
А3 160	50	110; 220	1; 2; 3	Бар	Жоқ	15...50	1,6	2,5 ...4,5	0,025
А3 ПО	110	220	2; 3	Жоқ	Бар	15...100	5	2,5 ...10	0,015
А3 120	200	220	2; 3	Жоқ	Бар	—	20	18	—
А3 130	200	220	2; 3	Жоқ	Бар	100...200	17...28	14...25	0,015
А3 140	600	220	2; 3	Жоқ	Бар	250...600	25 ...50	32 ...40	0,03
А3710Б—А3740Б	630 дейін	440; 660	2; 3	Бар	Бар	—	110	40...60	—
А3710Ф—А3730Ф	630 дейін	220; 380	2; 3	Бар	Бар	—	25 ...50	25 ...50	—

«Электрон» сериялы автоматтардың техникалық сипаттамасы

Параметр	Автомат үшін параметр мәні				
	Э06	ЭЮ	Э16	Э25	Э40
Номиналды ток, А	630	1000	1600	2 500	5 000
Коммутациялық қабілеттілік, кА	50	84	84	105	160

2. «Электрон» сериялы автоматты ажыратқыштар 440 В-қа дейінгі тұрақты ток және 660 В-қа дейінгі айнымалы ток кернеуімен жұмыс істейтін қондырғыларда пайдаланылады. Оларда екі немесе үш қуат контактысы және төртеуден тұйықтау және ажырату қосалқы контактылары болуы мүмкін. 4.4-кестеде осындай автоматты сөндіргіштердің мәліметтер келтірілген.

3. АЕ-1000, АЕ-2000 сериялы автоматты ажыратқыштарында электромагнитті және комбинацияланған бөлшектегіштер болады және олар сағатына 30-ға дейін оперативті ауыстыру жиілігіне ие.

4. АП-50, АК-50 сериялы автоматты сөндіргіштері қысқа тұйықталу токтарынан, артық күш түсуінен қорғайды және оларды тиісті қуатқа ие асинхронды қозғалтқыштарды қосу үшін пайдалануға болады.

5. А-63 сериялы автоматты сөндіргіштерінде бірполюсті орындалу жүреді және олар 50 000 «қосылу/сөндірілу» цикліне ие, соның 6000-ы номиналды ток және кернеу болғанда іске асады.

6. АВ-45/1000 сериялы автоматты сөндіргіші тұрақты токпен жұмыс істейтін қуатты желілерді қорғауға арналған және 5000 В кернеудегі 200 кА-ге дейінгі коммутациялық қабілеттілікке ие..

7. АС-25 сериялы автоматты сөндіргіштерінде теңіз және тропикалық орындаулар болады, олар шайқалатын, селкілдейтін жылжымалы қондырғыларда жұмыс істей алады.

Бұл автоматтардың мәліметтері 4.5-кестеде келтірілген.

4.5-кесте

Электромагнитті бөлшектегіш автоматтарының техникалық сипаттамалары

Тип	Номиналды ток, А	Номиналды кернеу, В	Полюстер саны	Қосалқы контакттардың саны		Жылу бөлшектегішінің болуы
				тұйықталу	ажырату	
АК-63	63	200; 400	2; 3	1	1	Бар
АК-50	50	320; 400	2; 3	1; 2	1; 2	—
АП-50	50	220; 500	2; 3	—	—	Бар
А-63	25	110; 220	1	—	—	—
АЕ-1000	25	240	1	—	—	Бар
АЕ-2000	25; 63; 100	220; 500	1; 2; 3	—	—	—
АС-25	25	220; 380	2; 3	—	—	—
АВ-45/1000	6 000	500	1	—	—	—
АСТ-2/3	25	380	2,3	—	—	—

8. ВА-50 және ВА-75 сериялы автоматты сөндіргіштері АЕ-2000, А-3700 және «Электрон» сериялы автоматты сөндіргіштерін алмастыруға арналған, олар 293-тен

4 000 А-ге дейінгі токқа және номиналды кернеуге, 440 В-қа дейінгі тұрақты және 660 В-қа дейінгі айнымалы токқа сәйкестелген. Олардың шекті коммутациялық қабілеттілігі 160 кА-ға (тұрақты ток тізбектері) және 45 кА-ға (айнымалы ток тізбектері) дейін жетеді.

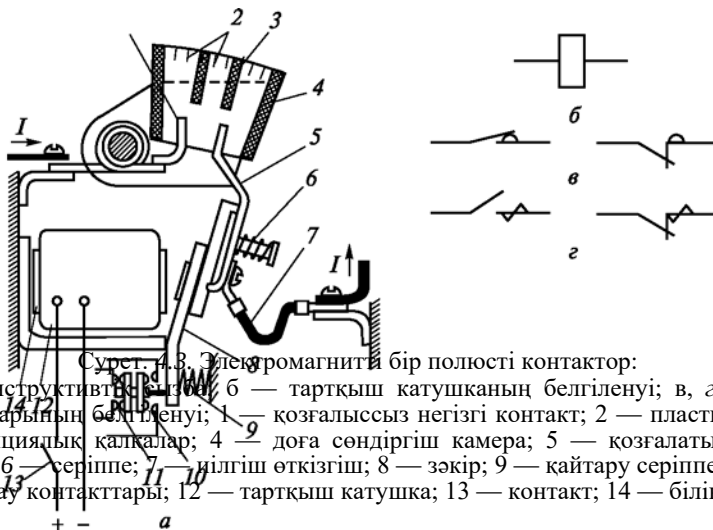
9. ВА47-28 және ВА47-43 сериялы автоматты сөндіргіштері жылдам әсер еткіш автоматтар болып табылады. Олар 600 В-қа дейінгі тұрақты және 660 В-қа дейінгі айнымалы ток кернеуінің өңдегіштерін, қуат жартылай өткізгіш приборларын қорғауға арналған. Олардың сөну уақыты қысқа тұйықталу тогының деңгейіне тәуелді болмайды және 1,0 мс-тен аспайды.

10. ВА137 және ВА211 сериялы автоматты сөндіргіштері бір, екі және үш полюсті орындауға ие 0,6-дан 90 А-ге дейінгі токтарға арналған. ВМ40 типінің модульді автоматтары бір, екі, үш және төрт полюсті орындауға ие 2-ден 63 А-ге дейінгі токтарға арналған. ВА75 төрт полюсті автоматы 380 және 660 айнымалы ток және 220 және 440 тұрақты ток кернеулеріне арналған. Бұл автоматтардың номиналды тогы 160, 200 және 250 А құрайды.

4.5. Электромагнитті контакторлар мен қосқыштар

Контактор. Контактор — қуат тізбектерін жеке коммутациялауға арналған, қашықтықтан басқарылатын электромагнитті аппарат. Контакторлар мына белгілер бойынша жіктеледі: коммутацияланатын тізбектегі токтың тегі (тұрақты ток, айнымалы ток, тұрақты және айнымалы ток тізбектері), катушка тізбегіндегі токтың тегі (тұрақты және айнымалы ток кернеулерін басқару), коммутацияланатын тізбек кернеуі мен номиналды тогы, конструктивті орындалуы (механикалық контактылар және контактысыз), т.б.

Электромагнитті бір полюсті тұрақты ток контакторының конструктивті сызбасы 4.3 а суретте өрнектелген. Контактордың магнитті жүйесінің 14 қозғалыссыз білігіне 12 тартқыш катушка орнатылған. Магнитті жүйенің қозғалатын бөлігіне 8 зәкірмен 5 қозғалатын негізгі контакт жалғанған. Ол ток тізбегіне 7 иілгіш өткізгіш арқылы қосылады. 12 катушкаға кернеу бергенде (13 контактының тұйықталуы) зәкір білікке тартылады және 5 контакт 1 қозғалыссыз негізгі контактпен тұйықталады. Бұл I токтың коммутациялануын қамтамасыз етеді. Жұмыс істеп тұрғанда негізгі контактыларды басу 6 серіппе арқылы жүзеге асады. Контакттардың жалғасу процесінде олардың контактылық беттерінде домалану және үйкелісу процестері жүреді. Бұл контактылардың алмаспалы қарсылығын азайтады.



Сурет. 4.3. Электромагнитті бір полюсті контактор:

a — конструктивтік сурет; *б* — тартқыш катушканың белгіленуі; *в, з* — қуат контактарының белгіленуі; 1 — қозғалыссыз негізгі контакт; 2 — пластиналар; 3 — изоляциялық қалқалар; 4 — доға сөндіргіш камера; 5 — қозғалатын негізгі контакт; 6 — серіппе; 7 — жілгіш өткізгіш; 8 — зәкір; 9 — қайтару серіппесі; 10, 11 — блоктау контактары; 12 — тартқыш катушка; 13 — контакт; 14 — білік.

8 зәкірмен көпір тәріздес қосалқы (блоктағыш) контакттар (10 тұйықталу және 11 ажырату) да байланысқан. Олар басқару тізбектерінде жұмыс істеуге арналған және кіші токтарға сәйкестелген. 10 және 11 блоктағыш контактары негізгі контакттардың тұйықталуымен бірге тұйықталады және ажыратылады. Олардың шартты кескіні 4.1 в суретте өрнектелген.

Контактордың сөндірілуі 12 катушкадан кернеуді ұзу арқылы жүзеге асырылады (13 катушка ажыратылады). Мұнда контактордың қозғалатын жүйесі ауырлық күші және 9 қайтару серіппесінің ықпалымен қалыпты күйіне қайтады. Негізгі контакттар ажыратылғандағы доға 4 доға сөндіргіш камерасында сөндіріледі. Камера ыстыққа төзімді изоляторлық материалдан жасалады. Доғаны сөндіруді оңайлату үшін 3 изоляциялық қалқалары бар камералар да пайдаланылады, олар доға мен оның қарсылығының ұлғаюына жағдай жасайды. Сонымен қатар кейде 2 қысқа металл пластиналардан жасалған ұшқын сөндіргіш торкөздер де орнатылады.

Тұрақты ток контакторлары 4-тен 2500 А-ге дейінгі негізгі контакт номиналды токтарына бір немесе екі полюстермен орнатылады. Негізгі контакттар 7-10 реттік номиналды токтан қайта жүктеу токтарын сөндіруге қабілетті. Тұрақты ток контакторларының орамдары көп болады және олардың индуктивтілігі жоғары келеді. бұл осы катушкалардың тізбегінің ажыратылуын қиындатады.

Көпір тәріздес блок-контакттар айнамалы ток аппараттары катушкаларының тізбектерінде 500 В кернеудегі 20 А-ге дейінгі токты, ал тұрақты ток аппараттарының катушкаларының тізбегінде — 110 В-та 2,5 А, 220 В-та 2 А және 440 В-та 0,5 А токты сөндіреді.

4.3 б, в, г суреттерде контактор элементтерінің шартты белгілері көрсетілген, олар: тартқыш катушка, доға сөндіргішті және доға сөндіргішсіз тұйықталу және ажырату негізгі контакттары. 4.6-кестеде тұрақты ток контакторларының негізгі типтерінің мәліметтері келтірілген.

Қиын жұмыс жағдайында, атап айтқанда кран электр өткізгіштерінде 100-ден 630 А-ге дейінгі токқа бір негізгі контактпен КПВ-600 КПВ-620 сериялы контакторлары пайдаланылады. Электр өткізгіштерде тұрақты токты қолдану үшін 25-тен 250 А-ге дейінгі токқа бір негізгі контактпен КП және КПД сериялы контакторлары қолданылады. Контакторларда клапанды тип магнитті жүйесі, саусақ тәрізді негізгі контакттар және көпір тәріздес қосалқы контакттар болады. Контакторлар доға сөндіргіш камералармен қамтамасыз етілген болады.

Айнамалы ток контакторлары жұмыс істеу принципі және негізгі элементтері бойынша тұрақты ток контакторларынан ерекшеленбейді. Олардың жұмысының айрықша тұстары катушкалар айнамалы токтан қуатталатынымен сипатталады. Бұл ток берілгенде катушкаға тартылған әзірдегі токтан бірнеше есе көп ток жіберуге мүмкіндік береді. Сол себепті айнамалы ток контакторлары үшін олардың 1 сағатта сөндірілу жиілігі шектеледі (әдетте 600-ден көп емес). Бұдан тыс, катушканың айнамалы тоғынан шығатын пульс беретін магнит тасқыны магнит өткізгіштің гуілдеуі мен вибрациясын туындатады, қатты қыздырады. Осы қауіптерді азайту үшін магнит өткізгіш жұқа табақты трансформатор болатынан құрастырылады, ал білікке немесе әзірге қысқа тұйық орамдарын орналастырады.

Тұрақты ток контакторларынан бір ерекшелігі, айнамалы ток контакторларында доғаны сөндірілу шарттары мейлінше жеңіл, өйткені айнамалы токтағы доғаның тұрақтылығы төмендеуі болады. Ол айнамалы ток нөл арқылы өткеннің өзінде сөнуге мүмкін.

Айнамалы ток контакторларында да тұрақты ток контакторларындағы секілді белгілер мен электр сызбалары болады.

4.7-кестеде айнамалы ток контакторларының негізгі типтерінің мәліметтері берілген.

КВ1 сериялы контакторлар выпускаются на номинальные токи 50 (60) Гц жиілік айнамалы тоғының 1140 В-қа дейінгі номиналды кернеулік екі немесе үш негізгі тұйықталу контакттарымен 160, 250, 400 және 630 А номиналды токтарына арналған. Қосқыш катушкалар 24, 36, 48, 75, 110 және 220 В тұрақты ток және 110, 127, 220 және 380 В айнамалы ток басқару тізбектерінің номиналды кернеулеріне сәйкестелген.

Тұрақты ток контакторларының техникалық сипаттамалары

Тип	Номиналды		Орам		Уақыт, с		Беріктік, циклдері		Рұқсат етілетін жүктеме
	Кернеу, В	ток, А	Кернеу, В	Қуат, Вт	Қосылуы	Сөндірілу і	Механикалық	коммутациялық	
Тұрақты ток контакторлары									
КП1	220	20; 40; 75	110	20	0,1	0,04	—	—	1200
КП2	220	20; 40; 75	220	180	0,2...0,3	0,1	—	—	240
КП7	660	2 500	110; 220	180	0,25	0,07	—	—	240
КП207	600	2 500	110; 220	30... 70	0,2	0,25	10 ⁷	—	300... 1200
КПВ-600	220	63; 100; 160; 250; 630	110; 220	180	0,2 ...0,3	0,1	—	—	240
КМВ-621	220	50	220 дейін	—	0,05	—	—	—	—
КПД100	220	250 дейін	440 дейін	35	—	—	10 ⁷	10 ⁶	1200
Тұрақты және айнымалы ток контакторлары									
МК1	220; 500	40	200 дейін	38	0,06	0,04	10 ⁷	—	—
КМ200	220; 380	600 дейін	380 дейін	50	—	—	—	—	600
КМ3-0	220; 380	40	220 дейін	—	—	—	10 ⁶	—	—
РПК1	440; 500	10	500 дейін	—	—	—	10 ⁷	—	—
КН100 — КН400	200	200 дейін	320 дейін	50 дейін	0,15	0,03	—	—	—

Айнымалы ток контакторының техникалық сипаттамалары

Тип	Номиналды		Полюстер саны	Рұқсат етілетін жиілік, 1/с
	Кернеу, В	ток, А		
КТ6000	380; 660	100; 160; 250; 400; 630; 1 000	2; 3; 4; 5	1 200
КТ7000	380; 660	100; 160	2; 3; 4; 5	600
КВДК630	660	630	3	3 800
КТД121	500	40	3	1 200
КТПВ600	380	63; 100; 160; 250	2	1 200
КТП6000	380; 660	100; 160; 250; 400; 630	2; 3; 4	1 200
К1000	1 600	400 (сумен суытусыз), 800 (сумен суытылады, 800 Гц жиілік)	2, 3	

Қосалқы контакттардың саны — 4...8, қосалқы контакттардың номиналды ұзаққа созылатын тогы — 10 А, тұрақты токтың номиналды кернеуі — 220 В-қа дейін, ал айнымалы токта — 380 В-қа дейін.

Негізгі контакттардың механикалық беріктігі 1 140 В кернеуде $3 \cdot 10^6$ қосылу/сөндіру. Контактторлардың қорғаныс деңгейі — IP00 ГОСТ 14254, контактторлардың климаттық орындалуы У2 және В3.

КТ 6000, КТ 7000, КТП 600 сериялы айнымалы ток контактторларында екіден беске дейін негізгі контакттар болады. олардың катушкалары 50 Гц-пен 36-дан 500 В-қа дейінгі айнымалы ток кернеуінде орындалуы мүмкін.

КТ 64, КТП 64, КТ 65 және КТП 65 сериялы айнымалы ток контактторлары КТ 6000, КТ 7000 және КТП 600 сериялы контактторлардың модификациясы болып табылады. Оларда контакттардың доғасыз коммутациялануы ажырату кезінде негізгі контакттарды тұйықтау арқылы жүргізіледі. Контактторларды сөндіргендегі доғалардың болмауы олардың сенімділігін, негізгі контакттардың беріктігі мен қауіпсіздігін арттырады. Бұл оларды сағатына 2000 ретке дейін қосу мүмкіндігін береді.

Әмбебап контактторларға МК сериялы контактторлар жатады.

Олар тізбектердегі токты 50 және 60 Гц жиілікпен тұрақты токтың 440 В-қа дейінгі кернеуі және айнымалы токтың 660 В-қа дейінгі кернеуімен коммутациялауға мүмкіндік береді. Негізгі контактілардың саны — 1-ден 3-ке дейін. Бұл контактілардың тартқыш катушкалары 24, 48, 110 және 220 В тұрақты ток кернеуімен орындалады. 4.8-кестеде осы контактілардың мәліметтері келтірілген.

Шартты белгілеу құрылымы МК Х — ХХХХХ: МК — серия; Х — негізгі тізбектің номиналды тогы: 1 — 40 А, 2 — 63 А, 3 — 100 А, 4—160 А; Х — количество замыкающих контактов; Х —

4.8-кесте

МК сериялы контактілардың техникалық сипаттамалары

Тип	Номи- налды ток, А	Номиналды жұмыс істеу тогы, А				
		Тұрақты		Айнымалы		
		220 В	440 В	380 В	500 В	660 В
МК1-10, МК1-01, МК1-11	40	40	—	—	—	—
МК1-20		40	40	40	25	—
МК1-02, МК1-21		40	—	—	—	—
МК1-22	40	40	—	40	—	—
МК1-30		—	—	40	25	—
МК2-10, МК2-01, МК2-11	63	63	—	—	—	—
МК2-20		63	40	63	40	—
МК2-02		63	—	—	—	—
МК2-30		—	—	63	40	40
МК1-20Д	40	—	—	18	18	—
МК1-20М	20	20	—	—	—	—
МК3-01, МК3-10, МК3-11	100	100	—	—	—	—
МК4-01, МК4-10, МК4-11	160	160	—	—	—	—
МК3-20Д	100	—	—	100	—	—
МК3-20	100	100	100	—	—	—
МК4-20	160	160	160	—	—	—
МК2-20Б	63	63	—	—	—	—

ажыратылатын контакттардың саны; X — контактор модификациясы: Б — жоғары вольтты қосқыштардың өткізгіштері үшін, Д — лифтілер үшін, М — жылжымалы құрам үшін; X — климаттық орындалуы (У, УХЛ, Т).

МК5 және МК6 типтеріндегі контакторлар 380 В айнымалы ток және 660 тұрақты ток тізбектерінде жұмыс істеуге арналған. Оларда негізгі контакттардың 250...400 А номиналды тогы болады. Контакторлар ұзақ уақыт жұмыс істейтін, қайталанатын, қысқа уақытты, жұмыс режимдеріне жарамды. Контакторларды қосудың рұқсат етілетін жиілігі — сағатына 600 циклге дейін. IP00, МК5-10Р және МК6-10Р контакторларының қорғаныс деңгейі механикалық бұғатпен реверсивті орындалу режимдеріне ие.

Электромагниттік қосқыш. Ол негізінен электр қозғалтқыштарды қосу, токтату және реверстеуге арналған аппарат. Басқарудан тыс, магниттік қосқыштар жылу релелерінің көмегімен токтың шамадан тыс артып кетуінен қозғалтқыштарды қорғайды және олардың жұмысы туралы дабыл беріп отырады. Аталған функцияларына сәйкес қосқыштың құрамына контактор, басқару пернелері, жылу қорғаныс релелері, дабыл лампысы кіруі мүмкін, олар бір корпуста орналасады. Магниттік қосқыштар бір-бірінен осы аталған құрамдас бөліктерінің болу-болмауына қарай, т.б. ерекшеленеді.

4.9-кестеде серий ПМЕ және ПАЕ сериялы магниттік қосқыштардың негізгі мәліметтері келтірілген.

ПМЛ сериялы қосқыштар 10 — 200 А токпен қосылады, бірінші және бесінші габарит үшін қосқыштың рұқсат етілетін жиілігі сағатына 3 600, ал алтыншы-жетінші габариттер үшін — 2 400-ді құрайды.

ПМС сериялы қосқыштар асинхронды қозғалтқыштарды басқаруға арналған. Оларда 10-нан 160 А-ге дейін алты ток орындау режимдері болады. Кірістірілетін элементтер ретінде оларда бөлетін трансформатор, басқару пернелері, амперметр, дабыл лампысы болуы мүмкін. Механикалық беріктігі 10.16 млн цикл төңірегінде болады, ал жиілігі бірінші габарит қосқышы үшін – 6000 және бесінші, алтыншы габариттер үшін — 2400.

ПМА сериялы қосқыштар 1,1 — 75 кВт қуатқа ие, 380 және 660 В номиналды кернеулі асинхронды қозғалтқыштарды басқаруға арналған.

ПМ 12-040 типіндегі қосқыштар жылу релелерімен және онсыз реверсивті емес және реверсивті орындауларда 40 А ток үшін шығарылады.

РЭВ сериялы қосқыштар тұрақты және айнымалы токтармен басқарылады, жылу релелерімен және онсыз реверсивті емес және реверсивті орындауларда 10 А ток үшін шығарылады.

ПМЕ және ПАЕ сериялы қосқыштардың техникалық сипаттамалары

Тип	Номиналды ток, А, 380/500 В кернеуінде	Габариттік өлшемдері, мм	Жылу релесінің болуы
ПМЕ-001	3/1,5	75 x 65 x 119	Жоқ
ПМЕ-002	3/1,5	121 x 83 x 101	Бар
ПМЕ-003	3/1,5	90 x 150 x 118	Жоқ
ПМЕ-004	3/1,5	135 x 150 x 118	Бар
ПМЕ-111	10/6	68 x 85 x 84	Жоқ
ПМЕ-112	10/6	154 x 102 x 91	Бар
ПМЕ-113	10/6	164 x 90 x 106	Жоқ
ПМЕ-114	10/6	232 x 90 x 107	Бар
ПМЕ-211	25/14	102 x 90 x 118	Жоқ
ПМЕ-212	25/14	95 x 98 x 126	Бар
ПМЕ-213	25/14	130 x 205 x 155	Жоқ
ПМЕ-214	25/14	180 x 205 x 155	Бар
ПАЕ-311	40/21	214 x 114 x 144	Жоқ
ПАЕ-312	40/21	275 x 114 x 121	Бар
ПАЕ-313	40/21	214 x 239 x 114	Жоқ
ПАЕ-314	40/21	264 x 239 x 121	Бар
ПАЕ-411	63/35	290 x 183 x 135	Жоқ
ПАЕ-412	63/35	290 x 183 x 135	Бар
ПАЕ-413	63/35	275 x 343 x 135	Жоқ
ПАЕ-414	63/35	275 x 343 x 135	Бар
ПАЕ-511	110/61	335 x 200 x 156	Жоқ
ПАЕ-512	110/61	335 x 200 x 156	Бар
ПАЕ-513	110/61	320 x 338 x 170	Жоқ
ПАЕ-514	110/61	320 x 338 x 170	Бар
ПАЕ-611	146/80	380 x 230 x 190	Жоқ
ПАЕ-612	146/80	380 x 230 x 190	Бар
ПАЕ-613	146/80	385 x 435 x 190	Жоқ
ПАЕ-614	146/80	385 x 435 x 190	Бар

4.6. Реле

Реле - әртүрлі қондырғыларда, сондай-ақ электр тізбектерінің коммутациясындағы басқару, автоматика, қорғау және сигналдау сызбанұсқаларында қолдануға арналған, әлсіз тоқты аппараттарды білдіреді. Олар команданы біреуінен екіншісіне ауыстыру және сигналдарды, уақыт тетіктеріндегі және түрлі физикалық айналымы және технологиялық параметрлерді басқа тізбекке тапсыруға арналған қысым мен қуатты, аралық элементтерді, коммутациялық аппараттары, ток тетіктері ретінде қолданылады.

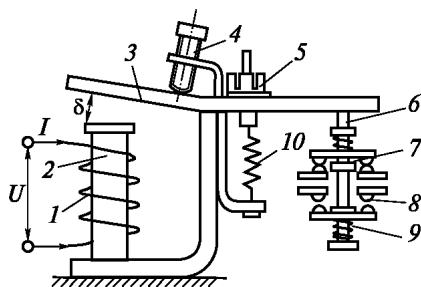
Реленің айрықша ерекшелігі белгілі деңгейге кірістік әсер етуге жеткен кезде оның күйінің секіріс тәрізді өзгеруі болып табылады. Реле өз орындалуы бойынша электромагниттікке (түйіспелік), жартылай өткізгіштікке (түйіспелік емес) және герметикалыққа бөлінеді.

Электромагнитті реле (4.4-сурет) өз әрекетінің принципі бойынша контактордан ерекшеленбейді және келесідегідей жұмыс істейді. Магниттік жүйенің 2-жүрекшесінде кірістік электр сигналы берілетін катушка 1 тұр. Катушка тізбегіндегі токтың кейбір мәні асып кеткенде (қысым), реле қолданған (қысыммен) токпен, одан шығарылған қарама-қарсы әрекет етуші күштен қайтарымдық серіппе үлкенірек болады 10, якорь 3 реле 2-жүрекшеге тартылады әрі 6 траверс көтеріліп, 8 түйіспеліктің қосылуын және 7-түйіспеліктің ажыратылуын қамтамасыз етеді. Түйіспеліктердегі басу күші 9 серіппемен құрылады.

Егер катушкадағы токты (қысым) азайтса (ажырату), онда 10 серіппенің әсерінен

якорь бастапқы қалыпқа келеді және түйіспеліктер қалыпты күйге келеді. Ток(қысым), реленің якоры бастапқы күйге қайтқан кезде, қайтару тогы атауына ие болады (қысым), болмаса босату, қайтару тогының(қысым) өңделу тогына(қысым) қатынасы —

қайтару релесінің коэффициенті.



4.4-сурет. Электромагнитті реле құрылғысы:

1-катушка; 2 — жүрекше; 3 — якорь;
4 — винт; 5 — гайка; 6 — траверс; 7,
8-түйіспелер; 9, 10-серіппелер

Ток (қысым) реленің тозуы белгілі мөлшерде 5-гайканың көмегімен 10-қайтарымдық серіппенің созылу күшінің өзгеруімен реттелуі мүмкін, сондай-ақ 5 саңылау есебінен, 4-бұранда арқылы реттелуі мүмкін көлем. 10-серіппені тартқан кезде немесе саңылауды ұлғайтқанда ток (қысым) саңылауының тозуы өседі.

Реле түйіспеліктері аздаған ток коммутациялағандықтан (5...10 А дейін), әдетте оларда доға тәрізді камералар қолданылмайды. Шығарылатын реленоменклатурасы өте кең.

Аралық электромагниттік реле негізінен электр тізбегінің коммутациясы және электр аппараттарын көбейту үшін қолданылады. 4.10-кестесінде кейбір аралық реле параметрлері келтірілген («р» — ажыратушы түйіспелер, «з» — түйісулер).

РЭВ-800 сериялы тұрақты тоқтың электромагнитті релесі ток релесі, қысым, уақыт және аралық ретінде басқару сызбанұсқасында қолданылады, ал РЭВ-310 — ток релесі және қысым. Олар 12-ден 220 В-қа дейінгі қысымға арналған катушкаларымен дайындалады және бірден төртке дейін түйіспеліктері болуы мүмкін.

Аралық, сондай-ақ реле ретінде РП-250, РП- 220, РП-230, РП-251, РП-252, РП-253, РП-321, РП-341, РП-42 қолданылады және басқалары қысым релесі ретінде қолданылуы мүмкін.

4.10-кесте

Аралық реленің техникалық сипаттамалары

Реле түрі	Түйіспелер саны	Номинальды қысым, В		Ұзақ ток түйіспелер, А	Тозуға төзімділік, тозу саны	
		тұрақты	айнымалы		коммутациялық	механикалық
ПЭ-20	4р + 4з	—	240 дейін	5	$(1 \dots 2) \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^6$
ПЭ-21	8 дейін	200 дейін	380 дейін	5	$3 \cdot 10^6$ дейін	$(3 \dots 5) \cdot 10^6$
ПЭ-23	3з + 3р	110 дейін	240 дейін	4	$(1 \dots 3) \cdot 10^6$	$(5 \dots 10) \cdot 10^6$
РП-23	5	220 дейін	—	—	—	—
РП-41, РП-42	8; 4	220 дейін	—	10	10^6	10^7
ЭП-41В	6 дейін	—	500 дейін	16	10^6	—
РП-8, РП-9, РП-11, РП-12	7 дейін	220 дейін	220 дейін			
РППШ-0	12 дейін	—	50 дейін	12	$3 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^6$
МКУ-48	8 дейін	220 дейін	380 дейін	5	$25 \cdot 10^6$	—

Уақыт релесі басқару сигналын алған соң уақыттың кейбір үзіндісімен түйісетін немесе ажырайтын түйісу құрылғысын білдіреді.

Уақыттың электромагнитті релесі кәдімгі реледен магнит (гильза) өткізгіш магниттік құбырдың болуымен ерекшеленді және қорек катушкасынан оны ажырату кезіндегі үзіндіні қамтамасыз етеді.

Уақыт релесінің қосылуы қарапайым электромагниттік реледегідей жүреді. Уақыттың үзіндісі қысым катушкасынан шешу кезіндегі магниттік ағымның неғұрлым баяу түсуінен бастапқы күйге байланыс жүйесінің бачк қайтуы есебімен қамтамасыз етіледі. Әрекеттің осындай принципіне сай уақыттың электромагниттік релесі тұйықтағышын ажырату және ажырату түйіспелігін тұйықтау кезіндегі үзіндіні қамтамасыз етеді. Реле уақыты үзіндісі серіппені тартуды өзгерту есебінен сатылай немесе баяу латунды магниттік емес төсенішті орнату жолымен реттеледі.

4.11-кестеде РЭВ-80, РЭВ-800 және РЭВ-810 уақыт түрлерінің электромагнитті реле мәліметтері келтірілген.

Уақыттың моторлық (электромеханикалық) релесі өз негізінде арнайы төмен жылдамдықты қозғалтқышы және тетік орналасқан шығыс білігіндегі үлкен тапсырыс санымен редукторы бар. Оның бастапқы күйі реле уақыты қондырғысының шкаласы бойынша орнатылады. Тетікті өз кезегінде шығыстық электромагниттік реле қосылатын қосымша түйісулер жұмысын басқарады.

Е-510 және РВ-4 түріндегі шығарылатын уақыт релесінің мәліметтері 4.11-кестесінде келтірілген. РВМ-12 түріндегі реле 0,5...4 с, РВМ-13 — 1... 10 с шегінде уақыт үзіндісін қамтамасыз етуге қабілетті.

Уақыттың механикалық релесі электромагнитпен басқарылатын анкерлік механизм түріндегі баяулатқышы бар. Электромагнитке қысымды беру кезінде (уақыт санаудың басы) оның якорі сағатқа ұқсас анкерлік механизмнің серіппесін оталдырады. Соңғысы, жұмыс істеуді реленің қозғалмалы түйіспелігі орын ауыстырады. Реленің қозғалмайтын түйісу белгіленген күйімен (тағайындамасымен) берілген уақыттан соң, түйіспелі жүйенің тұйықталуы жүреді, бұл уақытты санау соңын анықтайды. Уақытты ЭВ-100 және ЭВ-200 анкерлік реле мәліметтері 4.11-кестеде келтірілген.

Уақыттың кейбір механикалық релесі электромагнитпен емес, контактордың қозғалмалы бөлігімен басқарылады. Бұл жағдайда анкерлік механизмнің жұмысына іске қосу контакторды бірден қосудан соң жүреді. Мұндай уақыт релесі маятникті деген атау алған.

Әдетте уақыттың электронды релесін өз нобайында түрлі жартылайөткізгіштік элементтер қолданады (көбінесе транзисторлік) және конденсаторлар, разряд немесе заряд уақыты

Уақыт релесінің техникалық сипаттамалары

Реле түрі	Қысым, В	Уақыт үзіндісі, с	Түйісу саны		Түйісу арқылы ток, А		
			з	р	ұзақ	ажырату лар	қосылул ар
РЭВ-80	12; 24; 48	0,25 ... 1,3	1,2	1,2	10	2 . 15	10 . 80
РЭВ-800	12; 24; 48; 110; 220	0,25 ... 5,5	1,2	1,2	10	1 ... 15	10 . 80
РЭВ-810	12; 24; 48; 110; 220	0,25 ... 3,8	1,2	1,2	10	1 . 40	10 . 20
ЭВ-100	24; 48; 110; 220	0,1 ... 20	1	—	3.5	1 . 5	—
ЭВ-200	127; 220	0,1 ... 20	1	1	3.5	2 . 5	—
Е-510	110; 220	1 ... 360	—	4	5	2	—
РВ-4	127; 220; 380	—	1	1	—	—	—
ВЛ-23	110; 220	1 ... 100 0,1 ... 10 мин	—	—	—	—	—
ВЛ-37	24	0,1 ... 10 0,2 ... 200	—	—	4	—	—
РВГ-20111	12; 24	0,2 ... 0,7	—	—	0,1	—	—
РС-30	24; 240	1 ... 90	—	—	2,5	—	—

уақыт үзіндісін анықтайды. Олардың шығыс каскады қарапайым электромагнитті реледе жүзеге асырылады. ВЛ-23 және ВЛ-37 уақыттың жартылай өткізгішті релесінің мәліметтері 4.11-кестеде келтірілген.

ВЛ-43 уақыттың электронды релесі 0,1-ден 200 с-қа дейінгі, ВЛ-48 — 0,1-ден 100 с дейінгі уақыт үзіндісін қамтамасыз етеді, имеют номинальды ток 4 А және 110номинальды корек қысымы әрі 220 В бар және 160 ВА дейінгі жүктеме қуатын коммутациялай алады.

Герметикалық түйісулері бар уақыт релесі, олардың түйісулері герметикалануымен сипатталады және бір уақытта реле магнит өткізгіші бөлігі болып табылады. Түйіскіштерді герметикалау тозуға төзімділікті және реленің жұмысына сенімділікті арттырады. Қазіргі кезде 180 А дейінгі токтарға арналған герметикалық түйісулер әзірленген (геркондар), 6,3 А номинальды ток кезіндегі 60 А дейінгі ажырату токтары.

4.11-кестеде РС-30 және РВГ-2011 геркондары бар уақыт релесінің мәліметтері келтірілген.

Максималды токтың релесі бақыланатын тізбектерді және құрылғыларды белгіленген көлемнен токтың жоғары артуынан қорғауға арналған. РТ-40 сериялы ток релесі 0,05-тен (реле РТ-40/0,2) 200 А (реле РТ-40/200) дейінгі тағайындамалары бар ток қорғанысын жүзеге асырады және тұрақты ток тізбектерінде 60 Вт дейінгі және ауыспалы ток тізбектерінде 300 Вт дейінгі қуаттылықтардағы жүктемеде байланыса алады.

РТ-80 сериялы реле 5 және 10 А номинальды тогымен шығарылады және 2-ден бастап 10 А дейінгі қорғау құрылғысы болуы мүмкін. Осы релелердің тұйықталуы 250 В кернеулік кезінде 5 А дейінгі токпен коммутирленеді, сондай-ақ 0,5 А дейінгі тұрақты токты ұстап тұрады.

РЭВ-200, РЭВ-310 және РЭВ-830 максималды ток релелері үшін 1,5 бастап 600 А дейінгі тмәндегі тұрақты ток тізбектері қолданылады.

Электр сымдары сызбасындағы максималды ток ретіндегі реле 0,6 бастап 630 А дейінгі деңгейдегі ауыспалы ток тізбектерінде пайдалану үшін 0,6 бастап 1 200 А жейін және РЭВ-571Т тұрақты ток тізбектерінде пайдаланылатын РЭВ-570 типті көп реткі релесінде қолданылады. Олар $\pm 10\%$ дейінгі нақтылықты басшылыққа ала (0,7...3) $I_{\text{ном}}$ (РЭВ-570) и (0,7...2) $I_{\text{ном}}$ (РЭВ-571Т) шектеріндегі өзінің қондырғышлық мәндерін (ток шығарушы) реттеуді жүргізеді.

Автоматика, қорғау және дабылдық реле өзінің ерекшеліктері және орындалу мәндері болады. Мәселен, электрмен жабдықтау, автоматика және қорғауға мыналар жатқызылады:

- электр қуаттылық бағыттарын дқыс таңдауды қамтамасыз ететін РБМ-170/270 қуаттылық бағытындағы реле;
- аномальды жағдайлар орын алған кезде сәйкес кернеуліктерді реттеуші тікелей РНФ-2, айналмалы РНФ-3 және нөлдік РНН-57 бірізді реле;
- трансформаторлардың бір фазасын дифференциальды қорғауға арналған ДЗТ-11 релесі;
- сәйкес қуаттылық деңгейін бақылауға арналған активті РБМ-275 және реактивті РБМ-276 қуатты реле;
- белгілі бір ток немесе кернеулік деңгейлерін реттейтін РУ-21 синнальды типті реле және СЭ-2 типті сигналды блок;
- электр импульстар есебін жүргізуді жүзеге асыратын Е-531, Е-526, РСИ-1, РСИ-2 типтеріндегі импульстар есебінің релесі.

Осы және басқа да арнайы мақсатта қолданылатын реленің техникалық деректері [1, 5, 15] келтірілген.

4.7. Төмен вольтты жинақтық құрылғылар

Электротехникалық өнеркәсіп электрмен жабдықтау сызбасы, шквфтар, щитка мен қалқандар, панелдер, ұяшықтар, блоктар мен басқа да конструктивтік орындаулар түріндегі түрлі электр техникалық объектілерді басқару және қорғау үшін төмен вольттық кешенді құрылғыны (ТКҚ) шығарады. ТКҚ номенклатурасы алуан түрлі және саны көп, соныктан да мысал ретінде «Чебоксарский электроаппарат шығаратын зауыт» ЖАҚ (Чебоксар қаласы) кейбір ТКҚ типтерін көрсетумен шектелеміз.

1. өнеркәсіпке, энергетика объектілері мен тұрғын үй құрылыс шаруашылығы үшін ТКҚ ұолдану және электр энергиясын қолдану:

- Ш 8330 типті 1600 А дейінгі токқа арналған резервті автоматты қосатын (РАК) қосу шкафы;

- Қорғаушы өшіргіш және электр есептегіш қондырғылар, жеке қосқыш жинақтарымен бірге ПР типті тарату пунктi;

- Күштік және жарық беретін желілердің топтасқан ЩРО 8505В типтік электр энергиясын тарататын щитка;

- ЯОУ, ОЩВ, УОЩВ, ЩО, ЩН типтеріндегі топтық жарықтандыру щиткасы;

- 400 А дейін сақтандыру тогы бар ЯРПВ типі мен 100 А дейін автоматты және клеммникті тогы бар ЯВШ типті және сақтандырылмаған ажыратқышқа ие ЯВЗ типті жәшіктер;

- ЩЗ типтік қабаттық щитка;

- Кіші стансаларға арналған ПСН 1100 типті ауыспалы токшты және ПСН 1200 типті тұрақты токты тарататын ТКҚ;

- ЩО70 типтік панелдері базасындағы электр энергиясын тарату шиті;

- Электр стансаның жеке қажеттілігіндегі электр жабдықтарының қорегіне арналған КТПСН типті трансформаторлық кешенді кіші станция,

2. Электр сымдарын басқаратын ТКҚ:

- Б, БМ, БМД, БМН, БМР және БМТ басқару блоктары;

- Я 5000 роторлы типті қысқа тұйықталатын асинхронды қозғалтқыштарды басқару жәшігі;

- өнеркәсіптік және коммунальдық шаруашылық үшін тығындық арматураның қоректік электр сымдарына арналған РТЗО типті ТКҚ;

- ПУ 5709 және ПУ 5715 типті қысқа тұйықталғыш роторлы электр жабдықтарын пайдалануға арналған жылдамдығы жоғары асинхронды басқару панелі;

- Жылу беру стансаларының жанармай беру жүйесінің электр сымдарын, оның ішінде АСУ ТП құрамындағы жұмыстарды басқаруға арналған УРСН-50М және УРСН-600М типті ТКҚ;

3. Электр техникалық объектілерді автоматтандыру, басқару және қорғауға арналған ТКҚ;

- ЭПА 1000... 1600 типті автоматты панель;
- ЭПО типті жалпы станциялық панель;
- ЭПУ 1500 типті басқару панелі;
- ЭПЗ 1000...1600 типті қорғау панелі.

Төмен вольттық тарату құрылғыларының кейбір түрлерінің техникалық сипаттамасы [15] келтірілген.

4.8. Электр аппараттарын таңдау

Электр аппараттарын таңдауды жүзеге асыру мына көрсеткіштерді ескере отырып, жүзеге асырылады:

- токтың байланыс аппараттары, кернеулік пен қуаттылық;
- жүктеу сипаттамасы — белсенді, индуктивті, сыйымдылықты, жоғары және төмен оманды т.б.;
- коммутирлік тізбектер саны;
- кернеулік және ток тізбегін басқару;
- апараттың жұмыс істеу режимі — қысқа уақытқа, ұзақ уақытқа, қайталау-қысқа мерзімді;
- апараттың жұмыс істеу талаптары — температура, ылғалдылық, қысым, теңіз деңгейінен жоғары болу, дірілдің болуы және т.б.;
- аппаратты монтаждау тәсілі;
- экономикалық және массагабариттік көрсеткіштер;
- өзге қондырғылар мен аппараттармен жұмыс жасауға ыңғайлы және электрмагниттік сыйымдылық;
- электрлік, механикашлық және термикалық жүктемелердің беріктігі.

Электр аппараттарының *коммутациялық шекті қабілеттері* ақаусыз жағдайларда қала отырып, бірнеше мәрте өшіру мәндерін көрсететін токтың қысқа тұйықталудың максималды мәнін айқындайды.

Электродинамикалық тұрақтылық өзінің зақымдарын тигізбейтін аппаратқы берілуі мүмкін қысқа тұйықталу тоғының соғу амплитудасын сипаттайды.

Термикалық төзімділік қысқа тұйықталудағы токтың әрекет мерзіміндегі аппаратқы берілуі мүмкін рұқсат етілген жылу берудің санын сипаттайды.

Электр қондырғылардың жұмыс талаптарына электр аппараттарының осы параметрлерінің сәйкес келуін айқындау үшін алдын ала қысқа тұйықталған токты анықтау қажет. Оларды есептеу [8, 15] қарастырылған электр қондырғыларының нақты сызбасына сәйкес қолданылады.

Автоматты ажыратқыш. Бұл аппараттар қорек кернеулерін жылдам қалпына келтіру, қашықтан басқару және кешенді қорғау, сондай-ақ қозғалтқыштың бір фазалық режимін болдырмау үшін

асинхронды электр сымдары кезіндегі жауапты қондырғыларды қолданылады. Оларды қозғалтқышты өшіру және қорғауды қамтамасыз ететін және магниттік іске қосу орнына қолдану үшін шағын жиілікті қосқышы бар электр сымдарында орынды қолдануға болады.

Автоматты ажыратқыштар номинальды ток пен кернеулік, ток түрлері, шекті коммутациялық қабілеттілік, электродинамикалық және термикалық төзімділік, ажырату уақыты бойынша таңдалады. Автоматтардың барлық параметрлері қалыпты және авриялық режимдердегі жұмыстарға, ал конструктивтік орындалу орналасу талаптарына сәйкес келуі керек.

Автоматтың номинальды тоғы орнатудың жалғалмалы режимдегі тоғынан төмен болмауы, ал аппарат технологиялық жүктемелер қарастыру кезінде өшіп қалмауы тиіс.

Токтың қысқа тұйықталуынан электр қондырғыларын қорғау талаптары бойынша таңдалған аппаратты тексеру осы тоқтарлан жоғары тұруы тиіс автоматтың шекті коммтациялық қабілеті бар қондырғыдағы қысқа тұйықталу тоғыг болдырмайтын жағдайдан тұрады.

Ток бойынша жүктемеден қондырғыны қамтамасыз етеді егер жылу тізбекті номиналды ток автоматы қолғалатын объектінің жоғары номинальды тоқтарына тең болған жағдайда.

Электр қозғалтқышын жылудан барынша қорғайтын қондырғы сәйкес ток қозғалтқышдың деңгейіне сәйкес келуі керек. Токты қорғаудың ең жоғарғы көрсеткіші қозғалтқыш тоғының деңгейіне сәйкеседі. Токты қорғаудың ең жоғарғы көрсеткіші қозғалтқы іске қосылған кезде жұмыс жасамауы керек, ол үшін оған мына қатынастарда $I_{y\max}$ қондырғысы таңдалады

$$I_{y\max} \geq k_p I_{\text{пуск}},$$

мұнда k_p — салыстырмалы орнату қатынастарында ағытқышты ескертетін коэффициент және токтың ықтимал шығарындысы, $k_p = 1,5...2,2$; $I_{\text{пуск}}$ — қозғалтқыштың шығару тоғы.

Қатты жүктемеден қорғау (жылудан қорғау) мынадай қатынастарды тиімді болып саналады $I_{y.t}$ және номиналды ток осымен есептеледі

$$I_{y.t} = (1,2...1,4)/I_{\text{ном}}.$$

Қысқа тұйықталу кезінде тұрақтылық талаптары бойынша автоматтарды тексеру немесе таңдау коммутацияның шекті қабілеті, электродинамикасы мен автоматтардың термикалық төзімділігі қысқа тұйықталу режимінің параметрлеріне жауап беретін талаптардан кем болмаған кезде үзеге асырылады, атап айтқанда:

- автоматтың каталожды шекті коммутациялық қабілеті автоматтан өту сәтіндегі тізбекті кесіп өтетін қысқа тұйықталу тоғының мәнінен кем болмауы тиіс;

- автоматтың жлектродинамикалық төзімділік мәні автомат орнатылған орындағы қысқа тұйықталу тоғының соғудың амплитудалық мәндерінен кем

болмауы тиіс;

- қысқа тұйықталу тоғының жылу импульсі автоматтың терикалық төзімділік мәні каталогында көрсетілген мәндерден аспауы тиіс.

Қысқа тұйықталу параметрлерінің режимі мынадай тексерулер кезінде сәйкес есептеулер [3, 8] немесе қысқасөздік сызығы [3] айқындалады.

Контактор, реле, магниттік іске қосқыш. Олар басты тізбектің кернеулігінің сипаттамасы мен мәндеріне, тізбекті басқаруға (ажырататын катушек); контактардың коммутациялық қабілеті мен олардың саны, ажыратқыштың рұқсат етілген шегі; жұмыс режимі; орналыстыру санаты; ұршаған орнаты қорғау деңгейі бойынша таңдайды.

Басқару және қорғау қызметтерін атқаратын осы қосымша реле қондырғыға енгізілген өлшемдермен (тоқ, кернеулік, қуаттылық), уақыт кідірісі (реле уақыты), қайтару коэффициенті, жұмыс жасау және істен шығару уақыты бойынша таңдалады

Қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қорғау қозғалтқыштары кезінде максимальды тоқ релесін орнату мына қатынастар негізінде таңдалады

$$I_{y.m} = (1,2 \dots 1,3)I_{пуск}$$

Фазалық ротор мен тұрақты тоқ қозғалтқышының асинхронды қозғалтқышы мына формуламен есептеледі

$$I_{y.m} = (2 \dots 2,5)I_{ном.}$$

Ажыратқыш және қайта қосу. Бұл аппараттар механикалық және электрлік тозу жағдайларын төмендетуді, сондай-ақ конструктивтік орындауларды ескере отырып, кернеу түрі мен өлшемі, тоқ жүктемесі, қайта қосу саны бойынша таңдалады.

Басқару батырмасы мен кілті. Олар кернеулік түрлері мен деңгейі, коммутирленген тоқ өлшемі, коммутирлік тізбек саны, қорғау деңгейі және климаттық орындалуы, электрлік және механикалық тозу көрсеткіштері бойынша таңдалып алынады.

4.1-мысал. АНР132SM4 типті қысқа тұйықталғыш роторлы асинхронды қозғалтқыш мынадай номинальды мәндерге ие: қуаттылық $P_{ном} = 11$ кВт, фазнды кернеулік $U_{ном} = 220$ В, КПД $\eta_{ном} = 87,5$ %, қуаттылық коэффициенті $\cos\varphi_{ном} = 0,87$, 7,5 статорының номинальды тоғына қатысты шығарылатын тоқтың қысқалығы. Қозғалтқышты қосуды қамтамасыз ететін автоматты ажыратқышты таңдау және оның максимальды жылу қорғанысы.

Шешім. 1. Статор қозғалтқышының номинальды және іске қосу тоқтарын айқындаймыз:

$$I_{1\text{ ном}} = P_{\text{ном}} / (3U_{\text{ном}} \eta_{\text{ном}} \cos \varphi_{\text{ном}}) = 11\,000 / 3 \cdot 220 \cdot 0,875 \cdot 0,87 = 22 \text{ А};$$

$$I_{1\text{ пуск}} = 7,5 I_{1\text{ ном}} = 7,5 \cdot 22 = 164 \text{ А}.$$

2. Тоқты максимальды қорғауды қамтитын ток

$$I_{\text{макс}} = 1,5 I_{1\text{ уд}} = 1,5 \cdot 164 = 246 \text{ А}.$$

3. Жылуды қорғауды қамтитын ток

$$I_{\text{т.з}} = 1,2 I_{1\text{ ном}} = 1,2 \cdot 22 = 26,4 \text{ А}.$$

Қозғалтқыш үшін электромагниттік және жылу таратқышты 25 А номиналдық токқа ие ВА51Г25 типті автомат («Г» әрпі) қозғалтқышты қорғау үшін пайдалануды көрсетеді) таңдалуы мүмкін және оны орнату есептеу мәндеріне сәйкес келуі керек. Бқл автомат қысқа тұйықталу тоғына төзімділік талаптары бойынша тексерілуі қажет.

Бақылау сұрақтары

1. Электр аппараттар қандай белгілер бойынша сыныпталады?
2. Қандай аппараттар басқару аппараттарына жатқызылады?
3. Қолмен басқарылатын күштік коммутациялық аппараттардың түрлерін атаңыз.
4. Автоматты ажырату дегеніміз не?
5. Автоматты ажыратқышты қамтамасыз етуді қамтамасыз етудің қандай түрлері бар және ол ненің есебінде жүргізіледі?
6. Электромагниттік контактор дегеніміз не?
7. Байланыссыз және гибридік контакторлардың конструкциялық ерекшеліктері мен жұмысы неден тұрады?
8. Магниттік іске қосудың негізгі белгілері және орындалуының ерекшеліктері қандай?
9. Жұмсақ қосқыштардың тағайындалуын қосыңыз.
10. Электромагниттік реленің тағайындалуы мен негізгі түрлерін сипаттап беріңіз.
11. Электромагниттік реленің конструкциясы мен қағидаттарын сипаттаңыз.
12. Сіз реленің қандай негізгі түрлерін білесіз?
13. Өнеркәсіпті және тұрғын үй құрылыс коммуникацияларында НКУ қандай түрлері қолданылады?
14. Электр аппараттарын таңдау кезінде қандай талаптарды ескеру керек?
15. Электр аппараттары қандай негізгі электр параметрлері бойынша таңдалады?
16. Электр аппараттарының электродинамикалық және термикалық төзімділігі, коммутациялық қабілеттілігінің шегі дегеніміз не?

КОММУТАЦИЯЛЫҚ ЭЛЕКТРАППАРАТТАРЫ МЕН ЖОҒАРЫ КЕРНЕУЛІ АППАРАТТАР

5.1. Ажыратқыштар

Ажыратқыштар электрмен жабдықтау жүйесінде оперативтік және авариялық коммутацияны орындауға және электр жүтібектері мен жүктемені қосу және ажыратуға арналған. Қолданылатын ажыратқыштардың негізгі параметрлері мыналар болып табылады:

- белгіленген кернеулік кезінде, оның жиілігі мен қоршаған орта температурасы кезінде ұзақ уақытқа дейін жүргізуге қабілетті номинальды ток;
- осы электрмен жабдықтау жүйесінде жұмыс жасайтын ажыратқаш кезіндегі номинальды кернеулік;
- берілген кернеулік және тапсырылғар ооперациялардың циклі кезінде ажыратқыш өшірілуге қабілетті барынша қысқа тұйықталған ток мәнінде ұсынылатын тоқты номинальды өшіру;
- термикалық және электродинамикалық төзімді токтарға сәйкес сипаттажлатын термикалық және электродинамикалық төзімділік;
- жылдам әсер етіп ажыратылатын коммутациялық операциялардың тізбегін айқындайтын операциялар циклі;
- ажыратқыш жасауы тиіс коммутациялық операциялардың тізбегін айқындайтын операциялар циклі.

Май құйылған ажыратқыш. Олар доғаның электр дтізбектері үзіліп кеткен кезде майдың құйылу мен булану нәтижесінде жасалатын газды булану қоспасы ағыны, басқа доғаны тиімді салқындату жолымен жүргізіледі. Ажыратқыш мынау майына доғасының тігуін ажырату үшін пайдаланатын (көп көлемді) жанама түрге ұсақ ток бөліктерін оқшаулайды және майға доғаның сөну үшін қарақағазды пайдаланатын (аз майлы) аз көлемді бір полюс байланысты жеке аумаққа шығарады. 5.1-кестеде май құйылған ажыратқыштың кейбір типтерінің деректері келтірілген.

Электромагнитті ажыратқыш. Олар ең бірінші кезекте бас тізбекоті қозғай отырып, сосын доға өшіргіш камералары бар доға өшіргіш байланыстарға шығу жолдары арқылы тіздектерді өшіреді. Доғаны өшіру үшін магниттік үрлеуші қолданылады. 5.2-кестеде приведены данные электромагниттік ажыратқыштың деректері келтірілген.

Май құйылған ажыратқыштың техникалық сипаттамасы

Ажыратқыштың типi	Номинальды кернеулік, кВ	Номиналды ток, А	Төрт секундтық термикалық төзімділік, кА	Ажыратудың номинальды тогы, кА	Ажырату уақыты, с	Салмағы, кг	Сым типі
ВМЭ-6-200-4	6	200	4	4	—	—	ПМ-300
ВМЭ-6-200-1,5	—	—	1,25	1,25	—	—	ПМ-113
ВМГ-10	10	630 1000	20	20	—	140 145	ПЭ-11 ПП-67
ВМГП-10	10	630 1000	20	20	—	140 145	ППВ-10
ВМПЭ-10	10	630 1000 1600	20 31,5	20 31,5	0,12	225 335	Кіріктіріме электромагнитный
ВММ-10	10	400 630	10	10	0,12	94	Кіріктіріме серіппе
ВК-10	10	630 1000 1600	20 31,5	20 31,5	0,07	150 180	Кіріктіріме серіппе
МГГ-10-3200-45	10	3 200	—	—	—	—	ПЭ-21
МГГ-10-4000-45	10	4 000	45	45	0,15	—	ПЭ-21А
МГГ-10-500-45 МГГ-10-5000-63	10	5 000 5 000	64	63	0,15	—	ПЭ-21, ПЭ-21А

Ескерту. КС — кіріктіріме серіппе, КЭ — кіріктіріме электромагниттік сым.

Электромагниттікажыратқыштың техникалық сипаттамасы

Ажыратқыш типі	Төрт секундтық термикалық төзімділік, кА	Сымы бар қосу және жарыуға қабілетті уақыт мөлшері, с, артық емес	Сымы бар қосу және жарыуға қабілетті уақыт мөлшері, с, кем емес	Сымы бар қосу және жарыуға қабілетті уақыт мөлшері, с, артық емес	Салмағы, кг
ВЭМ-6-2000/40-125	40	0,06	0,08	0,35	1 000
ВЭМ-6-3200/40-125	40	0,06	0,08	0,35	1236
ВЭМ-10Э-1000/12,5	20 (5с)	0,05	—	0,4	610
ВЭМ-10Э-1250/12,5	20 (5с)	0,05	—	0,4	600
ВЭМ-10Э-1000/20	20	0,05	—	0,4	600
ВЭМ-10Э-1250/20	20	0,05	—	0,4	599
ВЭ-10-1250-20	20	0,06	0,075	0,075	522
ВЭ-10-1600-20	20	0,06	0,075	0,075	522
ВЭ-10-2500-20	20	0,06	0,075	0,075	533
ВЭ-10-3600-20	20	0,06	0,075	0,075	565
ВЭ-10-1250-31,5	31,5	0,06	0,075	0,075	563
ВЭ-10-1600-31,5	31,5	0,06	0,075	0,075	563
ВЭ-10-2500-31,5	31,5	0,06	0,075	0,075	574
ВЭ-10-3600-31,5	31,5	0,06	0,075	0,075	606

Вакуумды ажыратқыш. Сөндіру доғасы вакуумда ($1,3(10^{-2} \dots 10^{-5})$ дейін) болғаннан кейін ол солай айтылады. 5.3-кестеде осы типтегі ажыратқыштар көрсетілген.

Ауалық ажыратқыш. Өшір доғасындағы ажыратқыштың мұндай түрі 6.8 МПа қысым кезінде сығылған ауаның доға тәрізді қондырғысына берілуде жүргізіледі. Ажыратқыштың мұндай типі желі ретінде 6 кВ және одан жоғары 27 кВ дейінгі

Вакуумды ажыратқыштың техникалық сипатамасы

Сериясы	Номинальды ток, А	Қысқа тұйықталудың Номинальды тогы, кА	Термикалық төзімді уақыт, с	Толық уақытты ажырату, с	Циклдердің саны	Орындалуы
ВВТЭ(П)-10-10У2	630	25	3	0,05	20 000	Стационарлы
ВВТЭ(П)-10-20УХЛ2	1 000 дейін	52	3	0,05	20 000	Сүйретпеде
ВВЭ-10-20У3	1 600 дейін	52	3	0,055	20 000	Сүйретпеде
ВВЭ-10-31,5У3	3 150 дейін	80	3	0,055	2 000	Сүйретпеде
ВВЭ-10-20Т3	1 250 дейін	52	3	0,055	20 000	Сүйретпеде
ВВЭ-10-31,5Т3	2 500 дейін	80	3	0,055	20 000	Сүйретпеде
ВВВ-10-20У2	320	10	4	0,08	30 000	Стационарлы

Ескерту. Әріптік мәндерден кейінгі бірінші сан — номинальды кернеулік, кВ; екінші саны — ажыратудың номинальды тогы, кА.

генератор кернеулігінде және 6.220 кВ кернеулігі және басқа қатардағы жағдайлар кезінде электротемникалық қондырғыларды қолданылады.

350.500 кВ кернеулікті электр желісі үшін алты фторлы күкіртті (SF_6) ұсынатын басқа доғаз дәріздес ортада қолданылады және барынша электр төзімділігіне қабілетті.

5.4-кестеде ауалық ажыратқыштың кейбір типтерінің техникалық деректері келтірілген.

Жоғары кернеулі ажыратқыштың жұмыс жасау қағидаттары мен конструкциясының егжей-тегжейі [20] қарастырылған.

Ауалық ажыратқыштың техникалық сипаттамасы

Тип	Номинальды ток, кА	Термикалық төзімді ток, кА, уақыт үшін, с	Ажыратудың номинальды тогы, кА	Қосу уақыты, с	Өшіру уақыты, с
ВВОА-15	12,5	145; 3	140	0,1	0,08
ВВГ-20	12,5; 20	160; 4	160	0,1	0,15
ВВУ-35	2	40; 4	40	0,13	0,07
ВВУ-110	2	40; 4	40	0,2	0,08
ВВД-220	2	31,5; 4	31,5	0,24	0,08
	3,2	40; 4	40	—	—
ВНВ-220	2	40; 4	40	0,1	0,04
ВВБ-330	2	35,5; 4	35,5	0,25	0,08
ВВД-330	3,2	40; 4	40	0,25	0,08
	2	40; 4	40	0,1	0,04
ВВБ-500	2	35,5; 4	35,5	0,25	0,08
ВНВ-500	2	63; 3	63	0,1	0,06
ВВБ-750	3,2	40; 4	40	0,11	0,06
ВНВ-750	3,2	40; 4	40	—	0,06
ВНВ-1150	4	40; 4	40	0,1	0,035
ВВБК-110	3,2	50; 4	50	—	0,06
ВВБК-220	3,2	56; 4	56	—	0,04
ВВБК-330	3,2	40; 4	40	—	0,04
ВВБК-500	2	40; 4	40	—	0,04
ВВБК-750	3,2	40; 4	40	—	0,04
ВВБК-1150	4	40; 4	40	—	0,04

Ескерту. Өріптік мәндерден кейінгі сан — номинальды кернеулік, кВ.

Ажыратқыш жүктемесі. Олар КРУ шкафтарында, 10 кВ дейінгі кернеулік кезінде ішкі қондырғылардың КСО және КТП ұяшықтарында жұмыс жасау үшін арналған. ВНР-10/400-10 типті ажыратқыштар 400 А номинальды тогына, 800 А аздаған ток ажырауларына және тоқтың термикалық төзімділігі 1 с әрекет етукезінде жарамды болып табылады.

5.1. Ажыратқыш, оқшаулаушы және қысқа тұйықтаушы

Ажыратқыш. Олар электр тізбектерін коммутациялау, ажырату және қайта қосу, атап айтқанда кернеу үстінде тұрған аралас қондырғылар мен желілерден электр жабдықтарын жөндеу және ревизиялау уақытын айқындау және олардың арасында көрініп тұратын айырмашылықты қамтамасыз ету үшін қолданылады.

Ажыратқыштар ішкі және сыртқы қондырғылар үшін шығарылады.

РВО, РВФ және РВЗ типті ішкі қондырғыларға арналған ажыратқыштар 6 кВ кернеулігі және 400-ден 2 000 А дейінгі токтармен жұмыс жасау үшін арналған және сыртқы қондырғыларға арналған ажыратқыштар 200-ден 5 000 А токқа шығарылады. Ажыратқыштың әріптік мәнздерін ашып көрсету: Аж — ажыратқыш; I — ішкі қондырғы; Б — бір плюсті; Ф — тоқ өткізгіштің фигурасы; Ж — жерге тұйықтау пашағының болуы; Е — екі бағандық конструкция; Т — тізбекті байланыстың болуы. Ажыратқыштың сыртқы қондырғысы С әріпімен белгіленді. 5.5 кестесінде ажыратқыштың ішкі қондырғысының, ал 5.6 кестеде — сыртқы қондырғысының негізгі деректері келтірілген.

5.5-кесте

Ажыратқыштың ішкі қондырғысының техникалық сипаттамасы

Т и п і	Қысқа тұйықталудың өткізгіштік тоқ шегі, кА		Термикалық төзімділіктің төрт секундтық тоқ, кА	Ажыратқыш массасы және бір плюс (плюстік орындалу), кг
	Амплитудалық мәні	Қолданыстағы мәні		
РВО-6/400	50	29	16	5,9
РВО-6/630	60	35	20	6,3
РВО-6/1000	120	71	40	12,5
РВ-6/400	50	29	16	24
РВ-6/630	60	35	20	27
РВ-6/1000	120	71	40	42
РВЗ-6/400	50	29	16	28
РВЗ-6/630	60	35	20	29
РВЗ-6/1000	81	47	40	46

5.5-кестенің соңы

Типі	Қысқа тұйықталудың өткізгіштік ток шегі, кА		Термикалық төзімділіктің төрт секундтық тоғы, кА	Ажыратқыш массасы және бір плюс (плюстік орындалу), кг), кг
	Амплитудалық мәні	Қолданыстағы мәні		
РВФ-6/400	50	29	16	35
РВФ-6/630	60	35	20	38
РВФ-6/1000	81	47	40	67
РВО-10/400	50	29	16	5,9
РВО-10/630	60	35	20	6,3
РВО-10/1000	120	71	40	12,5
РВ-10/400	50	29	16	26
РВ-10/630	60	35	20	28
РВ-10/1000	120	71	40	44
РВЗ-10/400	50	29	16	30
РВЗ-10/630	60	35	20	32
РВЗ-10/1000	81	47	40	48
РВФ-10/400	50	29	16	41
РВФ-10/630	60	35	20	45
РВФ-10/1000	81	47	40	83
РЛВОМ-10/1000	81	47	40	16,19
РВР-III-10/2000	85	—	31,5	82
РВРЗ-III-10/2000	85	—	31,5	112

35 кВ дейінгі кенеулікті ажыратқыштың ішкі қондырғысының бір плюсті болуын басқару үшін оқшаулаулы штангтер, ал үш плюсті ажыратқыштар үшін бұрамды бере отырып ПР-10 және ПЧ-50 типті қол сымдары қолданылады. Сыртқы қондырғылардың ажыратқышын басқару ПДН. Типті электр қозғалқыш сымдарын қашықтан басқару кезінде ПРНЗ типті сымдарды қолдан басқартуды жүзеге асырады.

Ажыратқыштың ішкі қондырғысының техникалық сипаттамасы

Тип	Қысқа тұйықтаудағы жанама тоқтың амплитудалық мәні, кА	Термикалық төзімді ток, кА		Салмағы, кг
		басты байланыс (4с)	жерге тұйықтаушы пышақ (1с)	
РЛНД-10/400	25	10	10	61
РОН-10К/5000	180	71	—	105
РНД (3)-35/1000	63	25	25	81
РНД (3)-35/2000	80	31,5	31,5	178
РНД (3)-35/3200	125	50	50	240
РНД (3)-110/1000	80	31,5	31,5	225
РНД (3)-110/2000	100	40	40	380
РНД (3)-110/3200	125	50	50	451
РНД (3)-150/1000	100	40	40	42
РНД (3)-150/2000	100	40	40	500
РНД (3)-150/3200	112	45	45	505
РНД (3)-220/1000	100	40	40	775
РНД (3)-220/2000	100	40	40	866
РНД (3)-220/3200	125	50	50	900
РНД (3)-320/3200	160	63	63	3 510
РНД (3)-500/3200	160	63	63	4 250
РПД-500/3200	160	63	—	6 100
РПД-750/3200	160	63	—	9 370
РНВ(3)-750П/4000	—	63	—	8 769
РНЗ-1150/4000	100	40	—	13 370

Ескерту. Құрамында — номинальды кернеулік, кВ; ауыстыру үшін — номинальды ток, А.

Бөлектеуші. Жылдам әрекет ететін сымдармен жарактандыру үшін қысқа уақыт ішінде (0,1 с арқыт емес) жоғары тізбек кернеулігін тоқтан автоматты ажырату үшін қолданылады. 5.7-кестеде қолданылатын бөлектеуші құралдарды қолдану бойынша негізгі мәліметтер келтірілген.

Бөлектеушінің техникашлық сипаттамасы

Сипаттамасы	ОД-35, ОД3-35	ОД-110	ОД-110, ОД3-110	ОД-150, ОД-150У	ОД- 220
Номинальды ток, А	630	800	1 000	1 000	1 000
Қосу уақыты (көктайғақсыз),	0,45	0,32	0,38	0,38	0,5

Ескерту:

1. «Т» әрпі жерге тұйықтау пышағығың бар екендігін білдіреді, «К» — күшейтілген оқшаулаушы.
2. Шартты белгінің цифрлық бөлігі — номинальды кернеулік, кВ.
3. Шекті өткізгіш ток — 80 кА.

Қысқа тұйықталудың техникалық сипаттамасы

Сипаттамасы	КРН-35	КЗ-110	КЗ-150	КЗ-220У
Шекті өткізгіш токтың амплитудасы, кА	42	51	51	51
Термикалық төзімді ток, кА	12,5	20	20	20
Қосу уақыты (көктайғақсыз), оныменкөктайғақпен	0,1	0,14	0,2	0,25
Масса (сымсыз), кг	48	150	210	210

Ескерту:

1. Мәндегі цифрлық бөлік — номинальды кернеу, кВ.
2. Мәндегі әріптер: С — сыртқы қондырғы үшін; К — оқшаулауды күшейту.

Қысқа тұйықтаушы. Ол жоғары кернеулі тізбекте жасанды қысқа тұйықталуды құру үшін қызмет етеді. Ол өзінің конструкциясында ажыратқыштың жерге тұйықтау қондырғысына ұқсайды, алайда ол жылдам әрекет ететін сыыммен жарактандырылған. 5.8-кестеде қысқа тұйықталу деректері келтірілген.

Бөлектеуші үшін ҚБС (қолмен бөлектеу сымы) және қысқа тұйықталу үшін ҚТС (қолмен қысқа тұйықтау сымы) қолданылады.

5.2. Жиынтықты жоғарывольтты қондырғылар

Жиынтықты трансформаторлық аралық станцияларды, біржақты қызмет көрсететін жиналмалы камераларды және жоғары кернеулі электрэнергияларын қабылдау, түрлендіру және таратуға арналған жиынтықты таратқыш құрылғыларды қарастырайық.

Жиынтықты трансформаторлы аралық станциялар. Жоғары кернеулі ЖТА жоғары кернеуді төменгіге түрлендіруді және бұл кернеуді электрэнергиясын тұтынушылар арасында таратуды жүзеге асырады.

5.9-кестеде ЖТА деректері 6(10) кВ бастапқы кернеуге сыртқы, ал 5.10-кестеде – ішкі қондырғы үшін келтірілген.

Түпкі және өтпелі орындалған дүңгіршек типті аралық станциялар ДЖТА 6 (10)/0,4 кВ кернеуге, 25...630 кВА қуатқа және 40...400 А тоққа шығарылады. Олар біртрансформаторлы орындауға ие және қоңыржай климат шартында қалалық, ауылшаруашылық, өнеркәсіптік объектілерді электрмен жабдықтауға арналған.

5.1-суретте түптік орындаудағы аралық станцияның электрлік сұлбасы келтірілген. КС фоторелесі жарықтылыққа байланысты жарықтандыру желісін қосу және өшіруді басқару үшін қолданылады.

МЖТА 25...250/10(6) 0,4-03-У1 типті сыртқы қондырғыдағы діңгекті аралық станция 10(6) кВ кернеудегі үшфазалы айнымалы ток электрэнергиясын қабылдауға және оны 0,4 кВ кернеуге түрлендіруге арналған. Аралық станция қуаты 250...1000 кВА, ток жиілігі 50 Гц.

Біржақты қызмет көрсетудің құрамалы камералары. Олар оқшауланған және бейтараппен жерлендірілген желілерде 10(6) кВ кернеулі ішкі және сыртқы таратушы құрылғыларда айнымалы тоқты орнатуға арналған. Олардың құрамына күштік сөндіргіштер, әуелік айырғыштар және жүктеме сөндіргіштері, тоқ және кернеу трансформаторлары, басқару, сигнализация, қорғаныс аппараттары және басқа қосымша құралдар кіреді.

ҚБҚК-6(10)-Э1 «Аврора» ұяшықтары 630 және 1000 А тоқтарға шығарылады және 2 с ішінде 51 кА электрдинамикалық тұрақтылық тоғымен және 20 кА термиялық тұрақтылық тоғымен сипатталады. Ұяшықтар IP31 қорғаныс дәрежесіне ие.

Сыртқы және ішкі қондырғыдағы ҚБҚК-202 50 Гц өнеркәсіптік жиілікте 630, 1 000 және 1 600 А тоқтарға шығарылады.

Сыртқы қондырғыдағы ЖТА техникалық сипаттамалары

Көрсеткіш	КТП25-6(10)/0,4; КТП40-6(10)/0,4; КТП63-6(10)/0,4	КТП100-6(10)/0,4; КТП 160-6(10)/0,4	КТП250- 6(10)/0,4	КТП-400У1	КТП-630У1; КТП-1000У1; 2КТП-630У1; 2КТП-1000У1
Номиналды қуат, кВ·А	25; 40; 63	100; 160	250	400	630; 1000; 2 x 630; 2 x 1000
Трансформатордың күштік типі	ТМ-25/6(10); ТМ-40/6(10); ТМ-63/6(10)	ТМ-100/6(10); ТМ-160/6(10)	ТМ-250/6(10)	ТМФ-400/6(10)	ТМЗ-630/6 (10); ТМЗ-1000/6 (10)
Жоғары кернеу жағындағы коммутациялық аппарат типі	РВ-10-250; ПК-6(10)	РВ-10-250; ПК-6(10)	РВ-10-250; ПК-6(10)	ВНПз-17 ПРА-17 жетегімен (ВВ Н-1 типті шкафта); ПК-6 (10)	
Төменгі кернеу жағындағы коммутациялық аппарат типі					
кірісінде	АЗ 124 (40 и 60 А)	АЗ134 (200 А)	АЗ 144 (400 А)		АВМ-20СВ (КНН-1 немесе КНН-2 типті шкафта)
желіде	АП50-2М; АЗ 124 (30, 40 және 60 А)	АЗ124 (100 А)	АЗ 134 (200 А); АЗ124 (100 А)	АВМ-ЮСВ (КВН-1 типті шкафта); 2 шт. БПВ-2 4 шт. БПВ-1 (КБН-1 шкафта)	АВМ-4В, АВМ-ЮВ немесе АВМ-20В (в шкафах типа КНН-4 немесе КНН-5 типті шкафта) АВМ-20СВ (КНН-3 типті шкафта)

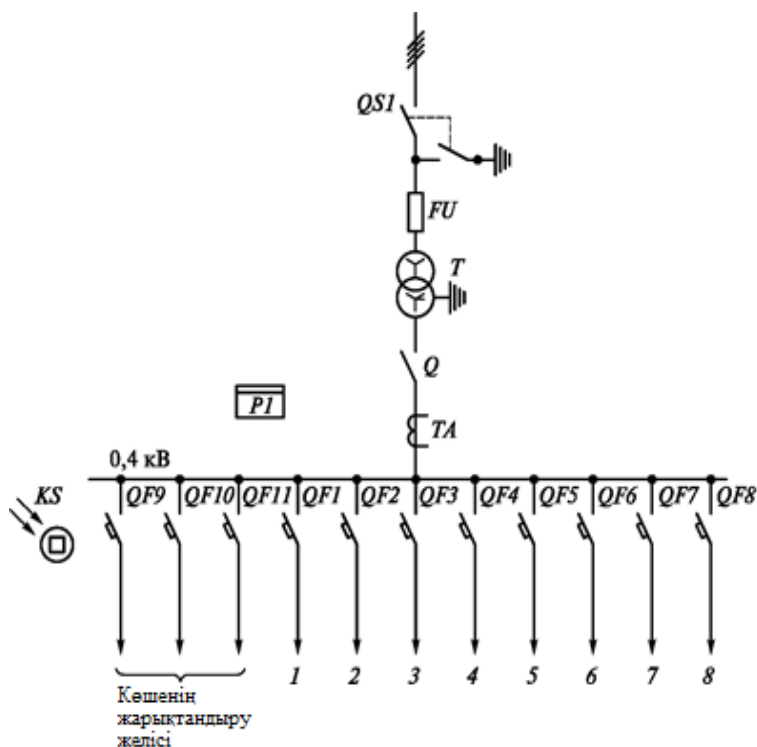
Бөліну желісінің саны	3+ 1 (жарықтандыру)	3+ 1 (жарықтандыру)	4+ 1 (жарықтандыру)	5 немесе 6	7...9
ЖТА габаритті өлшемдері, мм: ені (ұзындығы)	1300	1300	1500	4060	Тапсырыспен анықталады 1185; 1255
тереңдігі	1 150	1 150	2100	1220	
биіктігі	2 740	2 740	2 900	2000	2000
Массасы, кг	740... 995	1110... 1385	1850	2 880	Тапсырыспен анықталады

Кесте 5.10

Ішкі қондырғыдағы ЖТА техникалық сипаттамалары

Көрсеткіштер атауы	КТП-160; КТП-250; КТП-400	КТП-СН-0,5	КТП-400	КТП-М-1000 КТП-М-1600	КТП-2500
Номиналды қуат, кВ А	160; 250; 400	400; 630; 1 000	400	1 000; 1 600	2 500
Номиналды кернеу, кВ Күштік трансформатор типі	6(10)/0,4; 0,23 ТМЗ	6(10)/0,4; 0,23 тез, тезе	6(10)/0,4; 0,23 ТМФ	6(10)/0,4; 0,23 ТМЗ; ТНЗ	6(10)/0,4; 0,23 ТНЗ
Жоғары кернеу енгізу шкафы (ВН): шкаф типі	ШВВ-3	Кабелді қорап	ВВ-1; ВВ-2	ШВВ-3; ШВВ-5	ШВВ-3; ШВВ-5

Көрсеткіштер атауы	КТП-160; КТП-250; КТП-400	КТП-СН-0,5	КТП-400	КТП-М-1000 КТП-М-1600	КТП-2500
Коммутациялық аппарат типі	ВН-11	Қатаң енгізу	ВНПз-17; ПК-6 (10)	ВН-11	ВН-11
Төменгі кернеу шкафы (НН): КІРІСТЕР	ТТТВ-А	4ШН; 5ШН	КБ-1; КБ-2;	ШНВ-2М; ШНВ-3М	ШНВ-2К
секциялық желілік	— ПШ-а	4ШН; 6ШН 5ШН-600	КБ-4 КБ-5а; КБ-56	ШНС-2М ШНЛ-1М ШНЛ-2М	ШНС-3К ШНЛ-2К ШНЛ-3К
Коммутациялық аппараттар типі					
Кірістерде және секциялық Бөліну желісінде	A3744C A3712Б; A3722Б; A3734C; A3744C	Ә-16В; Р-2515 A3710... A3740	АВМ-ЮСВ БПВ-1; БПВ-2	Ә-40В; Ә-25В Ә-16В; Ә-0.6В	Ә-40В; Ә-25В
Кірістерде және секциялық Бөліну желісінде	A3744C A3712Б; A3722Б; A3734C; A3744C	Ә-16В; Р-2515 A3710... A3740	АВМ-ЮСВ БПВ-1; БПВ-2	Ә-40В; Ә-25В Ә-16В; Ә-0.6В	Ә-40В; Ә-25В Ә-25В



Сур. 5.1. Түпкі орындаудағы жиынтықты трансформаторлы аралық станция сұлбасы

T — трансформатор; $QS1$ — жүктеме сөндіргіші; FU — жоғары кернеу жағындағы сақтандырғыш; Q — шаппа сөндіргіш; $QF1... QF8$ — төменгі кернеудің бөліну желесінің автоматты сөндіргіші; $QF9... QF11$ — көшелік жарықтандыру желісінің автоматты сөндіргіштері; TA — ток трансформаторы; PI — электр есептегіш; KS — фотореле

Біржақты қызмет көрсету камералары ҚБҚК-386 және ҚБҚК2(272) трансформаторлық аралық станцияларды жабық ғимараттарда қолдану үшін арналған және жүктеме сөндіргішімен, айырғыштармен, ток және кернеу трансформаторларымен, реле және автоматиканың микропроцессорлық блоктарымен және өлшеуіш құрылғылармен жинақталады.

Жиынтықты таратқыш құрылғылар. Олар жиілігі 50 Гц электр энергиясын таратуға арналған. Азгабаритті ішкі қондырғыдағы КМ1 сериялы ЖТҚ 6(10) кВ номиналды кернеуге ие және 630, 1000, 1600, 2000, 2500, 3150 А номиналды токтарға шығарылады. Осы параметрлерге ЖТҚ2-10 типті ЖТҚ шығарылады.

Бақылау сұрақтары

1. Жоғарывольтты сөндіргіш дегеніміз не?
2. Сөндіргіш қандай негізгі параметрлермен сипатталады?
3. Жоғарывольтты сөндіргіштердің қандай түрлерін білесіңдер?
4. Ажыратқыштар, бөлгіштер және қысқа тұйықтағыштар қандай міндет атқарады?
5. Қандай электр-техникалық құрылғы жиынтықты трансформаторлық аралық станция деп аталады?
6. Трансформаторлық аралық станциялардың қандай түрлерін білесіңдер?

ТРАНСФОРМАТОРЛАР**6.1. Трансформатор міндеттері және түрлері**

Трансформатор деп электромагниттік индукция арқылы бір шаманың (бастапқы кернеу) айнымалы ток кернеуін басқа шаманың (екінші кернеу) айнымалы ток кернеуіне түрлендіретін статикалық электромагниттік құрылғыны айтамыз. Трансформатордың негізгі бөліктеріне магниттік жүйе (магнит өткізгіш) және онда орналасқан екі немесе одан көп өзара гальваникалық байланыспаған орамдар жатады.

Автотрансформатор дегеніміз екі немесе одан көп орамдары өзара гальваникалық байланысқа ие трансформатор. Бірінші тізбектен екінші тізбекке энергия беру магниттік өріспен қатар электрлік жолмен де беріледі.

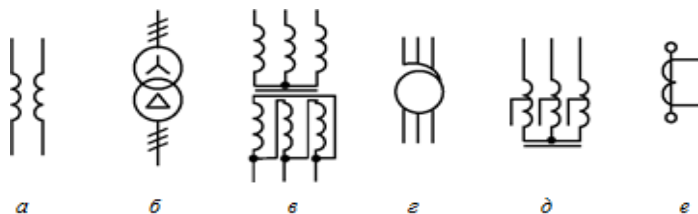
Түрленетін кернеу фазасының санына тәуелді трансформаторлар бірфазалы, үшфазалы және көпфазалы бола алады, ал беретін қуат деңгейіне байланысты олар күштік және азқуатты болып бөлінеді. Трансформаторлардың жеке тобын өлшенетін ток пен кернеудің үлкен шамаларында типтік өлшеуіш аспаптардың және релелік қорғаныс пен автоматиканың қорек көзіне арналған ток және кернеуді өлшеуіштер құрайды. Бұл трансформаторлар күштік және өлшеуіш тізбектердің гальваникалық түйінін қамтамасыз етеді.

Екіорамды трансформаторда жоғарғы кернеу желісіне жалғанатын жоғары кернеу орамын (ЖК) және төменгі кернеу желісіне жалғанатын төмен кернеу орамын (ТК) ажыратады. Үшорамды трансформаторда орташа кернеу орамы да болады (ОК).

Электр энергиясы жүргізілетін трансформатор орамы бастапқы, ал энергия бөлінетін орам – екіншілік деп аталады.

Электр сұлбасындағы трансформаторлар мен автотрансформатордың шартты кескіндері 6.1-суретте келтірілген.

МС 11677 — 85 сәкес бірфазалы трансформаторда орамның басы және соңы ВН сәйкесінше A және X бас латын әріптерімен белгіленеді, ал НН орамдары - a және x кіші латын әріптерімен.



Сур. 6.1. Шартты кескіндері:

а — бірфазалы трансформатор; б в — үшфазалы трансформатор; г, д — автотрансформатор; е — ток трансформаторы

Үшфазалы трансформаторда ВН орамының басы және соңы сәйкесінше A, B, C және X, Y, Z болып белгіленеді, а НН орамдары — a, b , с және x, y, z .

Үшфазалы трансформаторларда орамдар «жұлдыз» сұлбасы бойынша (6.1, в суреттегі бастапқы орам), Y орыс әріпімен белгіленеді, «үшбұрыш» (6.1, в суреттегі екінші орам), D әріпімен белгіленеді, және «ирек» (белгіленуі Z латын әріпі) жалғануы мүмкін. Нейтралдан бұру (тармақталу) «жұлдыз» және «ирек» сұлбаларында O әріпімен белгіленеді.

Трансформаторлардың маңызды сипаттамасы орамдарды жалғау тобы. Ол ВН орамдарының сызықтық керену векторына қатысты НН орамдарының сызықтық кернеу векторының бұрыштық ығысуымен анықталады.

Y/Y_0-12 жалғау тобы бұл векторлар 360° -қа ығысқанын білдіреді, немесе дәл солай 0° -қа. Бұл жалғауды $U_1 < 35$ кВ және $U_2 < 525$ В кезіндегі трансформатордың аралас (күштік және жарықтандыратын) жүктемесі жағдайында қолданады. $Y/A-11$ тобын (векторлардың ығысуы 330° құрайды) $U < 35$ кВ болатын қуатты трансформатор үшін және $U_2 \gg 525$ В екіншілік кернеуде қолданады.

Трансформаторлардың параллель жұмыс істеуі бірдей кернеулерде және орамдардың бірдей топтарында, сонымен қатар қысқа тұйықталу кернеуінің 10 %-дан аспайтын айырмашылығында рұқсат етіледі.

6.2. Күштік трансформаторлар

Күштік трансформаторларға қуаты $6,3 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ және одан көп болатын үшфазалы және көпфазалы және қуаты $5 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ және одан көп болатын трансформаторлар жатады. Салқындату тәсілі бойынша олар арнайы салқындату режимі болмайтын табиғи ауамен салқындату (құрғақ трансформаторлар) және маймен салқындату болып бөлінеді. Трансформатордың жаңа түріне.

герметикалық және жоғары сенімділік пен эксплуатациялық қасиеттерге ие құйма окшауланған трансформаторлар жатады.

Электрмен қамтамасыз ету жүйесінде кернеуді реттеу мүмкіндігін қамтамасыз ету үшін орамдардан тармақтары бар трансформаторлар шығарылады. Олар трансформация коэффициентін өзгертуге мүмкіндік береді. Трансформатор керенуін реттеудің екі түрлі құрылғысы бар: жүктемемен (белгіленуі РПН) және жүктемесіз (ПБН). Тармақтар (реттеуші сатылар) ВН орамдарында орындалады, себебі олар арқылы НН және СН орамдарымен салыстырғанда шамасы бойынша аз тоқтар өтеді.

РПН құрылғысы кернеуді реттеуді номиналды деңгейден 10...16 % дейін қамтамасыз етеді, ал қоздырусыз ауыстыру құрылғысы номиналды деңгейден +5; +2,5; 0; -2,5... +5 % шегінде кернеуді реттеуді мүмкіндік береді.

6.1 кестеде сериясы ТМ және ТСЗ үшфазалы трансформаторлардың деректері келтірілген, кестеде келесі белгілеулер қабылданған: $U_{1ном}$, $U_{2ном}$ – номиналды бастапқы және екінші керену; $u_{к.з}$ – қысқа тұйықталу кернеуі, номиналдан %; $P_{x.x}$, $P_{к.з}$ – сәйкесінше бос жүріс және қысқа тұйықталудың жоғалу қуаты; i_0 – бос жүріс тоғы, номиналдан %. Трансформаторлардың белгіленуінде ТМ – үшфазалы майлы; 25/10 – қуаты 25 кВ · А, бастапқы кернеу 10 кВ; ТСЗ – қорғаныспен орындалған құрғақ үшфазалы трансформатор.

Кесте 6.1

ТМ және ТСЗ типтегі үшфазалы трансформаторлардың техникалық сипаттамалары

Түрі	Қуаты, кВ · А	$U_{1ном}$, кВ	$U_{2ном}$, кВ	$u_{к.з}$, %	Жоғалу қуаты, кВт		I_0 %
					$P_{x.x}$	$P_{к.з}$	
ТМ-25/10	25	10; 6	0,4; 0,69	4,5	0,135	0,60	3,2
ТМ-40/10	40	10; 6	0,4; 0,69	4,5	0,190	0,88	3,0
ТМ-63/10	63	10; 6	0,4; 0,69	4,5	0,265	1,28	2,8
ТМ-100/10	100	10; 6	0,4; 0,69	4,5	0,365	1,97	2,6
ТМ-160/10	160	10; 6	0,4; 0,69	4,5	0,565	2,65	2,4
ТМ-250/10	250	10; 6	0,4; 0,69	4,5	0,820	3,70	2,3
ТМ-400/10	400	10; 6	0,4; 0,69	4,5	1,05	5,50	2,1

Түрі	Қуаты, кВ • А	$U_{1\text{ ном,}}$ кВ	$U_{2\text{ ном,}}$ кВ	$u_{к.з,}$ %	Жоғалу қуаты, кВт		$I_0 \%$
					$P_{x.x}$	$P_{к.з}$	
ТМ-630/10	630	10; 6	0,4; 0,69	5,5	1,56	7,6	2,0
ТМ-1000/10	1000	10	0,4	5,5	2,45	12,2	1,4
ТМ-1600/10	1600	10	0,4	5,5	3,30	18,0	1,3
ТМ-2500/10	2 500	10	0,4	5,5	4,60	25,0	1,0
ТМ-4000/10	4 000	10	0,4	5,5	6,40	33,5	0,9
ТМ-6300/10	6 300	10	0,4	6,5	9,00	46,5	0,8
ТС3-160/10	160	10	0,4	5,5	0,70	2,7	4,0
ТС3-250/10	250	10	0,4	5,5	1,00	3,8	3,5
ТС3-400/10	400	10	0,4	5,5	1,30	5,4	3,0
ТС3-630/10	630	10	0,4	5,5	2,00	1,3	1,5
ТС3-1000/10	1 000	10	0,4	5,5	3,00	11,2	1,5
ТС3-1600/10	1600	10	0,4	5,5	4,20	16,0	1,5

6.2-кестеде ТМ, ТДЦ және ТРДНЦ сериялы трансформаторлардың деректері келтірілген. Әріптік белгіленулердің мағынасын ашу: ТДЦ – майдың айналымды салқындатылуы бар трансформаторлар.

6.3-кестеде ВН 380, 500 және 660 В және НН 230 және 400 В типті трансформаторлардың деректері келтірілген.

Электртехникалық өнеркәсіп құйма оқшауланмен трансформаторлар шығарады. Олар пайдалану кезінде жоғары өрт қауіпсіздігін, сенімділікті, қызмет көрсетуде қарапайымдылықты, ықшамдылықты және шудың төмен деңгейін қамтамасыз етеді. 6.4-кестеде ТСЗЛ типтегі құйма оқшаулаумен «Электрозавод» ААҚ (Мәскеу) өндірген қорғаныс қабатындағы трансформаторлардың деректері көрсетілген.

6.5-кестеде ТМГ (өндіруші «Электрозавод» ААҚ) сериялы үшфазалы майлы герметикалық трансформаторлардың техникалық деректері келтірілген, олар тұрғын үй және қоғамдық ғимараттардың, өнеркәсіптік мекемелердің, ауылшаруашылық объектілердің, транспорттың және т.с.с. электрқұрылғыларын қорек көзімен қамтамасыз ету үшін арналған. Трансформаторлар пайдалану кезінде қызмет көрсетуді қажет етпейді. Ауамен байланыстың жоқтығы майдың изоляциялық қасиеттерінің сақталуын 25 жылдан кем емес уақыт аралығында қамтамасыз етеді

Таблица 6.2

ТМ, ТДЦ, ТРДНЦ трансформаторларының техникалық сипаттамалары

Түрі	$U_{к.з}, \%$	Жоғалтулар, кВт		$I_0, \%$	Масса, кг		Ауқымды өлшемдер, мм		
		Бос жүрістің P_{xx}	Қысқа тұйықталудың		толық	масла	биіктігі	ұзындығы	ені
ТМ-100/35	6,5	0,465	1,970	2,6	1 300	—	2 200	1330	900
ТМ-160/35	6,5	0,700	2,65	2,4	1 700	—	2 260	1400	1000
ТМ-250/35	6,5	1,000	3,70	2,3	2 000	—	2 320	1500	1250
ТМ-400/35	6,5	1,35	5,50	2,1	2 700	—	2 500	1650	1350
ТМ-630/35	6,5	1,90	7,60	2,0	3 500	—	2 750	2100	1450
ТМ-1000/35	6,5	2,75	12,2	1,5	6,0	2,02	3 150	2 700	1570
ТМ-1600/35	6,5	3,65	18,0	1,4	7,1	2,43	3 400	2 650	2 300
ТМ-2500/35	6,5	5,1	25,0	1Д	9,6	2,70	3 800	3 800	2450
ТМ-4000/35	7,5	6,7	33,5	1,0	13,2	4,10	3 900	3 900	3 650
ТМ-6300/35	7,5	9,4	46,5	0,9	17,4	4,80	4050	4 300	3 700
ТМ-10000/3 5	7,5	14,5	65,0	0,8	21,8	5,20	4 350	3 000	3 760
ТД-16000/35	8,0	21,0	90,0	0,6	31,3	8,20	4 860	3 950	3 970

Түрі	$U_{к.з}, \%$	Жоғалтулар, кВт		$I_0, \%$	Масса, кг		Ауқымды өлшемдер, мм		
		Бос жүрістің P_{xx}	Қысқа тұйықталудың $P_{к.з}$		толық	май	биіктігі	ұзындығы	ені
ТД-40000/35	8,5	36,0	165,0	0,4	52,3	—	5 700	5 300	4400
ТДЦ-80000/35	9,5	60,0	280,0	0,3	78,6	11,9	6100	5 950	4 550
ТМН-2500/110	10,5	6,5	22,0	1,50	24,5	10,15	4090	5150	3 540
ТМН-6300/110	10,5	11,5	48,0	0,80	37,3	14,7	5150	6 080	3 170
ТДН-10000/110	10,5	15,5	60,0	0,70	38,0	12,9	5 380	5 900	4270
ТДН-16000/110	10,5	24,0	85,0	0,70	54,5	19,7	6 300	6910	4470
ТРДН-25000/110	10,5	30,0	120,0	0,70	67,2	20,0	5 820	6 580	4 650
ТРДН-32000/110	10,5	40,0	145,0	0,70	—	—	—	—	—
ТРДН-40000/110	10,5	50,0	160,0	0,65	91,2	27,0	6190	6 930	4 850
ТРДЦН-63000/110	10,5	70,0	245,0	0,60	107,2	28,5	6 500	8300	4400
ТРДЦН-80000/110	10,5	85,0	310,0	0,60	—	—	—	—	—
ТРДЦН-125000/110	10,5	120,0	400,0	0,55	—	—	—	—	—

ТСЗ трансформаторларының техникалық сипаттамалары

Түрі	Қуат, кВ · А	$U_{к.з}, \%$	Жоғалтулар, Вт		I_0 %	Масса, кг	Ауқымды өлшемдер, мм		
			Бос жүрістің P_{xx}	Қысқа тұйықталудың P_k			биіктігі	ұзындығы	ені
ТСЗ-10/0,66	10	4,5	90	280	7,0	150	650	700	440
ТСЗ-16/0,66	16	4,5	125	400	5,8	180	680	760	480
ТСЗ-25/0,66	25	4,5	180	560	4,8	240	720	820	520
ТСЗ-40/0,66	40	4,5	250	800	4,0	320	820	890	540
ТСЗ-63/0,66	63	4,5	355	1090	3,3	440	920	970	580
ТСЗ-100/0,66	100	4,5	500	1 500	2,7	580	980	1060	620
ТСЗ-160/0,66	160	4,5	710	2 060	2,3	800	1 150	1 150	680

ТСЗЛ типті құйма оқшаумен трансформаторлардың техникалық сипаттамалары

Түрі	Қуаты, кВ · А	Масса, кг	Ауқымды өлшемдер, мм		
			биіктігі	ұзындығы	ені
ТСЗЛ-100/10-У3	100	640	980	575	1 060
ТСЗЛ-160/10-У3	160	800	1 150	620	1 140
ТСЗЛ-250/10-У3	250	1 100	1 250	635	1 195
ТСЗЛ-400/10-У3	400	1 560	1 370	850	1 440
ТСЗЛ-630/10-У3	630	2 100	1 480	900	1 665
ТСЗЛ-1000/10-У3	1 000	2 950	1 630	900	1 765
ТСЗЛ-1600/10-У3	1 600	4 200	1 800	920	2 065

Ескерту. Бастапқы орамның номиналды кернеуі 6(10) кВ және екінші орамның номиналды кернеуі 0,4, 0,23 кВ. Δ/Y_H – 11 орамдарының сұлбасы және жалғану тобы

ТМГ сериялы трансформаторлардың техникалық сипаттамалары

Қуаты, кВ · А	Сұлбасы және жалғану тобы	Бос жүрістің жоғалтулары, Вт	Бос жүріс тоғы, %	Қысқа тұйықталу жоғалтулары, Вт	Қысқа тұйықталу кернеуі, %	Масса, кг
100	У/У ₀ – 0	280	2,2	1 970	4,5	575
160	У/У ₀ – 0	380	2,0	2 600	4,5	780
250	У/У ₀ – 0	450	1,8	3 700	4,5	1 035
400	У/У ₀ – 0 Д/У ₀ – 11	650	1,6	5 200	4,5	1 530
630	У/У ₀ – 0 Д/У ₀ – 11	950	1,4	7 500	5,5	2 100
1000	У/У ₀ – 0 Д/У ₀ – 11	1 300	1,2	11 000	6,0	3 030

Бірфазалы трансформаторлардың техникалық сипаттамалары

Түрі	$S_{\text{ном}}, \text{кВ} \cdot \text{А}$	$U_{\text{ном}}, \text{В}$	$U_{2\text{ном}}, \text{В}$	$I_0 \%$	$U_{\text{к.з}}, \%$
ОСМ-0,063	0,063	—	—	24	12,0
ОСМ-0,10	0,1	220	12; 24	24	9,0
ОСМ-0,16	0,16	380	36; 42	23	7,0
ОСМ-0,25	0,25	660	110	22	5,5
ОСМ-0,40	0,40	—	220; 14	20	4,5
ОСМ-0,63	0,63	—	29; 56; 130; 260	19	3,5
ОСМ-1,0	1,0	—	(түзеткіштер үшін)	18	2,5

Қоздырусыз ТМ-2500/110... ТМ-6300/110; ТД-10000/110... ТД-40000/110; ТДЦ-80000/110... ТДЦ-400000/110 типті ВН жағында тарамдарды ауыстыруы бар (ТДЦ басқа) екіорамды трансформаторлар 110 және 150 кВ кернеу класына, У/Д-11 орамдардың жалғану сұлбасына және 3,15; 6,3; 10,5; 13,8; 15,75; 18 және 20 кВ деңгейлердегі НН жүйесіне ие.

6.6-кестеде бірфазалы трансформаторлардың кейбір түрлерінің деректері келтірілген. Өзінің әріптік белгіленулерінде олар бірінші О әрпінен басталады.

ОС, ОСЗ, ОСЗК және ОСКР типті электрпештері мен электрмен қыздыру қондырғыларын қоректендіру үшін құрғақ трансформаторлар 8,34-тен 250 кВ · А дейін қуатқа шығарылады, ВН 220 немесе 380 В және кернеуді сатылық реттеуді рұқсат береді.

Кемелер үшін ашық орындаудағы қуаты 0,063-тен 1 кВ · А дейін ОСМ типті трансформаторлар, судан қорғалған қуаты 0,25-ден 4 кВ · А дейін ОСВМ типті және тамшыдан қорғалған қуаты 6,3-ден 25 кВ · А дейін ОСЗМ типті трансформаторлар шығарылады. Бұл серияның трансформаторлары да үшфазалы болып және 400 Гц жиілікке шығарылады.

Күштік трансформаторларды толық мәліметті [15] табуға болады.

6.3. Автотрансформаторлар

Автотрансформаторлардың белгіленуі А әрпінен тұрады. Үшфазалы үшорамды автотрансформаторлардың деректері 6.7-кестеде келтірілген, бірфазалы – 6.8-кестеде, ал олардың шартты белгіленуі 6.1-суретте з, Ә келтірілген.

Үшфазалы автотрансформаторлардың техникалық сипаттамалары

Трансформатора түрі	Номиналды қуат, кВ · А		Кернеу, кВ		
	Авто- транс форма тор	Орам НН	ВН	СН	НН
АТДЦТН-63000/220/110	63	32	230	121	6,6; 11; 38,5
АТДЦТН-125000/220/110	125	61	230	121	6,3; 6,6; 10,5; 11; 38,5
АТДЦТН-200000/220/110	200	80	230	121	6,3; 6,6; 38,5; 10,5; 11
АТДЦТН-250000/220/110	250	125	230	121	6,3; 6,6; 38,5
АТДЦТН-250000/220/110	250	100	230	121	10,5; 11
АТДЦТН-125000/330/110	125	63	330	115	6,3; 6,6; 10,5; 11; 38,5
АТДЦТН-200000/330/110	200	80	330	115	6,3; 6,6; 10,5; 11; 38,5
АТДЦТН-250000/330/110	250	100	330	158	10,5; 38,5
АТДЦТН-250000/330/110	250	100	500	121	10,5; 38,61

Кесте 6.8

Бірфазалы автотрансформаторлардың техникалық сипаттамалары

Трансформатор түрі	Номиналды қуат, кВ · А		Кернеу, кВ		
	Авто- транс форма тор	Орам НН	ВН	СН	НН
АОДЦТН-133000/330/220	133	50	191	133	15,75; 20
АОДЦТН-133000/330/220	133	67	191	133	15,75; 20
АОДЦТН-133000/330/220	133	33	191	133	10,5; 38,5
АОДЦТН-267000/500/220	267	67	289	133	10,5; 13,8; 38,5

Трансформатор түрі	Номиналды қуат, кВ-А		Кернеу, кВ		
	Авто-трансформатор	Орам НН	ВН	СН	НН
АОДЦТН-267000/500/220	267	83	289	133	15,75
АОДЦТН-267000/500/220	267	120	289	133	20
АОДЦТН-26 7000/750/220	267	80	434	133	10,5
АОДЦТН-333000/750/220	333	120	434	191	15,75; 10,5

6.4. Тоқ пен кернеуді өлшеуіш трансформаторлар

Тоқ пен кернеуді өлшеуіш трансформаторлар сәйкесінше тоқ пен кернеуді өлшеуге және жоғары кернеулі қондырғыларда өлшеуіш құрылғылар мен релелік қорғаныс құрылғыларын оқшаулауға арналған.

Тоқ трансформаторы өлшенетін бастапқы тоқты екінші тоққа түрлендіреді, ол үшін оның бастапқы орамы өлшенетін тоқтың тізбегіне қосылады, ал екіншіге өлшеуіш аспап немесе электрқондырғыны қорғайтын құрал қосылады. Тоқ трансформаторлары орындалуы бойынша номиналды кернеуге және өлшенетін тоқ пен оның жиілігіне сәйкес келуі тиіс, талап етілетін дәлдік класына және қысқа тұйықталу тоқтарының әсеріне электрдинамикалық және термиялық төзімділік бойынша қажетті параметрлерге ие болуы керек.

Трансформаторлардың белгіленуіндегі әріптер оның құрылымын білдіреді: Т – трансформатор, Л- құйма оқшау; М – аз ауқымды; О – тірек құрылымды; К – катушкалы; В – кіріктірілме; П – өтпелі типті; У – термиялық және динамикалық төзімділік бойынша күшейтілген; Ш – шиналы; Ф – фарфорлы қаптамада; Т – кіріктірілме күштік трансформатор; Г – турбогенератордың нөлдік шығыстарындағы қондырғы үшін; У – U-бейнелі бастапқы ораммен; Н – ілулі орындауда. Әріпті белгіленуден кейінгі сан трансформатордың номиналды кернеуін (кВ) көрсетеді.

6.9-кестеде тоқ трансформаторының кейбір түрлерінің деректері келтірілген.

Тоқ трансформаторлары

Түрі	$U_{\text{ном}},$ кВ	$I_{\text{ном}},$ А	$S_{\text{ном}}$ орам, В · А	
			өлшенеті н	қорғаныс
ТШ-0,5	0,5	14 000	—	—
ТНШ-0,66	0,66	1 600; 2 500	—	—
ТНШЛ-0,66	0,66	800; 1 000; 1 500; 2 000; 3 000; 4 000; 5 000	20	—
ТШН-0,66	0,66	100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1 000	5	—
ТЛМ-6	6	300; 400; 600; 800; 1 000; 1 500	10	15
ТОЛК-6	6	20; 30; 40; 50; 80; 100; 150; 200; 300; 400; 600	30	—
ТПЛМ-10	10	5; 10; 15; 20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400	10	15
ТПОЛ-10	10	600; 800; 1 000; 1 500	10	15
ТОЛ-10	10	30; 50; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1 000; 1 500	10	15
ТЛ-10	10	50; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1 000; 1 500; 2 000; 3 000	10	15
ТПЛ-10К	10	10; 15; 30; 50; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1 000; 1 500	10	15
ТВГ-24	24	6 000	30	30
ТВ-10	10	6 000	20	—
ТВТ-10	10	5 000; 6 000; 12 000	30	—
ТВТ-110	110	300; 600; 1 000; 2 000	50 дейін	50 дейін
ТФЗМ35А	35	600 дейін	50	20
ТФРМ330Б	330	10/2 000; 1 500/3 000	30	40
ТФУМ330А	330	500/1 000/2 000	50	50

Кернеу трансформаторы жоғары кернеуді стандартты мәндегі ($100/\sqrt{3}B$) төмен кернеуге түрлендіру және өлшеуіш құрылғылар мен релелік қорғаныс элементтерін жоғары кернеуден оқшаулау қызметін атқарады. Қызмет көрсету қауіпсіздігі үшін екінші орамның бір ұшы жерге қосылады.

Қолданылатын кернеу трансформаторлары электр қондырғысының керенуіне сәйкес келетін номиналды керенуге ие болуы керек, олардың жүктеме қуаты фазалар бойынша біркелкі таралуы керек және талап етілген дәлдік кезінде олардың номиналды қуатына сәйкес болуы тиіс. Электр энергиясы санауышының қорек көзі үшін 0,5 кластағы трансформаторлар қолданылады, ал қалқанды өлшеуіш аспаптардың қорек көзі үшін – 1,0 және 3,0. Кернеу трансформаторларын қарапайым трансформатор есебінде қолдануға болады, бұл жағдайда олардың жүктеме қуаты төлқұжаттағы мәнінен аспауы керек.

Кернеу трансформаторларының белгіленуі (Н әрпі белгіленуде): НТМИ – үшфазалы, табиғи маймен салқындатумен, желіні оқшаулауды бақылау үшін ораммен; НОЛ – құйма ораммен бірфазалы. Бастапқы орамның екі шығысы да оқшауланған; ЗНОЛ – дәл солай, тек бастапқы орамның бір шығысы оқшауланған, екіншісі жерге қосылған; НОМ – табиғи маймен салқындатумен. Бастапқы орамның екі шығысы да оқшауланған; ЗНОГ – газды оқшаумен бірфазалы. Бастапқы орамның бір шығысы жерге қосылған, екіншісі оқшауланған; НКФ – каскадты, трансформаторлы маймен құйылған, фарфорлы қақпақта; НДЕ – сыйымдылықты кернеу бөлгіші.

6.10 кестеде кейбір кернеу трансформаторларының деректері келтірілген.

Кесте 6.10

Кернеу трансформаторлары

Түрі	$U_{\text{ном}}, B$		$S_{\text{ном}}, B \cdot A$ (дәлдік класымен)		S_{max} $B \cdot A$
	ВН	НН	1	0,5	
НОС-0,5	380, 500	100	50	25	100
НОМ-6	3 000	100	50	30	240
	6 000	100	75	50	400
НОМЭ-6	6 000	100	75	50	400
НТМК-10	10 000	100	200	120	960

Түрі	$U_{\text{ном}}$, В		$S_{\text{ном}}$, В · А (дәлдік класында)		S_{max} В · А
	ВН	НН	1	0,5	
НТМИ-10-66	10 000	100; $100/\sqrt{3}$	200	120	960
НОЛ-08-10	10 000 11 000	100;110	150	75	640
ЗНОЛ 06-10	$10\,000/\sqrt{3}$ $11\,000/\sqrt{3}$; 13 800	$100/\sqrt{3}$ $100/\sqrt{3}$; 100	150	75	640
НОМ-15	15 750; 18 000; $6\,000/\sqrt{3}$	100	150	75	640
ЗНОМ-15-63	$10\,000/\sqrt{3}$ $15750/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$ $100/\sqrt{3}$	75	50	400
			150	75	640
ЗНОГ 110-79	$100\,000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	600	400	2 500
НКФ-330-73	$330\,000/\sqrt{3}$	$110/\sqrt{3}$	600	400	2 000
НДЕ-500-72	$500\,000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	500	300	1 200

Бақылау сұрақтары

1. Трансформатор деп нені атаймыз?
2. Автотрансформатор дегеніміз не?
3. Орамдарын салқындату әдісі бойынша қандай трансформатор түрлерін білесіздер?
4. «Жұлдыз» және «үшбұрыш» трансформатор орамдарының косу сұлбасын кескіндеңдер.
5. Трансформатор орамдарын жалғау топтары нені білдіреді?
6. Трансформатор кернеуін реттеу қалай жүзеге асады?
7. Тоқ және кернеу трансформаторлары қандай қызмет атқарады?

СИНХРОНДЫ ЭЛЕКТР МАШИНАЛАР**7.1. Синхронды машиналардың жалпы сипаттамасы**

Синхронды машина деп айнымалы токтың екіорамды электр машинасы аталады, орамның біреуі (статор орамы) айнымалы токтың электр желісіне қосылады, ал басқасы (қоздыру орамы) – тұрақты ток көзіне. Статор орамының міндеті машинаның айналмалы магнит өрісін жасау болып табылады.

Қоздыру орамы роторда орналасады және онымен бірге машина индукторын құрайды. Қоздыру тоғының көзі ретінде тұрақты ток генераторы немесе қоздырудың статикалық жартылайөткізгіш жүйелері қолданылады.

Шағын қуаттың синхронды машиналары кейде статорда қоздыру орамымен және роторда үшфазалы ораммен керіқайтымды орындауда шығарылады. Реттемелі электржетектерінде тұрақты магниттен қоздырылатын синхронды машиналар және тісті цилиндр түріндегі пассивті ротормен деп аталатын машиналар қолданылады.

Синхронды машиналар тағайындалу міндеті бойынша генераторлар, қозғалтқыштар және синхронды компенсаторлар болып бөлінеді. Үшфазалы синхронды машинаның шартты кескіні 7.1-суретте келтірілген.

Статор орамының басы мен соңы әдетте $C1...C4$, $C2...C5$, $C3...C6$ белгіленулерінен тұрады, ал қоздыру орамдары $I1...I2$.

7.2. Генераторлар

Генератор деп білігіне жеткізілетін механикалық энергияны электр энергиясына түрлендіретін электр машинасын айтады. Синхронды генераторлар электр энергиясын өндіру үшін электр станцияларында қолданылатын генератордың негізгі түрі болып табылады. Генератордың жетегі гидравликалық турбинадан болған жағдайында генератор гидрогенератор деп аталады, егер жетекті қозғалтқыш турбина болса, онда генератор турбогенератор деп аталады.

Шағын қуатты электр станцияларда, мысалы қозғалмалы, генератор қозғалтқыштары ретінде дизельдер және карбюраторлы қозғалтқыштар қолданылады.

Гдрогенераторлар қағида бойынша айқынполюсты, вертикалды айналу осімен, 700 МВ·А қуатта және 50-ден 500 (кейде 1000) айн/мин айналу жиілігімен орындалады және гидравликалық электр станцияларында қолданылады. 7.1-кестеде гидрогенераторлардың негізгі түрлерінің техникалық деректері келтірілген, мұндағы $S_{ном}$, $n_{ном}$ және $U_{ном}$ арқылы сәйкесінше номиналды толық қуаты, айналу жиілігі және кернеу белгіленген.

Кесте 7.1

Гидрогенераторлардың техникалық деректері

Түрі	$S_{ном}$, МВ·А	$n_{ном}$, айн/мин	$U_{ном}$, кВ	Қысқаша сипаттама
СГГ	3,125 дейін	600; 750	6,3	Жоғарықысымды гидроэлектр станциялар үшін горизонталды, қорғалған, тұйық цикл бойынша желдетумен; қоздырудың тура электрмашиналық жүйесі
СГК	23,3 дейін	150 дейін	4,0 дейін	Горизонталды капсулды, жанама ауамен салқындатумен
СГКВ	20,0; 28,0; 45,9	93,8; 62; 75	3,15; 4,16; 6,3	Горизонталды капсулды, статор және ротор орамдарын тікелей сумен салқындатумен
СВ	306 дейін	428,6 дейін	10,5; 15,75	Вертикалды, жеке орындаумен, жанама ауамен салқындатумен
СВО	45,6; 209; 236	150; 166,7	10; 15; 15,75	Вертикалды, қайтарымды қозғалтқыш-генератор (ГАЭС үшін) ауамен салқындатумен
СВФ	590; 711	93,8; 142,8	15,75	Вертикалды статор орамын тікелей сумен салқындатумен және ротор орамын ауамен үдемелі салқындатумен

Түрі	$S_{ном}, \text{МВ} \cdot \text{А}$	$n_{ном}, \text{айн/мин}$	$U_{ном}, \text{кВ}$	Қысқаша сипаттама
ВГС	До 282	До 600	До 15,75	Вертикалды, жеке орындаудағы, жанама ауамен салқындатумен
ВГСФ	294	200	15,75	Вертикалды, жеке орындаумен, статор орамын жанама ауамен салқындатумен және ротор орамын ауамен үдемелі салқындатумен
ВГСВФ	353	200	15,75	Вертикалды, статор орамын тікелей сумен салқындатумен және ротор орамын ауамен үдемелі салқындатумен

7.2-кестеле гидрогенераторлардың кейбір түрлерінің толық деректері келтірілген, мұндағы $\cos\varphi_{ном}$ и $\eta_{ном}$ арқылы қуаттың және пайдалы істің номиналды мәндері белгіленген.

Кесте 7.2

Гидрогенераторлардың техникалық деректері

Түрі	$S_{ном}, \text{МВ} \cdot \text{А}$	$U_{ном}, \text{кВ}$	$n_{ном}, \text{айн/мин}$	$\cos\varphi_{ном}$	$\eta_{ном}, \%$	Қоздыру	
						$I_B, \text{А}$	$U_B, \text{В}$
ВГС440/69-28	9,4	10,5	214	0,8	96,1	436	185
СГКВ480/115-64	20,0	3,15	93,8	1,0	96,3	950	295
ВГС525/125-28	26,9	10,5	214	0,8	96,3	1 050	145
СГК2538/160-70	19,0	3,15	85,7	0,92	96,0	—	—
СВ712/227-24	306	15,75	250	0,85	98,18	2 400	310
СВ0733/130-36	45,6	10	166,7	0,9	97,4	—	—
ВГС800/110-52	35	10,5	115,4	0,8	96,7	—	—
СВ808/130-40	64,7	10,5	150	0,85	97,7	1 200	204
ВГСФ930/233-30	294	15,75	200	0,85	98,1	1 880	308

Тип	$S_{ном},$ МВ·А	$U_{ном},$ кВ	$n_{ном},$ айн/ мин	$\cos\varphi_{ном}$	$\eta_{ном},$ %	Қоздыру	
						I_B, A	U_B, B
ВГСВФ940/235/30	353	15,75	200	0,85	98,2	2 450	300
СВ01000/260-40	236	15	150	0,95	99,0	—	—
СВ1070/145-52	100	13,8	115,4	0,8	97,6	—	—
СВ1130/140-8	117,7	13,8	125	0,85	98,0	1 300	191
ВГС1190/215-48	282,5	15,75	125	0,85	98,4	1 500	370
ВТС1260/147-68	97	13,8	88,25	0,85	97,5	1 435	355
СВФ1285/275-2	711	15,75	142,8	0,9	98,3	3 500	530
СВ1500/200-8	127,8	13,8	68,2	0,9	97,6	1 820	380
ВГС1525/135-120	67,3	10,5	50	0,85	97,2	1 300	480
СВФ1690/175-64	590	15,75	93,8	0,85	98,2	3 680	615

Турбогенератор біліктің көлденең орналасуына ие және 1200 МВ · А қуатта шығарылады және айналым жылдамдығы 3000 айн/мин, оған тудырылған кернеудің статор орамының бір жұп полюсындағы 50 Гц жиілік сәйкес келеді. 7.3-кестеде турбогенераторлардың негізгі түрлерінің техникалық сипаттамалары келтірілген.

Кесте 7.3

Турбогенераторлардың техникалық сипаттамалары

Түрі	$P_{ном},$ МВт	$n_{ном},$ айн/мин	$U_{ном},$ кВ	Қысқаша сипаттама
Т	2,5; 4; 6; 12; 20	3 000	3,15; 6,3; 10,5	Жабық орындау. Тұйық цикл бойынша ауамен салқындату
ВС	32	3 000	6,3; 10,5	Жабық орындау. Жанама сумен салқындату
ТВФ	55; 63; 120	3 000	6,3; 10,5	Орам мен статор өзегін жанама салқындату, ротор орамын тікелей сутекпен салқындату

Түрі	$P_{ном}$, МВт	$n_{ном}$, айн/мин	$U_{ном}$, кВ	Қысқаша сипаттама
TBB	160; 200; 300; 500; 800; 1 000; 1 200	3 000	18; 24	Статор орамын тікелей сумен, артық қысым кезінде ротор орамын тікелей сутекпен, статор корпусын сутекпен толтыру.
TGB	200; 300	3 000	15,75; 20	Статор және ротор орамдарын тікелей сутекпен салқындату
TGB200M	200	3 000	15,75	Статор орамын сумен тікелей, ротор орамын және белсенді болатты тікелей сутекпен салқындату
TGB	500	1 500; 3 000	20	Статор және ротор орамдары мен өзегін сутекпен тікелей салқындату
TBM	300; 500	3 000	20; 36,75	Статор орамын және өзегін тікелей окшаулағыш маймен салқындату, роторды сумен тікелей салқындату.

7.4-кестеде Т сериялы, ал 7.5-кестеде TBB сериялы турбогенераторлардың техникалық деректері келтірілген.

Кесте 7.4

Т сериялы турбогенераторлардың техникалық сипаттамалары

Түрі	$P_{ном}$, МВт	$U_{ном}$, кВ	$\cos\varphi_{ном}$	$\eta_{ном}$, %	Қозу		Масса, кг
					ІВ,А	УВ,ВВ	
T-2,5-2	2,5	6,3; 13,5	0,8	97,3	80	244	11 000
T-4-2	4	6,3; 13,5	0,8	97,4	110	276	15 000
T-6-2	6	6,3; 10,5	0,8	97,5	135	251	18 800
T-12-2	12	6,3; 10,5	0,8	97,7	225	288	25 500
T-20-2	20	10,5	0,8	97,6	195	548	60 000

ТБВ сериялы турбогенераторлардың техникалық сипаттамалары

Түрі	$P_{\text{ном}}, \text{МВт}$	$\cos\varphi_{\text{ном}}$	$U_{\text{ном}}, \text{кВ}$	$I_{\text{ном}}, \text{кА}$	$U_{\text{В}}, \text{В}$	$I_{\text{В}}, \text{А}$	$\eta_{\text{ном}}, \%$
ТБВ-160-2Е	160	0,85	18	6,04	360	2 300	98,5
ТБВ-200-2А	200	0,85	15,75	8,625	300	2 540	98,6
ТБВ-320-2	300	0,85	20	10,2	447	2 900	98,6
ТБВ-500-2	500	0,85	20	17	474	3 530	98,7
ТБВ-800-2	800	0,9	24	21,4	612	3 790	98,75
ТБВ-1000-2	1 000	0,9	24	26,73	427	7 550	98,75
ТБВ-1200-2	1 200	0,9	24	16,05	517	7 500	98,8
ТБВ-1000-Д	1 000	0,9	24	26,73	467	6 990	98,7

Жалпы мақсаттағы генераторлар бірден бірнеше он мың киловат қуатта және 100-ден 1500 айн/мин айналу жиілігінде орындалды. Бұл типтегі генераторлардың түрлері: роторында тұрақты магниты бар генераторлар және барлық орамдары статорда орналасатын, роторы тісті цилиндр болып келетін индукторлы генераторлар. Генератордың бұл типі жоғарыжиілікті электр технологиялық қондырғылардың жұмысына қажет жоғары жиілікті (10000 Гц дейін) кернеу алу үшін қолданылады.

Жалпы мақсаттағы генераторлар үшфазалы, сонымен қатар бірфазалы болып шығарылады. 7.6-кестеде жалпы мақсаттағы генераторлардың негізгі түрлерінің мағлұматтары келтірілген, 7.7-кестеде – ЕСС және СГ сериялы генератор деректері, 7.8-кестеде – ОС және ГСФ сериялы, ал 7.9-кестеде – ГАБ сериялы.

Кесте 7.6

Жалпы мақсаттағы генераторлардың техникалық сипаттамалары

Түрі	$P_{\text{ном}}, \text{кВт}$	$n_{\text{ном}}, \text{айн/мин}$	$U_{\text{ном}}, \text{В}$	Қысқаша сипаттама
ЕСС	50 дейін	1 500	230, 400	Қорғалған, жартылайөткізгішті түзеткіштерден қоздырылған
ЕСС5	75 дейін	1 000; 1 500	230; 400	Қорғалған, аксиалды созатын желдетумен

Түрі	$P_{ном}, кВт$	$n_{ном},$ айн/мин	$U_{ном}, В$	Қысқаша сипаттама
СГ2	До 315	500; 600; 1 000	400	Қорғалған, радиалды өздік желдетумен. Жеке орамнан коректенетін тиристорлық қоздырғыштан қозу
сгд (10 га- барит)	200 дейін	750; 1 000; 1 500	230; 400	Көлденең, қорғалған, аксиалды созатын желдетумен, дизелді жетекпен
СГд2	800 дейін	375	400; 6 300	Көлденең, жетек дизельден, өздік желдетумен, статикалық қозу жүйесімен
СГдС	1 250 дейін	750	10 500; 6 300	Жабық, тұйық цикл бойынша еріксіз желдетумен, электрмашиналы қоздырғышпен
ОС	125 дейін	1 500	230; 400	Жалпы өнеркәсіптік қолданыс
гмс	500 дейін	500	230; 400	Көлденең, шашыраудан қорғалған, өздік желдетумен, жоғары жиілікті (500 Гц), теңіз кемелерінде жұмыс үшін
ГИМ-1 ГИС-2	0,8; 1; 2,3	3 000 3 000	220; 80	Үшфазалы индукторлы генераторлар, ГИМ-1 – тік, үрленетін, ГИС-2 – көлденең, жабық. Жоғары жиілікті (300, 400, 600, 800, 1 200, 1 600, 2 400 Гц) кернеуді коректендіруге арналған
гспм	37,5	3 000	230; 400	Көлденең, қорғалған, тұрақты магнитпен, 400 Гц
гпч	12; 75	1 500	230	Көлденең, жабық, 400 Гц

ЕСС және СГ сериялы генераторлардың техникалық сипаттамалары

Түрі	$S_{ном},$ МВ·А	$n_{ном},$ айн/мин	$\eta_{ном},$ %	Масса, кг	Ось биіктігі, мм	Қозу	
						$U_B, В$	$I_B, А$
ЕСС-52-4	6,25	1 500	80,2	125	180	—	—
ЕСС-62-4	15,0	1 500	86	238	200	—	—
ЕСС-81-4	25,0	1 500	87	349	250	—	—
ЕСС-82-4	31,5	1 500	88	420	250	—	—
ЕСС-91-4	62,5	1 500	90	590	315	—	—
ЕСС5-61-4	10	1 500	84,7	160	200	—	—
ЕСС5-62-4	15	1 500	85,0	189	200	—	—
ЕСС5-81-4	25	1 500	86,0	300	250	—	—
ЕСС5-81-6	25	1 000	86,0	300	250	—	—
ЕСС5-82-4	37,5	1 500	88,2	340	250	—	—
ЕСС5-83-6	37,5	1 000	88,2	360	250	—	—
ЕСС5-91-4	62,5	1 500	89,3	490	315	—	—
ЕСС5-92-6	62,5	1 000	89,6	540	315	—	—
ЕСС5-92-4	75,0	1 500	90,5	540	315	—	—
ЕСС5-93-4	93,7	1 500	91,0	605	315	—	—
СГД102-8	93,7	750	89,0	1 070	375	—	118,5
СГД103-4	250	1 500	92,3	1 550	375	—	129
СГ2-85/18-12	156	500	90,5	1 670	500	27	145
СГ2-85/18-10	200	600	91,3	1 640	500	29	156
СГ2-85/29-12	250	500	91,9	2 120	500	36	147
СГ2-74/25-6	313	1 000	93,0	1 600	450	31	179
СГ2-85/29-10	313	600	92,6	2 140	500	38	153
СГ2-85/45-12	394	500	92,7	2 750	500	49	147
СГД2-17-24-16	500	375	92,0	4 400	315	41	216

Тип	$S_{ном},$ МВ·А	$n_{ном},$ айн/мин	$\eta_{ном},$ %	Масса, кг	Ось биіктігі, мм	Қозу	
						$U_B, В$	$I_B, А$
СГД2-17-29-16	625	375	92,6	4 950	315	50	236
СГД2-17-36-16	790	375	93,5	5 450	315	55	222
СГД2-17-44-16	1 000	375	94,0	6 200	315	61	241
СГД2-15-30-8	1 250	375	94,3	7 300	—	50	323
СГД2-15-54-8	2 000	375	95,0	11 600	—	69	320
СГД2-15-74-8	2 500	375	95,0	13 700	—	70	306

Ескерту. ЕСС және ЕСС5 сериялы генераторлар 230 немесе 400 В кернеуге ие, СГД2 генераторлар – 400 немесе 6300 В, СГДС генераторлар – 6300 В.

Кесте 7.8

ОС и ГСФ сериялы генераторлардың техникалық сипаттамалары

Түрі	$S_{ном},$ МВ·А	$P_{ном},$ кВт	$I_{ном},$ А	$\eta_{ном},$ %
ОС-51	5	4	7,22	80
ОС-52	10	8	14,45	82
ОС-71	20	16	28,9	86,8
ОС-72	37,5	30	54,1	89
ОС-91	75	60	108,2	90,5
ОС-92	125	100	180	91,5
ГСФ-100М	120	100	181	80
ГСФ-200	250	200	361	80

Ескерту . Тоқ 400 В кернеу мәнінде көрсетілген.

Кесте 7.9

ГАБ сериялы генераторлардың техникалық сипаттамалары

Генератор түрі	$P_{ном},$ кВт	$U_{ном},$ кВ	$I_{ном},$ А		Фаза саны
			$\cos\varphi=1$	$\cos\varphi=0,8$	
ГАБ-2-Т/230-М1	2	230	5,0	6,3	3
ГДБ-2-0/230-М1	2	230	8,7	10,9	1

Генератор түрі	$P_{\text{ном}}$, кВт	$U_{\text{ном}}$, В	$I_{\text{ном}}$, А		Фаза саны
			$\cos\varphi=1$	$\cos\varphi=0,8$	
ГАБ-4-Т/230-М1	4	230	10,0	12,6	3
ГАБ-4-0/230-М1	4	230	17,4	21,8	1
ГАБ-4-Т/400-М1	4	400	5,8	7,3	3
ГАБ-8-Т/400-М	8	400	11,5	14,5	3
ГАБ-8-Т/230-М	8	230	20,0	25,0	3
ГАБ-8-Т/-230/4-400	8	230	20,0	25,0	3

7.3. Қозғалтқыштар

Қозғалтқыш деп жұмыс машиналарының орындаушы органдары мен өндірістік механизмдерді – станок, көтеру крандары, лифт, сорғыш, желдеткіштер және т.б. қозғалысқа келтіру үшін қолданылатын электр энергиясын механикалық энергияға түрлендіретін электр машинасын айтады. Жалпы мақсаттағы синхронды қозғалтқыштар бірнеше он мыңдаған киловат қуатта және 100-ден 3000 айн/мин айналу жиілігінде шығарылады. Олар айқын полюсты қозыру орамында немесе айқын емес полюсты роторда және тұрақты магнит немесе тісті цилиндр түріндегі ротормен шығарылады.

7.10-кесте синхронды қозғалтқыштардың жалпы сипаттамасынан тұрады.

Кесте 7.10

Синхронды қозғалтқыштардың техникалық сипаттамалары

Түрі	$P_{\text{ном}}$, МВт	$n_{\text{ном}}$, айн/мин	$U_{\text{ном}}$, кВ	Қысқаша сипаттама
СД2	1,0 дейін	500; 600; 750; 1 000; 1 500	0,38; 6	Көлденең, қорғалған, өзiк желдетумен, тиристорлы қозу, жалпы мақсаттағы
СДН2, СДН3-3	4,0 дейін	300; 375; 500; 600;	6	Көлденең, тіреуішті мойынтіректе,

Түрі	$P_{\text{ном}}$ МВт	$n_{\text{ном}}$, айн/мин	$U_{\text{ном}}$, кВ	Қысқаша сипаттама
		750; 1 000		ашық (СДН2) және жабық (СДН3-2), тиристорлы қозу, жалпы мақсаттағы
сдз	1,0 дейін	500; 600; 750; 1 000; 1 500	0,38; 6	Көлденең, жабық, еріксіз желдетумен, электрмашиналы қозу жүйесімен, жалпы мақсаттағы
БСДК БСДКП	0,2	500	0,38	Ашық, өздік желдетумен (БСДК) және еріксіз желдетумен жарылыстан қорғалған (БСДКП); түксіз қозу жүйесі; компрессор жетегі үшін
ВДС ВДС2	12,5 дейін	187,5; 214; 250; 300; 333; 375	6; 10	Тік, ілмелі, сулы ауа салқындатқышпен; вентильді және электрмашиналы қозу; тік гидравликалық сорғыштардың жетегі үшін
ВСДН (СДВ)	3,2 дейін	375; 500; 600; 750	6	Ілмелі, ашық цикл бойынша өздік желдетумен қорғалған; статикалық вентильді қозу жүйесі; тік гидравликалық сорғыштар жетегі үшін
дсз (21-го габарита)	22 дейін	375	6; 10	Жабық, тұйық цикл бойынша өздік желдетумен; вентильді қозу жүйесі; илемдік орнақ агрегаттары жетегі үшін

Түрі	$P_{\text{ном}}, \text{МВт}$	$n_{\text{ном}}, \text{айн/мин}$	$U_{\text{ном}}, \text{кВ}$	Қысқаша сипаттама
СДКП2	0,63 дейін	375; 500; 600	3; 6	Қорғалған, тиристорлы козу, поршеньды компрессорлар жетегі үшін
СДМЗ	5,0 дейін	300; 375; 500; 600	3; 6; 10	Жарылыстан қорғалған, үрлемелі
СДСЭ	3,2 дейін	100; 150	6	Жабық, тұйық цикл бойынша ерікміз желдетумен; диірменнің тиристорлы қозуы
МС213, МС325	19,5 дейін 10,9 дейін	300; 375; 500; 750	6; 10; 10,5	Көлденең, тіреуішті мойынтіректе, жайма құрылғы үшін жабық еріксіз желдетумен
СДСП	2,0 дейін	250; 300; 375	6	Жарылыстан қорғалған; поршенді компрессордың жетегі үшін
СДЭ-2	2,5 дейін	1 000	6; 0	Қорғалған, өздік желдетумен; тиристорлы козумен; экскаваторлы агрегаттардың жетегі үшін
СТД	5,0 дейін	3 000	6; 0	Жабық, жарылу қаупі жоқ ортада; түксіз қозу жүйесі; жылдам жүргіш механизмдердің жетегі үшін
СТДП	12,5 дейін	3 000	6; 10	Жарылыстан қорғалған, үрлемелі
СДЗ-2	1,0 дейін	600; 750; 1 000; 1 500	6	Жабық, өздік желдетумен, тиристорлы козу, дискілі диірмендер жетегі үшін

7.11-кестеде СД2, СДН2 және СДН32 (50 Гц, аса козу кезінде $\cos\varphi = 0,9$) сериялы синхронды қозғалтқыштардың техникалық деректері келтірілген.

7.12-кестеде СТД және ТДС сериялы қозғалтқыштардың деректері келтірілген.

СД2, СДН2, СДН32 сериялы синхронды қозғалтқыштардың техникалық сипаттамалары

Түрі	$P_{ном},$ кВт	$U_{ном},$ кВ	$\eta_{ном},$ %	$M_{max}/M_{ном}$	Іске қосу деректері		Қозу		$J, \text{кг} \cdot \text{м}^2$	Масса, т
					$I_{II}/I_{ном}$	$M_{II}/M_{ном}$	$U_B, \text{В}$	$I_B, \text{А}$		
СД2-85/18-12	132	0,38	90,9	1,7	4,5	1,0	25	137	29	1,67
СД2-85/29-12	200	0,38	92,4	1,7	5,0	1,1	32	129	45	2,12
СД2-85/29-10	250	0,38	93,2	1,7	5,5	1,2	33	133	45	2,14
СД2-85/40-10	315	6	93,1	1,7	5,3	1,1	31	154	51	2,65
СД2-74/40-8	315	0,38	94,0	1,7	5,5	1,2	34	160	26	2,05
СД2-85/40-8	400	6	93,9	1,7	5,5	0,9	33	161	48	2,70
СД2-85/47-8	500	6	94,3	1,7	5,5	0,9	38	166	57	2,95
СД2-85/45-6	630	6	95,0	1,7	6,0	0,9	38	177	46	2,75
СД2-85/57-6	800	6	95,5	1,7	6,0	0,9	44	175	58	3,25
СД2-85/34-4	630	6	94,5	1,7	6,0	0,9	36	186	26	2,65
СД2-85/43-4	800	6	95,0	1,7	6,0	0,9	41	187	32	2,95
СД2-85/55-4	1000	6	95,5	1,7	6,0	0,9	47	183	40	—
17-26-20	315	6	91,0	2,6	4,5	0,9	41	277	275	4,7

7.11 кестенің соңы

Түрі	$P_{ном},$ кВт	$U_{ном},$ кВ	$\eta_{ном},$ %	$M_{max}/M_{ном}$	Іске қосу деректері		Қозу		$J, \text{кг} \cdot \text{м}^2$	Масса, т
					$I_{II}/I_{но}$	$M_{II}/M_{ном}$	$U_B, \text{В}$	$I_B, \text{А}$		
17-31-20	400	6	91,7	2,7	4,5	0,75	46	296	318	5,5
СДН32-20-49-20	3 200	6	96,0	1,8	4,5	0,7	118	302	5 500	24,5
17-26-20	500	6	92,5	2,1	4,6	0,9	46	296	275	4,8
17-31-16	630	6	93,2	2,0	4,5	0,85	48	304	320	5,4
СДН32-19-39-16	1600	6	95,3	2,1	6,5	0,9	77	230	2100	16,5
17-31-12	800	6	94,3	1,9	4,7	1,0	46	298	310	5,6
СДН2-18-64-12	2 500	6	96,2	1,8	6,5	1,5	77	260	1750	17,0
16-56-10	1000	6	95,3	1,9	5,4	0,8	44	274	223	6,5
16-59-8	1250	6	95,7	1,7	5,8	1,0	44	291	203	6,7
17-71-6	3150	6	96,9	1,7	6,6	1,3	58	281	435	10,9
17-89-6	4000	6	97,1	1,7	7,0	1,4	65	279	525	12,7

СТД және ТДС сериялы синхронды қозғалтқыштардың техникалық сипаттамалары

Түрі	$P_{\text{ном}},$ кВт	$S_{\text{ном}},$ кВ·А	ПЭК, %, кернеуде, кВ		Масса, т, желдету айналымында	
			6	10	тұйық	ашық
СТД-630-2УХЛ4	630	735	95,8	95,6	4,96	4,25
СТД-800-2УХЛ4	800	935	96,0	95,8	5,13	4,45
СТД-1000-2УХЛ4	1 000	1 160	96,3	96	5,56	5
СТД-1000-23У5	1 000	1 160	96,3	96	5,56	—
СТД-1250-2УХЛ4	1 250	1 450	96,8	96,5	6,98	6,49
СТД-1600-2УХЛ4	1 600	1 850	96,9	96,6	7,58	6,7
СТД-1600-23У5	1 600	1 850	96,9	96,6	7,58	—
СТД-2000-2УХЛ4	2 000	2 300	96,9	96,8	7,88	7
СТД-2500-2УХЛ4	2 500	2 870	97,2	97	11,1	10
СТД-3150-2УХЛ4	3 150	3 680	97,3	97,2	12,3	11,06
СТД-4000-2УХЛ4	4 000	4 580	97,5	97,4	12,92	11,58
СТД-5000-2УХЛ4	5 000	5 740	97,6	97,5	154,7	13,7
СТД-6300-2УХЛ4	6 300	7 240	97,6	97,5	31,3	—
СТД-8000-2УХЛ4	8 000	9 130	97,9	97,7	23,95	—
СТД-10000-2УХЛ4	10 000	11 400	97,8	97,9	26,52	—
СТД-12500-2УХЛ4	12 500	14 200	97,9	97,8	29,5	—
ТДС-20000-2УХЛ4	20 000	22 650	—	97,6	57,1	—
ТДС-31500-2УХЛ4	31 500	35 800	—	98	82,9	—

7.4. Арнайы синхронды қозғалтқыштар

Арнайы қозғалтқыштарға жұмыс машиналары мен өндірістік механизмдердің: қадамдық қозғалтқыштар, вентильді қозғалтқыштар (тұрақты тоқтың

М редукциямен қозғалтқыштар, толқынды және сырғыма роторлы қозғалтқыштардың реттеуші электржетектерінде қолдануға арналған қозғалтқыштар жатады. Осылардың кейбіріне толығырақ тоқталайық.

Қадамды қозғалтқыштар. Қадамды деп импульсті электр сигналдарын осы сигнал санына пропорционал ротордың дискретті орын ауыстыруына түрлендіретін қозғалтқыштарды айтады. Қадамды қозғалтқыштардың статор орамдары кіріс басқару сигналын керенудің (тоқтың) көпфазалы импульстер жүйесіне түрлендіретін электронды коммутатордан қоректенеді. Қадамды қозғалтқыш роторы қағида бойынша тісті болып орындалады және активті (тұрақты магнитпен) немесе пассивті бола алады.

7.3-кестеде қадамды қозғалтқыштардың кейбір серияларының деректері келтірілген, мұнда $\alpha_{ш}$ арқылы қозғалтқыштың бірлік қадамы, ал f_n арқылы қозғалтқыштың қабылдағыштығы (қозғалтқыш синхрондықтан шықпайтын басқарушы импульстардың шекті жиілігі) белгіленген.

Вентильді қозғалтқыштар. Вентильді қозғалтқыштар синхронды қозғалтқышты реттелетін электржетегін білдіреді. Синхронды қозғалтқыштың статор орамы бұл сұлбада жартылайөткізгіш вентильді коммутатор кернеуінен қоректенеді, олардың транзисторы немесе тиристоры қозғалтқыш роторының орналасу датчигінің сигналымен басқарылады. Электронды коммутатордың ротордың орналасу датчигімен үйлесімі қызметі бойынша

Кесте 7.13

Қадамды қозғалтқыштардың техникалық сипаттамасы

Түрі	$U_{ном}, В$	$I_{ном}, А$	$M_{ном}, МН·М$	$\alpha_{ш}, ^\circ$	$f_n, \text{кадам/с}$	$J, 10^{-7} \text{кг}·\text{м}^2$	Масса, кг
<i>Тұрақты магнитті активті ротор</i>							
ШДА	До 28	До 3	До 100	22,5	До 400	До 150	0,13...1,5
ДША	13,5	До 7	До 100	22,5	До 280	До 412	0,25... 3,3
ДШ	27	До 8,7	До 160	22,5	До 430	До 60	0,21... 2,5
<i>Индукторлы типті пассивті ротор</i>							
ДШИ	27	1,3	28	3	300	30	0,45
ШДР	До 27	До 6,5	До 30	До 9	До 700	До 280	0,21... 0,6
ДШ	27	До 6,4	До 160	До 5	До 1 000	До 100	0,36... 2,3
<i>Толқын типті ротор</i>							
ДВШ	12	До 5,3	До 600	До 0,5	До 600	—	0,55... 1,7

ВД сериялы вентильді қозғалтқыштардың техникалық сипаттамалары

Түрі	$P_{ном}, кВт$	$n_{ном}, айн/мин$	$I_{ном}, А$	$\eta_{ном}, \%$
ВД225Г	15	500	39	78,9
ВД250Г	22,4	500	59,4	80,2
ВД280Г	45	500	115	81,8
ВД315Г	67	500	170	84
ВД225Г	22,4	750	58,5	82,3
ВД250Г	33,5	750	89	83,6
ВД280Г	67	750	173	85,4
ВД315Г	100	750	258	87,2
ВД225Г	30	1 000 (негізгі орындау)	78	86,3
ВД250Г	45		119	87,5
ВД280Г	90	1 000	230	89,4
ВД315Г	132	1 500	340	90,5
ВД225Г	45	1 500	118	90
ВД250Г	67	1 500	178	90,8
ВД280Г	132	1 500	345	91,5
ВД315Г	200	1 500	575	92,5

қарапайым тұрақты ток қозғалтқышының коллекторлы-шөткелі түйініне баламалы, нәтижесінде вентильді қозғалтқыш осындай қозғалтқыштың сипаттамаларына ие болады және кейде тұрақты токтың түйіспесіз қозғалтқышы (БДПТ) деп аталады.

Вентильді қозғалтқыш роторы қозу орамымен немесе тұрақты магниттермен орындалады. Электронды коммутатор ретінде қозғалтқыш айнымалы ток желісінен қоректенуі кезінде жиілік түрлендіргіш немесе қозғалтқыш тұрақты ток желісінен қоректенген кезде инвертор қолданылады. Вентильді қозғалтқыш сұлбасы және оның сипаттамалары 13.5 бөлімде қарастырылды.

7.4-кестеде ВД сериялы вентильді қозғалтқыштардың деректері келтірілген, олар сандық бағдарламалық басқарумен білдектің басты қозғалысының жетегі үшін арналған.

Қозғалтқышты қоректендіру 50 Гц жиілікпен 380 В кернеулі үшфазалы желіден жүзеге асырылады. Қозу тізбегінің қорек көзінің кернеуі – 220 В, қуат коэффициенті – 0,82. Қозғалтқыштар 1000 диапазонда жылдамдық реттеуді қамтамасыз етеді, кірілмелі тахогенераторға және климаттық орындауға ие, үлестіру дәрежесі МС 15150-69 бойынша УХЛ4. Қозғалтқыштың статор орамын қоректендіру ЭТУ7801 типті жиілік түрлендіргіштен жүзеге асырылады.

7.15-кестеде ВД сериялы төменжылдамдықты вентильтді қозғалтқыштардың қуат шкаласы келтірілген, ол 10 диапазонында жылдамдықты реттеуге мүмкіндік береді. Максималды жылдамдықта олардың ПЭК-і және қуат коэффициенті 0,9 тең.

Бұл сериядағы вентильтді қозғалтқыштың сұлбасын тиристорлы қоздырғышпен синхронды қозғалтқыш, жылдамдық датчиктері және ротор орналасуы, қозғалтқыштың қозу тізбегін қоректендіру үшін асинхронды қозғалтқыш және басқару жүйесі құрайды.

ПЧВС сериялы вентильтді қозғалтқыштар 2...20 МВт қуатта және 6 және 10 кВ керенуде шығарылады. Олар қозғалтқыштың токты

Кесте 7.15

Төмен жылдамдықты вентильтді қозғалтқыштардың техникалық сипаттамасы

Түрі	Қозғалтқыш қуаты, кВт, максималды айналу жиілігінде, айн/мин						
	100	200	300	400	500	750	1 000
ВД800	—	—	—	200	250	400	500
	—	—	200	250	315	500	630
	—	200	250	315	400	630	800
ВД1000	—	250	315	400	500	800	1 000
	—	315	400	500	630	1000	1 250
	—	400	500	630	800	1 250	1600
ВД1250	200	500	630	800	1 000	1600	2000
	250	630	800	1 000	1 250	2 000	2 500
	315	800	1 000	1 250	1600	2 500	3 150
ВД1600	400	1 000	1 250	1600	2 000	3 150	—
	500	1 250	1600	2 000	2 500	—	—
	630	1600	2 000	2 500	3 150	—	—

шектеумен іске қосылуын, жылдамдықты реттеуді, керікімылдауды және рекуперациялық тежеуді қамтамасыз етеді

өнеркәсіптік роботтар, манипуляторлар және СББ білдектердің жетегі үшін ДВУ және 2ДВУ сериялы қозғалтқыштар игерілген, олар 2000...6000 айн/мин номиналды жылдамдық пен 0,05...170 Н·м моменттер диапазонын қамтиды.

Бұл серия қозғалтқыштарының құрылымы монтаждау тәсілі бойынша МС2479-79 ІМ3081, салқындату тәсілі бойынша МС 20459-75 ІС0040 және қорғаныс дәрежесі МС 17497-72 ІР54. Олар ПДФ-9 типтегі орналастыру датчигімен, LTS-11с типті жол датчигімен, тежеумен қамтылған, F класты оқшауға және қозғалтқышты қызып кетуден сақтау үшін статор орамына кіріктірілген терморезисторға ие. Қозғалтқыш изоляциясының МС 8865-70 бойынша қыздыруға төзімділік класы F.

2ДВМ сериялы қозғалтқыштар біліктердің және ЭПБ2, ЭАМ типті және т.б. роботтардың реттелетін электржетектерін жиынтықтауға арналған. Олар тұрақты магниттерден қозуға және үшфазалы статоры орамына, жылдамдық датчигіне және ротор орналасуына ие және апат тежегішімен қамталуы мүмкін.

ДБМ сериялы түйіспесіз моментті қозғалтқыштар кіріктірмелі орындау үшін арналған және олардың жиыны технологиялық құрылғыларды монтаждау кезінде тұтынушының өзімен жүзеге асырылады.

Осы және басқа арнайы синхронды қозғалтқыштар туралы толық мағлұмат [22] қамтылған.

7.5. Синхронды компенсаторлар

Синхронды компенсаторлар дегеніміз реактивті қуаттан қоректенуші желі өндіруге арналған синхронды электр машиналар. Синхронды компенсаторлар ретінде синхронды қозғалтқыштар немесе білікке механикалық жүктемесіз арнайы синхронды машиналар қолданылады.

Синхронды компенсаторлар 15...160 МВ·А қуатта 750 немесе 100 айн/мин айналу жиілігінде шығарылады және әдетте айқанполюсті ротордан және сутекті салқындатудан (белгіленуінде В әрпі) тұрады. 7.16-кестеде КС және КСВ сериялы синхронды компенсаторлардың деректері келтірілген.

КС сериялы синхронды компенсаторлар жабық болып, тұйық цикл бойынша жанама ауамен салқындатумен жасалады, КСВ сериялы – сутекті салқындатумен, КСВБ – КСВ секілді, тек түксіз қозу жүйесімен, КСВБО – реверсивті қозумен. КСВБ және КСВБО сериялы компенсаторлар 750 айн/мин номиналды айналу жылдамдығына ие және 11 және 15,75 кВ кернеуде шығарылады.

КС және КСВ Сериялы синхронды компенсаторлардың техникалық сипаттамалары

Түрі	$S_{\text{ном}},$ МВ·А	$U_{\text{ном}},$ кВ	$\eta_{\text{ном}},$ айн/мин	Қозу		Масса, т	Жоғалула р, кВт
				$U_{\text{ном}},$ В	$I_{\text{ном}},$ А		
КС 16-6	16	6,3	1 000	110	590	49,7	360
КС16-11	16	10,5	1000	110	580	50,2	370
КСВ50-11	50	11	750	160	1 160	144,5	800
КСВ100-11	100	11	750	230	1 350	220	1 350
КСВ160-15	160	15,75	750	380	1 600	303	1 750

Бақылау сұрақтары

1. Синхронды машинаның құрылғысын сипаттап беріңіз.
2. Синхронды машинаның қандай түрлерін білесіздер?
3. Қандай синхронды машина генератор деп аталады және ол не үшін қолданылады?
4. Синхронды генераторлардың қандай типтерін атай аласыздар?
5. Қандай синхронды машина қозғалтқыш деп аталады және ол не үшін қолданылады?
6. Қандай синхронды машина синхронды компенсатор деп аталады және ол не үшін қолданылады?
7. Вентильді қозғалтқыш дегеніміз не және оның құрамына қандай элементтер кіреді?
8. Қадамды қозғалтқыш дегеніміз не және оның жұмысының ерекшеліктері қандай?

АСИНХРОНДЫ ҚОЗҒАЛТҚЫШТАР

8.1. Асинхронды қозғалтқыштардың жалпы сипаттамасы

Асинхронды машина деп бір орамы – статор орамы – айнымалы ток көзіне қосылатын, ал екіншісі – ротор орамы – қысқатұйықты немесе фазалы болып орындалатын, шығыстары түйіскен сақиналарға қосылатын электрлік машинаны айтады. Асинхронды машиналардың жұмысының ерекшелігі ротордың айналу жиілігі мен магнит өрісінің теңсіздігі (асинхрондығы), аты содан қалыптасқан. Асинхронды машиналар генератор ретінде өте сирек қолданылады және сондықтан мұнда қарастырылмайды.

Асинхронды қозғалтқыштар (АҚ) электр қозғалтқыштарының ең кең тараған түрі болып табылады, себебі арзан, қызмет көрсету және технологиялық өндірісінде қарапайым болып табылады.

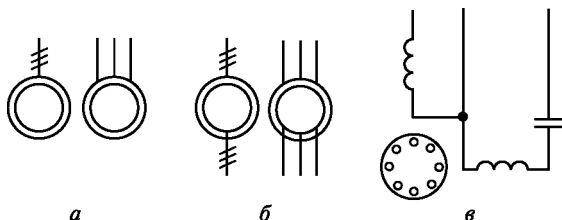
Кіші, орташа және үлкен қуатты АҚ үшфазалы болып шығарылады және қысқатұйықталған ротормен қатар соңы түйіскен сақинаға шығарылған орамды фазалы ротордан тұруы мүмкін. Қысқатұйықталған және фазалы ротормен АҚ шартты белгіленуі сәйкесінше 8.1 а, б суреттерінде келтірілген.

Әдетте фаза бойынша статор орамдарын $C1... C4$, $C2... C5$, $C3... C6$ белгілейді, ротор орамдарының басы — $P1$, $P2$, $P3$, нөлдік нүктесі 0 белгіленеді.

Бірфазалы АҚ қысқатұйықталған ротордан тұрады, олардың шартты кескіні 8.1-ші в суретте келтірілген.

Бас орам $C1... C2$ болып белгіленеді, ал іске қосушы — $П1... П2$.

Үшфазалы АҚ негізгі серияларының деректері 8.1-кестеде келтірілген.



8.1-сурет. Асинхронды қозғалтқыштардың шартты кескіндері:

а — қысқа тұйықталған ротормен үшфазалы; б — фазалы ротормен үшфазалы; в — бірфазалы

Үшфазалы асинхронды қозғалтқыштардың техникалық сипаттамалары

Сериясы, айналу осінің биіктігі, мм	Номиналды қуат, кВт	Синхронды айналу жиілігі, айн/мин	Номиналды кернеу, В	Орындалуы, қолдану аймағы
<i>Жалпы қолданыстағы қысқартылған ротормен қозғалтқыштар</i>				
RA (71...280)	100 дейін	750; 1 000; 1 500; 3 000	220/380	Қорғалған және жабық, үрленетін, кең қолданыстағы
6A (315)	200 дейін	750; 1 000; 1 500; 3 000	220/380 380/660	Жабық, үрленетін, кең қолданыстағы
5A (5АН) (71...335)	400 дейін	750; 1 000; 1 500; 3 000	220/380 380/660	Қорғалған және жабық, үрленетін, кең қолданыстағы
АИР (50...355)	315 дейін	750; 1 000; 1 500; 3 000	220; 380; 380/660 220; 380; 660	Ашық, қорғалған және жабық, үрленетін, кең қолданыстағы
4A (56...355)	400 дейін	500; 600; 750; 1 000; 1 500; 3 000	220/380; 380/660 220; 380	Қорғалған және жабық, үрленетін, кең қолданыстағы
4АР	45 дейін	750; 1 000; 1 500	380/660; 220/380	Қорғалған және жабық, үрленетін, жоғары іске қосу моментімен
4АС	63 дейін при ПВ = 40 %	750; 1 000; 1 500; 3 000	220; 380; 220/380; 380/660	Жабық, үрленетін, жоғары сырғанаумен
ДАЗО	2 000 дейін	500; 600; 750; 1 000; 1 500	6 000; 10 000	Жабық, үрленетін

АН-2 (15... 17 ауқымдар)	2 000 дейін	370; 500; 600; 750; 1 000	6 000	Қорғалған, жылдамдық бойынша реттелмейтін электржетектер үшін
АТД2, АТД4	8 000 дейін	3 000	6 000	Тезжүріс механизмдерінің жетегі үшін
<i>Кранды-металлургиялық қозғалтқыштар</i>				
МТКФ	22 дейін ПВ = 40 %	750; 1 000	380/220; 500	Жоғары асқынжүкті қабілетпен және кран механизмдерінің жетектері үшін іске қосу моментімен сипатталады
МТКН	37 дейін ПВ = 40 %	750; 1 000	380/220; 500	Дәл сондай, металлургиялық өндіріс жетектері үшін
<i>Фазалы ротормен қозғалтқыштар</i>				
4АНК, 4АК	400 дейін	750; 1 000; 1 500	220/380; 380/660	Қорғалған (4АНК) немесе жабылған (4АК), жалпы мақсаттағы
5АНК	400 дейін	600; 750; 1 000; 1 500	220/380; 380/660	Қорғалған, жабық, жалпы мақсаттағы
АКП	125 дейін	1 000; 1 500	220/380; 380/660	Қорғалған, жабық ғимараттарда жұмыс істейтін прес жетектері үшін
АКН2 (15... 19-й габариты)	2 000 дейін	250; 300; 375; 500; 600; 750; 1 000	6 000	Іске қосу шарты жиі не ауыр механизмдер жетегі үшін
МТФ, МТН	30 дейін 118 дейін	600; 750; 1 000	220/380; 240/415; 400; 500	Қорғалған, тәуелсіз желдетумен, кран механизмдерінің (МТФ)және металлургиялық өндіріс механизмдері (МТН) жетегі үшін

АҚ белгіленулерінің мағынасын ашатын мысалдар келтірейік. 4A160M6Y3 типті қозғалтқыш: 4 — серия нөмірі; А — асинхронды қозғалтқыш (4АН — қорғалатын орындауда); 160 — айналу осінің биіктігі; М — статордың орташа ұзындығы (S — кіші ұзындық, L — үлкен ұзындық); 6 — қозғалтқыш полюстерінің саны (синхронды айналу жылдамдығы 1000 айн/мин); Y3 — климаттық орындау (Y — қоңыржай климат) және үлестіру категориясы.

5А және 6А сериялы қозғалтқыштар: 5 және 6 — серия нөмірі; серия RA — ресейлік асинхронды; АИР — асинхронды Интерэлектро (Р — халықаралық стандарт бойынша келісілген бекітілген өлшемдермен орындау). Шартты белгіленулердің қалған элементтері 4А сериясына сәйкес келеді.

МТКВ412-8 қозғалтқышы: қысқартылған ротормен кранды асинхронды қозғалтқыш (К), оқшаулау класы В, шартты өлшемі 412, полюстер саны 8 (синхронды жылдамдығы 750 айн/мин).

8.2. 4А сериялы қозғалтқыштар

4А сериясы АҚ кең қолданыстағы сериясы болып табылады және әртүрлі модификацияға ие:

- Қысқартылған және фазалық ротормен;
- Көп жылдамдықты;
- Жоғары сырғанаумен және іске қосу моментімен;
- Аз шулы;
- Кіріктірілген температуралық қорғаныспен және электромагнитті тежегішпен;
- Тропикалық, ылғал- және аязғатөзімді, шаңнан қорғалған, кеніштік, ауылшаруашылықтық және химияға төзімді орындауда.

Арнайы орындауға лифт жетектеріне, ағаш өндіретін біліктер және жиілікті реттеуші электржетектерінде қолдануға арналған АҚ жатады.

Қуаты 0,06... 0,37 кВт қозғалтқыштар 220 және 380 В кернеуге шығарылады, қуаты 0,55... 11 кВт — 220, 380 және 660 В кернеуге, қуаты 132,400 кВт — 380/660 В.

4А сериялы қорғаныс дәрежесі IP44, салқындату тәсілі ICA0141 болатын АҚ деректері 8.2-кестеде келтірілген, ал қорғаныс дәрежесі IP23 және салқындату тәсілі ICA01 — 8.3-кестеде. 8.2 және 8.3-кестелерде келесі белгілеулер қабылданған: $P_{ном}$, $I_{ном}$, $M_{ном}$, $n_{ном}$, $\eta_{ном}$, $\cos\varphi_{ном}$ — сәйкесінше номиналды қуат, ток, момент, айналу жиілігі, ПЭК және қуат коэффициенті; M_{max} , M_n , M_{min} — сәйкесінше максимал (критикалық), іске қосу және минимал моменттер; J — ротордың инерция моменті.

8.3-кестеде 4А сериялы қорғаныс дәрежесі IP 23 АҚ деректері келтірілген.

4А сериялы (IP44, ICA0141) қозғалтқыштардың техникалық сипаттамалары

Қозғалтқыш түрі	P _{ном} , кВт	номиналды режимде			M _{max} /M _{ном}	M _п /M _{ном}	M _{min} /M _{ном}	I _{II} /I _{ном}	J, кг · м ²
		n _{ном} айн/мин	η _{ном} %	cosφ _{ном} ,					
Синхронды айналу жиілігі 3 000айн/мин									
4АА50А2У3	0,09	2 740	60	0,7	2,2	2	1,2	5	0,24 · 10 ⁻⁴
4АА50В2У3	0,12	2710	63	0,7	2,2	2	1,2	5	0,27 · 10 ⁻⁴
4АА56А2У3	0,18	2 800	66	0,76	2,2	2	1,2	5	4,15 · 10 ⁻⁴
4АА56ВУ3	0,25	2 770	68	0,77	2,2	2	1,2	5	4,65 · 10 ⁻⁴
4А63А2У3	0,37	2 750	70	0,86	2,2	2	1,2	5	7,63 · 10 ⁻⁴
4А63В2У3	0,55	2 740	73	0,86	2,2	2	1,2	5	9 · 10 ⁻⁴
4А71А2У3	0,75	2 840	77	0,87	2,2	2	1,2	5,5	9,75 · 10 ⁻⁴
4А71 В2У3	11	2810	77,5	0,87	2,2	2	1,2	5,5	10,5 · 10 ⁻⁴
4А80А2У3	1,5	2 850	81	0,85	2,2	2	1,2	6,5	18,3 · 10 ⁻⁴
4А80В2У3	2,2	2 850	83	0,87	2,2	2	1,2	6,5	21,3 · 10 ⁻⁴
4А90L2У3	3	2 840	84,5	0,88	2,2	2	1,2	6,5	35,3 · 10 ⁻⁴
4А100S2У3	4	2 880	86,5	0,89	2,2	2	1,2	7,5	56,3 · 10 ⁻⁴

Қозғалтқыш түрі	$P_{\text{ном}}$, кВт	номиналды режимде			$M_{\text{max}}/M_{\text{ном}}$	$M_{\text{п}}/M_{\text{ном}}$	$M_{\text{min}}/M_{\text{ном}}$	$I_{\text{п}}/I_{\text{ном}}$	$J, \text{ кг} \cdot \text{ м}^2$
		$n_{\text{ном}}$, айн/мин	$\eta_{\text{ном}}\%$	$\cos\varphi_{\text{ном}}$					
4A100L2Y3	5,5	2 880	87,5	0,91	2,2	2	1,2	7,5	$75 \cdot 10^{-4}$
4A112M2Y3	7,5	2 900	87,5	0,88	2,2	2	1	7,5	$1,0 \cdot 10^{-2}$
4A132M2Y3	11	2 900	88	0,90	2,2	1,6	1	7,5	$2,25 \cdot 10^{-2}$
4A160S2Y3	15	2 940	88	0,91	2,2	1,4	1	7,5	$4,75 \cdot 10^{-2}$
4A160M2Y3	18,5	2 940	88,5	0,92	2,2	1,4	1	7,5	$5,25 \cdot 10^{-2}$
4A180S2Y3	22	2 940	88,5	0,91	2,2	1,4	1	7,5	$7,0 \cdot 10^{-2}$
4A180M2Y3	30	2 945	90,5	0,90	2,2	1,4	1	7,5	$8,5 \cdot 10^{-2}$
4A200M2Y3	37	2 945	90	0,89	2,2	1,4	1	7,5	$14,5 \cdot 10^{-2}$
4A200L2Y3	45	2 945	91	0,90	2,2	1,4	1	7,5	$16,8 \cdot 10^{-2}$
4A225M2Y3	55	2 945	91	0,92	2,2	1,2	1	7,5	$25 \cdot 10^{-2}$
4A250S2Y3	75	2 960	91	0,89	2,2	1,2	1	7,5	$46 \cdot 10^{-2}$
4A250M2Y3	90	2 960	92	0,90	2,2	1,2	1	7,5	$52 \cdot 10^{-2}$
4A280S2Y3	110	2 970	91	0,89	2,2	1,2	1	7	1,09
4A280M2Y3	132	2 970	91,5	0,89	2,2	1,2	1	7	1,19

4A315S2Y3	160	2 970	92	0,90	0,9	1	0,9	7	1,4
4A315M2Y3	200	2 970	92,5	0,90	0,9	1	0,9	7	1,63
4A35582Y3	250	2 970	92,5	0,90	0,9	1	0,9	7	2,85
4A355M2Y3	315	2 970	93	0,91	0,9	1	0,9	7	3,23
<i>Синхронды айналу жиілігі 1500 айн/мин</i>									
4AA50A4Y3	0,06	1389	50	0,60	2,2	2	1,2	5	$0,29 \cdot 10^{-4}$
4AA50B4Y3	0,09	1370	55	0,60	2,2	2	1,2	5	$0,33 \cdot 10^{-4}$
4AA56A4Y3	0,12	1375	63	0,66	2,2	2	1,2	5	$7 \cdot 10^{-4}$
4AA56B4Y3	0,18	1365	64	0,64	2,2	2	1,2	5	$7,88 \cdot 10^{-4}$
4AA63A4Y3	0,25	1380	68	0,65	2,2	2	1,2	5	$12,4 \cdot 10^{-4}$
4AA63B4Y3	0,37	1365	68	0,69	2,2	2	1,2	5	$13 \cdot 10^{-4}$
4A71A4Y3	0,55	1390	70,5	0,70	2,2	2	1,6	4,5	$13,8 \cdot 10^{-4}$
4A71B4Y3	0,75	1390	72	0,73	2,2	2	1,6	4,5	$14,3 \cdot 10^{-4}$
4A80A4Y3	1Д	1420	75	0,81	2,2	2	1,6	5	$32,3 \cdot 10^{-4}$
4A80B4Y3	1,5	1415	77	0,83	2,2	2	1,6	5	$33,3 \cdot 10^{-4}$
4A90L4Y3	2,2	1425	80	0,83	2,2	2	1,6	6	$56 \cdot 10^{-4}$
4A100S4y3	3,0	1435	82	0,83	2,4	2	1,6	6	$86,8 \cdot 10^{-4}$

Қозғалтқыш түрі	$P_{\text{ном}}$, кВт	номиналды режимде			$M_{\text{max}}/M_{\text{ном}}$	$M_{\text{п}}/M_{\text{ном}}$	$M_{\text{min}}/M_{\text{ном}}$	$I_{\text{п}}/I_{\text{ном}}$	J , кг · м ²
		$\eta_{\text{ном, айн/мин}}$	$\eta_{\text{ном}}\%$	$\cos\varphi_{\text{ном}}$,					
4A100L4Y3	4,0	1430	84	0,84	2,4	2	1,6	6	$1,13 \cdot 10^{-2}$
4A112M4Y3	5,5	1445	85,5	0,85	2,2	2	1,6	7	$1,75 \cdot 10^{-2}$
4A132S4Y3	7,5	1455	87,5	0,86	3,0	2,2	1,7	7,5	$2,75 \cdot 10^{-2}$
4A132M4Y3	11	1460	84,5	0,87	3,0	2,2	1,7	7,5	$4 \cdot 10^{-2}$
4A160S4Y3	15	1465	88,5	0,88	2,3	1,4	1,0	7,0	$10,3 \cdot 10^{-2}$
4A160M4Y3	18,5	1465	89,5	0,88	2,3	1,4	1,0	7,0	$12,8 \cdot 10^{-2}$
4A180S4Y3	22	1470	90	0,90	2,3	1,4	1,0	6,5	$19 \cdot 10^{-2}$
4A180M4Y3	30	1470	91	0,90	2,3	1,4	1,0	6,5	$23,3 \cdot 10^{-2}$
4A200M4Y3	37	1475	91	0,90	2,5	1,4	1,0	7,0	$36,8 \cdot 10^{-2}$
4A200L4Y3	45	1475	92	0,90	2,5	1,4	1,0	7,0	$44,5 \cdot 10^{-2}$
4A225M4Y3	55	148	92,5	0,90	2,5	1,3	1,0	7,0	$64 \cdot 10^{-2}$
4A250S4Y3	75	1480	93,0	0,90	2,3	1,2	1,0	7,0	1,02
4A250M4Y3	90	1480	93,0	0,91	2,3	1,2	1,0	7,0	1,17
4A280S4Y3	110	1470	92,5	0,90	2,0	1,2	1,0	5,5	2,3

4A280M4Y3	132	1480	93,0	0,90	2,0	1,3	1,0	5,5	2,48
4A315S4Y3	160	1480	93,5	0,91	2,2	1,3	0,9	6,0	3,08
4A315M4Y3	200	1480	94,0	0,92	2,2	1,3	0,9	6,0	3,63
4A355S4Y3	250	1485	94,5	0,92	2,0	1,2	0,9	7,0	6,0
4A355M4Y3	315	1485	94,5	0,92	2,0	1,2	0,9	7,0	7,05
<i>Синхронды айналу жиілігі 100 айн/мин</i>									
4AA63A6Y3	0,18	885	56,0	0,62	2,2	2,2	1,5	3,0	$17,4 \cdot 10^{-4}$
4A63B6Y3	0,25	890	59,0	0,62	2,2	2,2	1,5	3,0	$19 \cdot 10^{-4}$
4A71A6Y3	0,37	910	64,5	0,69	2,2	2,0	1,8	4,0	$19,3 \cdot 10^{-4}$
4A71B6Y3	0,55	900	67,5	0,71	2,2	2,0	1,8	4,0	$20,3 \cdot 10^{-4}$
4A80A6Y3	0,75	915	69,0	0,74	2,2	2,0	1,6	4,0	$46 \cdot 10^{-4}$
4A80B6Y3	1,10	920	74,0	0,74	2,2	2,0	1,6	4,0	$46,3 \cdot 10^{-4}$
4A90L6Y3	1,50	935	75,0	0,74	2,2	2,0	1,7	4,5	$73,5 \cdot 10^{-4}$
4A100L6Y3	2,20	950	81,0	0,73	2,2	2,0	1,6	5,0	$1,31 \cdot 10^{-2}$
4A112MA6Y3	3,0	955	81,0	0,76	2,5	2,0	1,8	6,0	$1,75 \cdot 10^{-2}$
4A112MB6Y3	4,0	950	82,0	0,81	2,5	2,0	1,8	6,0	$2,0 \cdot 10^{-2}$
4A132S6Y3	5,50	965	85,0	0,80	2,5	2,0	1,8	6,5	$4,0 \cdot 10^{-2}$

Қозғалтқыш түрі	$P_{\text{ном}}$, кВт	номиналды режимде			$M_{\text{max}}/M_{\text{ном}}$	$M_{\text{п}}/M_{\text{ном}}$	$M_{\text{min}}/M_{\text{ном}}$	$I_{\text{п}}/I_{\text{ном}}$	$J, \text{ кг} \cdot \text{ м}^2$
		$n_{\text{ном}}$ айн/мин	$\eta_{\text{ном}}\%$	$\cos\varphi_{\text{ном}}$,					
4A132M6Y3	7,50	970	85,5	0,81	2,5	2,0	1,8	6,5	$5,75 \cdot 10^{-2}$
4A160S6Y3	11,0	975	86,0	0,86	2,0	1,2	1,0	6,0	$13,8 \cdot 10^{-2}$
4A160M6Y3	15,0	975	87,5	0,87	2,0	1,2	1,0	6,0	$18,3 \cdot 10^{-2}$
4A180M6Y3	18,5	975	88,0	0,87	2,0	1,2	1,0	5,0	$22,0 \cdot 10^{-2}$
4A200M6Y3	22,0	975	90,0	0,90	2,4	1,3	1,0	6,5	$40 \cdot 10^{-2}$
4A200L6Y3	30,0	980	90,5	0,90	2,4	1,3	1,0	6,5	$45,3 \cdot 10^{-2}$
4A250S6Y3	45,0	985	91,5	0,89	2,1	1,2	1,0	6,5	1,16
4A250M6Y3	55,0	985	91,5	0,89	2,1	1,2	1,0	6,5	1,26
4A280S6Y3	75,0	985	92,0	0,89	2,2	1,4	1,2	5,5	2,93
4A280M6Y3	90,0	985	92,5	0,89	2,2	1,4	1,2	5,5	3,38
4A315S6Y3	110	985	93,0	0,90	2,2	1,4	0,9	6,5	4,0
4A315M6Y3	132	985	93,5	0,90	2,2	1,4	0,9	6,5	4,5
4A355S6Y3	160	985	93,5	0,90	2,2	1,4	0,9	6,5	7,33
4A355M6Y3	200	985	94,0	0,90	2,2	1,4	0,9	6,5	8,8

Синхронды айналу жиілігі 750 айн/мин

4A71B8Y3	0,25	680	56,0	0,65	1,7	1,6	1,2	3,0	$18,5 \cdot 10^{-4}$
4A80A8Y3	0,37	675	61,5	0,65	1,7	1,6	1,2	3,5	$33,8 \cdot 10^{-4}$
4A80B8Y3	0,55	700	64,0	0,65	1,7	1,6	1,2	3,5	$40,5 \cdot 10^{-4}$
4A901A8Y3	0,75	700	68,0	0,62	1,9	1,6	1,2	3,5	$67,5 \cdot 10^{-4}$
4A90Б8Y3	1,10	700	70,0	0,68	1,9	1,6	1,2	3,5	$86,3 \cdot 10^{-4}$
4A100Б8Y3	1,50	700	74,0	0,65	1,9	1,6	1,2	4,0	$1,3 \cdot 10^{-2}$
4A112MA8Y3	2,20	700	76,5	0,71	2,2	1,9	1,4	5,0	$1,75 \cdot 10^{-2}$
4A112MB8Y3	3,0	700	79	0,74	2,2	1,9	1,4	5,0	$2,5 \cdot 10^{-2}$
4A13288Y3	4	720	83	0,7	2,6	1,9	1,4	5,5	$4,25 \cdot 10^{-2}$
4A132M8Y3	5,5	720	83	0,74	2,6	1,9	1,4	5,5	$5,75 \cdot 10^{-2}$
4A16088Y3	7,5	730	86	0,75	2,2	1,4	1	6	$13,8 \cdot 10^{-2}$
4A160M8Y3	11	730	87	0,75	2,2	1,4	1	6	$18 \cdot 10^{-2}$
4A180M8Y3	15	730	87	0,82	2	1,2	1	6	$25 \cdot 10^{-2}$
4A200M8Y3	18,5	735	88,5	0,84	2,2	1,2	1	5,5	$40 \cdot 10^{-2}$
4A200Б8Y3	22	730	88,5	0,84	2	1,2	1	5,5	$45,3 \cdot 10^{-2}$
4A225M8Y3	30	735	90	0,81	2,1	1,3	1	6	$73,8 \cdot 10^{-2}$

8.2-кестенің соңы

Қозғалтқыш түрі	$P_{\text{ном}}$, кВт	номиналды режимде			$M_{\text{max}}/M_{\text{ном}}$	$M_p/M_{\text{ном}}$	$M_{\text{min}}/M_{\text{ном}}$	$I_p/I_{\text{ном}}$	$J, \text{ кг} \cdot \text{м}^2$
		$n_{\text{ном}}$, айн/мин	$\eta_{\text{ном}}$, %	$\cos\varphi_{\text{ном}}$					
4A250S8Y3	37	735	90	0,83	2	1,2	1	6	1,16
4A250M8Y3	45	740	91	0,84	2	1,2	1	6	1,36
4A280S8Y3	55	735	92	0,84	2	1,2	1	5,5	3,18
4A280M8Y3	75	735	92,5	0,85	2	1,2	1	5,5	4,13
4A315S8Y3	90	740	93	0,85	2,3	1,2	0,9	6,5	4,93
4A315M8Y3	110	740	93	0,85	2,3	1,2	0,9	6,5	5,85
4A355S8Y3	132	740	93,5	0,85	2,2	1,2	0,9	6,5	9,05
4A355M8Y3	160	740	93,5	0,85	2,2	1,2	0,9	6,5	10,2
<i>Синхронды айналу жиілігі 600 айн/мин</i>									
4A250S10Y3	30	590	88	0,81	1,9	1,2	1	6	1,36
4A250M10Y3	37	590	89	0,81	1,9	1,2	1	6	1,61
4A280MS10Y	37	590	91	1,78	1,8	1	1	6	3,6
4A280M10Y3	45	590	91,5	0,78	1,8	1	1	6	3,78
4A315S10Y3	55	590	92	0,79	1,8	1	0,9	6	5,25

4A315M10Y3	75	590	92	0,8	1,8	1	0,9	6	6,18
4A355S10Y3	90	590	92,5	0,83	1,8	1	0,9	6	9,33
4A355M10Y3	110	590	93	0,83	1,8	1	0,9	6	10,9
<i>Синхронды айналу жиілігі 500 айн/мин</i>									
4A315S12Y3	45	490	90,5	0,75	1,8	1	0,9	6	5,25
4A315Ы2Y3	55	490	91	0,75	1,8	1	0,9	6	6,18
4A355S12Y3	75	490	91,5	0,76	1,8	1	0,9	6	9,33
4A355M12Y3	90	495	92	0,76	1,8	1	0,9	6	10,9

Кесте 8.3

4А сериялы (IP23, ICA01) қозалтқыштардың техникалық сипаттамасы

Қозғалтқыш түрі	P _{ном} , кВт	номиналды режимде			M _{max} /M _{ном}	M _п /M _{ном}	M _{min} /M _{ном}	I _П /I _{ном}	J, кг · м ²
		n _{ном} айн/мин	η _{ном} , %	cosφ _{ном} ,					
Синхронды айналу жиілігі3000 айн/мин									
4АН160S2Y3	22,0	2915	88	0,88	2,2	1,3	1,0	7,0	4,75 · 10 ⁻²
4АН160M2Y3	30,0	2915	90,0	0,91	2,2	1,3	1,0	7,0	5,5 · 10 ⁻²
4АН180S2Y3	37,0	2 945	91,0	0,91	2,2	1,2	1.0	7,0	8,0 · 10 ⁻²

Қозғалтқыш түрі	$P_{\text{ном}}$, кВт	номиналды режимде			$M_{\text{max}}/M_{\text{ном}}$	$M_{\text{п}}/M_{\text{ном}}$	$M_{\text{min}}/M_{\text{ном}}$	$I_{\text{II}}/I_{\text{ном}}$	J , кг · м ²
		$n_{\text{ном}}$, айн/мин	$\eta_{\text{ном}}$, %	$\cos\varphi_{\text{ном}}$,					
Синхронды айналу жиілігі3000 айн/мин									
4АН180М2У3	45,0	2 945	91,0	0,91	2,2	1,3	1,0	7,0	$9,25 \cdot 10^{-2}$
4АН200М2У3	55,0	2 940	91,0	0,90	2,5	1,3	1,0	7,0	$16,0 \cdot 10^{-2}$
4АН200Б2У3	75,0	2 940	92,0	0,90	2,5	1,3	1,0	7,0	$19,0 \cdot 10^{-2}$
4АН225М2У3	90,0	2 945	92,0	0,88	2,2	1,2	1,0	7,0	$23,8 \cdot 10^{-2}$
4АН25082У3	110,0	2 950	93,0	0,86	2,2	1,2	1,0	7,0	$44,3 \cdot 10^{-2}$
4АН250М2У3	132,0	2 945	93,0	0,88	2,2	1,2	1,0	7,0	$49,5 \cdot 10^{-2}$
4АН28082У3	160,0	2 960	94,0	0,90	2,2	1,2	1,0	6,5	$77,5 \cdot 10^{-2}$
4АН280М2У3	200,0	2 960	94,5	0,90	2,2	1,2	1,0	6,5	1,03
4АН315М2У3	250,0	2 970	94,5	0,91	2,1	1,0	0,9	6,0	1,7
4АН35582У3	315	2 970	94,5	0,92	2,1	1,0	0,9	7,0	2,38
АН355М2У3	400	2 970	95	0,92	2,1	1,0	0,9	7,0	2,85
Синхронды айналу жиілігі 1500 айн/мин									
4АН16084У3	18.5	1 450	88,5	0,87	2,1	1,3	1	6,5	$9,25 \cdot 10^{-2}$
4АН160М4У3	22	1 458	90	0,88	2,1	1,3	1	6,5	$11,8 \cdot 10^{-2}$

4AH180S4Y3	30	1465	90	0,84	2,2	1,2	1	6,5	$17,8 \cdot 10^{-2}$
4AH180M4Y3	37	1470	90,5	0,89	2,2	1,2	1	6,5	$21,8 \cdot 10^{-2}$
4AH200M4Y3	45	1475	91	0,89	2,5	1,3	1	6,5	$34,5 \cdot 10^{-2}$
4AH200L4Y3	55	1475	92	0,89	2,5	1,3	1	6,5	$42,3 \cdot 10^{-2}$
4AH225M4Y3	75	1475	92,5	0,89	2,2	1,2	1	6,5	$61,8 \cdot 10^{-2}$
4AH250S4Y3	90	1480	93,5	0,89	2,2	1,2	1	6,5	$88,3 \cdot 10^{-2}$
4AH250M4Y3	110	1475	93,5	0,89	2,2	1,2	1	6,5	$95,8 \cdot 10^{-2}$
4AH280S4Y3	132	1470	93	0,89	2	1,2	1	6	1,83
4AH280M4Y3	160	1470	93,5	0,9	2	1,2	1	6	2,13
4AH315S4Y3	200	1475	94	0,91	2	1,2	0,9	6	3,15
4AH315M4Y3	250	1475	94	0,91	2	1,2	0,9	6	3,7
4AH355S4Y3	315	1485	94,5	0,91	2	1	0,9	7	5,75
4AH355M4Y3	400	1485	94,5	0,91	2	1	0,9	7	7
<i>Синхронды айналу жиілігі 1000 айн/мин</i>									
4AH180S6Y3	18.5	975	87	0,85	2	1,2	1	6	$18,8 \cdot 10^{-2}$
4AH180M6Y3	22	975	88,5	0,87	2	1,2	1	6	$23,5 \cdot 10^{-2}$
4AH200M6Y3	30	975	90	0,88	2,1	1,3	1	6	$37,7 \cdot 10^{-2}$
4AH200L6Y3	37	980	90,5	0,88	2,1	1,3	1	6,5	$43,0 \cdot 10^{-2}$
4AH225M6Y3	45	980	91	0,87	2	1,2	1	6,5	$70,3 \cdot 10^{-2}$

Қозғалтқыш түрі	$P_{\text{ном}}$, кВт	номиналды режимде			$M_{\text{max}}/M_{\text{ном}}$	$M_{\text{п}}/M_{\text{ном}}$	$M_{\text{min}}/M_{\text{ном}}$	$I_{\text{п}}/I_{\text{ном}}$	$J, \text{кг} \cdot \text{м}^2$
		$n_{\text{ном}}$, айн/мин	$\eta_{\text{ном}}$, %	$\cos\varphi_{\text{ном}}$					
4АН250S6Y3	55	985	92,5	0,87	2	1,2	1	6,5	1,09
4АН280S6Y3	90,0	980	92,5	0,89	2,0	1,2	1,0	6,0	2,5
4АН280M6Y3	110	980	92,5	0,89	2,0	1,2	1,0	6,0	2,88
4АН280S6Y3	132	985	93,0	0,89	2,0	1,2	1,0	6,0	4,45
4АН280M6Y3	160	985	93,5	0,89	2,0	1,2	1,0	6,0	5,13
4АН280S6Y3	200	985	94,0	0,90	2,0	1,2	1,0	6,0	7,8
4АН280M6Y3	250	985	94,0	0,90	2,0	1,2	1,0	6,0	9,5
<i>Синхронная айналу жиілігі 750 айн/мин</i>									
4АН180S8Y3	15,0	730	86,0	0,80	1,9	1,2	1,0	5,5	$23,5 \cdot 10^{-2}$
4АН180M8Y3	18,5	730	87,5	0,80	1,9	1,2	1,0	5,5	$29,8 \cdot 10^{-2}$
4АН200M8Y3	22,0	730	89,0	0,84	2,0	1,2	1,0	5,5	$49,0 \cdot 10^{-2}$
4АН200L8Y3	30,0	730	89,5	0,82	2,0	1,2	1,0	5,5	$58,3 \cdot 10^{-2}$
4АН225M8Y3	37,0	735	90,0	0,81	1,9	1,2	1,0	5,5	$82,5 \cdot 10^{-2}$
4АН250S8Y3	45,0	740	91,0	0,81	1,9	1,2	1,0	5,5	1,19
4АН250M8Y3	55,0	735	92,0	0,81	1,9	1,2	1,0	6,0	1,4

4АН280S8Y3	75,0	735	92,0	0,85	1,9	1,2	1,0	5,5	3,0
4АН280M8Y3	90,0	735	92,5	0,86	1,9	1,2	1,0	5,5	3,38
4АН315S8Y3	110	735	93,0	0,86	1,9	1,2	1,0	5,5	6,08
4АН315M8Y3	132	735	93,0	0,86	1,9	1,2	1,0	5,0	7,0
4АН355S8Y3	160	740	93,5	0,86	1,9	1,2	1,0	5,5	9,75
4АН355M8Y3	200	740	94,0	0,86	1,9	1,2	1,0	5,5	11,9
<i>Синхронды айналу жиілігі 600 айн/мин</i>									
4АН280 810Y3	45,0	585	90,0	0,81	1,8	1,0	1,0	5,5	3,23
4АН280M10Y3	55,0	585	90,5	0,81	1,8	1,0	1,0	5,5	3,75
4АН315S10Y3	75,0	590	91,0	0,82	1,8	1,0	0,9	5,5	5,63
4АН315M10Y3	90,0	590	91,5	0,82	1,8	1,0	0,9	5,5	6,63
4АН355S10Y3	110,0	590	92,0	0,83	1,8	1,0	0,9	5,5	6,68
4АН355M10Y3	132,0	590	92,5	0,83	1,8	1,0	0,9	5,5	11,0
<i>Синхронды айналу жиілігі 500 айн/мин</i>									
4АН315S12Y3	55,0	490	90,5	0,78	1,8	1,0	0,9	5,5	5,63
4АН315M12Y3	75,0	490	91,0	0,78	1,8	1,0	0,9	5,5	6,63
4АН355S12Y3	90,0	490	91,5	0,77	1,8	1,0	0,9	5,5	9,68
4АН355M12Y3	110,0	490	92,0	0,77	1,8	1,0	0,9	5,5	11,0

4АК және 4АКН сериялы фазалы ротормен АҚ 5,5-ден 400 кВт дейін қуатта жабық үрленетін (қорғаныс дәрежесі IP44) және қорғалатын (қорғаныс дәрежесі IP23) болып шығарылады. Ротор орамы жұлдыз болып жалғасқан және түйісу сақиналарына шығарылған. Түйісу сақиналарымен АҚ деректері 8.4-кестеде көрсетілген, мұндағы S_{ном} арқылы АҚ номиналды сырғанау белгіленген.

Кесте 8.4

Түйіспелі сақинамен асинхронды қозғалтқыштардың техникалық сипаттамалары

Қозғалтқыш түрі	$P_{\text{ном}}, \text{ кВт}$	$\eta_{\text{ном}}, \%$	$\cos \phi_{\text{ном}}$	$S_{\text{ном}}, \%$	$M_{\text{max}}/M_{\text{ном}}$	Ротор тоғы, А	Ротор керенуі, В	Масса, кг
<i>Синхронды айналу жиілігі 1500 айн/мин</i>								
4АК160S4УЗ	11	86,5	0,86	5	3	22	305	160
4АК160М4УЗ	14	88,5	0,87	4	3,5	29	300	185
4АК180М4УЗ	18	89	0,88	3,5	4	38	295	250
4АК200М4УЗ	22	90	0,87	2,5	4	45	340	305
4АК200L4УЗ	30	90,5	0,87	2,5	4	55	350	325
4АК225М4УЗ	37	90	0,87	3,5	3	160	160	415
4АК250SA4УЗ	45	91	0,88	3	3	170	230	555
4АК250B4УЗ	55	90,5	0,9	3	3	170	200	595
4АК250М4УЗ	71	91,5	0,86	2,5	3	170	250	640
<i>Синхронды айналу жиілігі 1000 айн/мин</i>								
4АК160S6УЗ	7,5	82,5	0,77	5	3,5	18	300	170
4АК160М6УЗ	10	84,5	0,76	4,5	3,8	20	310	200
4АК180М6УЗ	13	85,5	0,8	4,5	4	25	325	240
4АК200М6УЗ	18,5	88	0,81	3,5	3,5	35	360	300
4АК200L6УЗ	22	88	0,8	3,5	3,5	45	330	315
4АК225М6УЗ	30	89	0,85	3,5	2,5	150	140	405
4АК250S6УЗ	37	89	0,84	3,5	2,5	165	150	540
4АК250М6УЗ	45	90,5	0,87	3	2,5	160	180	600

Қозғалтқыш түрі	$P_{\text{ном}}, \text{ кВт}$	$\eta_{\text{ном}}, \%$	$\cos\phi_{\text{ном}}$	$S_{\text{ном}}, \%$	$M_{\text{ном}}/M_{\text{ном}}$	Ротор тоғы, А	Ротор керенуі, В	Масса, кг
<i>Синхронды айналу жиілігі 750 айн/мин</i>								
4AK160S8Y3	5,5	80	0,7	6,5	2,5	14	300	170
4AK160M8Y3	7,5	82	0,7	6	3	16	290	200
4AK180M8Y3	11	85,5	0,72	4	3,5	25	270	260
4AK200M8Y3	15	86	0,7	3,5	3	28	360	300
4AK200L8y3	18,5	86	0,73	3,5	3	40	300	320
4AK225M8Y3	22	87	0,82	4,5	2,2	140	102	400
4AK250S8y3	30	88,5	0,81	4	2,2	155	125	540
4AK250M8Y3	37	89	0,8	3,5	2,2	155	148	595
<i>Синхронды айналу жиілігі 1500 айн/мин</i>								
4АНК160S4Y3	14	86,5	0,85	5	3	27	330	140
4АНК160M4Y3	17	88	0,87	5	3,5	34	315	160
4АНК180S4Y3	22	87	0,86	5,5	3,2	43	300	190
4АНК180M4Y3	30	88	0,81	4,5	3,3	63	290	220
4АНК200M4Y3	37	90	0,88	3	3	62	360	290
4АНК200L4Y3	45	90	0,88	3,5	3	75	375	315
4АНК225M4Y 3	55	89,5	0,87	4	2,5	200	170	405
4АНК250SA4Y3	75	90	0,88	4,5	2,3	250	180	500
4АНК250SB4Y3	90	91,5	0,87	4	2,5	260	220	540
4АНК250M4Y3	110	92	0,9	3,5	2,5	260	250	585
4АНК280S4Y3	132	92	0,88	2,9	2	330	251	725
4АНК280M4Y3	160	92,5	0,88	2,6	2	330	300	775
4АНК315S4Y3	200	93	0,89	2,5	2	396	312	910

Қозғалтқыш түрі	$P_{\text{ном}}, \text{ кВт}$	$\eta_{\text{ном}}, \%$	$\cos \varphi_{\text{ном}}$	$S_{\text{ном}}, \%$	$M_{\text{max}}/M_{\text{ном}}$	Ротор тоғы, А	Ротор кереңуі, В	Масса, кг
4АНК315М4У3	250	93	0,9	2,5	2	425	360	990
4АНК355С4У3	315	93,5	0,9	2,2	2	460	420	1 240
4АНК355М4У3	400	94	0,9	2	2	485	505	1 380
<i>Синхронды айналу жиілігі 1000 айн/мин</i>								
4АНК180S6y3	13	83,5	0,81	7	3	42	205	180
4АНК180M6Y3	17	85	0,82	6	3	32,5	335	200
4АНК200M6Y3	22	88	0,81	3,5	3	37	380	285
4АНК200L6y3	30	88,5	0,82	4	3	46	375	315
4АНК225M6Y3	37	89	0,86	4	1,9	180	140	400
4АНК250SA6y3	45	89,5	0,86	4	2,3	200	155	470
4АНК250SB6Y3	55	91	0,88	3,5	2,5	185	190	510
4АНК250M6Y3	75	91,5	0,85	3	2,5	200	250	585
4АНК280S6Y3	90	90	0,88	3,6	1,9	277	202	685
4АНК280M6Y3	110	91,5	0,87	3,6	1,9	297	230	735
4АНК315S6Y3	132	92	0,88	3	1,9	320	257	845
4АНК315M6Y3	160	92,5	0,88	3	1,9	352	291	910
4АНК355S6Y3	200	93	0,89	2,5	1,8	411	304	1 180
4АНК355M6Y3	250	93	0,89	2,5	1,8	401	380	1 305
<i>Синхронды айналу жиілігі 750 айн/мин</i>								
4АНК180S8Y3	11	85	0,72	5	3,2	22,5	315	195
4АНК180M8Y3	14	86,5	0,69	4,5	3,5	28	310	225
4АНК200M8Y3	18,5	86	0,78	4,5	2,5	30	380	285
4АНК200L8Y3	22	87	0,79	4,5	2,5	40	330	315

Қозғалтқыш түрі	$P_{\text{ном}}$, кВт	$\eta_{\text{ном}}$, %	$\cos \varphi_{\text{ном}}$	$S_{\text{ном}}$, %	$M_{\text{max}}/M_{\text{ном}}$	Ротор тоғы, А	Ротор керенуі, В	Масса, кг
4АНК225М8У3	30	86,5	0,8	5	1,8	165	120	400
4АНК250СА8У3	37	87,5	0,8	5,5	2,2	190	115	475
4АНК250СВ8у3	45	89	0,82	4	2,2	190	140	515
4АНК250М8У3	55	89,5	0,83	3,5	2,2	185	190	575
4АНК280С8у3	75	90,5	0,84	4	1,9	257	190	700
4АНК280М8У3	90	90,5	0,84	4	1,9	267	214	755
4АНК315С8у3	110	91,5	0,84	3,5	1,9	311	225	910
4АНК315М8У3	132	92	0,84	3,5	1,9	364	247	980
4АНК355С8у3	160	92,5	0,86	2,7	1,7	353	285	1 215
4АНК355М8у3	200	92,5	0,86	2,7	1,7	359	350	1 360
<i>Синхронды айналу жиілігі 600 айн/мин</i>								
4АНК280S 10у3	45	89	0,78	5	1,8	178	162	625
4АНК280M10у3	55	89,5	0,79	4,5	1,8	180	185	675
4АНК315S10у3	75	90	0,8	4,5	1,8	221	217	845
4АНК315M10у3	90	90,5	0,81	4,2	1,8	223	260	920
4АНК355S10у3	110	90,5	0,81	3,8	1,7	242	283	1 180
4АНК355M10у3	132	91	0,81	3,6	1,7	257	330	1 260
<i>Синхронды айналу жиілігі 500 айн/мин</i>								
4АНК315S12у3	55	89	0,75	5	1,8	235	165	845
4АНК315M12у3	75	90	0,75	5	1,8	221	207	920
4АНК355S12у3	90	89,5	0,73	4	1,7	259	222	1 160
4АНК355M12у3	110	90	0,73	4	1,7	265	265	1 245

8.3. Үлкен қуатты асинхронды қозғалтқыштар

Үлкен қуатты қозғалтқыштарға 200-ден 8000 кВт дейін қуатты АҚ жатады. Мұндай АҚ ДАЗ04, АОД, АТД4, А4, ДА 304, АДО, ВАН (қысқатұйықталған ротормен), АК4, ВАКЗ, АОК, АКСБ (фазалы ротормен) сериялар және басқа сериялар құрамында шығарылады.

АТД4 негізгі орындаудағы асинхронды турбоқозғалтқыштар 6 және 10 кВ кернеуде және 500-ден 8000 кВт дейін қуатта шығарылады және қызмет ету мерзімі ішінде 10 000 дейін іске қосуға төзеді.

А4 сериялы қозғалтқыштар 200...1000 кВт қуатқа ие, ДАЗ04 сериялы – 200...800 кВт және 6 кВ кернеуде және 500...1500 айн/мин синхронды айналу жиілігінде шығарылады.

АДО сериялы АҚ 6 кВ кернеуде, 1250...3150 кВт қуатта және 600, 750, 1000 айн/мин синхронды айналу жиілігінде шығарылады.

ВАН сериялы тік қондырылған АҚ 6 кВ номиналды кернеуге, 315...2500 кВт қуатқа, 375, 500, 600, 750 және 1500 айн/мин синхронды айналу жиілігіне ие.

АК4 ұрғанысты орындаудағы фазалы ротормен АҚ 6 кВ кернеуде, 250...1000 кВт қуатта, 750, 1000, 1500 айн/мин синхронды айналу жиілігінде шығарылады.

АКСБ типті фазалы роторлы АҚ 6 кВ кернеуге, 600, 800 және 1000 кВт қуатқа ие және бұрғылау қондырғылары жетегіне арналған.

ВАКЗ сериялы фазалы ротормен тік орындаудағы қозғалтқыштар атом электр станциясының бас айналымды сорғыштарының жетегі үшін арналған және 1000 айн/мин синхронды айналу жиілігіне ие. Олар 250...900 және 100...990 айн/мин диапазонда жылдамдықты реттеуге мүмкіндік береді.

Үлкен қуатты қозғалтқыштардың техникалық деректері 8.5, 8.6 және 8.7-кестелерде келтірілген.

Кесте 8.5

Қуатты АҚ техникалық деректері

$P_{\text{ном}}$, кВт	$I_{\text{ном}}$, А	$\eta_{\text{ном}}$, %	$\cos\varphi_{\text{ном}}$	$M_{\text{п}}/M_{\text{ном}}$	$I_{\text{п}}/I_{\text{ном}}$	Масса, кг
АТД4 сериясы						
500	56,5	95,7	0,89	0,9	5,1	1 930
630	72	95,7	0,88	1	5,3	2 660
800	90	96	0,89	1	5,3	2 820

$P_{\text{ном}}, \text{кВт}$	$I_{\text{ном}}, \text{А}$	$\eta_{\text{ном}}, \%$	$\cos\varphi_{\text{ном}}$	$M_{\text{п}}/M_{\text{ном}}$	$I_{\text{п}}/I_{\text{ном}}$	Масса, кг
1 000	112,5	96,1	0,89	1	5,3	3 030
1 250	140	96,4	0,89	0,95	5,5	3 970
1 600	179	96,6	0,89	0,9	5,2	4 270
2 000	226	96,7	0,89	0,77	4,7	5 560
2 500	279	97	0,89	0,85	5	6 160
3 150	346	97,2	0,9	0,9	5,3	7 010
4 000	444	97,3	0,89	0,9	5,7	10 100
5 000	548	97,5	0,9	0,9	5,7	11 000
6 300	690	97,6	0,9	0,95	5,9	12 300
8 000	876	97,6	0,9	0,95	6	12 320
А4 сериясы						
<i>Синхронды айналу жиілігі 1500 айн/мин</i>						
400	47	94,2	0,87	1	5,7	—
500	58	94,7	0,88	1	5,7	—
630	72,5	95,1	0,88	1,2	5,7	—
800	92	95,2	0,88	1	5,7	—
1 000	113	95,2	0,89	1	5,7	—
<i>Синхронды айналу жиілігі 1 000 айн/мин</i>						
315	38	93,6	0,85	1	5,3	—
400	47	94	0,86	1	5,3	—
500	59,5	94,4	0,86	1	5,3	—
630	74,5	94,7	0,86	1	5,3	—
800	94,5	95	0,86	1	5,3	—
<i>Синхронды айналу жиілігі 750 айн/мин</i>						
250	32	93	0,81	1	4,8	—
315	39,5	93,4	0,82	1	4,8	—

$P_{\text{ном}}, \text{кВт}$	$I_{\text{ном}}, \text{А}$	$\eta_{\text{ном}}, \%$	$\cos\varphi_{\text{ном}}$	$M_{\text{п}}/M_{\text{ном}}$	$I_{\text{п}}/I_{\text{ном}}$	Масса, кг
400	50	93,8	0,82	1	4,8	—
500	61,5	94,2	0,83	1	4,8	—
630	77,5	95,5	0,83	1	4,8	—
АДО сериясы						
1 250	168,1	95,4	0,75	1,3	6	—
1 600	194,7	95,3	0,83	0,8	5,5	—
2 500	285,7	95,7	0,88	0,8	5,7	—
3 100	354,8	96	0,89	1	6,5	—

Кесте 8.6

ДА304 сериялы қозғалтқыштардың техникалық деректері

Түрі	Қуаты, кВт	Синхронды айналу жиілігі, айн/мин	Кернеу, кВ	ПӘК, %	$\cos\varphi$
ДА304-400ХК-4МУ1	315	1 500	6	93,7	0,88
ДА304-400Х-4МУ1	400	1 500	6	94,2	0,87
ДА304-400Ү-4МУ1	500	1 500	6	94,8	0,87
ДА304-450Х-4МУ1	630	1 500	6	94,7	0,87
ДА304-400Ү-4МУ1	800	1 500	6	95,0	0,88
ДА304-400ХК-8МУ1	250	1 000	6	93,2	0,83
ДА304-400Х-8МУ1	315	1 000	6	93,9	0,85
ДА304-400Ү-8МУ1	400	1 000	6	94,2	0,85
ДА304-450Х-8МУ1	500	1 000	6	94,4	0,85
ДА304-450Ү-8МУ1	630	1 000	6	94,7	0,85
ДА304-400Х-8МУ1	200	750	6	92,5	0,77
ДА304-400Ү-8МУ1	250	750	6	93,0	0,79

Түрі	Қуаты,кВ т	Синхронды айналу жиілігі,	Кернеу, кВ	ПӘК, %	cosφ
ДА304-400Х-8МУ1	315	750	6	93,4	0,80
ДА304-450ҮК- 8МУ1	400	750	6	93,8	0,81
ДА304-450У-8МУ1	500	750	6	94,2	0,82
ДА304-400Ү -10МУ1	200	600	6	92,0	0,74
ДА304-450ХК-10МУ1	250	600	6	92,5	0,78
ДА304-450У-10МУ1	315	600	6	93,0	0,80
ДА304-450Х-12МУ1	200	500	6	91,7	0,75
ДА304-450У-12МУ1	250	500	6	92,2	0,75
ДА304-85/37К-4У1	315	1 500	10	92,6	0,85
ДА304-85/37-4У1	400	1 500	10	93,0	0,88
ДА304-85/43-4У1	500	1 500	10	93,6	0,85
ДА304-85/49-4У1	630	1 500	10	94,1	0,86
ДА304-85/55-4У1	800	1 500	10	94,8	0,86
ДА304-560Х-8	630	750	6	—	—
ДА304-560ҮК-8	800	750	6	—	—
ДА304-560У-8	1 000	750	6	—	—
ДА304-560Х-4	1 250	1 500	6	—	—
ДА304-560ХК-10	400	600	6	—	—
ДА304-560Х-10	500	600	6	—	—
ДА304-560ҮК-10	630	600	6	—	—
ДА304-560У-10	800	600	6	—	—
ДА304-560ҮК-4	1 600	1 500	6	—	—
ДА304-560Х-6	1 000	1 000	6	—	—
ДА304-560ҮК-6	1 250	1 000	6	—	—

АОД сериялы қозғалтқыштардың техникалық деректері

Түрі	$P_{\text{ном}}$	n_0 , айн/мин	$U_{\text{ном}}$, кВ	$I_{\text{ном}}$, А	ПЭК, %	$\cos\varphi$
АОД-1000-4У1	1000	1500	6	115	95,2	0,88
АОД-1250-4У1	1250	1500	6	143	95,5	0,88
АОД-1600-4У1	1600	1500	6	183	95,8	0,88
АОД-800-6У1	800	1000	6	96	95,0	0,85
АОД-1000-6У1	1000	1000	6	119	95,5	0,85
АОД-1250-6У1	1250	1000	6	146	95,8	0,86
АОД-1600-6У1	1600	1000	6	187	96	0,86
АОД-630-8У1	630	750	6	81	94,9	0,79
АОД-800-8У1	800	750	6	101	95,1	0,8
АОД-1000-8У1	1000	750	6	126	95,3	0,8
АОД-400-10У1	400	600	6	54	93,8	0,76
АОД-500-10У1	500	600	6	66	94,1	0,78
АОД-630-10У1	630	600	6	82	94,7	0,78
АОД-800-10У1	800	600	6	101,5	94,9	0,8

8.4. АИ сериялы қозғалтқыштар

АИ сериялы асинхронды қозғалтқыштар (асинхронды Интерэлектро) 4А және 4АМ сериялы АҚ ауыстыруға арналған және халықаралық электртехникалық комиссия (ХЭК) ұсынысына сәйкес келеді. АИС орындаудағы қозғалтқыштар экспорттық жеткізілімдер үшін CENELEC нормалары бойынша қуаттар мен бекітілген өлшемдердің байланыстыруына ие, ал АИР қозғалтқыштары – ішкі жеткізілімдер үшін DIN ормасы бойынша байланыстыруға ие. Негізгі орындаудағы қозғалтқыштар IP54 және IP44 (жабық) қорғаныс дәрежесіне, ал айналу осі 200 мм және одан жоғары – IP23 (қорғалған) қорғаныс дәрежесіне ие.

Машиналардың түрлері: фазалы ротормен (белгіленуінде К әрпі бар), жоғары сырғанаумен (С) және іске қосу моментімен (R), бірфазалы (V, E), көпжылдамдықты, жылдамды жиілікті реттеуші электржетектері үшін, 60 Гц жиілікте, фазалы ротормен (Ф).

Климаттық орындау бойынша: тропикалық, ылғал-аязға төзімді, химиялық төзімді, суға төзімді.

8.8-кестеде негізгі орындаудағы АИР сериялы қозғалтқыштардың техникалық деректері келтірілген.

АИР сериялы қозғалтқыштардың техникалық сипаттамалары

Қозғалтқыш түрі	$P_{\text{ном}}, \text{ кВт}$	$\eta_{\text{ном}}, \%$	$\cos\varphi_{\text{ном}}$	$S_{\text{ном}}, \%$	$M_{\text{II}}/M_{\text{ном}}$	$M_{\text{max}}/M_{\text{ном}}$	$M_{\text{min}}/M_{\text{ном}}$	$I_{\text{II}}/I_{\text{но}}$	$J, \text{ кг} \cdot \text{ м}^2$	Масса, кг
Синхронды айналу жиілігі 3 000 айн/мин										
АИР50А2	0,09	60	0,75	11,5	2,2	2,2	1,8	4,5	$0,25 \cdot 10^{-4}$	2,5
АИР50В2	0,12	63	0,75	11,5	2,2	2,2	1,8	4,5	$0,28 \cdot 10^{-4}$	2,8
АИР56А2	0,18	68	0,78	9	2,2	2,2	1,8	5	$4,2 \cdot 10^{-4}$	3,4
АИР56В2	0,25	69	0,79	9	2,2	2,2	1,8	5	$4,7 \cdot 10^{-4}$	3,9
АИР63А2	0,37	72	0,86	9	2,2	2,2	1,8	5	$7,6 \cdot 10^{-4}$	4,7
АИР63В2	0,55	75	0,85	9	2,2	2,2	1,8	5	$9 \cdot 10^{-4}$	5,45
АИР71А2	0,75	78,5	0,83	6	2,1	2,2	1,6	6	$9,7 \cdot 10^{-4}$	6,5
АИР71В2	1,1	79	0,83	6,5	2,1	2,2	1,6	6	$11 \cdot 10^{-4}$	8,8
АИР80А2	1,5	81	0,85	5	2,1	2,2	1,6	7	$18 \cdot 10^{-4}$	9,8
АИР80В2	2,2	83	0,87	5	2	2,2	1,6	7	$21 \cdot 10^{-4}$	13,2
АНР90L2	3	84,5	0,88	5	2	2,2	1,6	7	0,0035	16,7
АНР100S2	4	87	0,88	5	2	2,2	1,6	7,5	0,0059	21,6
АНР100L2	5,5	88	0,89	5	2	2,2	1,6	7,5	0,0075	27,4

8.8-кестенің жалғасы

Қозғалтқыш түрі	$P_{\text{ном}}, \text{ кВт}$	$\eta_{\text{ном}}, \%$	$\cos\varphi_{\text{ном}}$	$S_{\text{ном}}, \%$	$M_{\text{II}}/M_{\text{ном}}$	$M_{\text{max}}/M_{\text{ном}}$	$M_{\text{min}}/M_{\text{ном}}$	$I_{\text{II}}/I_{\text{но}}$ м	$J, \text{ кг} \cdot \text{ м}^2$	Масса, кг
<i>АИР112М2</i>	7,5	87,5	0,88	3,5	2	2,2	1,6	7,5	0,01	41
<i>АИР132М2</i>	11	88	0,9	3	1,6	2,2	1,2	7,5	0,023	64
<i>АНР160S2</i>	15	90	0,89	3	1,8	2,7	1,7	7	0,039	100
<i>АИР160М2</i>	18,5	90,5	0,9	3	2	2,7	1,8	7	0,043	110
<i>АНР180S2</i>	22	90,5	0,89	2,7	2	2,7	1,9	7	0,057	160
<i>АИР180М2</i>	30	91,5	0,9	2,5	2,2	3	1,9	7,5	0,07	180
<i>АИР200М2</i>	37	91,5	0,87	2	1,6	2,8	1,5	7	0,13	220
<i>АНР200S2</i>	45	92	0,88	2	1,8	2,8	1,5	7,5	0,14	240
<i>АИР225М2</i>	55	92,5	0,91	2	1,8	2,6	1,5	7,5	0,22	320
<i>АНР250S2</i>	75	93	0,9	2	1,8	3	1,6	7,5	0,41	425
<i>АИР250М2</i>	90	93	0,92	2	1,8	3	1,6	7,5	0,46	455
<i>Синхронды айналу жиілігі 1500 айн/мин</i>										
<i>АИР50А4</i>	0,06	53	0,63	11	2,3	2,2	1,8	4,5	0,000029	2,6
<i>АИР50В4</i>	0,09	57	0,65	11	2,3	2,2	1,8	4,5	0,000033	2,9
<i>АИР56А4</i>	0,12	63	0,66	10	2,3	2,2	1,8	5	0,0007	3,35

АИР56В4	0,18	64	0,68	10	2,3	2,2	1,8	5	0,00079	3,9
АИР63А4	0,25	68	0,67	12	2,3	2,2	1,8	5	0,0012	4,7
АИР63В4	0,37	68	0,7	12	2,3	2,2	1,8	5	0,0014	5,6
АИР71А4	0,55	70,5	0,7	9,5	2,3	2,2	1,8	5	0,0013	7,8
АИР71В4	0,75	73	0,76	10	2,2	2,2	1,6	5	0,0014	8,8
АИР80А4	1Д	75	0,81	7	2,2	2,2	1,6	5,5	0,0032	9,9
АИР80В4	1,5	78	0,83	7	2,2	2,2	1,6	5,5	0,0033	12,1
АНР90L4	2,2	81	0,83	7	2,1	2,2	1,6	6,5	0,0056	17
АНР100S4	3	82	0,83	6	2	2,2	1,6	7	0,0087	21,6
АНР100L4	4	85	0,84	6	2	2,2	1,6	7	0,011	27,3
АИР112М4	5,5	85,5	0,86	4,5	2	2,5	1,6	7	0,017	41
АНР132S4	7,5	87,5	0,86	4,0	2	2,5	1,6	7,5	0,028	58
АИР132М4	11	87,5	0,87	3,5	2	2,7	1,6	7,5	0,04	70
АНР160S4	15	90	0,89	3	1,9	2,9	1,8	7	0,078	100
АИР160М4	18,5	90,5	0,89	3	1,9	2,9	1,8	7	0,1	110
АНР180S4	22	90,5	0,87	2,5	1,7	2,4	1,5	7	0,15	170
АИР180М4	30	92	0,87	2	1,7	2,7	1,5	7	0,19	190

Қозғалтқыш түрі	$P_{\text{ном}}, \text{кВт}$	$\eta_{\text{ном}}, \%$	$\cos\varphi_{\text{ном}}$	$S_{\text{ном}}, \%$	$M_{\text{II}}/M_{\text{ном}}$	$M_{\text{max}}/M_{\text{ном}}$	$M_{\text{min}}/M_{\text{ном}}$	$I_{\text{II}}/I_{\text{ном}}$	$J, \text{кг} \cdot \text{м}^2$	Масса, кг
АИР200М4	37	92,5	0,89	2	1,7	2,7	1,6	7,5	0,28	245
АНР200S4	45	92,5	0,89	2	1,7	2,7	1,6	7,5	0,34	270
АИР225М4	55	93	0,89	2	1,7	2,6	1,6	7	0,51	335
АНР250S4	75	94	0,88	1,5	1,7	2,5	1,4	7,5	0,89	450
АИР250М4	90	94	0,89	1,5	1,5	2,5	1,3	7,5	1,1	480
АНР280S4	110	93,5	0,91	2,2	1,6	2,2	1	6,5	2,3	594
АИР280М4	132	94	0,93	2,2	1,6	2,2	1	6,5	2,5	752
АНР315S4	160	93,5	0,91	2	1,4	2	1	5,5	3,1	896
АИР315М4	200	94	0,92	2	1,4	2	0,9	5,5	3,6	1000
АНР355S4	250	94,5	0,92	2	1,4	2	0,9	7	6	1275
АИР355М4	315	94,5	0,92	2	1,4	2	0,9	7	7	1480
<i>Синхронды айналу жиілігі 1 000 айн/мин</i>										
АИР63А6	0,19	56	0,62	14	2	2,2	1,6	4	0,0018	4,65
АИР63В6	0,25	59	0,62	14	2	2,2	1,6	4	0,0022	5,6
АИР71А6	0,37	65	0,65	8,5	2	2,2	1,6	4,5	0,0017	7,8

АИР71В6	1,1	74	0,74	8	2	2,2	1,6	4,5	0,0046	13,4
АНР90L6	1,5	76	0,72	7,5	2	2,2	1,6	6	0,0073	16,9
АИРЮОБ6	2,2	81	0,74	5,5	2	2,2	1,6	6	0,013	22,8
АИР112МА6	3	81	0,76	5	2	2,2	1,6	6	0,017	35
АИР112МВ6	4	82	0,81	5	2	2,2	1,6	6	0,021	40,4
АИР 132S6	5,5	85	0,8	4	2	2,2	1,6	7	0,04	57
АИР132М6	7,5	85,5	0,81	4	2	2,2	1,6	7	0,058	68
АИР 160S 6	11	88	0,83	3	2	2,7	1,6	6,5	0,12	100
АИР160М6	15	88	0,85	3	2	2,7	1,6	6,5	0,15	120
АИР180М6	18,5	89,5	0,85	2	1,8	2,4	1,6	6,5	0,2	180
АИР200М6	22	90	0,83	2	1,6	2,4	1,4	6,5	0,36	225
АНР200L6	30	90	0,85	2,5	1,6	2,4	1,4	6,5	0,4	250
АИР225М6	37	91	0,85	2	1,5	2,3	1,4	6,5	0,61	305
АНР250S6	45	92,5	0,85	2	1,5	2,3	1,4	6,5	1	390
АИР250М6	55	92,5	0,86	2	1,5	2,3	1,4	6,5	1,1	430
АНР280S6	75	92,5	0,9	2,2	1,3	2,2	1	6,5	2,9	637
АИР280М6	90	93	0,9	2,2	1,4	2,4	1	6,5	3,4	702

Қозғалтқыш түрі	$P_{\text{ном}}, \text{ кВт}$	$\eta_{\text{ном}}, \%$	$\cos\varphi_{\text{ном}}$	$S_{\text{ном}}, \%$	$M_{\text{II}}/M_{\text{ном}}$	$M_{\text{тах}}/M_{\text{ном}}$	$M_{\text{мін}}/M_{\text{ном}}$	$I_{\text{II}}/I_{\text{но}}$	$J, \text{ кг} \cdot \text{ м}^2$	Масса, кг
АНР315S6	110	93	0,92	2,3	1,4	2,3	1	6	4	847
АИР315M6	132	93,5	0,9	2,3	1,4	2,3	1	6,5	4,5	950
АНР355S6	160	94	0,9	2,2	1,6	2	1	7	7,3	1136
АИР355M6	200	94,5	0,9	2,2	1,6	2	0,9	7	8,8	1280
<i>Синхронды айналу жиілігі 750 айн/мин</i>										
АИР71B8	0,25	56	0,65	8	1,8	1,9	1,4	4	0,0019	7,8
АИР80A8	0,37	60	0,61	6,5	1,8	1,9	1,4	4	0,0034	13,8
АИР80B8	0,55	64	0,63	6,5	1,8	1,9	1,4	4	0,0041	13,5
АИР901A8	0,75	70	0,66	7	1,6	1,7	1,2	3,5	0,0067	19,7
АНР90LB8	1Д	72	0,7	7	1,6	1,7	1,2	3,5	0,0086	22,3
АНР100L8	1,5	76	0,73	6	1,6	1,7	1,2	5,5	0,013	31,3
АИР112MA8	2,2	76,5	0,71	5,5	1,8	2,2	1,4	6	0,017	36
АИР112MB8	3	79	0,74	5,5	1,8	2,2	1,4	6	0,025	41
АНР132S8	4	83	0,7	4,5	1,8	2,2	1,4	6	0,042	56
АИР132M8	5,5	83	0,74	5	1,8	2,2	1,4	6	0,057	70

АИР 160S 8	7,5	87	0,75	3	1,6	2,4	1,4	5,5	0,12	100
АИР160М8	11	87,5	0,75	3	1,6	2,4	1,4	6	0,15	120
АИР180М8	15	89	0,82	2,5	1,6	2,2	1,5	5,5	0,23	180
АИР200М8	18,5	89	0,81	2,5	1,6	2,3	1,4	6	0,36	225
АНР200L8	22	90	0,81	2,5	1,6	2,3	1,4	6	0,4	250
АИР225М8	30	90,5	0,81	2,5	1,4	2,3	1,3	6	0,61	305
АНР250S8	37	92,5	0,78	2	1,5	2,3	1,4	6	1,1	400
АИР250М8	45	92,5	0,79	2	1,4	2,2	1,3	6	1,2	430
АНР280S8	55	92	0,86	3	1,3	2,2	1	6	3,2	643
АИР280М8	75	93	0,87	3	1,4	2,2	1	6	4,1	735
АНР315S8	90	93	0,85	1,5	1,2	2,2	1	6	4,9	927
АИР315М8	110	93	0,86	1,5	1,1	2,2	0,9	6	5,8	1001
АНР355S8	132	93,5	0,85	2	1,2	2	0,9	6,5	9	1 175
АИР355М8	160	93,5	0,85	2	1,2	2	0,9	6,5	10	1280

8.5. RA, 5A және 6A сериясындағы қозғалтқыштар

RA(Ресейлік асинхронды) сериясындағы қозғалтқыштар. 1990-шы жылдардың ортасында Ярославль қаласының электр машина құрылысы зауытында әзірленген серия, өнеркәсіптің, ауыл шаруашылығы мен коммуналдық шауашылықтардың барлық салаларында пайдалануға арналған және ресейлік пен халықаралық стандарттарға сәйкес келеді. Оның құрамына қуаттылығы 0,37-90 кВт, айналым осьтарының биіктігі 71-280 мм. қозғалтқыштары кіреді.

Қозғалтқыштар 220, 380, 660, 220/380, 380/660 В кернеуде, 50 Гц (60 Гц тапсырыс бойынша) жиілігінде, қорғаныс деңгейі IP44, IP54 және IM1001, IM2001, IM3001 монтаждық орындауда шығарылады.

Осы сериядағы қозғалтқыштардың шартты белгілері 4A сериясындағы қозғалтқыштарының белгілеріне сәйкес келеді. 8.9-кестесінде осы қозғалтқыштардың техникалық мәліметтері келтірілген.

8.9-кестесі

RA сериясындағы қозғалтқыштардың техникалық сипаттамалары

Қозғалтқыш түрі	$P_{ном}, кВт$	$n_{ном}, айн/мин$	$\eta_{ном}, \%$	$\cos\varphi_{ном}$	$I_{ном}, А$	$I_p/I_{ном}$	$M_p/M_{ном}$	$M_{max}/M_{ном}$	$J, кг \cdot м^2$	Салмағы, кг
RA71A2	0,37	2 800	71	0,81	1,5	5,0	2,3	2,4	0,0004	5
RA71B2	0,55	2 850	74	0,84	1,8	6,5	2,3	2,4	0,0005	6
RA71A4	0,25	1 325	62	0,78	1	3,2	1,7	1,7	0,0006	5
RA71B4	0,37	1 375	66	0,76	1	3,7	2,0	2,0	0,0008	6
RA71A6	0,18	835	48	0,69	1	2,3	2,5	2,0	0,0006	6
RA71B6	0,25	860	56	0,72	1	3,0	2,2	2,0	0,0009	6
RA80A2	0,75	2 820	74	0,83	2	5,3	2,5	2,7	0,0008	9
RA80B2	1,1	800	77	0,86	2	5,2	2,6	2,8	0,0012	11
RA80A4	0,55	1 400	71	0,80	1	5,0	2,3	2,8	0,0018	8
RA80B4	0,75	1 400	74	0,80	2	5,0	2,5	2,8	0,0023	10
RA80A6	0,37	910	62	0,72	1	3,3	2,0	2,5	0,0027	8
RA80B6	0,55	915	63	0,72	1	3,3	2,0	2,5	0,0030	11
RA90S2	1,5	2 835	79	0,87	3	6,5	2,8	3,0	0,0010	13
RA90L2	2,2	2 820	82	0,87	4	6,5	2,9	3,4	0,0015	15

Қозғалтқыш түрі	$P_{\text{ном}}, \text{кВт}$	$P_{\text{ном}},$ айн/мин	$\eta_{\text{ном}}, \%$	$\cos \varphi_{\text{ном}}$	$I_{\text{ном}}, \text{А}$	$I_{\text{п}}/I_{\text{ном}}$	$M_{\text{п}}/M_{\text{ном}}$	$M_{\text{max}}/M_{\text{ном}}$	$J, \text{кг} \cdot \text{м}^2$	Салмағы, кг
RA90S4	1,1	1 420	77	0,80	3	5,5	2,3	2,6	0,0034	13,5
RA90L4	1,5	1 420	78,5	0,80	4	5,5	2,3	2,8	0,0042	15,5
RA90S6	0,75	935	70	0,72	2	4,0	2,2	2,5	0,0040	13
RA90L6	1,1	925	72	0,72	2	4,0	2,2	3,0	0,0052	15
RA100L2	3,0	2 895	83	0,86	6	7,0	2,4	2,6	0,0038	20
RA100LA4	2,2	1 420	79	0,82	5	6,0	2,2	2,6	0,0048	22
RA100LB4	3,0	1 420	81	0,81	7	6,2	2,2	2,6	0,0058	24
RA100L6	1,5	925	76	0,76	4	4,5	2,0	2,1	0,0063	22
RA112M2	4,0	2 895	84	0,87	9	6,8	2,2	3,3	0,0082	41
RA112M4	4,0	1 430	85,5	0,84	9	6,5	2,2	2,9	0,0103	37
RA112M6	2,2	960	78	0,74	5	5,5	1,9	2,5	0,0185	36
RA112M8	1,5	700	73	0,70	5	4,5	1,7	2,1	0,0225	36
RA132SA2	5,5	2 880	89	0,89	11	6,5	2,4	3,0	0,0155	43
RA132SB2	7,5	2 890	89	0,89	15	7,0	2,5	3,2	0,0185	49
RA132S4	5,5	1 450	85	0,85	11	7,0	2,4	3,0	0,0229	45
RA132M4	7,5	1 455	83	0,83	15	7,0	2,8	3,2	0,0277	52
RA132S6	3,0	960	79	0,79	7	5,9	2,2	2,6	0,0252	41
RA132MA6	4,0	960	80	0,80	9	6,0	2,2	2,6	0,0368	50
RA132MB6	5,5	950	82	0,82	12	6,0	2,2	2,5	0,0434	56
RA132S8	2,2	720	70	0,70	6	5,0	1,7	2,1	0,0530	65
RA132M8	3,0	715	70	0,70	8	6,0	1,8	2,4	0,0625	73
RA160MA2	11	2 940	87,5	0,89	22	6,8	2,0	3,3	0,0438	112
RA160MB2	15	2 940	90	0,86	29	7,5	2,0	3,2	0,0470	116
RA160L2	18,5	2 940	90	0,88	35	7,5	2,0	3,2	0,0533	133
RA160MA4	11	1 460	88,5	0,86	22	6,5	1,8	2,8	0,0613	110
RA160ML4	15	1 460	90	0,87	29	7,0	1,9	2,9	0,0862	129

Қозғалтқыш түрі	$P_{\text{ном}}, \text{кВт}$	$P_{\text{ном}}, \text{айн/мин}$	$\eta_{\text{ном}}, \%$	$\cos\varphi_{\text{ном}}$	$I_{\text{ном}}, \text{А}$	$I_p/I_{\text{ном}}$	$M_{\text{п}}/M_{\text{ном}}$	$M_{\text{max}}/M_{\text{ном}}$	$J, \text{кг} \cdot \text{м}^2$	Салмағы, кг
RA160M6	7,5	970	87	0,80	16	6,0	2,0	2,8	0,0916	110
RA160ML6	11	970	88,5	0,82	23	6,5	2,2	2,9	0,1232	133
RA160MA8	4	730	84	0,71	10	4,8	1,8	2,2	0,1031	107
RA160MB8	5,5	730	84	0,71	14	4,8	1,8	2,2	0,1156	112
RA160L8	7,5	730	85	0,73	18	5,5	1,8	2,4	0,1443	131
RA180M2	22	2 940	90,5	0,89	42	7,5	2,1	3,5	0,0604	147
RA180M4	18,5	1460	90,5	0,89	35	7,0	1,9	2,9	0,1038	149
RA180L4	22	1460	91	0,88	42	7,0	2,1	2,9	0,1131	157
RA180L6	15	970	89	0,82	31	7,0	2,3	3,0	0,1512	155
RA180L8	11	730	87	0,75	26	5,5	1,8	2,4	0,1897	145
RA200LA2	30	2 950	92	0,89	55	7,5	2,4	3,0	0,1164	170
RA200LB2	37	2 950	92	0,89	68	7,5	2,4	3,0	0,1326	230
RA200L4	30	1 475	91	0,86	59	7,7	2,7	3,2	0,3200	200
RA200LA6	18,5	970	87	0,82	38	5,5	1,8	2,7	0,3100	182
RA200LB6	22	970	87	0,84	45	6,0	2,0	2,5	0,3600	202
RA200L8	15	730	88	0,80	34	5,7	2,0	2,5	0,3600	202

5А (5АН, 5АНК) сериясындағы қозғалтқыштар. Оларды Владимир электр мотор зауыты (ВЭМЗ), Мәскеу қаласының Владимир Ильич атындағы электр-механикалық зауыты (ВИЗ) және бірқатар басқа да зауыттар шығарады, 4А сериясындағы АД мен АИ өзара алмаса алады және ресейлік, халықаралық стандарттарғасәйкес келеді. Осы қозғалтқыштардың мәліметтері 8.10. кестесінде келтірілген.

8.10-кестесі

5А сериясындағы қозғалтқыштардың техникалық сипаттамалары

Қозғалтқыш түрі	$P_{\text{ном}}, \text{кВт}$	$n_{\text{ном}}, \text{айн/мин}$	$\eta_{\text{ном}}, \%$	$\cos\varphi_{\text{ном}}$	Салмағы, кг
5АМ315М2	200	2 960	95,6	0,93	1 110
5АМ315S2	160	2 960	95	0,92	970

Қозғалтқыш түрі	$P_{\text{ном}}, \text{кВт}$	$n_{\text{ном}},$ айн/мин	$\eta_{\text{ном}}, \%$	$\cos \varphi_{\text{ном}}$	Салмағы, кг
5AM280M2	132	2 960	94,7	0,93	770
5AM280S2	110	2 960	94,3	0,93	720
5AM250M2	90	2 940	93	0,92	505
5AM250S2	75	2 940	93	0,91	475
5A225M2	55	2 940	93,5	0,91	340
5A200L2	45	2 940	93,4	0,90	255
5A200M2	37	2 940	93	0,90	235
5A160M2	18,5	2 925	91	0,90	138
5A160S2	15	2 925	90,5	0,89	126
5ABOMB2	2,2	2 850	82,5	0,86	15,5
5A80MA2	1,5	2 850	81,5	0,94	14
5AM315M4	200	1 480	96	0,89	1 150
5AM3^4	160	1 480	96	0,89	1 110
5AM280M4	132	1 480	95,5	0,88	885
5AM280S4	110	1 480	95,3	0,87	780
5AM250M4	90	1 478	94	0,88	515
5AM250S4	75	1 478	94	0,87	480
5A225M4	55	1 470	93,3	0,85	345
5A200L4	45	1 465	92,5	0,85	270
5A200M4	37	1 465	92	0,86	245
5A160M4	18,5	1 455	90	0,86	140
5A160S4	15	1 450	89	0,86	127
5A80MB4	1,5	1 410	77	0,82	14,7
5A80MA4	1,1	1 410	75	0,80	13
5AM315M6	132	985	95	0,88	1 010

Қозғалтқыш түрі	$P_{\text{ном}}, \text{кВт}$	$n_{\text{ном}},$ айн/мин	$\eta_{\text{ном}}, \%$	$\cos \varphi_{\text{ном}}$	Салмағы, кг
5AM315S6	110	985	95	0,88	960
5AM280M6	90	985	94,5	0,86	780
5AM280S6	75	985	94,5	0,86	745
5AM250M6	55	980	92,5	0,85	450
5AM250S6	45	980	92,5	0,83	430
5A225M6	37	980	91	0,83	330
5A200L6	30	978	90	0,84	245
5A160M6	15	970	88,5	0,84	150
5A160S6	11	970	88,5	0,83	124
5A80MB6	1,1	930	73	0,72	16
5A80MA6	0,75	930	71	0,70	14
5AM315M8	110	740	94	0,84	1 025
5AM3^8	90	740	94,5	0,84	965
5AM280M8	75	740	93,9	0,84	790
5AM280S8	55	740	93,8	0,85	725
5AM250M8	45	735	92,5	0,76	460
5AM250S8	37	735	92	0,75	430
5A225M8	30	735	90,5	0,79	340
5A200L8	22	735	90	0,80	260
5A200M8	18,5	735	89,8	0,79	240
5A160M8	11	725	87,5	0,75	149
5A160S8	7,5	725	87	0,75	123
5A80MB8	0,55	700	61	0,64	5,7
5A80MA8	0,37	675	60	0,62	3,5
5AM315M10	75	590	93,5	0,83	975

Қозғалтқыш түрі	$P_{\text{ном}}, \text{кВт}$	$n_{\text{ном}},$ айн/мин	$\eta_{\text{ном}}, \%$	$\cos\varphi_{\text{ном}}$	Салмағы, кг
5AM315S10	55	590	93,5	0,83	925
5AM280M10	45	590	92,5	0,81	760
5AM280S10	37	590	92,4	0,81	710
5AM315M12	55	490	93	0,76	975
5AM315S12	45	490	93	0,76	925
5AH250M2	132	2 940	94	0,9	500
5AH250S2	110	2 940	93,5	0,88	455
5AH225M2	90	2 950	94	0,92	322
5AH200L2	75	2 940	93	0,88	270
5AH200M2	55	2 940	93	0,88	240
5AH250M4	110	1 470	94	0,85	510
5AH250S4	90	1 470	94	0,85	455
5AH225M4	90	1 475	93	0,85	314
5AH200L4	55	1 470	92,5	0,88	280
5AH200M4	45	1 470	92,5	0,87	250
5AH250M6	75	985	93	0,82	480
5AH250S6	55	985	95,5	0,82	410
5AH225M6	45	980	91,8	0,84	303
5AH200L6	37	980	91	0,81	255
5AH200M6	30	980	90,5	0,81	230
5AH250M8	55	740	92	0,75	475
5Affi50S8	45	740	91	0,75	410
5AH225M8	37	735	90,4	0,80	315
5AH200L8	30	735	90,5	0,82	270
5AH200M8	22	735	90,5	0,82	240

Фазалық роторы бар 5А сериясындағы қозғалтқыштардың техникалық сипаттамалары

Қозғалтқыш түрі	$P_{\text{ном}}, \text{кВт}$	Айналымның синхрондық жиілігі, мин/айн	$\eta_{\text{ном}}, \%$	$\cos\varphi_{\text{ном}}$
5АНК280А4	132	1 500	92,5	0,89
5АНК280В4	160	1 500	92,5	0,89
5АНК280А6	90	1 000	91	0,88
5АНК280В6	110	1 000	91	0,88
5АНК280А8	75	750	91	0,84
5АНК280В8	90	750	91	0,85
5АНК280А10	45	600	89	0,80
5АНК280В10	55	600	89,5	0,80
5АНК315А4	200	1 500	93	0,89
5АНК315В4	250	1 500	93	0,90
5АНК315А6	132	1 000	92	0,88
5АНК315В6	160	1 000	92,5	0,88
5АНК315А8	110	750	91,5	0,85
5АНК315В8	132	750	92,5	0,86
5АНК315А10	75	600	90	0,81
5АНК315В10	90	600	90,5	0,81
5АНК355А4	315	1 500	93,5	0,90
5АНК355В4	400	1 500	94	0,90
5АНК355А6	200	1 000	93	0,90
5АНК355В6	250	1 000	93,5	0,89
5АНК355А8	160	750	93,5	0,86
5АНК355В8	200	750	93,5	0,87
5АНК355А10	110	600	90,5	0,79
5АНК355В10	132	600	91	0,81

8.11-кестесінде фазалық роторы бар 5А сериясындағы АД мәліметтері келтірілген.

6А сериясындағы қозғалтқыштар. Айналу осінің биіктігі 315 мм, қорғаныс деңгейі IP54 және IP44 және IM1001 монтаждық орындауды және У3 климаттық орындауды бар. ЗВИ шығарылады.

ЗВИ степенью защиты и имеют монтажное исполнение IM1001 и климатическое исполнение У3. Данные этих двигателей приведены в табл.

8.12-кесте

6А сериясындағы қозғалтқыштардың техникалық сипаттамасы

Қозғалтқыш түрі	$P_{ном}, кВт$	$U_{ном}, В$	$n_{ном}, айн/мин$	$\eta_{ном}, \%$	$\cos\varphi_{ном}$
6А315S2	160	380/660	3 000	93,5	0,91
6А315М2	200	380/660	3 000	93,7	0,91
6А315S4	160	380/660	1 500	93,7	0,91
6А315М4	200	380/660	1 500	94,2	0,92
6А315S6	110	220/380; 380/660	1 000	93,2	0,90
6А315М6	132	380/660	1 000	93,7	0,91
6А315S8	90	220/380; 380/660	750	93,2	0,83
6А315М8	110	220/380; 380/660	750	92,2	0,83

8.6. Кран-металлургиялық қозғалтқыштар

МТК, 4МТК (қысқа тұйықталған ротормен)және МТ, 4МТ (фазалық ротормен)сериясындағы кран-металлургиялық қозғалтқыштар S3 қайталау-қысқа уақытты режимінде жұмыс жасауға арналған және жоғары іске қосу және сыни сәттерімен, механикалық төзімділігімен сипатталады. Олар Е, В, Н мен F окшаулау класында болуы мүмкін және 1,4-200 кВт (ПВ = 25 %) дейінгі номиналды қуаттылықта, кернеуі 220/380 мен 500 В және айналымның синхрондық жиілігі минутына 600, 750 мен 1 000 айналымда шығарылады.

8.13 және 8.15 кестелерінде осы сериядағы қысқа тұйықталған ротормен АД бойынша, ал 8.14 және 8.16-кестелерінде – фазалық ротормен мәліметтер келтірілген. Қозғалтқыш белгісінің қысқартылған сөздерінің толық нұсқасының үлгісі. МТҚН412-8: МТ — сериясы, Қ— қысқа тұйықталған ротор, Н — окшаулау класы, 412 — қозғалтқыштың шартты габариті, 8 —қозғалтқыштағы полюстар саны; МТF211-6 қозғалтқышы: МТ — сериясы, F— окшаулау класы, 212 — габариті, 6 — полюстар саны.

МТКФ және МТҚН сериясындағы қозғалтқыштардың техникалық сипаттамалары

<i>Қозғалтқыш түрі</i>	<i>$P_{ном}, кВт,$ $ПВ = 40 \%$</i>	<i>$n_{ном},$ айн/мин</i>	<i>$\cos\varphi_{ном}$</i>	<i>$\eta_{ном}, \%$</i>	<i>$M_{мах}, Н \cdot м$</i>	<i>$M_{ном}, Н \cdot м$</i>	<i>$I_{ном}, А,$ $380В$ <i>кезінде</i></i>	<i>$J, кг \cdot м^2$</i>	<i>Салмағы, кг</i>
МТКФ011-6	1,4	875	0,66	61,5	42	42	15	0,02	47
МТКФ012-6	2,2	880	0,69	67	67	67	22	0,0275	53
МТКФ111-6	3,5	885	0,79	72	105	104	35	0,045	70
МТКФ112-6	5	895	0,74	74	175	175	53	0,065	80
МТКФ211-6	7,5	880	0,77	75,5	220	210	78	0,11	110
МТКФ311-8	11	910	0,76	77,5	390	380	130	0,213	155
МТКФ312-6	15	930	0,78	81	600	590	205	0,3	195
МТКФ411-6	22	935	0,79	82,5	780	720	275	0,475	255
МТКФ412-6	30	935	0,78	83,5	1000	950	380	0,638	315
МТКФ311-8	7,5	690	0,71	73,5	330	320	95	0,275	155
МТКФ312-8	11	700	0,74	78	510	470	150	0,388	195
МТКФ411-8	15	695	0,71	80	670	650	185	0,538	255
МТКФ412-8	22	700	0,69	80,5	1000	950	295	0,75	315

MTQHIII-6	3	910	0,7	68	99	98	32	0,045	70
MTQH112-6	4,5	900	0,75	71,5	158	157	50	0,065	80
MTQH211-6	7	895	0,7	73	230	220	88	0,11	110
MTQH311-6	11	910	0,76	77,5	390	380	130	0,213	155
MTQH312-6	15	930	0,78	81	600	590	205	0,3	195
MTQH411-6	22	935	0,79	82,5	780	720	275	0,475	255
MTQH412-6	30	935	0,78	83,5	1000	950	380	0,638	315
MTQH311-6	7,5	690	0,71	73,5	330	320	95	0,275	155
MTQH312-8	11	700	0,74	78	510	470	150	0,388	195
MTQH411-8	15	695	0,71	80	670	650	185	0,538	255
MTQH412-8	22	700	0,69	80,5	1000	950	295	0,75	315
MTQH511-8	28	695	0,77	83	1 150	1150	336	1,075	440
MTQH512-8	37	695	0,78	83	1500	1420	460	1,425	540

МТҒ және МТН қозғалтқыштарының техникалық сипаттамалары

Қозғалтқыш түрі	$P_{\text{ном}}, \text{кВт},$ $\text{ПВ} = 40 \%$	$n_{\text{ном}}, \text{айн/мин}$	$\cos\varphi_{\text{ном}}$	$\eta_{\text{ном}}, \%$	$M_{\text{мах}}, \text{Н} \cdot \text{м}$	$J, \text{кг} \cdot \text{м}^2$	Салмағы, кг
MTF011-6	1,4	885	0,65	61,5	40	0,0213	51
MTF012-6	2,2	890	0,68	64	57	0,0288	58
MTF111-6	3,5	895	0,73	70	87	0,0488	76
MTF112-6	5	930	0,7	75	140	0,0675	88
MTF211-6	7,5	930	0,7	77	195	0,115	120
MTF311-6	11	945	0,69	79	320	0,225	170
MTF312-6	15	955	0,73	82	480	0,313	210
MTF411-6	22	965	0,73	83,5	650	0,5	280
MTF412-6	30	970	0,71	85,5	950	0,675	345
MTF311-8	7,5	695	0,68	73	270	0,275	170
MTF312-8	11	705	0,71	77	430	0,388	210
MTF411-8	15	710	0,67	81	580	0,538	280
MTF412-8	22	720	0,63	82	900	0,75	345
MTH111-6	3	895	0,67	65	85	0,0488	76
MTH112-6	4,5	910	0,71	69	120	0,0675	88
MTH211-6	7	920	0,64	73	200	0,115	120

MTH311-6	11	940	0,69	78	320	0,225	170
MTH312-6	15	950	0,73	81	480	0,313	210
MTH411-6	22	960	0,73	82,5	650	0,5	280
MTH412-6	30	965	0,71	84,5	950	0,675	345
MTH512-6	55	960	0,79	88	1660	1,018	—
MTH611-6	75	950	0,85	87	2660	3,275	—
MTH612-6	95	960	0,85	88	3650	4,125	—
MTH613-6	118	965	0,84	90	4750	5,1	—
MTH311-8	7,5	690	0,68	71,5	270	0,275	170
MTH312-8	11	700	0,69	78	430	0,313	210
MTH411-8	15	705	0,67	79	580	0,538	280
MTH412-8	22	715	0,63	80,5	900	0,75	345
MTH511-8	28	705	0,72	83	1020	1,075	470
MTH512-8	37	705	0,74	85	1400	1,425	570
MTH611-10	45	570	0,72	84	2360	4,25	900
MTH612-10	60	565	0,78	85	3200	5,25	1070
MTH613-10	75	575	0,72	88	4200	6,25	1240
MTH711-10	100	584	0,69	89,5	4650	1025	1550
MTH712-10	125	585	0,7	90,3	5800	1275	1 700

Қысқа тұйықталған роторы бар 4МТК қозғалтқыштарының техникалық сипаттамалары

Қозғалтқыш түрі	$P_{ном}, кВт, \frac{ПВ}{ПВ} = 40$	$n_{ном}, \text{айн/мин}$	$I_{ном}, А, 380В \text{ кезінде}$	$I_{П}/I_{ном}$	$M_{П}/M_{ном}$	$M_{П}/M_{ном}$	ПЭК, %	cosφ
4МТКМ200LA8	15	705	40	5,5	3,2	3,2	83	0,70
4МТК200LA6	22	935	48	7,4	3,3	3,3	87	0,80
4МТКМ200LB8	22	700	54	5,5	3,2	3,2	83	0,75
4МТК200LB6	30	945	61	7,4	3,3	3,3	87,5	0,85
4МТКМ225М8	30	700	72	5,8	2,8	2,8	84	0,75
4МТКМ225М6	37	930	77	6,5	3,0	3,0	85	0,86
4МТКМ225L8	37	700	85	5,5	2,8	2,8	85	0,78
4МТКМ225L6	55	925	112	7,4	3,4	3,4	86	0,87
4МТКМ225М6/20	16	900	35	5,0	2,3	2,9	81	0,85
	34	230	27	1,7	2,3	2,3	43	0,45
4МТКМ225L6/20	22	900	48	5,5	2,6	2,9	81	0,86
	4,5	235	32	1,9	2,3	2,3	48	0,45
4МТКМ225L6/12	30	835	68	4,0	1,9	1,9	75	0,89
	15	385	52	2,6	2,2	2,2	63	0,70

8.16-кесте

Фазалық роторы бар 4МТ қозғалтқыштарының техникалық сипаттамалары

Қозғалтқыш түрі	$P_{ном}, кВт, \frac{ПВ}{ПВ} = 40$	$n_{ном}, \text{айн/мин}$	$I_{ном}, А, 380В$	$I_{2ном}, А$	$E_2, В$	$M_K/M_{ном}$	ПЭК, %	cosφ
4МТ200LA6	22	960	51	59	246	2,8	86	0,76
4МТ200LB6	30	960	66	72	273	2,8	87	0,79

Қозғалтқыш түрі	$P_{ном}, кВт,$ $ПВ = 40$	$n_{ном},$ айн/мин	$I_{1ном}, А,$ $380В$	$I_{2ном}, А$	$E_2, В$	$M_Қ/M_{ном}$	ПЭК, %	cosφ
4MTM200BA8	15	720	44	46	189	3,2	83	0,62
4MTM200LB8	22	715	58	58	248	3,0	83	0,70
4MTM225M6	37	955	80	80	295	3,0	87	0,81
4MTM225L6	55	955	117	122	285	2,9	88	0,81
4MTM225M8	30	715	74	70	275	2,9	85	0,72
4MTM225L8	37	725	88	76	305	2,9	86	0,74
4MTM280S6	75	955	149	180	266	3,2	89	0,86
4MTM280B6	110	970	216	168	420	3,5	91	0,85
4MTM280B8	75	725	155	145	320	3,5	91	0,80
4MTM28(^10	45	570	109	167	177	3,0	86	0,73
4MTM280M10	60	575	140	162	235	3,2	88	0,74
4MTM280B10	75	575	175	150	308	3,0	89	0,73

8.7. Аз қуаттағы қозғалтқыштар

Кейде микроқозғалтқыштар деп аталатын аз қуаттағы қозғалтқыштар қоректендіруші кернеудегі фазалардың саны бойынша үш фазалы, бір фазалы және үш жазалы және бір фазалы желілерден жұмыс істей алатын әмбебап болып бөлінеді.

Әрекет ету қағидаты, құрылымы мен қасиеттері бойынша осы қозғалтқыштар орта және үлкен қуаттықтағы АД айырмашылығы жоқтың қасы.

Үш фазалы қозғалтқыштар. Аз қуаттағы қозғалтқыштар жоғарыда қарастырылған 4А, РА және АИ серияларының құрамына кіреді. Сонымен қатар аз қуаттағы үш фазалы АД арнайы сериялары да шығарылады, олардың қатарына АОЛ, АПН, АВ, ДАТ және т.б сериялары жатады. Бұл сериялардың АД іске қосу сәтінің 1,2...2, максималды сәтінің 1,7...2,5 және іске қосу тогының 3...6 шегіндегі жиілігі бар. Осы сериядағы АД мәліметтері 8.17-кестесінде келтірілген.

Аз қуаттағы үш фазалы қозғалтқыштарының техникалық сипаттамалары

Сериясы	U _{ном} , В	P _{ном} , Вт	n _{ном} , 10 ³ айн/мин.	I _{ном} , А	η _{ном} , %	cosφ _{ном} cosφ	Салмағы, кг
АОЛ	127; 220; 380	600 дейін	1,39...2,8	0,28...4,3	43...75	0,62...0,85	3...9,2
АПН	220; 380	600 дейін	1,39...2,83	0,29...2,15	42...70	0,58...0,75	3,9...9
АВО	127; 220; 380	600 дейін	1,3...2,8	0,12...4,1	34...78	0,56...0,87	1,4...8,4
ДАТ	127; 220; 380	90 дейін	1,28...2,75	0,16...0,95	20...68	0,6...0,88	0,45...2,2
УАД	220	70 дейін	1,28...2,7	0,05...0,4	9...65	0,5...0,75	0,25...1,9
АДВ	220; 380	25 дейін	1,37...1,38	0,05...0,24	38...50		1,1...1,9
ДАТ	220 дейін	750 дейін	4,8...11,5	0,15...5,3	13...84	0,4...0,82	0,12...5,8
АОЛП	220; 380	600 дейін	3,75...4,6	1...3,9	63...74	0,45...0,54	5,1...8,4

Бір фазалы қозғалтқыштарының техникалық сипаттамалары

<i>Сериясы</i>	$P_{\text{ном}}, \text{Вт}$	$n_{\text{ном}}, 10^3 \text{ айн/мин.}$	k_1	$k_{\text{пуск}}$	k_u	$\eta_{\text{ном}}, \%$	$\cos\varphi_{\text{ном}}$
АОЛБ	600 дейін	1,37...2,94	6,5 ...9	1-1,2	1,4...2,2	22 ...69	0,52 ...0,72
4АЕ	550 дейін	1,34 ...2,84	7,5 ...8,5	0,8... 1	1,5 ...1,7	37...52	0,65 ...0,83
ДХМ	150 дейін	1,44 ...2,91	5,7... 8,5	1,7...2,2	2,2 ...3,1	50... 70	0,56 ...0,72
ДГ	200 дейін	1,43 ...2,85	7,5 ...9,3	1,1 ...2,3	1,9 ...2,9	60...71	0,54 ...0,72
АОЛГ	600 дейін	1,37...2,94	3... 5,5	2...2,5	1,5 ...1,9	22 ...69	0,68 ...0,72
4АЧ	550 дейін	1,34 ...2,84	4...5,5	1,6... 1,8	1,5 ...1,7	37...62	0,65 ...0,82
АВЕ	400 дейін	1,4...2,8	2,5 ...4,5	0,4 ...0,7	1,5... 1,8	30... 72	0,86 ...0,95
4АТ	750 дейін	1,32 ...2,82	2,5 ...5	0,4 ...0,6	1,5 ...1,7	45 ...68	0,82 ...0,95
ҚД	60 дейін	1,35 ...2,8	1,4 ...3,3	0,4... 1,3	1,4...2,5	15...60	0,8...0,95
УАД	50 дейін	1,28...2,75	1,5 ...5	0,1 ...0,5	1,5 ...2	9...60	0,7...0,8
АОЛД	1 000 дейін	1,43 ...2,94	2,5 ...5	1-1,2	1,6 ...2	33 ...70	0,88 ...0,98
4АУТ	750 дейін	1,32 ...2,82	2,5 ...5,5	1,5 ...2	1,5 ...1,7	45 ...68	0,82 ...0,95
АДЕ	25 дейін	1,28... 1,33	—	0,1 ...0,6	1,4 ...1,7	11...24	0,5 ...0,6
ДВЛВ	10 дейін	1,28 ...2,7	1,3... 1,6	0,2 ...0,8	1,2 ...1,6	7...25	0,4 ...0,6
ДАО	16 дейін	2,35 ...2,68	1,3 ...1,5	0,1 ...0,6	1,2 ...1,5	9...23	0,4 ...0,6

УАД сериясындағы қозғалтқыштардың техникалық сипаттамалары

Қозғалтқыш түрі	$P_{ном}$, Вт	$n_{ном}$, айн/мин.	$I_{ном}$, А	$\eta_{ном}$, %	$M_{max}/M_{ном}$	$M_{II}/M_{ном}$	$I_{II}/I_{ном}$
<i>Үш фазалық режимде</i>							
УАД-12	1,5	2 700	0,055	14	2,5	2,5	2
УАД-22	4	2 700	0,08	28	2	1,5	2
УАД-32	7	2 700	0,11	30	2	2	2,5
УАД-42	13	2 700	0,13	45	2	2	3,2
УАД-52	20	2 700	0,17	55	2	2	4,5
УАД-62	40	2 700	0,25	60	1,5	1,5	6
УАД-72	70	2 700	0,4	65	1,5	1,5	6
УАД-24	1,2	1 280	0,05	9	1,5	1,5	1,5
УАД-34	2,5	1 250	0,09	11	1,5	1,5	1,5
УАД-44	6	1 280	0,13	20	1,5	1,5	2
УАД-54	9	1 280	0,17	25	1,5	1,5	2,5
УАД-64	20	1 280	0,23	40	1,5	1,5	3
УАД-74	30	1 280	0,3	50	1,5	1,5	3,5
<i>Бір фазалық режимде</i>							
УАД-12	1	2 750	0,055	10	2	0,5	2
УАД-22	3	2 750	0,08	20	2	0,5	2
УАД-32	5	2 750	0,11	25	1,5	0,3	2,5
УАД-42	10	2 750	0,13	44	1,5	0,3	3
УАД-52	18	2 750	0,19	50	1,5	0,3	3,5
УАД-62	30	2 750	0,3	54	1,5	0,2	4
УАД-72	50	2 750	0,42	60	1,5	0,1	5
УАД-24	1	1 280	0,055	9	1,5	0,5	1,5
УАД-34	2	1 280	0,09	11	1,5	0,5	1,5
УАД-44	4	1 300	0,14	14	1,5	0,5	1,5
УАД-54	8	1 300	0,16	25	1,5	0,5	2
УАД-64	15	1 300	0,23	35	1,5	0,3	2,5
УАД-74	55	1 300	0,3	45	1,5	0,2	3

Бір фазалық қозғалтқыштар. Бұл қозғалтқыштар статордағы екі ораммен шығарылады, олардың біреуі басты, екіншісі – қосалқы немесе іске қосушы деп аталады. Екінші орамға іске қосу кезінде конденсатор немесе (сирек) резистор қосылады, ол қозғалтқышты іске қосу үшін керек. Бір фазалық қозғалтқыштарды үш фазалық қозғалтқыштармен салыстырсақ көрсеткіштері төмен болып табылады. Бір фазалық қозғалтқыштарының негізгі көрсеткіштері 8.18-кестесінде келтірілген, мұнда K_b , $K_{пуск}$, және K_m іске қосу тогының, іске қосу және максималды моменттердің жиілігіне қарай тиісінше белгіленген.

АОЛГ және 4АЧ қозғалтқыштары сыйымдығы тиісінше 5...90 және 10...100 мкФ іске қосу конденсаторларын, КД және УАД — сыйымдығы тиісінше 0,75...8, 6...82, 1...8 мен 0,5...5 мкФ жұмыс конденсаторларын, ал АОЛД және АУТ - 2,5...500 мкФ шегіндегі іске қосу және жұмыс конденсаторларын пайдаланады.

АОЛБ, 4АЕ, ДХМ және ДГ сериясындағы қозғалтқыштарда іске қосу орамының жоғары кедергісі бар, ал АДЕ, ДВЛВ және ДАО — экрандалған полюстары бар және қосымша конденсаторларды немесе резисторларды қосуды талап етпейді.

Әмбебап қозғалтқыштары. Үш фазалық ретінде орындалады және үш фазалық пен бір фазалық желілерден жұмыс істей алады. Әдетте, бір фазалық қоректендіруде үш фазалық қоректендіруге қарағанда іске қосу және жұмыс сипаттамалары 20...40% төмен болады. 8.19-кестесінде УАД сериясындағы қозғалтқыштарының үш фазалық және бір фазалық режимдегі мәліметтері келтірілген.

Бір фазалық режимде қозғалтқыштарды іске қосу үшін сыйымдығы 0,5...4 мкФ конденсаторларын пайдаланады.

Бақылау сұрақтары

1. Неліктен АД экономиканың барлық салаларында кеңінен пайдаланылады?
2. АД шығу жолдары қалай белгіленеді?
3. Соңғы жылдары отандық АД қандай жаңа сериялары әзірленді?
4. Кран-металлургиялық сериясындағы АД қандай қасиеттерімен сипатталады және неліктен?
5. Қандай жағдайларда фазалық роторы бар АД пайдаланғаны орынды?

ТҰРАҚТЫ ТОҚ ЭЛЕКТР МАШИНАЛАРЫ

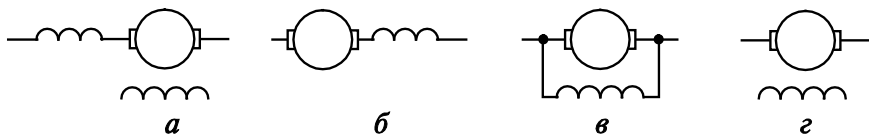
9.1. Тұрақты тоқ машиналарының жалпы сипаттамасы

Орамның екеуі де – якорь мен өршу – тұрақты тоқ көзіне қосылатын екі орамды электр машинасы тұрақты тоқ машинасы деп аталады. Қалыпты орындаудағы тұрақты тоқ машинасында өршу орамы машинаның қозғалмайтын бөлігінде (статор), ал якорь орамы – роторда орналасады. Якорь орамына тоқты әкелу машинаның жұмыс режиміне (генератор немесе қозғалтқыш) байланысты механикалық инверторы немесе түзеткіш рөлін атқаратын коллекторлы-тазартқыш түйіннің көмегімен жүзеге асырылады.

Орамдарды коректендірудің сызбасына байланысты тәуелді, параллельді, тізбекті және аралас өршудегі машиналар деп ажыратады (9.1-суреті). Аралас өршудегі машиналарда (9.1, а-суреті) өршудің екі орамы бар, біреуі якорь орамымен тізбектеліп, екіншісі – оған параллельді немесе оған тәуелденбей қосылады. Тізбекті өршудегі машиналарында (9.1, б-суреті) орамдар бір-біріне тізбектеліп қосылады. Параллельдік өршудегі машиналарда (9.1, в-суреті) орамдар тізбегібір-біріне параллельді қосылған және бір коректендіру көзінен шығады. Өршудің тәуелсіз орамы бар машиналарында (9.1, г-суреті) орамдар әр-түрді көзден коректенеді.

Якорь орамы тізбегінің жалғаспалы тетігін Я1 (басы) және Я2 (соңы), өршудің параллельді орамы - Ш1 и Ш2, өршудің тізбекті орамы – С1 және С2 деп белгілейді.

Тұрақты тоқ машиналарында шығу жолдарының өтімдеуіш орамы үшін - К1 мен К2 және Д1, Д2 — косалқы полюстарды орау үшін деп белгілейді.



9.1-сурет. Тұрақты тоқ машинасының шартты белгілері:

а — өршудің аралас орамымен; б — өршудің тізбекті орамымен; в — өршудің параллельді орамымен; г — өршудің тәуелсіз орамымен.

Тұрақты тоқ машиналарының техникалық сипаттамалары

<i>Сериясы</i>	<i>$P_{ном}$, Вт</i>	<i>$n_{ном}$, айн/мин</i>	<i>$U_{ном}$, В</i>	<i>Қысқа сипаттамасы</i>
<i>Қозғалтқыштар</i>				
4П	250 дейін	750... 3 000	110; 220; 440	Жалпы мақсаттағы, 2П сериясындағы қозғалтқыштарды ауыстыру үшін
2П	200 дейін	600... 3 000	110; 220; 340; 440	Жалпы мақсатта П 1 -11 габариттер қозғалтқыштарын ауыстыру үшін
П2	10000 дейін	25 ...500	440; 750; 930	Тәуелсіз өршумен және мәжбүрлі вентиляциясымен жабық. П 18-22 габариттер сериясындағы қозғалтқыштарды ауыстыру үшін.
П (1-11 га-барит)	200 дейін	600... 3 000	110; 220; 440	Жалпы өнеркәсіптік және мамандандырылған мақсатта
П (12-22 га-барит)	6 300 дейін	100... 1500	220; 440; 750; 1 000	Сол мәтін
д	185 дейін ПВ = 100 %	410... 1460	220; 440	Іске қосу сәттері жоғары және жылдамдықты реттеу диапазоны кең. Кран, металлургиялық және басқа механизмдерінің жетегі үшін.

Сериясы	$P_{ном}, Вт$	$n_{ном}, АЙН/МИН$	$U_{ном}, В$	Қысқа сипаттамасы
ПБВ	До 5,5	1000	60; 110	Тұрақты магниттерден өрши отырып, жабық, ЧПУ бар станоктарының жетегі үшін
ПГ, ПГТ ПС, пет ПБС, ПБСТ	1 дейін 0,75 дейін 11,3 дейін	3 000 3 000 3 000	60; 110; 220 110; 220 110; 220; 340; 440	Табиғи суумен жабық (ПГ, ПГТ), Мәж түрлі вентиляциямен қорғалған (қалған), реверсивтік, жалпы мақсатта
ДПМ	60 дейін ПВ = 25 %	1700 дейін	110; 220	Судан қорғалған, табиғи түрде суиды және жылдамдылықты реттеудің кең диапазоны бар, кеме тетіктері үшін
МП	6 300 дейін	63/80 дейін	440; 930	Мәжбүрлі вентиляциясымен жабық, илемдік орнақтың жетегі үшін
МПС	45 630 11500	50/100 63/80 750/1 000	220 600 930	Металлургиялық өнеркәсіпке арналған арнайы қозғалтқыштар
2МП	12 600 дейін	300/500 дейін	930	Мәжбүрлі вентиляциясымен жабық, екі якорі бар, илемдік орнақтың жетегі үшін

МИ	0,37 дейін	1000, 2000, 3 000	60, 110	Жабық (су қорғанысымен), автоматика жүйелерінде жұмыс істеу үшін
МПБ	қозғалтқыш режимінде 600 дейін генератор режимінде 800 дейін	3 100 дейін 3 200 дейін	220; 460; 580 230; 460; 700	Тежеу генераторы немесе сынау стендіде қозғалтқыш ретінде жұмыс істеуге арналған баланстық машиналар
Генераторлар				
П (1-11 га-барит)	190 дейін	970... 2 850	115; 230; 460; 110/160; 220/320	Жалпы мақсатта, қорғанысы бар, аралас өршуде, тұрақты және реттелетін кернеуде
П (18-22 га-барит)	6 300 дейін	375, 500, 750	630; 1 000	Мәжбүрлі вентиляциясымен жабық
ГП2	5 700, 4200	375	725; 950	Түрлендіргіш агрегаттарында жұмыс істеу үшін
ГП	9 500 дейін	375...1 250	400; 725; 930	Илемдік орнақтың бас жетектерінің қозғалтқыштарын қоректендіру үшін

Ескертпе. Қиғаш сызық арқылы жылдамдылық пен кернеуді реттеу шегі белгіленген.

Тұрақты тоқ машиналары тұрақты тоқ тұтынушыларын қоректендіруге арналған генераторлар ретінде пайдаланылады – электролиз, гальваникалық және дәнекерлеу құрылғылары, синхронды машиналар мен қозғалтқыштардың жұмыс машиналары мен электр көлігінің жылдамдылық бойынша реттелетін электр жетектеріндегі өршу тізбектері. Бұл үшін арнайы мақсаттағы машиналар сериясы шығарылды – тартымдық, кран-металлургиялық, кемелік және т.б. Аз қуаттағы тұрақты тоқ генераторлары айналым жылдамдығының құрылғылары ретінде пайдаланылады. 9.1-кестесінде тұрақты тоқ машиналары туралы негізгі мәліметтер бар.

9.2. Жалпы мақсаттағы қозғалтқыштар

9.2-кестесінде 2ПН, 9.3-кестесінде 2ПФ сериясындағы, 9.4-кестесінде - 4ПО, 9.5-кестесінде - 4ПБ, ал 9.6-кестесінде - 4ПФ сериясындағы қозғалтқыштардың мәліметтері келтірілген. Айналым осінің биіктігі (АӨБ) 90...315 мм 2П сериясындағы қозғалтқыштарының қорғаныс деңгейі IP22 (қорғалған, Н әрпі белгілейді), АӨБ 132... 315 мм — IP22 (қорғалған, басқа желдеткіш құралынан тәуелсіз вентиляциясымен, Ф әрпі белгілейді), АӨБ 90...200 мм — IP44 (жабық, табиғи суыту, Б әрпі белгілейді), АӨБ 132...200 мм (жабық, басқа желдеткіш құралынан сыртқы үрлеумен, О әрпі белгілейді) бола алады.

АӨБ 80...160 мм 4ПО мен 4ПБ сериясындағы қозғалтқыштарының IP44, ал 4ПФ сериясында — IP23 қорғаныс деңгейі бар. 2П және 4П сериясындағы қозғалтқыштарды жылдамдылық құрылғысымен жабдықтауы мүмкін (техогенератор).

Ол Г әрпімен белгіленеді.

9.2-кестесі

2ПН сериясындағы қозғалтқыштардың техникалық сипаттамалары

АӨБ, мм	$P_{ном},$ Вт	$U_{ном},$ В	$n_{ном},$ айн/мин	$N_{мах},$ айн/мин	$\eta_{ном},$ %	$R_{я},$ Ом	$R_{д.п.},$ Ом
90М	0,17	110	750	3 000	47,5	5,84	4,40
		220	750	1 500	48,5	27,2	16,2
	0,25	110	1 060	4 000	56	3,99	2,55
		220	1 120	2 000	57	15,47	11,2
	0,37	110	1 500	3 000	61,5	2,52	1,47
		220	1 500	2 250	61,5	10,61	6,66
	0,71	110	2 360	4 000	69,5	1	0,54

АӨБ, мм	$P_{ном},$ Вт	$U_{ном},$ В	$n_{ном},$ айн/мин	$N_{мах},$ айн/мин	$\eta_{ном},$ %	$R_{я},$ Ом	$R_{дп},$ Ом
90М		220	2 360	3 540	70	3,99	2,55
	1	110	3 000	4 000	71,5	0,6	0,35
		220	3 000	4 000	72,5	2,52	1,47
100М	0,37	110	750	3 000	60	2,69	1,62
		220	750	1 500	59,5	11,78	6,7
	0,5	110	1 000	4 000	65	1,79	0,93
		220	1 000	2 000	66	7,05	4,62
	0,75	110	1 500	4 000	71	0,805	0,57
		220	1 500	4 300	71,5	3,4	2,05
	1,2	110	2 120	4 000	75	0,436	0,355
		220	2 200	4 000	76,5	1,792	0,93
	2	110	3 000	4 000	78,5	0,201	0,135
		220	3 000	4 000	79	0,805	0,57
112М	0,6	110	800	3 000	59	1,29	1,12
		220	800	2 500	60,5	5,07	4,5
	0,85	110	1 060	4 000	63	0,788	0,682
		220	950	3 500	64	3,85	3,08
	1,5	110	1 500	4 000	70	0,42	0,355
		220	1 500	4 000	70	1,77	1,55
	2,5	110	2 120	4 000	76	0,196	1,134
		220	2 200	4 000	76	0,788	0,682
	3,6	110	3 150	4 000	78,5	0,084	0,089
		220	3 000	4 000	79	0,42	0,356
132М	1,6	110	750	3 000	68	0,472	0,308
		220	750	2 500	68,5	1,88	1,39

АӨБ, мм	$P_{ном},$ Вт	$U_{ном},$ В	$n_{ном},$ айн/мин	$N_{мах},$ айн/мин	$\eta_{ном},$ %	$R_{я},$ Ом	$R_{дп},$ Ом
132М	2,5	110	1 000	4 000	72	0,271	0,204
		220	1 000	3 000	73,5	1,08	0,763
		440	1 000	25 000	73	4,54	3,26
	4	110	1 500	4 000	77,5	0,14	0,094
		220	1 500	4 000	79	0,564	0,336
		440	1 500	3 750	79	2,28	1,44
	7	110	2 200	4 000	81	0,067	0,049
		220	2 240	4 000	83	0,226	0,166
		440	2 240	4 000	83	0,906	0,692
	10,5	220	3 000	4 000	84	0,14	0,094
		440	3 000	4 000	85	0,564	0,366
160М	3	110	750	3 000	75,5	0,138	0,135
		220	750	2 500	76,5	0,732	0,485
		440	750	1 850	76	3,15	2,21
	4,5	110	950	4 000	78,5	0,11	0,078
		220	1 000	3 000	79,5	0,411	0,304
		440	950	2 500	79	1,78	1,44
	7,5	110	1 600	4 000	83	0,037	0,024
		220	1 500	4 000	83	0,183	0,135
		440	1 500	3 750	84	0,732	0,485
	13	220	2 120	4 000	85,5	0,081	0,056
		440	2 360	4 000	86,5	0,279	0,175
	18	220	3 150	4 000	87	0,037	0,024
		440	3 150	4 000	87,5	0,145	0,101
180М	5,6	110	750	3 000	78,5	0,084	0,056

АӨБ, мм	$P_{ном},$ Вт	$U_{ном},$ В	$n_{ном},$ айн/мин	$N_{мах},$ айн/мин	$\eta_{ном},$ %	$R_{я},$ Ом	$R_{дп},$ Ом
180М		220	750	3 500	79	0,338	0,221
		440	750	1 850	79,5	1,5	0,825
	8	110	1000	3 500	81,5	0,058	0,037
		220	1060	3 000	83	0,181	0,122
		440	1 000	2 500	82	0,902	0,54
	15	110	1 500	3 500	85,5	—	—
		220	1 500	4 000	85,5	0,084	0,056
		440	1 500	3 500	86	0,338	0,221
	26	220	2 240	3 500	88	0,038	0,025
		440	2 240	3 500	89	0,15	0,092
	37	220	3 000	3 500	89,5	0,022	0,015
		440	3 150	3 500	79,5	0,084	0,056
200М	8,5	110	800	3 000	81	0,047	0,029
		220	800	2 500	82	0,188	0,116
		440	800	1 850	82	0,796	0,506
	13	110	1 120	3 500	84	0,026	0,016
		220	1 120	3 000	85	0,106	0,061
		440	1 000	2 500	84,5	0,485	0,303
	22	220	1 500	3 500	87,5	0,047	0,029
		440	1 500	3 500	87,5	0,246	0,13
	36	220	2 200	3 500	88,5	0,026	0,016
		440	2 200	3 500	—	0,106	0,061
	60	440	3 150	3 500	90,5	0,047	0,029
225М	7,5	220	1 500	1 800	77	0,350	0,1010
	11	220	600	2 100	79,5	0,202	0,0688

АӨБ, мм	$P_{ном},$ Вт	$U_{ном},$ В	$n_{ном},$ айн/мин	$N_{мах},$ айн/мин	$\eta_{ном},$ %	$R_{я},$ Ом	$R_{дп},$ Ом
225М	15	220	750	2 500	80,5	0,146	0,0637
	22	220	1000	2 500	82	0,086	0,0429
	37	220	1 500	3 000	86,5	0,0366	0,0159
		440	1 500	1 850	86,5	0,168	0,0678
250М	15	220	530	1 500	80	0,142	0,078
	18	220	630	2 100	80,5	0,11	0,054
		440	600	2 800	80,5	0,57	0,25
	22	220	750	2 000	81	0,074	0,039
		440	850	2 400	81	0,235	0,096
	37	220	1 060	2 500	85	0,035	0,019
		440	1 060	2 500	85	0,152	0,078
	50	440	1 500	1 800	87	0,11	0,054
	55	220	1 500	2 800	87	0,0185	0,0098
		440	1 700	2 800	87	0,059	0,026
280М	22	220	530	1 250	83	0,062	0,033
	30	220	600	1 500	84,5	0,046	0,022
		440	600	1 500	84,5	0,185	0,0817
	45	220	750	2 000	86	0,034	0,015
		440	750	1 200	86,5	0,137	0,0618
	75	220	1 000	2 250	88,5	0,016	0,0083
		440	1 180	2 400	88,5	0,046	0,0022
	90	440	1 500	1 500	89	—	—
	110	220	1 500	2 600	89,5	0,0075	0,0038
		440	1 500	2 250	89,5	0,034	0,0154
315М	45	220	600	1 500	85,5	0,03	0,014

АӨБ, мм	$P_{ном}, Bm$	$U_{ном}, B$	$n_{ном},$ айн/мин	$N_{мах},$ айн/мин	$\eta_{ном}, \%$	$R_{я}, Ом$	$R_{дп}, Ом$
315М		440	600	1 500	85,5	0,12	0,058
	55	440	750	1 800	87	0,068	0,028
	100	440	1 000	2 250	88	0,04	0,024
	110	220	1 000	2 250	89	0,0082	0,0045
	160	220	1 500	2 400	90	0,004	0,0025
		440	1 900	2 400	90	0,0116	0,0071

Ескертпе:

1.Мәліметтер якорь өзегінің ұзындығы – М, климаттық орындау – УХ, орналастыру санаты - 4 қозғалтқыштары үшін келтірілген

2.Белгілер: $n_{мах}$ —қозғалтқыштың барынша жылдамдығы; $R_{я}$, $R_{дп}$ — барынша кедергі тиісінше якорь орамдары мен қосымша полюстар.

9.3-кесте

2ПФ сериясындағы қозғалтқыштардың техникалық сипаттамалары

АӨБ, мм	$P_{ном}, Bm$	$U_{ном}, B$	$n_{ном},$ айн/мин	$N_{мах},$ айн/мин	$\eta_{ном}, \%$	$R_{я}, Ом$	$R_{дп}, Ом$
132L	2,8	110	750	3 750	66,5	0,269	0,22
		220	750	2 500	67	1,08	0,915
		440	750	1 850	69	4,05	2,92
	4,2	110	950	4 000	72	0,167	0,124
		220	1 000	3 000	73	0,67	0,445
		440	1 000	2 500	73	2,8	1,96
	5,5	110	1 500	4 200	79	0,08	0,066
		220	1 600	4 200	80,5	0,269	0,22
		440	1 600	3 750	80,5	1,08	0,915
	7,5	110	2 200	4 000	83	0,055	0,039
		220	2 120	4 000	83,5	0,167	0,124
		440	2 200	4 000	86	0,67	0,445

АӨБ, мм	$P_{ном}, Вт$	$U_{ном}, В$	$n_{ном},$ айн/мин	$N_{мах},$ айн/мин	$\eta_{ном}, \%$	$R_{я}, Ом$	$R_{дп}, Ом$
	11	220	3 000	4 000	85,5	0,08	0,066
		440	3 150	4 000	86,5	0,322	0,27
160М	4,2	110	800	3 750	74,5	0,11	0,087
		220	750	2 500	73	0,516	0,407
		440	750	1 850	73	2,06	1,785
	6	110	1 000	4 000	78	0,081	0,056
		220	1 000	3 000	79	0,326	0,208
		440	1 000	2 500	79	1,304	1,05
	7,5	220	1 500	4 200	83	0,145	0,101
		440	1 600	3 750	83,5	0,516	0,407
	10	110	750	3 300	77,5	0,065	0,044
		220	450	2 500	79	0,203	0,145
		440	750	1 850	78	0,99	0,644
	13	220	2 240	4 000	87	0,081	0,056
		440	2 240	4 000	87	0,278	0,175
	16	220	3 150	4 000	87	0,037	0,024
		440	3 150	4 000	88	0,145	0,101
180L	14	220	1 000	3 300	82	0,136	0,084
		440	1 000	2 500	83	0,585	0,462
	18,5	220	1 500	3 500	87	0,065	0,044
		440	1 500	3 500	87	0,26	0,183
	25	220	2 120	3 500	89	0,042	0,03
		440	2 200	3 500	89,5	0,136	0,084
	32	440	3 150	3 500	90,5	0,065	0,044

АӨБ, мм	$P_{ном}, Вт$	$U_{ном}, В$	$n_{ном},$ айн/мин	$N_{мах},$ айн/мин	$\eta_{ном}, \%$	$R_{я}, Ом$	$R_{дп}, Ом$
200L	15	110	750	3 300	82	0,031	0,02
		220	750	2 500	82,5	0,125	0,08
		440	800	1 850	83,5	0,5	0,264
	20	220	1 000	3 300	85,5	0,083	0,053
		440	1 000	2 500	85,5	0,286	0,168
	30	220	1 500	3 500	88,5	0,031	0,02
		440	1 500	3 500	88,5	0,125	0,08
	42	440	2 360	3 500	90,5	0,055	0,037
	55	440	3 150	3 500	91	0,031	0,02
225L	15	220	500	1 800	77,5	0,196	0,079
		220	600	2 100	83	0,161	0,074
	18,5	440	750	1 500	83	0,473	0,208
	22	220	750	2 500	83,2	0,095	0,05
	30	220	1 060	2 500	85	0,049	0,02
		440	1 060	2 250	85	0,196	0,08
250L	22	220	500	1 500	78	0,122	0,064
	26,5	440	600	1 800	81,5	0,38	0,195
	20,8	220	600	2 100	82,2	0,082	0,047
	30	220	750	1 500	84,3	0,05	0,031
		440	750	2 000	84,3	0,261	0,115
	37	220	750	2 000	83,2	0,051	0,031
		340	750	2 000	83,2	0,122	0,064
	45	220	1 000	2 500	86	0,03	0,016

АӨБ, мм	$P_{ном}, Вт$	$U_{ном}, В$	$n_{ном},$ айн/мин	$N_{мах},$ айн/мин	$\eta_{ном}, \%$	$R_{я}, Ом$	$R_{дп}, Ом$
250L	45	340	1 180	2 500	86	0,065	0,031
		440	1 000	1500	86	0,122	0,064
	71	440	1 500	2 800	88,5	0,65	0,031
	75	220	1 500	2 800	89	0,0128	0,0077
280L	37	220	500	1 250	83,2	0,05	0,025
		440	500	1 250	83,2	0,2	0,092
	45	220	600	1 500	85,5	0,037	0,017
		440	600	1 200	85,5	0,15	0,06
	55	220	750	1 900	87,5	0,025	0,012
		440	750	1 000	87,5	0,0992	0,052
	85	440	1 000	2 250	88,7	0,05	0,025
	13,2	220	1 500	2 600	91	0,006	0,034
		440	1 500	1 900	91	0,025	0,012
315M	45	440	500	1 250	86	0,162	0,073
	55	220	600	1 500	87	0,029	0,004
		440	600	1 500	87	0,12	0,057
	75	220	750	1 700	88,5	0,014	0,0083
		440	750	1 800	88,5	0,068	0,0082
	100	440	1 000	2 200	88	0,04	0,0024
	110	220	1 000	2 250	89	0,0082	0,0045
	160	220	1 500	2 400	90	0,004	0,0025
		440	1 900	2 400	90	0,012	0,0071

Ескертпе. Мәліметтер УХ қозғалтқыштарының климаттық орандауы және 4 орналастыру санаты үшін көрсетілген. L әрпі якорь өзегінің екінші ұзындығын белгілейді.

4ПО сериясындағы қозғалтқыштардың техникалық сипаттамалары

Қозғалтқыш түрі	$P_{ном}, Вт$	$U_{ном}, В$	$I_{ном}, А$	$n_{ном},$ айн/мин	$n_{max},$ айн/мин
4ПО80А1	0,18	110	3,5	1 000	2 000
		220	1,6	1 000	2 000
	0,25	110; 220	4,1; 1,7	1 500	3 000
	0,55	110	7,9	3 000	4 000
		220	3,8	3 000	4 000
4ПО80А2	0,25	110	4,0	1 000	2 000
		220	1,8	1 000	2 000
	0,37	110	5,8	1 500	4 000
		220	2,1	1 500	4 000
	0,55	110	8,0	2 200	4 000
		220	3,5	2 200	4 000
	0,75	110	10,7	3 000	4 000
		220	4,9	3 000	4 000
4ПО80В1	0,37	110	4,8	1 000	4 000
		220	2,4	1 000	4 000
	0,55	50	14,5	1 000	2 000
		75	10,2	1 000	—
		110	7,7	1 500	—
		220	3	1 500	—
	0,75	110	10,2	1 500	4 000
		220	5	2 200	4 000
	1,1	50	31,2	2 200	4 000
		75	21,1	3 000	4 000
		110	15,2	3 000	4 000

Қозғалтқыш түрі	$P_{ном}, Вт$	$U_{ном}, В$	$I_{ном}, А$	$n_{ном},$ айн/мин	$n_{max},$ айн/мин
		220	7,1	3 000	4 000
4n0100S1	0,37	110	5,7	750	3 000
		220	2,7	750	1 500
	0,55	110	8,4	1 000	4 000
		220	3,9	1 000	2 000
	0,75	110	10,4	—	—
		220	5,1	1 500	4 000
	1,1	110	14	2 200	4 000
		220	6,7	2 200	4 000
	1,5	110	20	3 000	4 000
		220	9,7	3 000	4 000
4nO100S2	0,55	110	8,6	750	3 000
		220	3,8	750	1 500
	0,75	110	10,4	1 000	4 000
		220	4,8	1 000	2 000
	0,55	75	11,9	1 000	—
		110	13,8	1 500	4 000
	1,1	220	6,1	1 500	4 000
		110	19,3	2 200	4 000
	1,5	220	9,5	2 200	4 000
		110	26,2	3 000	4 000
	2,2	220	13,4	3 000	4 000
4n0100L	0,75	110	11	750	3 000
		220	5,2	750	1 500
	1,1	110	15,4	1 000	4 000

Қозғалтқыш түрі	$P_{ном}, Вт$	$U_{ном}, В$	$I_{ном}, А$	$n_{ном},$ айн/мин	$n_{мах},$ айн/мин
	1,5	220	7,2	1 000	2 000
		110	19	1 500	4 000
	2,2	220	9,3	—	—
		110	28	2 200	4 000
	3	220	13,9	2 200	4 000
		110	37,2	3 000	4 000
		220	18,4	3 000	4 000
		110	18,4	3 000	4 000
4П0112М1	1,5	110	19	1 000	2 000
		220	9	1 000	2 000
	2,2	110	26	1 500	3 000
		220	12,8	1 500	3 000
	3	110	34,7	2 200	4 000
		220	17	2 200	4 000
	4	110	44,8	3 000	4 000
		220	22	3 000	4 000
4П0112М2	1,5	110	19,1	750	1 500
		220	9,6	750	1 500
	2,2	110	27,9	1 000	2 000
		220	13,6	1 000	2 000
	3	110	33,8	1 500	3 000
		220	16,6	1 500	3 000
	4	110	45	2 200	4 000
		220	22	2 200	4 000
	5,5	110	60	3 000	4 000
		220	30	3 000	4 000

4ПБ сериясындағы қозғалтқыштардың техникалық сипаттамалары

Қозғалтқыш түрі	$P_{ном}, Вт$	$U_{ном}, В$	$I_{ном}, А$	$n_{ном},$ айн/мин	$n_{max},$ айн/мин
4ПБ80А1	0,14	110	2,8	1 000	2 500
		220	1,2	1 000	2 500
	0,18	110	2,9	1 500	4 000
		220	1,3	1 500	4 000
	0,37	110	5,9	3 000	4 000
		220	2,8	3 000	4 000
4ПБ80А2	0,18	110	2,9	1 000	4 000
		220	1,3	1 000	2 500
	0,25	110	3,7	1 000	2 500
		220	1,6	1 500	4 000
	0,37	110	5,0	1 500	4 000
		220	2,4	2 200	4 000
	0,55	110	8,1	3 000	4 000
		220	3,8	3 000	4 000
4ПБ80В1	0,25	110	3,8	1 000	4 000
		220	1,8	1 000	2 500
	0,37	110	5,1	1 500	4 000
		220	2,4	1 500	4 000
	0,55	110	7,3	2 200	4 000
		220	3,5	2 200	4 000
	0,75	110	9,3	3 000	4 000
		220	4,5	3 000	4 000
4ПБ100S1	0,25	110	4,2	750	4 000
		220	1,9	750	4 000

Қозғалтқыш түрі	$P_{ном}, Вт$	$U_{ном}, В$	$I_{ном}, А$	$n_{ном},$ айн/мин	$n_{max},$ айн/мин
	0,4	110	6,1	1 000	2 500
		220	2,8	1 000	2 500
	0,55	110	7,7	1 500	4 000
		220	3,6	1 500	4 000
	0,75	110	9,6	2 200	4 000
		220	4,6	2 200	4 000
	1,1	110	13,9	3 000	4 000
		220	6,7	3 000	4 000
4nB100S2	0,37	110	5,4	750	3 000
		220	2,6	750	2 000
	0,5	110	7	1 000	4 000
		220	3,3	1 000	4 000
	0,75	110	9,3	1 500	4 000
		220	4,5	1 500	4 000
	1,1	110	13,3	2 200	4 000
		220	6,5	2 200	4 000
	1,5	110	17,8	3 000	4 000
		220	8,7	3 000	4 000
4nB100L1	0,4	110	6	750	3 000
		220	3,1	750	2 000
	0,6	110	8	1 000	4 000
		220	3,8	1 000	2 500
	0,9	110	10,6	1 500	4 000
		220	5,2	1 500	4 000
	1,3	110	15,3	1 500	4 000

Қозғалтқыш түрі	$P_{ном}, Вт$	$U_{ном}, В$	$I_{ном}, А$	$n_{ном},$ айн/мин	$n_{мах},$ айн/мин
	1,8	220	7,4	1 500	4 000
		110	20,7	2 200	4 000
		220	10	3 000	4 000
4ПБ112М1	0,5	110	8	750	2 500
		220	3,9	750	2 000
	0,75	110	10,5	1 000	3 000
		220	5	1 000	2 500
	1,1	110	14	1 500	4 000
		220	6,7	1 500	4 000
	1,5	110	18,3	2 200	4 000
		220	9,1	2 200	4 000
	2,2	110	25,6	3 000	4 000
		220	12,5	3 000	4 000
4ПБ112М2	1	110	13	1 000	2 500
		220	6,4	1 000	2 500
	1,5	110	17,6	1 500	4 000
		220	8,8	1 500	4 000
	2,2	110	25,3	2 200	4 000

9.6-кестесі

4ПФ сериясындағы қозғалтқыштардың техникалық сипаттамалары

Қозғалтқыш түрі	$P_{ном}, кВт$	$I_{ном}, А$	$\eta_{ном}, \%$	$n_{ном},$ айн/мин	$n_{мах},$ айн/мин
<i>Номиналды кернеу 220 В</i>					
4ПФ112S	4	24	72,3	900	
	3,15	19,8	69,3	750	

Қозғалтқыш түрі	$P_{ном}, кВт$	$I_{ном}, А$	$\eta_{ном}, \%$	$n_{ном},$ айн/мин	$n_{мах},$ айн/мин
	2	14,5	57,6	450	5 000
4ПФ112М	4,25	26,4	68	730	
	3	20,1	60,3	475	
4п@112L	3,55	24,5	60,1	425	
4ПФ132S	15	85,4	77,9	1 400	4 500
	7,5	43,6	76	1 000	
	6	32,7	74	875	
	4,25	26,9	65	580	
4ПФ132М	11	61,5	78,5	1 060	4 500
	8,5	48,6	76	875	
	8	47,3	68	600	
4ПФ132L	11	62,8	76	800	
	8,5	54,4	68	515	
4ПФ160S	15	79,6	80,7	850	4 000
	11	66,2	70,5	530	
4ПФ160М	15	85,6	75,3	580	4 000
4ПФ180	17	99,4	73	500	3 800
4ПФ180М	20	114,5	75	475	
<i>Номиналды кернеу 440 В</i>					
4ПФ1128	7,5	19,2	87,1	2120	
	5,5	14,9	81,4	1 450	
	4,25	12,6	74	975	
	3,14	9,9	69	730	
4ПФ112М	7,5	19,6	82,5	1 450	
	5,5	16,6	74,1	900	5 000

Қозғалтқыш түрі	$P_{ном}, кВт$	$I_{ном}, А$	$\eta_{ном}, \%$	$n_{ном},$ айн/мин	$n_{мах},$ айн/мин
	4,25	13,3	67,4	690	
4ПФ112L	10	26,3	81,2	1320	
	7,5	21,5	81	975	
	5,5	17	70,8	690	
4М132S	30	76,7	87,1	3 070	
	18,5	47,8	85	2 180	4 500
	15	41,7	80	1 400	
	5,5	15,7	73	800	
4ПФ132М	30	78,9	86,3	2 300	4 500
	22	59,3	83	1 600	
	11	30	80	1090	
	8,5	24,8	75	800	
4ПФ132L	23,6	64,8	83	1 400	5 000
	15	40,8	81	1030	
	11	30,7	78	825	
4ПФ160S	30	78,6	84	1 450	
	18,5	48,6	82	1090	
	15	42,5	76,1	730	
4ПФ160М	22	56,8	84,5	1 090	4 500
	18,5	49,6	80,8	775	
4ПФ160L	30	77	85,5	1 030	
	22	58,7	81,3	775	
4ПФ180S	45	114	88	1 450	
	37	95,7	85	1 150	
	26,5	72,8	78	775	4 500

Қозғалтқыш түрі	$P_{ном}, кВт$	$I_{ном}, А$	$\eta_{ном}, \%$	$n_{ном},$ айн/мин	$n_{мах},$ айн/мин
4ПФ180М	45	115,6	86	1 060	
	37	97,6	83	825	
4ПФ200М	55	144	84,9	1 000	4 000
4ПФ200L	75	191	87,3	1 060	4 000
4ПФ225М	90	230	90	1 000	4 000
4ПФ225L	110	282	87	1 000	4 000
4ПФ250М	132	336	87	1 000	3 500
4ПФ250L	160	402	89	1 000	3 500
4ПФ200М	27	226	88,6	1 500	3 600
	45	121	82,2	750	3 600
	90	27	76,2	500	2 500
4ПФ200L	37	275	89,1	1 500	3 600
	55	147	83,3	750	3 600
	110	104	78,6	500	2 500
4ПФ225М	45	230	89,1	1 500	3 000
	132	125	79	500	2 500
4ПФ225L	50	400	89,7	1 500	3 000
	75	199	84	750	3 000
	160	142	77,6	500	2 500
4ПФ250М	90	497	90,3	1 500	3 000
	200	236	85,3	750	3 000
4ПФ250L	75	614	91	1 500	3 000
	110	284	86,7	750	3 000
	250	203	82,2	500	2 500

9.7-кестесінде П2, МП және 2МП сериясындағы қуатты қозғалтқыштардың мәліметтері келтірілген.

П2, МП және 2МП сериясындағы қозғалтқыштардың техникалық сипаттамалары

Қозғалтқыштың түрі-өлшемі	$P_{ном}, кВт$	$U_{ном}, В$	$I_{ном}, А$	$n_{ном},$ айн/мин	$M_{ном}, кН·м$	$J, 10^3 кг·м^2$	Салмағы, $10^3 кг$	$\eta_{ном}, \%$
П2-18/70-0,315	315	440	925	36	83,6	1,2	25,8	78,2
П2-21/90-4	4000	750	5 700	100/250	382	12,5	80,0	93,2
П2-23/85-7,1	7100	930	8120	100/180	678	32,2	102,5	94
П2-23/106-7Д	7100	930	8200	80/125	847,6	38,8	119	94,3
П2-23/170-8	8000	930	9250	50/80	1528	64	215	93,4
П2-24/71-6,3	6 300	825	8050	160/315	378	—	81,8	95
П2-25/130-9	9 000	930	10200	60/120	1364	77,5	169	94,8
П2-26/150-10	10000	930	11350	50/100	1910	121,2	202	94,7
П2-630-201-5С	1600	930	1855	250/500	61,1	3,75	22,9	93,3
П2-630-202-8С	3150	930	3 565	400/600	75,2	4,07	28,1	94,8
П2-630-203-5С	1600	930	1865	160/500	95,5	4,95	30,6	92,4
П2-630-212-НС	5 000	930	5 640	400/500	119,4	7,33	36	95,3
П2-630-213-6С	2 500	930	2 860	160/315	149,2	9	43,7	93,9
П2-630-214-6С	2 500	930	2 870	125/315	191	9,85	48,8	93,3

П2-630-241-8С	4000	930	4 570	160/320	238,8	30	56,8	94
П2-630-243-8С	4 000	930	4 600	100/260	382	37,8	74,6	93,4
МП4000-32	4 000	930	478	32/80	1 193,8	60	190	90
МП6300-63	6 300	930	7 170	63/80	955	42,5	182	94
МП6300-40	6 300	930	7 370	40/80	1 504	85	195	91,9
МП9000-63	9 000	750	8 960	50/80	1 719	60	208	943,7
МП2500-63	12 500	930	14 150	63/90	1 895	125	230	95
МП1000-315	1 000	440	2 480	315/800	30,3	0,45	13	93,6
МП5600-300	5 600	930	6 325	300/400	178,3	16	70	95,2
МП7100-125	7 100	930	8 000	125/250	542,4	42,5	110,6	95,4
2МП2000-315	21 000	440	22 480	315/800	230,3	0,91	27,2	93,6
2МП3000-315	31 000	440	32 480	315/800	330,3	1,4	39,6	93,3
2МП3200-300	21 600	465	23 660	300/500	250,9	2,5	45	93,9
2МП11200-300	25 600	930	26 325	300/500	2 178,3	27,5	116	95,2
2МП14200-200	27 100	930	27 985	200/400	2 339	60	165	95,6
2МП14200-125	27 100	930	28 000	125/250	2 542	95,0	232	95,4
2МП14200-50	26 300	930	27 280	50/100	21 203	212,5	316	92,8

Д кран-металлургиялық сериясындағы қозғалтқыштар жоғары температура, ылғалдылық, шандану және діріл жағдайында жиі іске қосылатын қайталау-қысқа уақытты режимде жұмыс істейтін электр жетектерінің, риверстер мен тежеулер құрамында жұмыс істеуге арналған. Осыған байланысты олардың жоғары механикалық төзімділігі мен якорь инерциясының төмен сәті бар, бұл олардың жылдам әрекеттігін арттырады және қозғалтқышта ауыспалы үдеріс кезінде электр энергиясы шығынын азайтады. Қозғалтқыштар номиналды жылдамдықпен салыстырғанда айналым жылдамдығын үш мәрте арттыруға жол береді, оларға Н класындағы оқшаулау тән және 220 мен 440 В кернеуде шығарылады. 9.8-кестесінде осы сериядағы қозғалтқыштардың 220 В кернеудегі мәліметтері келтірілген.

9.8-кестесі

Д сериясындағы қозғалтқыштардың техникалық сипаттамалары

Түрі	Сағаттық режимде жабық және ПВ = 100 % болғанда ұзақ режимде үрленетін				ПВ = 100 % болғанда қайталау-қысқа уақытты режимінде жабық					
	$P_{ном}, кВт$	Айналым жиілігі Ином, мин/айн, өршу кезінде			Қуаттылығы $P_{ном}$, кВт, және айналым жиілігі $n_{ном}$, мин/айн, өршу кезінде					
					С		АР		Ш	
		С	АР	Ш	$P_{ном}$	$n_{ном}$	$P_{ном}$	$n_{ном}$	$P_{ном}$	$n_{ном}$
Ақырын жүрісті										
Д-12	2,5	1100	1175	1180	2,4	1150	2,4	1230	2,4	1230
Д-21	4,5	900	1050	1030	3,6	1040	3,6	1140	3,6	1080
Д-22	6,0	850	1050	1100	4,8	970	4,8	1120	4,8	1150
Д-31	8,0	800	870	840	6,8	900	6,8	910	6,8	880
Д-32	12,0	675	780	770	9,5	760	9,5	840	9,5	800
Д-41	16,0	650	700	690	13,0	730	13,0	740	13,0	720
Д-806	22,0	575	650	650	19,0	640	17,0	730	16,0	710
Д-808	37,0	525	575	575	24,0	615	24,0	650	22,0	630
Д-810	55,0	500	—	550	35,0	610	—	—	29,0	600
Д-812	75,0	475	—	515	47,0	560	—	—	38,0	565
Д-814	110,0	460	—	500	66,0	565	—	—	55,0	560

Түрі	Сағаттық режимде жабық және ПВ = 100 % болғанда ұзақ режимде үрленетін				ПВ = 100 % болғанда қайталау-қысқа уақытты режимінде жабық					
	$P_{ном}, кВт$	Айналым жиілігі Ином, мин/айн, өршу кезінде			Қуаттылығы $P_{ном}, кВт$, және айналым жиілігі $n_{ном}, мин/айн$, өршу кезінде					
		С	АР	Ш	С		АР		Ш	
					$P_{ном}$	$n_{ном}$	$P_{ном}$	$n_{ном}$	$P_{ном}$	$n_{ном}$
Д-816	150	450	—	480	85	540	—	—	70	535
Д-818	185	410	—	450	100	515	—	—	83	470
<i>Жүрдек жүрісті</i>										
Д-21	5,5	1200	1450	1440	4,4	1340	4,4	1550	4,4	1500
Д-22	8,0	1200	1390	1510	6,5	1300	6,5	1475	6,5	1570
Д-31	12,0	1100	1280	1360	9,5	1190	9,5	1360	9,5	1420
Д-32	18,0	960	1100	1190	13,5	1100	13,0	1200	13,0	1240
Д-41	24,0	970	1120	1100	18,0	1060	18,0	1160	17,5	1160
Д-806	32,0	900	980	1000	23,0	1010	23,0	1060	21,0	1060
Д-808	47,0	720	800	800	30,0	850	30,0	860	26,0	825

Ескертпе. С — сериестік (тізбекті), Ш — шунтты (параллельді), АР — аралас (сериестік-шунтты) өршу.

9.3. Генераторлар

9.9-шы кестеде, тұрақты тоқтың әртүрлі тұтынушыларына қуат беру үшін пайдаланылатын, жалпы міндеттегі 2ПН сериялы генераторларының деректері келтірілген.

9.9-шы кесте

2ПН сериялы генераторлардың техникалық сипаттамалары

Генератордың типтік өлшемі	$P_{ном}, кВт$	$U_{ном}, В$	$n_{ном}, айн/мин$	$n_{ном}, \%$
2ПН100МУХЛ4	0,37	115	1 500	61,4
		230	1 500	60

Генератордың типтік өлшемі	$P_{\text{ном}}$, кВт	$U_{\text{ном}}$, В	$n_{\text{ном}}$, айн/мин	$\eta_{\text{ном}}$, %
	1,25	115	3 000	76
		230	3 000	76
2 ПН100ЛУХЛ4	0,55	115	1 500	63,3
		230	1 500	63,3
	1,8	115	3 000	78,5
		230	3 000	78,5
2ПН112МУХЛ4	0,75	115	1 500	64,5
		230	1 500	63,5
	2,8	115	3 000	76,6
		230	3 000	76,5
2ПН112ЛУХЛ44	1,1	115	1 500	67
		230	1 500	69,5
		115	3 000	80,5
		230	3 000	80,5
2ПН132МУХЛ4	2,2	115	1 500	73,5
		230	1 500	75,0
		460	1 500	75,5
	6	115	3 000	82
		220	3 000	83,5
2ПН132ЛУХЛ4	3	115	1 500	77
		230	1 500	79
		460	1 500	78
	8,5	115	3 000	83,5
		230	3 000	85
2ПН160МУХЛ4	3	115	1 000	75,6

Генератордың типтік өлшемі	$P_{\text{ном}}$, кВт	$U_{\text{ном}}$, В	$n_{\text{ном}}$, айн/мин	$\eta_{\text{ном}}$, %
	5,5	230	1 000	76
		115	1 500	81,5
		230	1 500	81,5
		460	1 500	81
	16	115	3 000	84,5
		230	3 000	86,5
2ПН160ЛҮХН4	4	115	1 000	78,5
		230	1 000	78,5
	7,5	115	1 500	82
		230	1 500	81
		460	1 500	84,5
	22	230	3 000	87,5
2ПН80МУХЛ4	5,5	115	1 000	80,0
		230	1 000	79,5
	11	115	1 500	83
		230	1 500	84
		460	1 500	84,5
	30	230	3 000	89
2ПН180ЛҮХЛ4	7,5	115	1 000	81
		230	1 000	81,5
	12,5	115	1 500	84,5
		230	1 500	86,5
		460	1 500	84,5
2ПН200МУХЛ4	10	115	1 000	81
		230	1 000	82

Генератордың типтік өлшемі	$P_{\text{ном}}$, кВт	$U_{\text{ном}}$, В	$n_{\text{ном}}$, айн/мин	$\eta_{\text{ном}}$, %
	18,5	115	1500	85,5
		230	1 500	87
		460	1 500	86,5
	45	220/320	3 000	89
2ПН200ЛУХЛ4	22	230	1 500	87,5
		460	1 500	87
	55	230/320	3 000	91,5
2ПН225МУХЛ4	30	115	1 500	85,3
		230	1 500	85,5
		460	1 500	85
2ПН225ЛУХЛ4	25	230	1 000	83,5
	37	230	1 500	86,5
		460	1 500	86,5
2ПН250МУХЛ4	45	115	1 500	85
	55	230	1 500	87
		460	1 500	86
2ПН250ЛУХЛ4	37	230	1 000	86,2
	71	230	1 500	87
2ПН280МУХЛ4	90	230	1 500	89,5
		460	1 500	90
2ПН280ЛУХЛ4	110	460	1 500	90
2ПН315МУХЛ4	90	115	1 000	88
	90	115	1 500	88,5
	160	460	1 500	90
2ПН315ЛУХЛ4	180	230	1 500	89

9. Әмбебап коллекторлық қозғалтқыштар

Әмбебап коллекторлық қозғалтқыштар деп, тұрақты, сонымен бірге ауыспалы желіден жұмыс істеуге қабілетті, шағын қуаттылықтағы (1 кВт-қа дейін) қозғалтқыштарды атайды. Бұл үшін олардың қоздыру орамы секцияланған етіп орындалады және қосалқы шығыстары болады. Тұрақты ток көзінен қуат алған жағдайда бүкіл қоздыру орамы, ал қозғалтқыш ауыспалы ток көзінен қуат алған жағдайда - тек оның бір бөлігі ғана кернеулі болады. Аталмыш типтегі қозғалтқыштар УЛ, УВ, УМТ, СЛ және МУН сериялары құрамында шығарылады. 9.10-шы кестеде УЛ сериялы қозғалтқыштардың деректері келтіріледі.

9.10-шы кесте

УЛ сериялы қозғалтқыштардың техникалық сипаттамалары

Типі	$P_{\text{ном}},$ Вт	$n_{\text{ном}},$ айн/мин	$I_{\text{ном}}, A, U_{\text{ном}}, B$ жағдайында			$\eta_{\text{ном}},$ %	$\cos\varphi_{\text{ном}}$	$J_{\text{рот}},$ $10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$
			= 110	= 220	=220			
УЛ-02	10	8 000	0,27	0,14	0,15	34	0,9	5
УЛ-03	18	8 000	0,41	0,2	0,23	40	0,9	12,5
УЛ-041	30	8 000	0,54	0,27	0,32	50	0,85	37,5
УЛ-042	50	8 000	0,82	0,41	0,49	55	0,85	50
УЛ-051	80	8 000	1,25	0,63	0,74	58	0,85	125
УЛ-052	120	8 000	1,82	0,9	1,1	60	0,85	175
УЛ-061	180	8 000	2,64	1,3	1,6	62	0,85	325
УЛ-062	270	8 000	3,84	1,9	2,1	64	0,9	400
УЛ-071	400	8 000	5,7	2,85	3,15	64	0,9	700
УЛ-072	600	8 000	8,55	4,3	4,7	64	0,9	875
УЛ-02	5	5 000	0,2	0,1	0,12	22	0,86	5
УЛ-03	10	5 000	0,31	0,15	0,19	30	0,82	12,5
УЛ-041	18	5 000	0,45	0,23	0,28	36	0,8	37,5
УЛ-051	50	5 000	0,93	0,46	0,62	49	0,75	125

Типі	$P_{\text{ном}}, \text{Вт}$	$n_{\text{ном}}, \text{айн/мин}$	$I_{\text{ном}}, \text{А}$ $U_{\text{ном}}, \text{В жағдайында}$			$p_{\text{ном}}, \%$	$\cos\varphi_{\text{ном}}$	$J_{\text{рот}}, 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$
			$= 110$	$= 220$	$= 220$			
УЛ-052	80	5 000	1,3	0,64	0,86	56	0,75	175
УЛ-061	120	5 000	1,92	0,9	1,3	57	0,75	325
УЛ-062	180	5 000	2,82	1,4	1,9	58	0,75	400
УЛ-071	270	5 000	3,96	2,0	2,5	62	0,8	700
УЛ-072	400	5 000	5,5	2,8	3,4	66	0,7	875
УЛ-041	5	2 700	0,15	0,08	0,11	25	0,7	37,5
УЛ-042	10	2 700	0,23	0,11	0,16	36	0,7	50
УЛ-051	18	2 700	0,33	0,16	0,29	40	0,7	125
УЛ-052	30	2 700	0,47	0,23	0,43	45	0,7	175
УЛ-061	50	2 700	0,81	0,4	0,67	48	0,7	325
УЛ-062	80	2 700	1,25	0,63	1,1	48	0,7	400
УЛ-071	120	2 700	1,82	0,91	1,5	52	0,7	700
УЛ-072	180	2 700	2,48	1,2	2,1	56	0,7	875
УЛ-081	270	2 700	3,5	1,7	2,9	60	0,7	1 625
УЛ-082	400	2 700	5,0	2,5	4,0	65	0,7	2 200

9.4. Тахогенераторлар

Тахогенератор, немесе жылдамдық тетігі деп, біліктің (біліктің) айналу жылдамдығын — кіріс ауыспалысын — оған пропорционалды электр сигналына — тетіктің шығыс ауыспалысына түрлендіретін ақпараттық машина аталады. Тахогенераторлар, жылдамдық тетіктері ретінде, оның шамасы бойынша олар жеті сыныпқа бөлінетін, $H, \%$ өлшеу дәлсіздігімен сипатталады: $\pm 0,02\%$ -ден $\pm 2,5\%$ -ге дейінгі, тахогенератордың айналысының әртүрлі бағыттарында $k_{\text{пул}}, \%$ шығыс кернеуінің лүпілі коэффициенті, және $A, \%$ кернеу асимметриясы, және k_{yc} күшейту коэффициенті болады. 9.11-ші кестедетұракты тоқ тахогенераторларының бірнеше типтерінің деректері келтірілген.

Тұрақты ток тахогенераторларының техникалық сипаттамалары

Типі	$P_{ном},$ 10^{-3} айн/мин	$K_{кул},$ мВ (айн/мин)	$H, \%$	$A, \%$	$J_p,$ 10^{-7} кг · м ²	$K_{кул}, \%$	Масса, кг
СЛ	3 ... 3,7	16 . 20	2 ... 3	2 ... 3	50 ... 200	—	0,45 ... 1,3
ТД	1,5	23 .. 100	1,5	2 . 2,5	60 . 200	—	0,7
ТПП	1,5 ... 9	2 ... 60	0,1 ... 5	0,2 ... 1	0,5 ... 8	2,5...10	0,03 .. 0,12
ТП	1,5 ... 3	6 ... 400	0,1 ... 1	0,25 .. 5	0,3 ... 360	2,5 . 5	0,06 ... 0,9
ТГ	1,1 ... 2,4	21 . 96	1	1	60 . 200	—	1 ... 1,8

Бақылау сұрақтары

1. Тұрақты ток машиналарында қоздырудың қандай тәсілдері болуы мүмкін?
2. Тұрақты ток машиналарының шығыс орамдары қалай белгіленеді?
3. Тұрақты ток қозғалтқыштарының жаңа сериясы қандай белгілермен сипатталады?
4. Крандық-металлургиялық тұрақты ток қозғалтқыштары сериясы қандай белгілермен сипатталады?
5. Тұрақты ток генераторлары не үшін қолданылады?
6. Арнаулы тұрақты ток коллекторлық қозғалтқыштарының әмбебаптығы неде болып табылады?
7. Тахогенераторлар не үшін қолданылады және бұл жағдайда олар қандай қасиеттерге ие болулары қажет?

КҮШТІК САҚТАНДЫРҒЫШТАР, РЕЗИСТОРЛАР,**КОНДЕНСАТОРЛАР ЖӘНЕ РЕАКТОРЛАР****10.1. Сақтандырғыштар**

Сақтандырғыштар — бұл электр тізбектері мен қондығыларын қысқа тұйықталудан және шектен тыс жүктемеден қорғауға арналған электр техникалық аппараттары. Негізінен олар аталған функциялардың алғашқысын орындау үшін пайдаланылады, ал электр тізбектері мен қондығыларын шектен тыс жүктемеден қорғау автоматтық ажыратқыштар мен жылу релелерінің көмегімен жүзеге асырылады. Сақтандырғыштардың әрекеті, олардың балқымалы ендірмелерінің олардан істен шығару тоғы жүріп өткенде күйінде, соның салдарынан электр тізбегінің ажырауының орын алатындығында.

Сақтандырғыштар өздерінің конструкциялары бойынша, балқымалы ендірмелері патронмен қорғалмаған немесе бүйіржақтары ашық келте құбырда орналасқан ашық, ендірмесі, мысалы кварцтық құм тәрізді ұсақ түйірлі толтырғышпен толтырылған патронда орналасқан жабық және төсемелі болып бөлінеді. Толтырғышты жылуды бағыттауыш және доға сөндіргіш орта ретінде пайдалану үшін, бірқатар сақтандырғыштарда, олардың сомалық қимасы, бір ендірменің сол тоққа қимасына баламалы, бірнеше параллельді жалғанған ендірмелері болады. Сақтандырғыштар ендірмелері мыстан, мырыштан, алюминийден, қорғасыннан немесе күмістен дайындалады.

Сұйық метал және инерциялық сақтандырғыштар ерекше топты құрайды. Сұйық металдан жасалынған сақтандырғыштарда балқымалы элемент ретінде, герметикаланған немесе вакуумдалған патрондағы сұйық метал (негізінен, галлий және оның қорытпалары) пайдаланылады. Сақтандырғыштың бұл типі әдетте, мысалыавтоматты ажыратқыш тәрізді қандай да бір қорғаныс аппаратымен үйлесімде пайдаланылады. Инерциялық сақтандырғыштарда әртүрлі қималы екі ендірмесі және орындамасы болады және тоқтың қысқа тұйықталуынан, сонымен бірге салыстырмалы түрде шамалы тоқ жүктемесінен қорғанысты қамтамасыз етеді.

Сақтандырғыштың негізгі сипаттамасы, балқымалы ендірменің жүріп өткен тоқ шамасынан жанып кетуі уақытына тәуелді болып табылатын, оның уақыттық-тоқ сипаттамасы болып табылады. Ол сандық шамада сақтандырғыш бойымен жүріп өткен тоқ шамасы неғұрлым үлкен болған сайын, балқымалы ендірменің соғұрлым жылдам жанып кететінін көрсетеді; номиналды тоқ жағдайында балқымалы ендірменің жанып кетуі мүлдем орын алмайды.

Кейде сақтандырғыштардың қорғаныс қабілеттілігі, тоқ шаршысының уақытқа қатынасымен бағаланады, бұл сақтандырғыштағы бөлінетін жылудың мөлшеріне баламалы. Электр желілерінде және қондырғыштарда сақтандырғыштардың бірнеше түрлері қолданылады. 10.1-ші кестеде дөңгелек қимасы бар әйнектен жасалынған корпуста жасалынатын НПН, және тік бұрышты фарфордан жасалынған корпусы бар ПН2 типті сақтандырғыштарының деректері келтірілген.

10.1-ші кестеде жиналмалы типтегі ПР-2 сақтандырғыштарының деректері келтірілген.

ПН және ПН2 сериялы сақтандырғыштарының техникалық сипаттамалары

Сақтандырғыш типі	Номиналды ток, А		500 В-ға дейінгі кернеу жағдайындағы, ең жоғарысөндірілетін ток А
	сақтандырғыштың	балқымалы ендіріменің	
НПН15	15	6; 10; 15	10 000
НПН60М	60	20; 25; 35; 45; 60	
ПН2-100	100	30; 40; 50; 60; 80; 100	50 000
ПН2-250	250	80; 100; 120	40 000
ПН2-400	400	200; 250; 300	25 000
ПН2-600	600	300; 400; 500; 600	25 000
ПН2-1000	1 000	500; 600; 750; 800	10 000

ПР-2 типті сақтандырғыштарының техникалық сипаттамалары

Сақтандырғыш типі	Номиналды ток, А	Балқымалы ендірімелердің балқымалы тоғы, А	Кернеу жағдайындағы, шекті сөну тоғы, А,		Габариттік көлемдері, мм
			380 В	500 В	
ПР-2-15	15	6; 10; 15	8 000	7 000	171x24,5 x 33
ПР-2-60	60	15; 20; 25; 35; 45; 60	4 500	3 500	173 x30,5x43
ПР-2-100	100	60; 80; 100	—	—	247 x 43 x 56
ПР-2-200	200	100; 125; 160; 200	11 000	10 000	296 x 56x76,5

10.2-ші кестенің соңы

Сақтандырғыш типі	Номиналды ток, А	Балқымалы ендірімелердің балқымалы тоғы, А	Кернеу жағдайындағы, шекті сөну тоғы, А,		Габариттік көлемдері, мм
			380 В	500 В	
ПР-2-350	350	200; 225;260;	13 000	11 000	346 x 72 x 10
ПР-2-600	600	350; 430; 500; 600	23 000	—	442x140 x154
ПР-2-1000	1 000	600; 700; 850; 1000	20 000	20 000	580x155x 154

Жартылай өткізгіш қондырғылар қорғанысы үшін ПП және ПНБ сериялы жылдам әрекет етуші сақтандырғыштары қолданылады. ПНБ5 типті сақтандырғыштар 220 және 440 В кернеуге және 40... 630 А номиналды токқа арналып шығарылады. ПНБ7 типті сақтандырғыштар ~380 және 660 В кернеуге және 25... 1000 А номиналды токқа арналып шығарылады. 10.3-ші кестеде ПП сериялы сақтандырғыштардың деректері келтірілген.

10.3-ші кесте

ПП сериялы сақтандырғыштардың техникалық сипаттамалары

Типі	Ток, А	Кернеу, В	Шекті сөну тоғы, А
ППД12-43133	1 600	150	100
ППД12-40433	6 300	450	200
ПП51-3340354	160	380	—
ПП41	630-ға дейін	760; 440	100
ПП57-31	100	660-қа дейін	—
ПП57-34	250	660-қа дейін	—
ПП57-37	400	660-қа дейін	—
ПП57-39	630	1 150-ге дейін	—
ПП57-40	800	1 250-ге дейін	—
ПП71	750-ге дейін	1 300	40
ПП61	160-қа дейін	380	100

Шағын габаритті таратушы құрылғылар үшін 100 А дейінгі токқа және 500 В дейінгі кернеуге арналған *ППС сериялы* бұрандалы сақтандырғыштар шығарылады.

ПКТ101... ПКТ105 сақтандырғыштары (токты шектеуші, кварцтық толтырғыштары бар) күштік трансформаторлар мен электр беру желілерін қорғау үшін пайдаланылады. Олар 6, 10 кВ кернеуге және 2 -ден 315 А-ге дейінгі номиналды токқа арналып шығарылады.

Атағын деп аталатын *ПС типті газтүрлендіргіш сақтандырғыштары*, сыртқы қондырғыларға орнатқан жағдайда күштік трансформаторларды қорғауға арналған 10, 35 және 110 кВ кернеуге және 8 -ден 100 А-ге дейінгі балқымалы ендіріменің номиналды тоғына арналып шығарылады.

10.2 Конденсаторы және конденсаторлық қондырғылар

Конденсаторлар электр энергиясын жылдам жинақтайтын және беретін қасиетке ие, электр техникалық құрылғы болып табылады. Олар ауыспалы токтың күштік тізбектеріндегі кернеуді және токтың жоғары гармонигіне сүзгі жасау және реактивті қуаттылықты қалпына келтіру, сонымен қатар жартылай өткізгіш түрлендіргіштерде тиристорлардың мәжбүрлі коммутациясы үшін пайдаланылады. Олар дербес бірліктер, сонымен қатар кешенді қондырғылар (батареялар) түрінде де қолданылады. Конденсаторлардың негізгі параметрлері жұмыс кернеуі және олардың электр сыйымдылығы, ал конденсаторлық қондырғылардікі — кернеу мен сыйымдылықтың кернеу шаршысына жартылай туындысымен анықталатын қуаттылық болып табылады.

Шығарылатын конденсаторлардың номенклатурасы өте ауқымды. 10.4-ші кестеде жиілігі 50 Гц ауыспалы ток электр қондырғыларының қуаттылықтары (сояф)коэффициентін арттыру үшін пайдаланылатын *КС сериялы косинустық конденсаторлардың* деректері келтірілген.

КЭ және КЭК сериялы конденсаторлар бір және үш фазалық орындалымда 1 кВ-қа дейінгі және бір фазалық кернеуде 1кВ-тан жоғары кернеуге арналып шығарылады. Үш фазалық орындалымдағы конденсаторлар үшбұрыш сызбасы бойынша жалғанады. *КЭП-6,3 және КЭП-10,5 конденсаторлары* КЭ және КЭК конденсаторларына ұқсас конструкцияға ие және тиісінше 6,3 және 10,5 кВ кернеуге арналып шығарылады.

КСК1 және КСК2 сериялы конденсаторлар жоғары сапалы материалдарды қолдану есебінен КС1 және КС2 конденсаторларымен салыстырғанда жақсы сипаттамаларға ие. *КЭКФ және КЭКШ типті конденсаторлар* жоғары гармониктің күштік сүзгілерінде және реактивтік қуаттылықтың орнын толтыру қондырғыларында пайдалануға арналған. 10.5-ші кестеде осы және басқа да конденсаторлардың деректері келтірілген.

КС типті конденсаторлардың техникалық сипаттамалары

Типі	Кернеу, кВ	Сыйымдылық, мкФ	Оқшаулаушы бар биіктік, мм	Массасы, кг
КС1-0,22-6-3УЗ	0,22	397	408	28
КС1-0,22-12-3УЗ	0,22	794	726	56
КС1-0,38-18-3УЗ	0,38	397	408	28
КС2-0,38-36-3УЗ	0,38	794	726	56
КС2-0,38-50-3УЗ	0,38	1102	726	56
КС1-0,5-18-3УЗ	0,5	230	408	28
КС2-0,5-36-3УЗ	0,5	460	726	56
КС1-0,66-20-3УЗ	0,66	146	422	28
КС1-0,66-25-3УЗ	0,66	183	422	28
КС2-0,66-40-3УЗ	0,66	292	740	56
КС2-0,66-50-3УЗ	0,66	366	740	56
КС1-1,05-37,5-2УЗ	1,05	108,3	422	27
КС2-1,05-75-2УЗ	1,05	217	740	54

Конустық конденсаторлардың техникалық сипаттамалары

Типі	Номиналды кернеу, кВ	Қуаттылық, квар	Номиналды сыйымдылық, мкФ	Конденсатордың биіктігі, мм	Массасы, кг
КЭ1-0,38-25-2УЗ	0,38	25	551,0	410	26
КЭ1-0,38-25-3УЗ	0,38	25	551,0	410	26
КЭ2-0,38-40-2УЗ	0,38	40	882,0	480	53
КЭ2-0,38-40-3УЗ	0,38	40	882,0	480	53
КЭ2-0,38-50-2УЗ	0,38	50	1 102,0	480	53

Типі	Номиналды кернеу, кВ	Қуатты- лық, квар	Номиналды сыйымдылық , мкФ	Конденс- атордың биіктігі, мм	Мас- сасы, кг
КЭ2-0,38-50-3У3	0,38	50	1 102,0	480	53
КЭК2-0,4-67-2У3	0,4	67	1 334,0	725	50
КЭК2-0,4-67-3У3	0,4	67	1 334,0	725	50
КЭ1-0,66-25-2У3	0,66	25	183,0	418	26
КЭ1-0,66-25-3У3	0,66	25	183,0	418	26
КЭ2-0,66-50-2У3	0,66	50	366,0	480	53
КЭ2-0,66-50-3У3	0,66	50	366,0	480	53
КСК2-0,4-67-3У3	0,4	67	1 111; 1 334	725	60
КСК2-0,415-67-3Т3	0,415	67	1 239; 1 032	725	60
КСК2-0,44-67-3Т3	0,44	67	919	725	60
КЭП-6,3-200-2У1	6,3	200	16,0	821	48
КЭП-6,3-225-2У1	6,3	225	18,0	821	48
КЭП-10,5-200-2У1	10,5	200	5,7	861	48
КЭП-10,5-225-2У1	10,5	225	6,4	861	48
КМПС-0,4-12,5-3У3	0,4	12,5	82,9 х 3	271	3,9
КЭКФ-4-200-2УХЛ1	4,0	200,0	39,8	827	50
КЭКФ-4,4-200-2УХЛ1	4,4	200,0	32,9	827	50
КЭКШ-6,3-200-1У1	6,3	200,0	16,0	861	50
КЭКФ-6,3-200-2УХЛ1	6,3	200,0	16,0	861	50
КЭКФ-6,6-200-2УХЛ1	6,6	200,0	14,6	861	50
КЭКШ-7,3-200-1У1	7,3	200,0	12,0	861	50
КЭКФ-7,3-200-2УХЛ1	7,3	200,0	12,0	861	50
КСКФ-4,4-150-2У1	4,4	150,0	24,7	787	52

Типі	Номиналды кернеу, кВ	Қуаттыл ық, квар	Номиналды сыйымдылық , мкФ	Конденс атордың биіктігі, мм	Мас- сасы, кг
КСКФ-6,6-150-2У1	6,6	150,0	11,0	821	52
КСКФ-7,3-150-2У1	7,3	150,0	9,0	821	52
КЭ1-1,05-37,5-1У3	1,05	37,5	108,3	418	26
КЭ1-1,05-37,5-2У3	1,05	37,5	108,3	418	26
КЭ2-1,05-75-1У3	1,05	75,0	217,0	739	52
КЭ2-1,05-75-2У3	1,05	75,0	217,0	739	52
КЭ1-3,15-37,5-2У3	3,15	37,5	12,0	441	25
КЭ1-6,3-37,5-2У3	6,3	37,5	3,0	471	25
КЭ1-10,5-37,5-2У3	10,5	37,5	1,08	526	25
КЭ2-3,15-75-2У3	3,15	75,0	24,0	756	48
КЭ2-6,3-75-2У3	6,3	75,0	6,0	786	48
КЭ2-10,5-75-2У3	10,5	75,0	2,16	841	48

10.6-шы кестеде ИКЭ сериялы жоғары сыйымдылықтағы конденсаторлардың деректері келтірілген.

10.6-шы кесте

ИКЭ сериялы конденсаторлардың техникалық сипаттамалары

Серия сы ИКЭ, кДж/В	U, В	C, Ф	I _{разр} , М, А	Массасы, кг	Серия сы ИКЭ, кДж/В	U, В	C, Ф	I _{разр} , М, А	Массасы, кг
6/14	14	60	600	8	40/96	96	8,5	1300	29
9/14	14	100	700	10	40/64	64	23	1900	32
16/14	14	160	1200	14	33/200	200	1,6	400	20
20/28	28	55	1400	18	20/150	150	1,9	400	19
40/28	28	100	2000	23	15/175	175	1,0	1000	21
70/36	36	105	1500	34	40/300	300	0,95	400	30

ФЭТ, ПСП, ФСК, ФК және ФЭК типті конденсаторлар жоғары жиіліктегі сүзгілерде, ал ИМКН, ИК, ИМ және ИКМ типті импульстық конденсаторлар — жоғары вольтты импульстық қондырғыларда қолданылады.

ЭСВ типті жоғары жиіліктегі конденсаторлар 0,5-тен 10 кГц-ке дейінгі жиілікте жұмыс істейтін, электротермикалық қондырғылардың қуаттылықтарын ұлғайтуға арналған. Бұл конденсаторлардың номиналдық кернеуі 0,8...2 кВ шегінде, ал сыйымдылығы — бірнеше бірліктен жүз елу микрофарадқа дейінгі аралықта болады.

Косинустық конденсаторларды пайдалана отырып, электр энергиясын тұтынушылардың реактивтік қуаттылығының орнын толтыруға арналған УК, УКЛ, УКН, УКМ, БК конденсаторлық қондырғылары дайындалады. Олар үшбұрыш сызбасы бойынша жиналған конденсатордан және басқару, өлшеу, қорғау аппаратурасынан және дабылдамадан тұратын қрылғы болп табылады. Қысқа тұйықталған тоқтан қорғаныс балкымалы сақтандырғыштармен жүзеге асырылады, қондырғылардың сыйымдылығын сатылап реттеу, магниттік іске қосқыштардың көмегімен жүзеге асырылады және қолмен немесе автоматтық басқару жағдайында жүзеге асырыла алады. 10.7 және 10.8-ші кестелерде бұл міндеттегі төменгі вольтты конденсаторлық қондырғылардың бірқатарының деректері келтірілген.

10.7-ші кесте

Төменгі вольтты конденсаторлық қондырғылардың техникалық сипаттамасы

Қондырғы типі	Кернеу, кВ	Номиналды қуаттылық, квар	Массасы, кг
УКЛ (П) Н 0,38-150-50УЗ	0,38	150	335
УКЛ (П) Н 0,38-300-50УЗ	0,38	300	575
УКН 0,38-75УЗ	0,38	75	175
УКТ 0,38-75УЗ	0,38	75	175
УКН 0,38-150УЗ	0,38	150	175
УКТ 0,38-150УЗ	0,38	150	300
ККУ 0,38-Мс БРВ-2	0,38	160	716
ККУ 0,38-Ус HD-2	0,38	280	1071
УКМ 58-04-20-10УЗ	0,4	20	47
УКМ 58-04-30-10УЗ	0,4	30	62

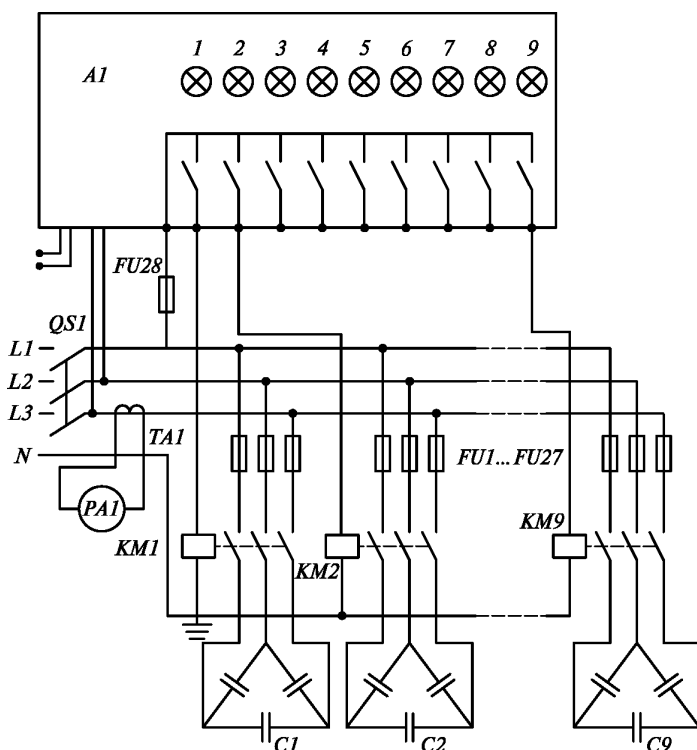
Қондырғы типі	Кернеу, кВ	Номиналды қуаттылық, квар	Массасы, кг
УКМ 58-04-50-25 УЗ	0,4	50	70
УКМ 58-04-67-33,3 УЗ	0,4	67	85
УКМ 58-04-100-33,3 УЗ	0,4	100	110
УКМ 58-04-150-30 УЗ	0,4	150	132
УКМ 58-04-180-30 УЗ	0,4	180	145
УКМ 58-04-200-33,3 УЗ	0,4	200	168
УКМ 58-04-300-33,3 УЗ	0,4	300	210
УКМ 58-04-402-67 УЗ	0,4	402	395
УКМ 58-04-603-67 УЗ	0,4	603	585

10.8-ші кесте

АКУ сериялы төменгі вольтты автоматтандырылған конденсаторлық
қондырғылардың техникалық сипаттамасы

Типі	Қуаттылық, квар	Номиналды тоқ, А	Қуат беруші мыс кабельдің қимасы, мм ²
АКУ 0,4-50-10УЗ	50	72,2	3 х 50
АКУ 0,4-75-12,5УЗ	75	108,7	3 х 50
АКУ 0,4-100-25УЗ	100	144,5	3 х 70
АКУ 0,4-100-10УЗ	100	144,5	3 х 70
АКУ 0,4-150-10УЗ	150	216,7	2 х (3 х 50)
АКУ 0,4-200-20УЗ	200	289	2 х (3 х 70)
АКУ 0,4-220-20УЗ	220	319	2 х (3 х 70)
АКУ 0,4-240-20УЗ	240	348	2 х (3 х 95)
АКУ 0,4-260-20УЗ	260	377	2 х (3 х 95)
АКУ 0,4-280-20УЗ	280	406	2 х (3 х 95)
АКУ 0,4-300-20УЗ	300	433,5	2 х (3 х 120)

Түрі	Қуаттылық, квар	Номиналды тоқ, А	Қуат беруші мыс кабельдің кимасы, мм ²
АКУ 0,4-330-15У3	330	478,5	2 х (3 х 120)
АКУ 0,4-350-25У3	350	507,5	2 х (3 х 150)
АКУ 0,4-380-20У3	380	551	2 х (3 х 150)
АКУ 0,4-400-20У3	400	580	2 х (3 х 150)
АКУ 0,4-420-20У3	420	609	2 х (3 х 185)



10.1-ші сурет. КРМ-4 толықтырғыш қондырғысының электрлік сызбасы:

$C1... C9$ — конденсаторлар; $KM1...KM9$ — конденсаторлар сатыларын қосуға арналған контакторлар; $QS1$ — сөндіргіш-ажыратқыш; $FU1... FU28$ — сақтандырғыштар; $TA1$ — тоқ трансформаторы; $PA1$ — көрсетуші амперметр; $A1$ — контроллер; $1... 9$ — конденсаторлар сатыларының қосылуының сигналдық шамдары; $L1, L2, L3, N$ — желі сымдары

КРМ-0,4 реактивтік қуаттылықты толтырғыштың төменгі вольтты қондырғылары 400 В номиналдық кернеуге, қадамы 2,5 квар сатылары санын автоматты реттейтін 35-тен 600 квар қуаттылыққа ие. 10.1-ші суретте, құрамына *C1... C9* конденсаторлары, *KM1...KM9* конденсаторлар сатыларын қосуға арналған контакторлары, *QS1* сөндіргіш-ажыратқышы, *FU1...FU28* сақтандырғыштары, *pA1* көрсетуші амперметрі бар *TA1* ток трансформаторы, *A1* контроллері, ; 1... 9 — конденсаторлар сатыларының қосылуының сигналдық шамдары кіретін КРМ-0,4 қондырғысының электрлік сызбасы келтірілген қондырғы құрамына сонымен қатар *C1 . C9* конденсаторларға арналған разрядтық резисторлары кіреді.

Қондырғы жұмысының автоматтандырылуы, қуаттылық коэффициентінің белгіленген мәніне жетуге арналған конденсаторлық батареялардың талап етілетін қуаттылықтарын есептейтін және контакторлардың көмегімен конденсаторлар сатыларының қосылуын немесе сөндірілуін іске асыратын *A1* контроллерімен қамтамасыз етіледі.

10.9 және 10.10-шы кестелерде жоғары кернеу жағдайында электр тұтынушылардың реактивтік қуаттылығының орнын толтыруға арналған жоғары вольтты конденсаторлық қондырғылардың деректері келтірілген.

10.9-шы кесте

КРМ-6 және КРМ-10 сериялы реактивті қуаттылығы компенсаторлардың техникалық сипаттамасы

Номиналды кернеу, кВ	6; 10
Неғұрлым жоғары жұмыс кернеуі, кВ	7,2; 12
Номиналды қуаттылық, квар	450; 900; 1350; 1800; 2250; 2700; 3150
МемСт 14254—96 бойынша қорғаныс деңгейі	IP21; IP54

10.10-шы кесте

Жоғары вольтты конденсаторлық қондырғыларының техникалық

Типі	Номиналды қуаттылық, квар	Көлемдері, мм			Массасы, кг
		ұзындығы	ені	биіктігі	
КУ6-1	330	2 350	846	2 870	1 100
КУ6-11	500	3 050	846	2 870	1 578
КУ10-1	330	2 350	846	2 870	1 200
КУ10-11	500	3 050	846	2 870	1 718

Типі	Номиналды қуаттылық, квар	Көлемдері, мм			Массасы, кг
		ұзындығы	ені	биіктігі	
КУН6-11	420	2 060	1745	2 350	1 200
КУН 10-11	400	2 060	1745	2 350	1 400
БРВ-1 бар КУ6-1	330	2 350	846	2 870	1 118
БРВ-1 бар КУ6-11	500	3 050	846	2 870	1 578
БРВ-1 бар КУ10-11	500	3 050	846	2 870	1 718
БРВ-1 бар КУ10-1	330	2 350	846	2 870	1 218
УК6-450	450	2 480	850	2 000	690
УК10-450	450	2 480	850	2 000	690

10.2. Резисторлар және резисторлар блоктары

Резисторлар. *Резисторлар* деп төменгі және жоғарғы кернеудегі электр тізбектерінің белсенді кедергілерін ұлғайтуға арналған электр техникалық құрылғылары аталады. Резисторлар өздерінің міндеттері бойынша келесі негізгі топтарға бөлінеді:

- электр қозғалтқыштарын оталдырған, тежеген және реверс жасаған жағдайда тоқты шектеу үшін, сонымен қатар олардың айналымдары жылдамдықтарын реттеу үшін пайдаланылатын оталдырушы, реттеуіш және тежегіш;

- электр машиналарын қоздыру тоғын реттеу үшін пайдаланылатын реттеуіш;

- сынақ стендтерінде және электр энергиясын жұту үшін электр қондырғыларында қолданылатын жүктеме;

- әртүрлі электр қондырғыларында балласттық, қосымша, экономикалық, разрядтық, жерге тұйықтаушы және демферлік резисторлар ретінде қолданылатын арнаулы.

- Реттелетін кедергілері бар резисторлар реостаттар атауын алған.

- Күштік резисторлар өздерінің конструктивтік орындалулары бойынша құйылған, қалыпталған таспалық, есілген таспалық және сымдық болулары мүмкін. Резисторларды дайындауға арналған материалдар ретінде құйылған шойын, болат, манганин, константан және темірхромалюминий (фехральдар), хромникельді және хромалюминийлі қорытпалар пайдаланылады. Резисторлар жекелеген резистивтік элементтер түрінде, сонымен қатар блоктар,

жәшіктер немесе резисторлар панельдерінде пайдаланылуы мүмкін.

10.11-ші кестеде СЖ типті құйылған жалпақ резисторлардың параметрлері келтірілген.

СЖ типті резисторлардың техникалық сипаттамалары

Типі	20°C, Ом жағдайындағы кедергі	Ұзын рұқсат етілетін ток, А	Қысқа мерзімді жүктеме (5 мин), А	Тұрақты уақытта, мин	Массасы, кг
СЖ60	0,0044	220	465	14... 16	1,77
СЖ61	0,0057	190	420	14... 16	1,45
СЖ62	0,0075	160	360	14... 16	1,5
СЖ63	0,0095	140	310	14... 16	1,3
СЖ64	0,0145	120	255	14... 16	1,3
СЖ65	0,0215	95	200	14... 16	1,2
СЖ66	0.0325	72	150	14... 16	1,3
СЖ67	0,0495	60	115	14... 16	1,2
СЖ68	0,06	55	100	14... 16	1,3
СЖ69	0,091	46	80	14... 16	1,3

10.12 және 10.13-ші кестелердегісінінше ШЭ типіндегі қалыпталған элементтер және ЛФ типтік қалыпталған таспалық элементтерінің деректері келтірілген.

10.12-ші кесте

ШЭ типті резистивтік элементтердің техникалық сипаттамалары

Типі	20°C, Ом жағдайындағы кедергі	Ұзын рұқсат етілетін ток, А	Қысқа мерзімді жүктеме, А, бойына				Температура ның артуы, °C
			60 с	30 с	10 с	2 с	
ШЭ1	0,042	35	55	75	125	290	150
ШЭ2	0,021	50	105	138	250	580	150
ШЭ3	0,014	60	155	210	350	860	150

ЛФ типті резистивтік элементтердің техникалық сипаттамалары

Типі	20°C, Ом жағдайындағы кедергі	Ұзын рұқсат етілетін тоқ, А	Жұмыс температурасы, °C	Массасы, кг
ЛФ1	0,32	140	450	4,5
ЛФ2	0,45	155-ке дейін	450	4,4
ЛФ10	0,3-ке дейін	270-ке дейін	600	5,6
ЛФ11	1,0-ге дейін	540-қа дейін	600	21
ЛФ11Б	2,0-ге дейін	280-ге дейін	600	17
ЛФ8	0,4-ке дейін	100	450	—

10.14-ші кесте

ЭСЗ сериялы элементтердің техникалық сипаттамалары

Резистор кедергісі, Ом	Номиналды ток, А	Беріліске арналған рұқсат етілетін кедергі, Ом	Массасы, кг
0,642	23,6	0,043	0,55
0,481	27,4	0,032	0,59
0,402	30,1	0,027	0,63
0,320	33,8	0,021	0,66
0,261	37,9	0,017	0,74
0,200	46,6	0,013	0,81

ЭСЗ және ЭС10 типті резисторлар, ЯС сериялы резисторлар блоктарын толымдауға арналған, ЭСЗ типіндегі резисторлардың деректері 10.14-ші кестеде келтірілген. Э10 типті резисторлар 0,0777-ден 1,37 Ом-ға дейінгі кедергіге ие және 23,5-тен 109 А-ге дейінгі номиналды токқа арнап шығарылады. ПТ сериялы сымдық құбырлық резисторлар, жабық ғимараттардағы ауыспалы және тұрақты ток тізбектерінде жұмыс істеуге арналған және 10.15-ші кестеде келтірілген деректерге ие.

Резисторлар блоктары. Олар белгілі бір сызба бойынша қосылған, бірнеше резисторлардан тұратын электр құрылғылары болып табылады. Оларға 56-дан 112 данаға дейінгі резистивтік элементтер екі қатар болып орналасқан СЖ блоктары жатады. Блоктардың жалпы кедергісі 0,1... 10 Омды құрауы, ал, ал массасы — 80...225 кг құрауы мүмкін.

ПТ сериялы резисторлардың техникалық сипаттамалары

Типі	Номиналды қуаттылығы, Вт	Кедергілер диапазоны, Ом	Көлемі, мм			Массасы, кг
			Сыртқы диаметрі	Ішкі диаметрі	Ұзындығы	
ПТ-8Т2	8	2 200-ге дейін	15	6	35	20
ПТ-16Т2	16	5 600-ге дейін	15	6	80	31
ПТ-25Т2	25	5 600-ге дейін	26	16	80	56
ПТ-50Т2	50	15 000-ға дейін	30	20	125	96
ПТ-75Т2	75	33 000-ға дейін	30	20	175	135

Олар 220... 4 000 В кернеуде шығарылады, қорғалмаған орындалымдағы табиғи желдетумен 46.600 А ұзақ мерзімді тоқпен.

ЯС резисторлары блоктары оталдыруды реттеуіш, тежегіш, балласттық, қосымша және т.б. ретінде 440 В кернеуі бар тұрақты тоқпен және 50 және 60 Гц жиіліктегі 660 В-қа дейінгі кернеудегі ауыспалы токтың электрлік тізбегінде жұмыс істеуге арналған. Бұл блоктардың деректері 10.16-ші кестеде келтірілген. Бұл кестеде

10.16-шы кесте

Резисторлар блогының техникалық сипаттамалары

Типі	Элементтер саны және типі	Беріліс кедергісі, Ом	Қуаттылығы, кВт	Ұзақ мерзімді тоқ, А	Массасы, кг
БТС-1	12 ЛФ11	1,52	2 340	540-қа дейін	1 020
ББС-2	6 ЛФ11Б	0,52	745	270-ке дейін	505
БКФ	280 КФ	21-ге дейін	2 800	—	3 150
БЛФ-1	9 ЛФ1	2,88	140	140-қа дейін	250
БЛФ-2	9 ЛФ2	4,05	220	155-ке дейін	240
БТС-7	5 ЛФИ	3,32	1 200	—	750
ЛФ-238	4 ЛФ10	1-ге дейін	—	190	46,5
		2-ге дейін	—	265	

Типі	Элементтер саны және типі	Беріліс кедергісі, Ом	Қуаттылығы, кВт	Ұзақ мерзімді ток, А	Масса сы, кг
		3 ... 0,019	—	400	
ЛФ-269	3 ЛФ116	1 ... 0,351	—	100	45,5
		2 ... 0,132	—	150	
		3 . 0,089	—	200	
СН-12	6 ШЭ	—	12,0	60-қа дейін	140
СН-16	8 ШЭ	—	16,0	60-қа дейін	160
СН-20	10 ШЭ	—	20,0	—	185
СН-24	12 ШЭ	—	24,0	—	210
СН-28	14 ШЭ	—	28,0	—	240
ЯС-1	40 ЭС	3,0 ... 8,0	5,8-ге дейін	39-ға дейін	27,3 .. 23,1
ЯС-2	20 ЭС	0,1 ... 1,6	5,8-ге дейін	215-ке дейін	39 . 23,5
ЯС-3	11 ЭС	0,2 x 11 ... 260 x 11	—	42-ге дейін	15 ... 20
ЯС-4	5	0,098 . 6,85	—	215-ке дейін	17 . 22
ЯСТ-1	12 x 3	0,9 x 3 ... 2,4 x 3	—	39-ға дейін	25 ... 21,7
ЯСТ-2	6 x 3	0,03 x 3 ... 0,48 x 3	—	215-ке дейін	36 ... 22,6

сонымен бірге, ШЭ типті элементтер пайдаланылатын СВ және СН типті блоктар деректері, және әртүрлі электр техникалық құрылғыларда кеңінен пайдаланылатын БТС-1, ББС-2, БКФ, БЛФ-1, БЛФ-2 және БТС-7 блоктары деректері келтіріледі.

Оталдыружәне оталдыруды реттеуіш реостаттар. Табиғи және май салқындатқышымен шығарылады және конструктивтік орындалымымен және номиналды кернеуі және тоғы, берілістер саны, пайдаланылатын резистивтік элементтерінің болуы немесе болмауы бойынша ерекшеленеді.

РП, РЗП және РЗР сериялы реостаттар желі кернеуі 110 В болған жағдайда 19 кВт-қа дейінгі қуаттылықтағы, кернеу 220 немесе 440 В болған жағдайда (РП және РЗП сериялы реостаттары) 42 кВт-қа дейінгі қуаттылықтағы, кернеу 220 В болған жағдайда (РЗР сериялы реостат) 36 кВт-қа дейінгі қуаттылықтағы тұрақты ток қозғалтқыштарын басқаруға арналған. РП сериялы реостаттарда минималды, ал РЗП және РЗР серияларында — минималды-максималды электр қорғанысы болады.

РП, РПЗ және РЗР сериялы реостаттарының техникалық сипаттамалары

Типі	Номиналды ток, А	Берілістер саны		Массасы, кг
		Іске қосу	реттеуіш	
РП-2511	31,5	4	—	5,5
РЗП-2	40	7	—	12
РЗП-2А	40	7	—	14
РЗП-3	125	8	—	21
РЗП-3А	125	8	—	27
РЗП-4	200	12	—	52
РЗП-4А	200	12	—	55
РЗП-4Б	200	12	—	60
РЗП-4В	200	12	—	65
РЗП-21	40	6	10	12
РЗП-21А	40	6	10	14
РЗП-31	125	7	15	22
РЗП-231А	125	7	15	25
РЗП-231Б	125	7	15	29
РЗП-42	200	10	20	50
РЗП-42А	200	10	20	55
РЗП-42Б	200	10	20	60

РП сериялы реостаттар СН, СНл және ЦФ типті сымды резистивтік элементтерден тұрады. Бұл сериялы резисторлардың басқа деректерін 10.17-ші кестеде келтірілген.

10.18-ші кестеде фазалық роторы бар асинхронды қозғалтқыштарды іске қосу үшін қолданылатын *РМ* сериялы май толтырылған оталдыру реостаттарының деректері келтірілген. Олар салқын қалыптан екі-үш рет оталдыруға рұқсат етеді, одан кейін келесі қосылғанға дейін қосылудың ұзақтығынан екі еседен кем емес кідіріс болуы қажет.

РВ, РВМ, РТМ, МР, РЗВ, РПВ, РШН, РШНД және РШМ сериялы қоздыру реостаттары

РМ сериялы оталдыру реостаттарының техникалық сипаттамалары

Типі	Номиналды ток, А	Қозғалтқыш қуаттылығы, кВт	Максималды кернеу В	Берілістер саны	Майсыз массасы, кг
РМ-1531У3	210 250	24,5; 29,5; 40 50; 55	400	8	23,5
РМ-1631У3	500	150; 175	600	9	70
РМ-16541У3	400	75; 100	600	9	70
РМ-16641У3	400	100	600	9	80
РМ-1671У3	750	300; 410; 500	1200	11	180
РМ-16761У3	600	200; 300	1200	10	145

440 В-қа дейінгі кернеу жағдайында электр машиналарындағы қоздыру тоғын реттеуге арналған және қолмен, қашықтықтан қолмен және электр қозғалтқыш жетектерімен орындалуы мүмкін. 10.19-шы кестеде қоздыру реостаттарының кейбір типтерінің деректері келтірілген

10.19-шы кесте

Қоздыру реостаттарының техникалық сипаттамалары

Типі	Шекті ток, А	Қуаттылық, кВт	Берілістер саны
Р-21	—	0,15	42
Р-22	—	0,3	42; 84
РПВ-01	10	0,6	2 x 17
РПВ-11	10	0,9	2 x 17
РВМ-1	30	2,0	100
РВМ-2	60; 120	12,0	130; 92
РВМ-3	60; 120	36,0	130; 92
РЭВ-01А	15	0,3; 0,45	32
РЭВ-11Б	15	0,65	40
РЭВ-21А	15	0,9	60
РЭВ-31А	15	1,2	64

Типі	Шекті ток, А	Қуаттылық, кВт	Берілістер саны
РЭВ-41А	25	2,5	120
МР-120	350; 125	18	34; 44
МР-160	350; 125	24	34; 44
МР-240	350; 125	36	34; 44
МР-360	350; 125	54	34; 44
МР-440	350; 125	66	34; 44
МР-520	350; 125	78	34; 44

Р сериялы реостаттардың техникалық сипаттамалары

Типі	Шекті ток, А	Қуаттылық, кВт	Кедергі, Ом
Р-0,5	27,5-ке дейін	0,6	500-ге дейін
Р-1	27,5-ке дейін	1,2	1 000-ға дейін
Р-2	38-ге дейін	1,8	500-ге дейін
Р-3	38-ге дейін	2,4	335-ке дейін
Р-4	40-қа дейін	3,2	250-ге дейін

10.20-ші кестеде қозғалтқыштардың жылдамдығын реттеу және басқа да мақсаттар үшін пайдаланылатын, Р сериялы реостаттардың деректері келтірілген.

10.4. Реакторлар

Реактор деп статикалық электромагниттік құрылғы аталады, ол электр тізбегінде оның индуктивтілігін қолдануға арналған. Қызметі бойынша келесі түрлері белгіленеді.

Сүзгілік (тегістейтін) реакторлар әртүрлі түрлендіргіштер тоғында жоғары үйлесімдер құрамын азайту үшін сүзгілерде пайдаланады.

Коммутациялық реакторлар жартылай өткізгіштік түрлендіргіштер сұлбасында вентильдердің мәжбүрлі коммутациясын іске асыру үшін қолданылады.

Токты шектететін реакторлар қысқа мерзімді тұйықталу токтарды шектету үшін қызмет етеді, бұл сұлбаларда термиялық тұрақтылығы бар және токты сөндірудің аздау мәнімен аппараттарды қолдануға мүмкіндік береді.

Шунтты реакторлар шағын жүктемелер режимінде аса жоғары кернеу желілердің зарядты қуатын компенсациялауға арналған, сол үшін ток өткізетін элементтермен жер арасында енгізіледі.

Жерге жалғанған реакторлар жерге қысқа мерзімді тұйықталу сыйымдылықты токтарды компенсациялауға арналған және өз индуктивтігін сазды реттейді.

Реактор өзара басқа нышандар арқылы да бөлінеді: орамдардың магниттік жүйе түрлері, фазалар саны, салқындату әдісі, индуктивтікті реттеу мүмкіндіктері бойынша және б. 25тен100 дейінА номиналды токтар реакторлары және 3...10 кВ кернеулері уда дисктер түрінде орындалады.

Майлы реакторларда майлы бакқа енгізген орамы бар және 200 ден 1 000 А дейін токтармен 35 кВ және одан астам кернеуіне шығарылады.

Бетонды реакторлардың орамы бар, оның ішпектірі бір бірімен бетонды тік бағаналармен бекітіледі, 150ден 4 000 А дейін токтарға және 35 кВ дейін кернеулерге шығарылады. 6 және 10 кВ кернеуге ішкі орнатуға арналған (жалаң) РБ және (қос)РБС сериялы алюминийлі орамы бар бетонды реакторлар табиғи немесе мәжбүрлі (Д әріпі белгіленеді) салқындатуы бар, көлденең (Г әріпі белгіленеді) және тіктік (В әріпі белгіленеді) қондырғылар үшін жасалады. Цифрлік белгілеуде бірінші сан — номиналды кернеу, кВ; екінші — номиналды ток, А; үшінші — номиналды индуктивтік кедергі, Ом. Н әріпі белгіленуі сыртта орнату үшін реакторларға жатады.

ФРОС сериялы сүзгілік (тегістейтін) реакторлар электр жетектер сұлбаларында қолдануға арналған және табиғи ауалық салқындатуы бар бір фазалық орындалады. 1 600 дан 10 000 А дейін номиналды токтарға шығарылады. 3 әріпі реактордың қорғалған (қаптамада) орындалын белгілейді.

СРОМ сериялы реакторлар — тегістейтін, бір фазалық, майлы салқындаушымен, 75тен 360 А дейін токтарға шығарылып, 0,05... 0,25 Гн индуктивтігіне ие болады.

Шунтты реакторлар түрлері: РОМ (бір фазалық, майлы), РТД және РОД (үрлеулі майлы салқындаушымен үш фазалық және бір фазалық) және РОДЦ (майдың мәжбүрлі циркуляциясымен) 1 100 ден 110 000 кВ дейін кернеулерге, ал желілерде 1 150 кВ дейін шығарылады.

Вентильді электр жетектер тізбегінде токтарды шектету үшін РТСТ сериялы реакторлар пайдаланады. Олар220, 310 және 410 В кернеулеріне, 20,5 тен 820 А дейін токтарына және 0,0505...2,02 мГн индуктивтікке шығарылады.

Реакторлар белгілеуін шифрін ашу мысалы: РТСТ-410-0,54 — үш фазалық реактор, құрғақ, ток шектететін, 0,54 мГн фазалық номиналды индуктивтігі бар 410 А токқа.

Сыйымдылықты заряд тізбегінде ЕРОС және ЕРОМ сериялы реакторлар, ал жерге тұйықталу токтар сыйымдылығын компенсациялауға — РЗДСОМ сериялы реакторлар қолданылады.

10.5. Сақтандырғыштарды, конденсаторлық батареяларды, резисторларды таңдау және есептеу

Сақтандырғыштар. Қорғайтын электр қондырғының жұмыс тогы бойынша таңдалады, номиналды кернеу және балқымалы тетігінің номинал тогынан аспау керек. Мұнда сақтандырғышты конструктивті орындалуы оның пайдалану жағдайларына сай болу қажет.

Асинхронды қозғалтқыштардың максималды ток қорғауын қамтамасыз ету үшін балқымалы тетіктің келесі арақатынас арқылы анықталады: қалыпты қосу 5 с кем емес $I_{\text{вст. ном}} = 0,4I_{\text{п}}$ қосу уақытымен; ауыр қосу 10 с астам $I_{\text{вст. ном}} = (0,5...0,6)I_{\text{п}}$ қосу уақытымен, мұнда $I_{\text{п}}$ — қозғалтқыштың қосу тогы.

Контакт жүзуктері бар АД және қалыпты ток үшін - $I_{\text{вст. ном}} = (1...1,3) I_{\text{ном}}$.

Соммалық жұмыс тогы бар басқару тізбектерін қорғау үшін $I_{\text{с}}$ балқыма тетігінің тогы осы жағдайдан $I_{\text{вст. ном}} = 2,5I_{\text{с}}$ шығарылады.

Резисторлар. Резистор екі негізгі нышан бойынша таңдалады: кедергі шамасы және ток, мұнда оның кедергісі есептеуліге тән болу керек, ал оның номинал тогы жүктеме тогына қызу бойынша эквивалентты болу керек, бұл резистордың нормативті қызуын қамтамасыз етеді. Кедергі шамасын таңдау секцияда жеке элементтердің бір ізді, параллельді және аралас қосулар арқылы іске асырылады.

S1 жұмысының ұзақ режимін анықтау үшін қызу бойынша резисторды тексерлуі жүктеменің жұмыс тогын резистордың номинал тогымен салыстырады.

Жүктеменің қысқа мерзімді (S2) және қайталау- қысқа мерзімді (S3) жұмыс режимдеріне алдымен эквиваленттік токтарды есептеу қажет. Эквиваленттік токтарды резистордан $t_{\text{в}}$ ток өту уақытына және оның қызуының тұрақты уақытына тәуелді есептік коэффициенттер арқылы есептеледі. Осы тәуелдіктер 10.2 сур, көрсетілген, мұнда $K_{\text{к}}$ — қысқа мерзімді режим үшін есептік коэффициент, $K_{\text{пк}}$ — қайталау-қысқа мерзімдік режим үшін; $T_{\text{н}}$ — қызу уақытының тұрақты коэффициенті.

Қызу бойынша алдына ала таңдалған резистордың тексеру тәртібі келесі.

Уақыт бойынша жүктеме тогын өзгеру графигі арқылы

Эквивалент жұмыс тогы $I_{\text{экв}}$, резистор бойынша өтетін, оның өту уақыты t_p қысқа мерзімді режим үшін немесе қосу мерзімі $\text{ПВ}_p = t_p/t_u$ қайталау-қысқа мерзімді режим үшін анықталады, мұнда t_u — жүктеме жұмыс кезеңінің уақыты. Содан кейін резистордың табылған t_p немесе ПВ_p қызудың тұрақты уақыты бойынша T_n қисық сызықтар арқылы 10.2 сур. K_k немесе $K_{\text{пк}}$ коэффициенттерін табады. Содан кейін резистордың есептік тогы анықталады:

$$I_{\text{расч}} = I_{\text{экв}} / K_k \text{ немесе } I_{\text{расч}} = I_{\text{экв}} / K_{\text{пк}}$$

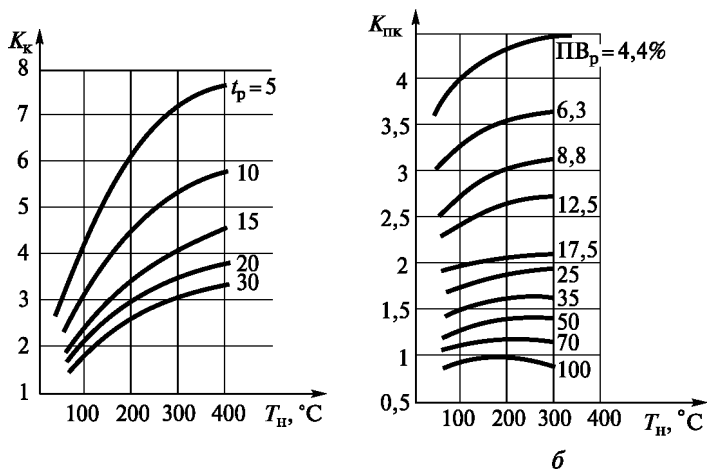
және оны резистордың номинал тогымен $I_{\text{ном}}$ салыстырады. Резистордың қызуы $I_{\text{есч}} < I_{\text{ном}}$ болжамды (нормативтік) деңгейінен аспайды.

Мысал 10.1. Қозғалтқыш қысқамерзімдік режимде жұмыс істейді, оның қосылу уақыты $t_p = 25$ с. НС 413/0,4 типті резистор тізбегіне (номинал тогы $I_{\text{ном}} = 30$ А, тұрақты қосылған қызуын бағалау қажет, егер ол бойынша қосылуда $I_{\text{экв}} = 56$ А ток өткізілсе, мұнда қызу уақытының тұрақты шамасы $T_n = 132$ с)

Шешімі. Қызудың тұрақты уақытына $T_n = 132$ с қисық сызықтар арқылы 10.2 сур., а $K_k = 2,3$ табамыз. Резистордың есептік тогын $I_{\text{расч}} = I_{\text{экв}}/K_k = 56/2,3 = 24,3$ А анықтаймыз.

Егер $I_{\text{есч}} = 24,3$ А < 30 А $= I_{\text{ном}}$, онда қызу бойынша резистор өтеді.

Конденсаторлар және конденсаторлық батареялар. Конденсаторлар, оларды орнату шарттарына сай, яғни өздік сыйымдылығы, жұмыстық кернеу және конструктивтік орындалу бойынша таңдалады.



10.2. сур. Қысқамерзімді (а) және қайталау-қысқамерзімді (б) жұмыс режимдеріне қызудың тұрақты уақытынан есептік коэффициенттердің тәуелділігі

Компенсациялық қондырғының (батареяның) реактивтік қуаты $Q_{к.у}$ келесідей анықталады:

$$Q_{к.у} = P(\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_2),$$

мұнда P — электрқабылдатқыштың белсенді қуаты, оған реактивтік қуат компенсациясы өткізіледі; $\operatorname{tg}\varphi_1$, $\operatorname{tg}\varphi_2$ — компенсацияға дейін және одан кейін ф бұрышының тангенстері.

Мысал 10.2. Конденсаторлық батареяның қуатын анықтау керек. Оны белсенді қуаты бар $P = 35$ кВт мәні $\cos\varphi_1 = 0,7$ ($\operatorname{tg}\varphi_1 = 1,0$ ден) мәні $\cos\varphi_2 = 0,9$ ($\operatorname{tg}\varphi_2 = 0,49$ дейін) электр қондырғысының қуат коэффициентінің жоғарылату үшін қолдану қажет. Қондырғының номиналды кернеуі — 0,4 кВ.

Шешім. Формулаға сандық мәндерін енгізгенде, тап боламыз

$$Q_{к.у} = 35(1 - 0,49) = 17,85 \text{ квар.}$$

Осындай батарея мысалы, конденсаторлық қондырғы УКМ 58-04-20-10 УЗ (10.7 кесте.кар.) 20 квар. Реактивтік қуатымен пайдалану мүмкін.

Бақылау сұрақтары

1. Не үшін сақтауғыштар пайдаланады?
2. Сақтауғыштардың қандай типтерін білесіздер?
3. Не үшін жылдам әрекет жасайтын сақтауғыштар қолданылады?
4. Косинустық конденсаторларының қандай қажеттілігі бар?
5. Конденсаторлық батареялармен қондырғылар қайда қолданылады?
6. Реактивтік қуатты компенсациялау үшін конденсаторлы батарея қуатын қалай есептеу болады?
7. Резистивті элементтерінің қандай типтерін сіздер білесіздер?
8. Резистивті элементтерде қандай материалдар қолданылады?
9. Резисторлар жәшігі (блогі) деген не?
10. Резисторлар қалай таңдалады?
11. Электржетекте және электржабдығының басқа турлерінде реакторлар қандай функцияларды атқарады?

ЖАРТЫЛАЙ ӨТКІЗГІШТІК ЭЛЕМЕНТТЕР ЖӘНЕ АВТОМАТИКА СҰЛБАЛАРЫНЫҢ ҚОНДЫРҒЫСЫ

11.1. Аналогтік элементтер және қондырғылар

Аналогтік элементтер және қондырғылар үзіліссіз (аналогтік) электр сигналдарымен байланыстары бар. Басқарудың көптеген аналогтік қондырғыларының негізгі элементі ретінде операциялық күшейткіш саналады, оның негізінде әртүрлі реттеуіштер және электр сигналдарының функционалды өзгерткіштері құрылады.

Операциялық күшейткіш (ОК) бұл үлкен күшейю коэффициенті (мыңға дейін және одан әрі) және теріс кері байланысы бар тұрақты ток. ОК сұлбасы 11.1 сур. көрсетілген, мұнда $z_{BX1} \dots z_{BXi}$ арқылы жалпы жағдайда кешенді белсенді-сыймдылықты кіріс кедергілер ОК, ал z_{KB} — кері байланыс (КБ) тізбегінің кешенді кедергісі болып табылады.

11.1 сур. сұлбасы бойынша енгізілген ОК U_{BXi} кіріс сигналдар өзгертуін белгіленгенге сәйкес келтіріледі

$$U_{\text{вых}} = -z_{OC} \sum_1^m (U_{BXi} / z_{BXi}),$$

мұнда m — кіріс сигналдар саны.

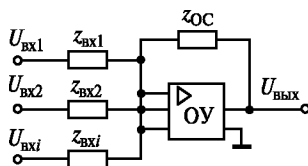
Егер ОК кіреберісіне бір кіріс сигнал түссе U_{BX} , ал $z_{OC} = R_{OC}$ және $z_{BX1} = R_1$, онда кіріс сигналының келесі өзгеруі тап болады:

$$U_{\text{вых}} = -R_{OC} U_{BX} / R_1 = -k U_{BX},$$

яғни оның коэффициентке көбейтілуі $k = R_{OC}/R$ және белгінің қарама қарсыға өзгеруі орын алады. $R_{OC} = R_1$ ($k = 1$) белгі бойынша кіріс сигналының инвертирленуі тап болады.

Егер $z_{OC} = R_{OC}$ немесе $z_{BXi} = R_{BXi}$, онда ОК оған түссетін электр кіріс сигналдарын соммалайды немесе қосады және сол кезде оларды сәйкес коэффициент $k_i = R_{OC}/R_{BXi}$ көбейтеді:

$$U_{\text{вых}} = -\sum_1^m (U_{BXi} \cdot k_i).$$



11.1. сур. Операциялық күшейткіш сұлбасы

Кіріс тізбектеріне және кері байланыс тізбектеріне енгізгенде конденсаторлар резисторларымен бірге ОК кіріс сигналдарының басқа да өзгерістерін өткізуге жағдай жасайды, олар басқару және автоматика сұлбаларында басқарулық әсер етуін алуға қажет. Осындай сұлбалар реттеуіш атауына ие болды, олардың қатарына пропорционалды П-реттеуіш, пропорционалды-интегралдық ПИ-реттеуіш, пропорционалды-дифференциалдық ПД-реттеуіш және басқалар жатады. Реттеуіштер параметрлерін есептеу үшін сұлбалар, сипаттамалар және формулалар келтірілген [9].

ОК компараторлар сұлбаларында, импульстер қалыптасушыларында, электр сигналдар генераторларында, шектеушіліктерде, күшейткіштерді және т.б. қондырғыларда кең пайдаланылады. ОК интегралдық микросұлбалар түрінде шығарылады, онда барлық ОК элементтері талап бойынша электр сұлбасына қосылған.

Басқарудың сериялы аналогтік құралдарының және олардың функцияларының іске асыру мысалы ретінде реттеудің бірінғайлау блок жүйесінің құрастыру (РББЖ) серия түрінде РББЖ—А (электрониканың кәдімгі элементтарында) одан кейін серия РББЖ—АИ (интегралдық микросхемаларда).

11.2. Дискреттік элементтер және қондырғылар

Басқару және автоматтандыру жүйесінің даму тенденциясы ретінде оларда цифрлік элементтермен қондырғы сияқты дискреттік техниканың кең қолдануы саналады. Олар жұмыста жоғары дәлдігімен, жылдам әрекет жасауымен және сеңімділікпен, шағын энергия тұтынуымен, кедергілерге жоғарықарсылығымен, есептеу техникамен жақсыүйлесуімен сипатталады. Кейбір жағдайларда аралас, цифраналогтік сұлбаларды құру тиімді болып есептеледі, олар өзінде аналогтік және дискреттік элементтердің ең жақсы қасиеттерді қамтиды.

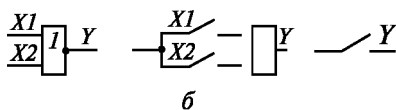
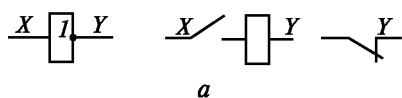
Логикалық (қисынды) элементтер. Логикалық элементтер ретінде (ЛЭ) дискреттік элементтер, олардың кіреберіс пен шығысында кернеулер жоғары — логикалықбірлік (одан кейін 1), немесетөмен — логикалық нөл (одан кейін 0) мәндерін алу мүмкін. Олар электромагниттік реле, магниттік элементтер және интегралдықсұлбалар (ИС) түрінде, қазіргі кезде орындалады.

11.2 сур. қарапайым ЛЭ сұлбалары көрсетілген. Логикалық элемент НЕ (сур. 11.2, а) терістеу операциясын (инвертирлендіру) орындайды. Кіріс сигнал болғанда $X = 1$ шығыс сигнал жоқ ($Y = 0$), ал кіріс сигнал болғанда ($X = 0$) шығыс сигнал $Y = 1$.

Логикалық элемент шығысында сигнал ИЛИ бір де бір кіріс сигнал болғанда — $X1$ немесе $X2$ тап болады (сур. 11.2, б).

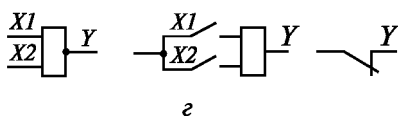
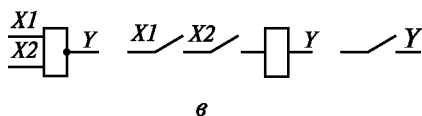
Емес операциясы

немесе операциясы



Операция И

Операция ИЛИ – НЕ



Сур. 11.2. Логикалық элементтер:

a - ЕМЕС; *б* - НЕМЕСЕ; *в* – ЖӨНЕ; *г* - НЕМЕСЕ-ЕМЕС

НЕМЕСЕ операциясы кіріс сигналдарының кез келген санына орындалу мүмкін.

ЖӨНЕ логикалық элементінде сигнал шығыста $Y = 1$ (сур. 11.2, в) тек сол жағдайда пайда болады, егер екі сигнал 1 тең болса. Басқа жағдайларда $Y = 0$.

Одан әрі күрделі логикалық элементе НЕМЕСЕ-ЕМЕС (сур. 11.2, г) кірісте бір де бір сигнал болғанда ($X_1 X_2 = 1$) сигнал шығыста $Y = 0$, ал кіріс сигнал болмағанда ($X_1 X_2 = 0$) $Y = 1$.

Қарастырылған мысалдардан басқа логикалық элементтер кірісигналының белгілі деңгейін жадында сақтау (*Жады* операциясы), блокировка (*ТҮЙІМ САЛУ* операциясы), қосу және сөндіруде уақытты алу және басқа операцияларды орындау мүмкін.

Триггер. Триггер басқарудың цифрлік қондырғы элементтерінің кең таралғаны болып саналады және екі тұрақты қалпымен секірісарқылы бір қалыптан екіншісіне сыртқы басқарушы сигнал әсерімен ауысуға қабілеті бар. Триггер, жадының 1 бит ақпаратты сақтайтын, элементарлы ұясы ретінде қарастырылу мүмкін. Соңымен, триггер онда алдына ала орнатылған логикалық сигнал 0 немесе 1 еске сақтау және осы деңгейді жаңа жазылымға дейін сақтауға мүмкін. Триггерлер пайдалануымен әртүрлі логикалық және есептік түйіндер, жады қондырғысымен генерациялық қондырғылар жасалады. Ақпаратты жазу әдісі бойынша RS-триггер, JK-триггер, D-триггер, T-триггерге бөлінеді.

Есептеу қондырғылары. Осы қондырғылар әртүрлі арифметикалық операцияларды орындауға пайдаланады. Есептеу операциялары цифрлік түйіндерде екілік (цифрлер 0 және 1), сегіздік (цифрлер 0 ден 7 дейін) немесе оң алтылық (цифрлер 0 ден 9 дейін және алты латин әріпі - A (10), B (11), C (12), D (13), E (14), F (15)) санау жүйелері ретінде орындалады. Оң алтылық және сегіздік жүйелер екілік формада ақпаратты жайлы және бөлінді жазуға мүмкіндік береді.

Есептеу қондырғыларына есептегіштер, сомматорлар және компараторлар (салыстыру қондырғылары) жатады.

Есептегіш — бұл цифрлік түйін, кіріс сигналдар санын есептеуге арналған. Олар соммалайтын, алатын және реверсивтікке бөлінеді. Реверсивтік есептегіштер санды соммалауды және алуды да, ал санды алатындар — тек қана алуды қамтамасыз етеді.

Сомматор — бұл цифрлік түйін, екі санды қосу операциясын орындайды. Сомматор екілікті қосу кестесіне сәйкес жұмыс істейтін бірразрядты соммалық сұлбалар жиынтығы болып табылады. Сомматорлар алу операциясын іске асыруға көмектеседі, ол үшін алу операциясын, алудың разряд бойынша қосалқы азаюын қосу операциясына ауыстырады.

Компаратор — бұл цифрлік түйін, A_n и B_n сандарын салыстыру функциясын орындайды. Салыстыру нәтижесінде арақатынас бірінің ақиқаттығы анықталады: $A_n = B_n$; $A_n > B_n$; $A_n < B_n$, оның әрқайсысы сәйкестік шығыста бір сигналмен белгіленеді.

Логикалық цифрлық түйіндер. Олар әртүрлі логикалық операцияларды дискретті электр сигналдарға жасайды. Оларға жататындар: импульстерді таратқыштар, шифраторлар, дешифраторлар, мультиплексорлар және б.

Импульстерді таратқыштар бұл цифрлік түйін, ол бірнеше шығыста импульстардың бір каналдық бірізділігін таратуын қамтамасыз етеді.

Дешифратор (декодер) осындай сигналды өзгертуді p кірісінде жасайды, сонда оның бір шығысында сигнал 1 пайда болса, ал барлық қалғандарында 0 тең сигналдар сақталады. Кері операцияны шифратор орындайды, ол шығыстың біріне бір сигналды бірнеше шығыста екілік санына айналдырады.

Мультиплексор — цифрлік түйін, бірнеше кіріс желіден бір шығысқа сигналдарды беруін қамтамасыз етеді. Кірс желі таңдауы басқарушы импульстік сигнал (код) арқылы, мультиплексордың басқарушы кірістеріне беріледі. Мультиплексор дешифратор сұлбасы негізінде оны аздау өзгерту жолымен орындалу мүмкін.

Жады қондырғысы. Бұл қондырғылар ақпаратты сақтауға және беруге, есте сақтауға арналған. Оларға регистрлер, матрица-жинақтауштар және и есте сақтау қондырғылар (ЗУ): оперативтік және тұрақты.

Регистр көп разрядты екілік санды жазуға, есте сақтауға және беруге арналған және оның үстінен кейбір күрделі емес логикалық операцияларды орындауға арналады. Қосымша байланыстармен логикалық элементтерін енгізу арқылы регистрлерде код инвертирлеуге, разряд санына қажет санды солға немесе оңға жылжыту, сандарды басқа разрядқа тапсыру және т.б. сияқты логикалық операцияларды орындау болады.

Матрица-жинақтауыш регистрмен салыстырғанда жоғары көлемде есте сақтайтын ақпарат жадысының түйіні болып табылады. Матрица негізін 1 бит ақпаратты (бірразрядты екілік санды) есте сақтауға қабілетті триггерлер құрайды. Көпразрядты матрица параллельды біріктірілген бірразрядты матрицалардан құрылады. Матрица-жинақтауыштың бір түрі ретінде өте жоғары функционалдық деңгейлі программаланған логикалық матрица (ПЛИМ) саналады.

Есте сақтайтын қондырғылар обеспечивают ақпараттың үлкен көлемін сақтауын қамтамасыз етеді. ЕСҚ, көп қабатты жазылымды және ақпаратты пайдалануын қамтамасыз ететіні, оперативті есте сақтау қондырғылар деп аталады (ОЕСҚ). ОЕСҚ ерекшелігі мұнда: ол электр қуаты болғанда ғана ақпаратты сақтайды, ал оны жоғалқанда ақпарат жоғалады.

Есте сақтау қондырғылар, бір жазылған ақпаратты тұрақты сақтауға арналған, тұрақты есте сақтау қондырғылар атауына ие болды (ТЕСҚ). Осы қондырғылар оларда электр қуаты таусылғанда да жазылған ақпаратты сақтауға қабілеті бар. ТЕСҚ ЕСҚ сұлбаларымен аз электр қуатын тұтынуына қарағанда қарапайым, көп көлемді сақталған ақпаратымен сипатталады.

Цифраналогтік (ЦАТ) және аналог-цифрлік (АЦТ) түрлендіргіштер. Олар аналогтік және цифрлік сигналдарды өзара өзгертуімен қкінс табады. Түрлендіргіш ретінде код-кернеу (ТКК), тұрақты ток кернеуіне екілік немесе екілі-оңдық кодқа өзгертеді; түрлендіргіштер жиілік-кернеу (ТЖК) және кернеу түрлендіргіштері — жиілік (КЖТ), олар импульстер кернеуге өту жиілігін тұрақты ток кернеуіне және керітүрлендіруін қске асырады.

Басқарудың цифрлік қондырғыларды сериялы өткізу мысалы ретінде реттеудің бірізділік блок жүйесі УБСР—ДИ, оның блогы отандық яғни ресейлік цифрлік интегралды микросұлбалар К155 және К172 және аналогтік интегралды сұлбалар К124, К140, К153 және К190 сериялы есептеледі.

УБСР—ДИ құрамына цифрлік ақпаратты өңдеу блоктары (сандар қалыптастырушысы, сан дискриминаторы, арифметикалық қондырғы) және жиілік сигналдар (жиілік сигналдар генераторы, цифрлік интегратор, басқарылатын жиілік бөлгіші), сан кодын жиілікке және жиілікті сан кодына өзгерту, ақпаратты кіргізу және шығару

(кіріс және шығысты жадының регистрлері, жағдайдың кодтық датчиктермен импульс сигналдарының қалыптастырушысы, шығыс күшейткіштері) және басқару сұлбалардың аналогтік элементтері кіреді.

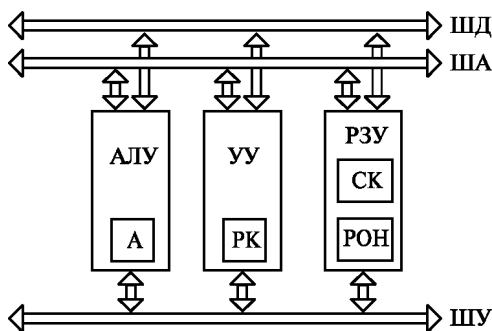
11.3. Басқарудың микропроцессорлық құралдары

Қазіргі кезде басқарудың микропроцессорлік құралдарыда қызметінің барлық салаларында кең қолданылады. Олардың негізі *микропроцессор* (МП) — программалық-басқарушы цифрлік қондырғы, ақпаратты өңдеу және осы процесті басқаруға арналған.

Микропроцессор бір немесе бірнеше үлкен интегралды сұлбалар негізінде (ҮИС) орындалады, олар бірнеше оң мыңдық қарапайым элементтерінен тұрады және 24, 40, 48 және 64 шығысты қамтиды. ҮИС алаңы бірнеше оңдық квадратты миллиметрден аспайды, бұл МП шағын электр қуатын тұтынуды, жұмыста сенімділігін, үлкен емес массасын және габариттік өлшемін, ал көп шығарылуда — жоғары емес құны анықтайды.

Микропроцессордың құрылымдық сұлбасы 11.3. сур. Көрсетілген. Оған арифметико-логикалық қондырғы АЛҚ, басқару қондырғысы БҚ және регистрлік еске сақтау қондырғысы РЕСҚ. МП осы үш негізгі бөлігі байланыстың үш желісімен — мағлұматтар шиналарымен МШ, ША адрестерімен және ШБ басқаруымен біріктірілген.

Арифметико-логикалық қондырғы арифметикалық және логикалық операцияларды екілік сандар түрінде мағлұматтар үстінен орындауға арналған. Мағлұматтармен осы операциялар өткізгенде, оларды *операнда деп атайды*. Операцияда екі операнд қатысады, оның біреу арнайы регистрде — аккумулятор А, ал екіншісі — РЕСҚ регистрінде немесе МП жадында орын алады. Кейбір кезде АЛУ МП операционды бөлігі деп атайды.



Сур. 11.3. Микропроцессор сұлбасы

Регистрлік еске сақтау қондырғы жалпы қызметі бар бірнеше регистрлерді қамтиды РЕСК, және арнайы қызметі регистрлерді, мысалы, командалар есептегіші КЕ. Кейде РЕСК МП ішкі сақтау жадысы деп атайды.

Басқарушы қондырғы басқарусу предназначено для сигналдарын шығаруына арналған, МП блоктар жұмысын қамтамасыз етеді. БҚ құрамына командалар регистрі КР кіреді, онда осы сәтте орындалатын команда белгіленеді.

Командалар, ақпаратты өңдеуді берілген алгоритмін өткізсе, бағдарламаны құрайды, катал жазылған қадаммен орындалады.

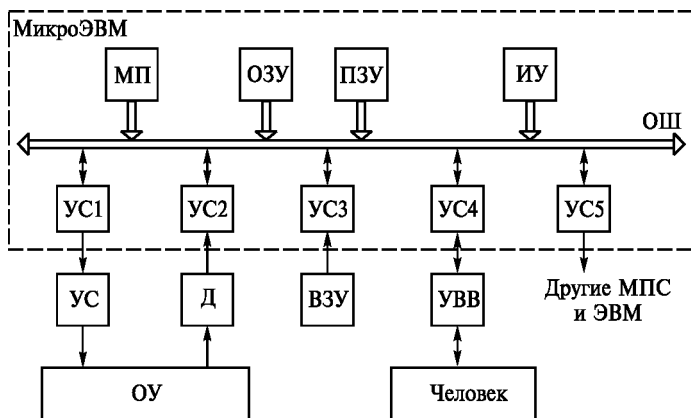
Программаның әрбір командасы ақпарат қамтиды: не істеу керек, қандай операндармен және қандай адрес бойынша операция нәтижесін белгілеу керек. Команданың бірінші бөлімі операция кодын, яғни операндарлар үстінен орындалған операциялар сипаты туралы ақпаратты қамтиды (мысалы, қосу, логикалық салыстыру және т.б.). Команданың екінші бөлігі — адрестік — операндардың орналасу адрестері, олармен осы операция өткізіледі, және регистр адресі немесе жады ұясы, сонда нәтиже орналастырылу тиіс.

Командалар, адресстер және МП операндары екілік көпразрядты сандармен, барлық цифрлік қондырғыларда екі деңгейлі кернеу комбинациясымен көрсетіледі: жоғары және төмен. Алғашқы МП 4-разрядты сандармен пайдаланды, ал заманауи ЭП — 8- және 16-разрядты сандармен қолданады. МП көпразрядты екілік сандар олардың жылдам әрекет жасауын және жұмыс дәлдігін жоғарлатуға мүмкіндік береді.

Программа (командалар бірлігі) МП бірнеше әдіс арқылы жазылу мүмкін. Біріншісі екілік сандар түрінде командаларды жазуын талап етеді, яғни осы МП түсінікті машинналық код түрінде.

Ең ыңғайлысы программалау немесе бағдарламалау тілдерін пайдалану саналады. Төмен деңгейлі тілдер Ассемблер типті Мп қатысу құралы ретінде өзіне бірнеше оңдық типтік командаларды қамтиды, олар шартты мнемокодтарда ұсынылады. МП тұтынушыларға үлкен мүмкіндіктермен ыңғайлықтарды басқару сұлбаларымен жоғары деңгейлі бағдарламалау тілдері ұсынады: Фортран, Паскаль МТ+, ПЛ/М, Бейсик-80, СИ, АДА және олардың түрлері (диалекттер). Осы тілдерде құрастырған программалар бағдарламалар одан кейін арнайы программалар арқылы аударылады, МП түсінікті машинналық код түрінде кіріп, кросс-программалар деп аталады.

Басқару функцияларын орындау үшін МП сұлбасы бір қатар блокпен толықтырылады, нәтижесінде микропроцессорлік жүйе тап болады (МПЖ), оның құрылымдық сұлбасы 11.4.сур. көрсетілген



Сур. 11.4. Микропроцессорлік жүйе

МПЖ құрамына МП оперативті жады қондырғысы ОЗУ және ПЗУ, интерфейстік қондырғы ИУ, сыртқы объектермен кездесетін қондырғы УС; сыртқы есте сақтау қондырғысы ВЗУ, ақпаратты кіргізу-шығару қондырғысы УВВ, жалпы шина ОШ, ШД, ШУи ША өзіне қамтиды.

ОЗУ және ПЗУ бағдарлама берілгенін өңдеуге келетінді орналастыру үшін қызмет етеді, оған сәйкес осы өңдеу және өңдеу нәтижелері жүргізілу тиісті. МПС мүмкіндіктерін кеңейту үшін, ОЗУ және ПЗУ дан басқа, ВЗУ қолдану мүмкін, олардың қатарына иілгіш магниттік дисктерде, магниттік лентада, кассеталық жинақтауыш сияқты ақпарат жинақтауыштары жатады.

Ақпаратты кіргізу-шығару қондырғысы адамға ыңғайлы формада МПС өзара қатысуын ұсынады. УВВге МПС басқару пульт клавиатурасы, басатын машинка (принтер), графикалық құрастырғыш, ақпаратты визуалды ұсыну (дисплейлер) және т.б жатады.

Кездесетін қондырғылар УС әртүрлі (периферийными) сыртқы қондырғылармен МПС байланысын орнатады. Олар әртүрлі сұлбалық және элементтік өткізуін ие болды. Мысалы, датчиктерД сигналдарын басқару объектісін ОУ МПС пен келістіру үшін аналогты-цифрлік және цифраналогтік электр сигналдарын түрлендіргіштерін УС1 және УС2 сұлбаларында ұсынылғанды пайдаланады.

Кездесетін қондырғылар УС3 және УС4, байланысты МПС ВЗУ және УВВ орнату үшін, буферлік (аралық) мағлұматтарды сақтау үшін арналған жады регистрлері деп аталады, оларды ОШ тан сыртқы қондырғыларға немесе кері жібереді. УС, бақылаушы контроллер деп аталады (микроконтроллер)

11.4. Программаланған контроллердар

Программаланған контроллердар (ПК) МПС ретінде, уақыттың нақты масштабында локалды объектілерді басқаруда ұсынылады. ПК интеграциясының шағын және орта дәрежесінде ИС қатты логика қондырғыларын ауыстыру үшін тап болған. Қазіргі кезде олар МПС классы ретінде автоматтандырудың әрт.рлі міндеттерін шешуде өнеркәсіптік салада кең пайдалануға бағыт алған.

Сол үшін ПК талаптарға сай бағдарламалау саласында арнайы дайындығы жоқ персоналдың жеңіл меңгеретін конструктивтік орындалу және арнайы бағдарламалық қамтамасыздыруын жасалды.

ПК әрекеті принципін 11.5. сур. ұсынылған. Основную часть схемы ПК сұлбасының негізгі бөлімін еске сақтау қондырғы ЗУ құрайды, сонда оның жұмысының бағдарламасы камтиды; логикалық процессор ЛП (арифметика-логикалық қондырғы), бір ізді оған енгізілген сигналдар бойынша логикалық операциялар орындалады; кірістік К1 және шығыстық К2 сигналдар коммутаторы ; ПК кездесетін қондырғылары кірістік УС1 және шығыстық УС2 сигналдарымен; П жадысы, оған логикалық операцияларды орындау нәтижелері түседі.

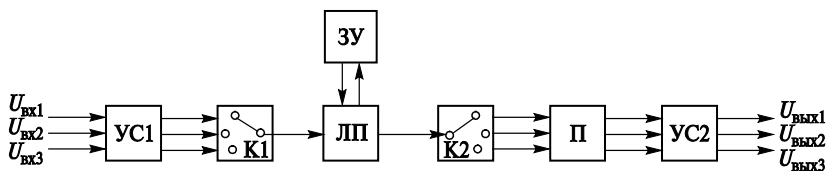
Кіріс сигналдары $I_{вх1}$, $I_{вх2}$, ..., $I_{вх3}$, технологиялық процес барысы, басқаратын объектің жеке бөлімдер жұмысының режимі, қорғаныс жағдайы туралы ақпарат, УС1 кірісіне түседі, ал ол олардың гальваникалық түйінін қамтамасыздырып, олардан осы ПК қолданадатын шамасы мен түріне сәйкес сигналдарды қалыптастырады.

Осылай қалыптастырылған сигналдар К1 кірісіне түседі, ол ЗУ түсіп, кезекті командадағы адресі ЛП бірізгілікті тапсырыс береді.

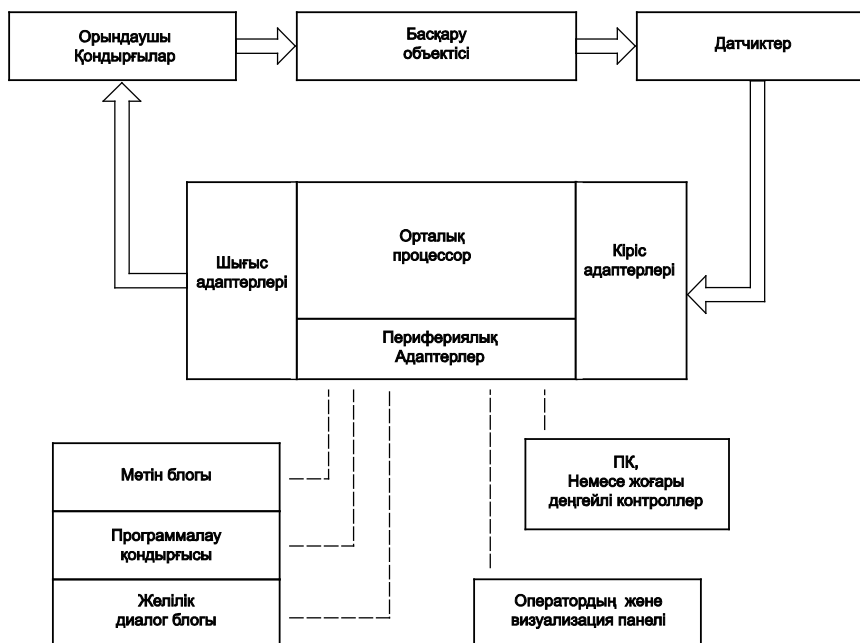
ЛП орындаған жаңартулардан кейін, олар ЗУ бағдарламасында енгізіліп, сигналдарды коммутатор К2 арқылы П жады регистріне одан кейін УС2 арқылы ПК шығарады.

Кірісте сигналдар 5.250 В тұрақты немесе ауыспалы тогы бар кернеу жіберіледі, олардың жалпы саны мың және одан астам болу мүмкін.

Кездесетін шығыс қондырғылары УС2 оптронды тиристорлар негізінде құрылады. Олар шығыс тізбектерінің гальваникалық түйінін қамтамасыздырады және жеткілікті қуатты орындаушы қондырғыларды— реле, контакторлар, электромагниттер орауышы және т. б. басқаруына жол береді.



Сур. 11.5. Программаланған контроллер сұлбасы



Сур. 11.6. Басқару сұлбасында программаланған контроллерды қолдану

ПК программаландырылуы дискретік логикалық басқару міндеттерін шешуге арналып, проблеманы шешуге бағыт алған тілдерде өткізіледі. Оларға қатысты:

релейлік-контакторлық сұлбаларының графикалық тілдері (РКС); типтік логикалық функцияларын пайдаланатын логикалық сұлбаларының графикалық тілдері;

күрделі бульді сөз тіркестерінің жинақ түрінде мнемоникалы таңбалық кодтау тілдері; ассемблер типтік тілдер;

проблеманы шешуге бағытталған жоғары деңгейлі тілдер — Граф- сет, Ярус-2, Фокон-2 немесе модифицирленген дәстүрлі бағдарламалау тілдері (Бейсик, Паскаль).

11.6 сур. белгілі объекті басқару құрылымында ПК қолдану сұлбасы көрсетілген. Ресей өндірушілері келесі типті ПК шығарады: С100, С200, С300 (АО «АвтоВАЗ», Тольятти қ.); МПК-01 и МКАУ-011 (ВФ «Элна», Мәскеу қ.); МФК, ТКМ51, ТКМ52 (АҚ «ТЕКОН»); VME и AT96 («ЭЗАН», Черноголовка, Мәскеу обл.); ЭК2000 («ЭМИКОН», Мәскеу қ.); КУРС-2000 (НТЦ «Контроллер және басқару тарату жүйелері», Мәскеу қ.); ДС4001, ДС4002 («Дискреттік жүйелер», Мәскеу қ.); ВИРА-ПКМ (СКБ РАН Таруса қ.), MIF («Торнадо», Новосибирск қ.), QCIC («Науцилус», Мәскеу қ.).

11.5. Оптоэлектрондық аспаптар

Жартылай өткізгіштік оптоэлектрондық аспаптар электромагниттік сәулесіне спектральды диапазонда инфрақызылдан ультракүлгінге дейін сезімталды немесе сол диапазонда электр магниттік энергиясын тарататын аспаптар болып саналады.Оптоэлектрондық аспаптар ақпаратты алып беруге, өңдеуге және көрсетуге және әртүрлі қондырғыларда электр тізбектері арасындағы гальваникалық түйіні, мысалы басқару сұлбасымен электр энергиясын күшті түрлендірудің күштің бөлігі арасында пайдаланылады. Қолданыста оптоэлектронды аспаптардың келесі түрлері бар.

Жарықты сәуленіп таратытын диод (СИД) — бұл жартылай өткізгіш диоды, жарықты тарататын энергияға электр энергиясын түрлендіру үшін арналған. Негізінде электртехникалық қондырғыларын индикациялауға дайындығын білу үшін, онда кернеу болғаны және әртүрлі объектілердің басқа жайларын, авариялық жағдаяттар туралы сигнал жасау үшін пайдаланады.

Жарықты тарататын диодтар шыны линзалы металды корпуста шығарылады, мұнда сәуленудің өткір бағыттылығы пайда болып, сөйлетін жарық таратуын қалыптастыратын ластмасса корпусты оптикалы мөлдір түсті компаундта және корпуссыз жасалды. Пластамассалы корпуста СИД үлкен өлшемді ақпаратты жарықтық құралдар ретінде көрсетуге матрицалар және желілік шкалаларды теру үшін пайдаланады.

ОСТ 11.339.015 — 81 бойынша жарық тарататын индикаторларын белгілеу сегіз элементтің құрайды: бірінші И — индикатор; екінші П — жартылай өткізгіштік; үшінші Д — бір рет СИД немесе М — СИД мнемоникалық табло үшін; төртінші — құрастыру нөмірі (01 ...69 — басқару сұлбасыз аспап, 70... 100 — басқару сұлбасымен); бесінші — аспап тобы; алтыншы — индикатордағы диодтар саны; жетінші — әріп, диод түсін белгілейтін; сегізінші — цифрі, аспап модификациясын белгілейтін (5 — корпуссыз аспап).

СИД жұмыс кернеуінің төменгі шегі 2,5...3,5 В шегінде жатады, ал тура токтар микроампер ондықтарымен бірліктерін құрайды.

Инфрақызыл тарататын диод (ИК-диод) — бұл жартылай өткізгіш диоды,ол оның үстінен тура ток жүргенде жарықтың инфрақызыл саласында электромагниттік энергияны таратады. Бұл сәуленуді адам көзімен қабылдана алмайды және тек қана спектрдің сәйкесті жолына сезімтал фотоқабылдағышпен ғана тіркеледі.

Жұмыс принципі, исполнение и основные области применения у ИК-диодтардың қолдану негізгі облыстары және орындалуы СИД сияқты өткізіледі. Соңымен қатар, олар оптикалық байланыс және гальваникалық түйінді талап ететін қондырғылармен желілерде және технологиялық процестердің автоматика және бақылаудың әртүрлі датчиктарында пайдаланады. ИК-диодтарының тұрақты тура кернеуі бірнеше вольт құрайды, ал тұрақты тура ток — бірнеше ондық немесе жүздік микроампер.

Фоторезистор — бұл жартылай өткізгіш аспап, қарсылығы оның жарықтығына байланысты өзгереді.

Фотодиод — бұл диод, өткізгіштігі оған оптикалық сәуленуі әсер еткенде пайда болады.

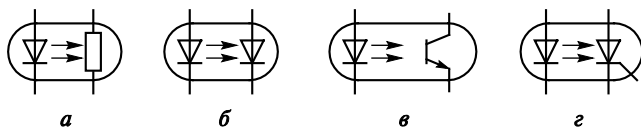
Фототиристор — бұл аспап, оған жарық сәулесі әсер ету нәтижесінде бір тұрақты жайынан басқаға ауысады.

Фототранзистор — бұл жартылай өткізгіш аспап, оның әсері құбылыстың ішкі эффектіне негізделеді.

Оптожұп — бұл оптоэлектрондық жартылай өткізгіш аспап, сәулендіретін және фотоқабылдайтын элементтерінен құрылған, олардың арасында оптикалық байланысы бар және электр изоляциясымен (гальваникалық түйін) қамтамасыз етілді. Оптожұпта сәулендіргіш ретінде СИД, ИК-диод немесе асаминиатюрды қыздыру лампочкасы саналады. Фотоқабылдауыш элемент түріне байланысты резисторлы, диодты, транзисторлы және тиристорлы оптожұптарға бөлінеді. Осы оптожұптарының шартты көрінісі 11.7.сур. ұсынылады.

Резисторлы оптожұпта (сур. 11.7, а) фоторезистор қолданылады, оның қарсылығы сәулену әсерінен азаяды. Резисторлы оптожұптар ОЭП типті аналогтік және кілті қондырғыларда пайдаланады, кіріс кернеуі 3,8...5,8 В және шығыс тоғы 0,2...20 мА бір немесе екі фоторезисторды қамтиды (ОЭП-7, 14 және 16).

Диодты оптожұпта (сур. 11.7, б) кремний негізінде фотодиод, ал сәулендіруші ретінде ИК-диод саналады. Диодтік оптожұптар АОД101(А, Б, В, Г), АОД107(А, Б, В), ЗОД101(А, Б, В, Г), ЗОД107(А, Б) металшынылық және пластмассалық корпустарда жасалады және кіріс кернеулері 1,5.1,8 В және шығыс кері кернеуі 0.15.20 В. құрайды. Оптожұптар АОД112А-1, ЗОД112А-1, АОД120(А-1, Б-1), ЗОД121(А-1, Б-1, В-1), АОД201, ЗОД201 сондай негізгі параметрлері бар корпуссыз орындалуында жасалады. Диодты оптожұптар АОД109 (А,



Сур. 11.7. Оптожұптардың шарты көрінісі:

а — резисторлы; б — диодты; в — транзисторлы; г — тиристорная

Б, В, Г, Д, Е, Ж, И) и ЗОД109(А, Б, В, Г, Д, Е, Ж, И) үш жеке оптожұптардан құралды.

Транзисторлық оптожұпта (сур. 11.7, в) фотоқабылдауыш ретінде фототранзистор саналады. Транзисторлық оптожұптар белгіленуі: аз қуатты — АОТ123, 126, 128 и ЗОТ123, 126; орта қуатты — АОТ110, 122, 127 и АОТ110, 122, 127; екіканалды — АОТ101.

Тиристорлық оптожұпта (рис. 11.7, г) қабылдауыш элемент ретінде кремнийлі фототиристор қолданылады. Аз қуатты оптотиристорлар АОУ103(А, Б, В) және ЗОУ103(А, Б, В, Г, Д) серия құрамында металшынылық корпуста және АОУ 115(А, Б, В) пластмассалық корпуста шығарылады.

Қуатты оптотиристорлар ТО115 типті 10 А токқа және жұмыс кернеулері 100... 1 000 В; ТО132 типті — 25 және 40 А токқа және 200.1 200 В кернеулерге; ТО 142 және ТО 165 типті — 50, 63, 80 А токқа және 200.1 200 В кернеулерге шығарылады.

Тиристорлар оптронды симметриялы (оптосиммисторлар) ТСО 142, 152 типті 80 А дейін токқа және 1200 В дейін кернеуге шығарылады. Оптотиристорлық модульдер МТОТО және оптотиристорлы-диодтық МТОД 160 А дейін токқа және 1 200 В дейін кернеуге, ал МТО2 25 А дейін токқа және 1 400 В дейін кернеуге шығарылады.

Бақылау сұрақтары

1. Қандай элементтер аналогтік деп аталады?
2. Операционды күшеткіш деген не?
3. Автоматика сұлбаларында реттеуіштердің қандай типтері бар?
4. Логикалық элемент дегенің не?
5. Триггер деп нені атайды?
6. Микропроцессормен микропроцессорлық жүйенің қандай құрылымы бар?
7. Программаланған контроллер деген не?
8. Оптоэлектронды аспаптардың қандай түрлерін білесіздер?
9. Оптожұп деп нені атайды?

КҮШТІК ЖАРТЫЛАЙ ӨТКІЗГІШ ТҮРЛЕНДІРГІШТЕР

12.1. Түрлендіргіштердің жалпы сипаты

Түрлендіргіш деп сапа көрсеткіштері бар электр энергиясын басқа мәнді сапасы бар энергияға аударатын электротезникалық қондырғы. Электр энергияның параметрлері ретінде тоқа және кернеу түрі, олардың жиілігі, фазалар, кернеу фазаларының саны. Электр энергияның түрлендіру түрі бойынша түрлендіргіштер келесідей бөлінеді:

- түзеткіштер, ауыспалы токты тұрақтыға түрлендіреді;
- инверторлар, тұрақты токты ауыспалыға аударады;
- ауыспалы ток кернеу регуляторлары, бұр шамаданауыспалы токтың кернеуін сол жиілікте ауыспалы ток кернеуін басқа шамаға түрлендіреді;
- жиілік түрлендіргіші, ауыспалы токта бір жиіліктегі кернеуді бауспалы токтың басқа жиіліктегі кернеуіне түрлендіреді;
- тұрақты ток кернеуінің реттеуіштері, олар бір шамалы тұрақты ток кернеуін тұрақты ток кернеуінің басқа шамасына түрлендіреді;
- фазалар түрлендіргіштер, ауыспалы ток кернеуінің фазалар санын өзгертуін іске асырады.

Түрлендіргіштерге жартылау өткізгіш (контактсіз) коммутациялық аппараттарды, үзіліссіз көректендіру агрегаттарды (жүйелер) және кернеу стабилизаторларын жатқызады.

Егер түрлендіргіштердің күшті бөлігі жартылай өткізгіш аспаптарда құрылса (диодтар, транзисторлар, тиристорлар немесе олардың модульдері), түрлендіргіш жартылай өткізгіштік деп аталады. Сондай түрлендіргіштердің жағымды жақтары ретінде олардың жоғары КПД, жылдам әрекеттенуі және қызмет мерзімі, электромеханикалық контактар болмауы, электр қондырғысымен технологиялық жабдықты автоматтандыруда кең мүмкіндіктер болуын атау қажет.

Осы типті түрлендіргіштердің кемшіліктеріне жартылай өткізгіш аспаптардың төмен аса жүктеу қабілеті және олардың кедергіге қорғанысы, көректенетін кернеу синусоидалдық формасына жұмыс барысында енгізілетін бұрмаланулар жатады.

12.1. Күштік жартылай өткізгіш аспаптар және модульдер

Диодтар. Диод деп екі электродты (анод-катод) жартылай өткізгіш аспапты атайды, онда ток болғанда оны катодпен салыстырғанда (тура кернеу) анодтағы электр потенциалы бір жақты өткізуімен өте жоғары болады. Диодқа кері кернеуді жібергенде ол токты өткізуді тоқтатады (жабылады).

Диодтар түрлендіргіштердің барлық түрлерінде қолданылады және бірінші кезекте түзеткіштерде. Диод белгіленуі сур. 12.1, а. Көрсетілген.

Күштік диодтарды салқындатуда арнайы салқындыққыштар (радиаторлар) пайдаланады, олармен қосылу әдісі бойынша диодтар істікшелік, фланцтік және таблеткалыққа бөлінеді.

Өзінің сипатамаларымен қызметі бойынша диодтар жалпы қызметті, жылдам қалпына келуші (жоғары жиілік) және Шоттки диодтарына бөлінеді.

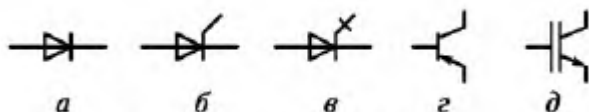
Жалпы арнаулы диодтар электр сигналдардың 1 кГц дейін жететін жиілікте(жиі — 50 Гц) жұмыс жасайтын қондырғыларда пайдаланылады. Осы типті ең қуатты диодтардың жұмыс токтары 5 кА дейін және кернеулері 5 кВ дейін жетеді. Осы топ диодтарының кернеу құлауы 1,5... 3 В құрайды.

Жылдам қалпына келетін диодтар жабылатын қасиеттерді қалпына келтіру үшін аздау уақыты бар — 3 .

5 мкс, бұл оларды жоғары жиіліктегі тізбектермен қондырғыларда — 10 кГц және одан астам пайдалануға мүмкіндік береді. Осы типті қуатты диодтар 1 кА дейін токқа және 3 кВдейін кернеулер пайдаланады.

Шоттка диодтары, қалпына келу үшін аз уақытты жұмсайды(0,3 мкс аспайды), төмен кернеулі (100 В дейін) жоғары жиілікті және импульсты тізбектерде қолданысын табады. 12.1 кестеде жалпы қызметті диодтарының деректері көрсетілген (белгілер Д, В және ДЛ, ВЛ — лавиналық) және жылдам қалпына келуші (белгілер ДЧ және ВЧ).

Жеке диодтардан басқа күштік диодтық модульдер, белгілі ең жиі кездесетін сұлбалар бойынша жинақталған, екі немесе одан астам диодтарды атауға болады. Модульдер



Сур. 12.1. Шарты көрсетулер:

а — диод; б —біроперациялық тиристор; в — екі операциялық тиристор; г — транзистор; д — оқшауланған жапқысы бар өріс транзисторы

Күштік диодтардың техникалық сипатамалары

Аспап типі	I _{FSM}	U _{тгт} , В	U _{тгт} , В (аспайды)	Массасы, кг
B10; B25	0,5; 0,9	1 600 дейін	1,35	0,084 дейін
B50	2,0	1 600 дейін	1,35	0,19
B200, B320	6,0	1 600 дейін	1,35; 1,6	0,5; 1,1
B6-200	6,0	1 600 дейін	1,35	0,29
B500	9,0	3 800 дейін	2,0	0,31
B800	15,0	2 400 дейін	1,85	0,31
B2-320	6,5	4 000 дейін	1,9	0,15
B2-500	7,0	3 000 дейін	1,8	0,47
B2-1600	28,0	1 600 дейін	1,5	0,4
Д112-10; Д112-16	0,21; 0,25	1 400 дейін	1,35	0,006
Д112-25; Д122-32	0,3; 0,4	1 400 дейін	1,35	0,006; 0,012
Д122-40; Д132-50	0,5; 1,0	1 400 дейін	1,35	0,012; 0,027
Д132-63; Д132-80	1,1; 1,2	1 400 дейін	1,35	0,027
Д133-400	7,0	4 000 дейін	2,1	0,2
Д133-500	9,0	2 800 дейін	1,7	0,2
Д143-630	10,0	4 000 дейін	1,6	0,28
Д133-800; Д143-1000	12; 18,0	1600 дейін	2,1; 1,55	0,2; 0,28
Д143-800	15,0	2 800 дейін	1,7	0,28
Д253-1600	28,0	2 000 дейін	1,5	0,55
Д141-100; Д151-125	1,9; 2,2	До 1 600	1,45; 1,35	0,1; 0,18
Д151-160; Д161-200	3,0; 5,5	До 1 600	1,35	0,18; 0,3
Д161-250; Д161-320	6,4; 7,5	До 1 600	1,35	0,3
Д171-400	10,5	До 1 600	1,5	0,51
ВЛ10; ВЛ25	0,5; 0,9	До 1 200	1,35	0,045; 0,084

Аспап типі	I_{FSM} , КА.	U_{RRM} , В	U_{FM} , В (аспайды)	Масса, кг
ВЛ50	2,0	До 1 200	1,35	0,19
ДЛ112-10; ДЛ112-16	0,21; 0,25	До 1 500	1,35	0,006
ДЛ112-25; ДЛ112-32	0,27; 0,4	До 1 500	1,35	0,006; 0,012
ДЛ122-40; ДЛ132-50	0,5; 1,0	До 1 500	1,35	0,012; 0,027
ДЛ132-63; ДЛ132-80	1,1; 1,2	До 1 500	1,35	0,027
ВЛ200; ВЛ320	6,0; 6,6	До 1 200	1,35; 1,6	0,5; 1,1
ДЛ161-200; ДЛ171-320	5,5; 7,5	До 1 400	1,45	0,3; 0,51
ДЛ121-320; ДЛ133-500	5,5; 7,5	До 1 400	1,45	0,07; 0,2
ДЧ151-80; ДЧ151-100	2,4; 2,7	До 1 400	1,85; 1,55	0,18
ДЧ161-125; ДЧ161-160	4,5; 5,0	До 1 400	1,8; 1,45	0,29
ДЧ171-250; ДЧ171-320	8,0; 9,0	До 1 400	2,1; 1,65	0,51
ДЧ143-800; ДЧ143-1000	12,0; 14,5	До 1 800	3,0; 2,3	0,2
ВЧ2-160; ВЧ2-200	3,5; 4,3	До 1 000	1,75; 1,55	0,42

Ескертпелер:

1. I_{FSM} — соқпалы қайталанбайтын тура ток; U_{RRM} — кері кернеудің қайталанатын импульсі; U_{FM} — ашық жайында кернеудің импульстік құлауы
2. Белгілеуде екінші сан — диод А номинал тогы.

Өз белгілеуінде бірінші әрәп бар М, мысалы диодтық модуль М2Д-400.

Тиристорлар. Тиристор деп, үш электродтық (анод— катод—басқарушы электрод) жартылай өткізгіш аспапты атайды, олкатодқа қатысты анодтың жоғарылау потенциалында және басқарушы электродта басқару электр импульсының болғанда тоқты өткізеді. Тиристорлар жабылмайтын(біроперациондық), жабылатын (екіоперациондық), кері бағытта өткізетін (тиристорлар—диодтар) және симметриялық тиристорларға бөлінеді. бір- жәнеекіоперациондықтиристорлардың шартты көрінісі 12.1, б, в. сур. көрсетілген.

Жабылмайтын (біроперациондық) тиристорлар аспатармен толық басқарылмайды,өйткені тек қана анодқа қатысты катодтың өте жоғары потенциалында жабылады.

Ж а б ы л а т ы н (екіоперациондық) тиристорлар басқарушы электродқа теріс сигнал басқаруын берсе жабылады, яғни толық басқарылатын аспап болады. Ең қуатты тиристорлардың 5 кА дейін және одан астам жұмыс токтарын, кернеулерін 6 кВ дейін жетеді. Күшті тиристорлар белгілері: орындалуы — Т және ТЛ (лавиналық), ТБИ және ТЧ — жылдам қалпына келуші және жоғары жиілікті, ТС — симметриялық (триа- ки), ТД — тиристорлар-диодтар, ТЗ — жабылатын тиристорлар. Тиристорлардың бір түрі ретінде оптотиристорлар саналады, олар жарықтық жолмен басқарылып, ТО белгісі бар.

Өздік конструктивтік орындалуы бойынша тиристорларістікше, фланцтік және таблетқалы болады. Тиристорларды салқындату үшін алюминий немесе қола (сирек) қорпасынан жасалған салқындатқыштар (радиаторлар) қолданылады.

12.2 кестеде Т, ТЛ, ТБ, ТЧ және ТС тиристорлардың деректері келтірілген.

К е с т е 12.2

Күштік тиристорлардың техникалық сипатамалары

Аспап типі	I_{TSM} , кА	U_{DRM} , В	U_{TM} , В (астам емес)	Масса, кг
T112-10; T112-16	0,15; 0,2	1 800дейін	1,85; 1,8	0,007
T 122-20; T122-25	0,3; 0,35	До 1 800	1,75	0,012
T130-40; T130-50	0,75; 0,8	До 1 200	1,75	0,013
T 130-63; T130-80	1,2; 1,35	До 1 200	1,65	0,026
T 132-40; T132-50	0,75; 0,8	До 1 200	1,75	0,027
T 132-16; T132-25	0,22; 0,33	До 2 000	2,2	0,027
T 142-32	0,38	До 2 000	2,1	0,053
T142-40; T142-50	0,7; 0,75	До 2 000	2,1	0,053
T142-63; T142-80	1,2; 1,35	До 200	1,65	0,053
T152-63; T152-80	1,1; 1,2	До 2 000	1,95	0,84
T25; T50	0,8; 1,5	До 1 400	1,9; 1,75	0,12; 0,19
T100; T160	3,0; 3,5	До 1 400	1,95; 1,75	0,44
T123-200; T123-250	3,3; 4,5	До 1 600	1,9; 1,75	0,07
T 123-320	5	До 1 600	1,65	0,07

Аспап типі	I_{TSM} , кА	U_{DRM} , В	U_{TM} , В (астам емес)	Масса, кг
T 133-320	6	До 2 000	2,0	0,2
T 133-400	7	До 1 600	1,75	0,2
T 143-400	8	До 2 400	2,15	0,28
T143-500; T143-630	10; 12	До 1 600	1,8; 1,75	0,28
T151-100	2,0	До 1 600	1,85	0,18
T161-125; T161-160	2,5; 3,3	До 1 600	1,75	0,3
T171-200; T 171-250	5; 6	До 1 600	1,75	0,51
T171-320	7	До 1 600	1,6	0,51
T153-630	14	До 2 400	2,1	0,55
T 153-800	16	До 1 800	1,9	0,55
T253-800	16	До 2 400	2,1	0,55
T253-1000	20	До 1 800	1,8	0,55
T253-1250	26	До 1 200	1,6	0,55
T353-800	15	До 3 200	2,3	0,55
T 173-1250	20	3 000	2,5	1,6
T2-160	3,5	До 1 000	1,6	0,3
T2-250	5,5	До 1 600	1,85	0,15
T2-320	8,5	До 1 400	2,1	0,31
T3-320	6,8	До 2 400	2,3	0,31
T500	9,5	До 1 600	2,1	0,31
T630	13	До 2 400	2,3	0,345
T800; T1000	14; 18	До 1 800	2,1	0,345; 0,375
T2-800	16	До 2 400	2,3	0,375
ТБ151-50;ТБ151-63	1,0; 1,1	До 1 200	2,5; 2,15	0,18
ТБ 161-80; ТБ161-100	2,2; 2,5	До 1 200	2,6; 2,15	0,29

Аспап типі	I_{TSM} , кА	U_{DRM} , В	U_{TM} , В (астам емес)	Масса, кг
ТБ133-200; ТБ133-250	5,2; 5,5	1 200 дейін	2,4; 2,0	0,2
ТБ320	6	1 200 дейін	2,8	0,42
ТБ400	7	1 000 дейін	2,1	0,42
ТБ143-320; ТБ143-400	6; 7	1 200 дейін	2,5; 2,1	0,28
ТБ 153-630; ТБ153-800	10; 12	1 200 дейін	2,2; 1,8	0,56
ТБ253-800; ТБ253-1000	20; 21	1 400 дейін	2,25; 1,9	0,6
ТБ2-160; ТБ3-200	4; 4,5	1 200 дейін	2; 1,7	0,47
ТБ171-160; ТБ171-200	4; 2,5	1 200 дейін	2; 1,75	0,51
ТЛ2-160	3,5	900 дейін	1,9	0,42
ТЛ-200	4	1 100 дейін	1,6	0,42
ТЛ-250	4,5	1 100 дейін	1,8	0,7
ТЛ171-250; ТЛ171-320	6,8; 7,5	1 100 дейін	2,05; 1,65	0,51
ТЧ-25; ТЧ-40	0,7; 0,9	900 дейін	3,05; 1,95	0,12
ТЧ-50; ТЧ-63	1,7; 2	900 дейін	2,90; 2,35	0,2
ТЧ-80	2,4	900 дейін	2,6	0,35
ТЧ-100; ТЧ-125	2,8; 3,4	1 200 дейін	2,0; 1,85	0,35
ТЧИ-100	2,4	1 200 дейін	2,0	0,35
ТС2-10; ТС2-16	0,08; 0,1	1 100 дейін	2,0	0,012
ТС2-25; ТС2-40	0,12; 0,2	1 100 дейін	2,0	0,012
ТС2-50; ТС2-63	0,23; 0,25	1 100 дейін	2,0	0,04
ТС2-80	0,33	1 100 дейін	2,0	0,04
ТС80; ТС125	1,2; 1,5	1 200 дейін	2,3; 1,46	0,44
ТС160	1,7	1 200 дейін	1,45	0,44
ТС161-100; ТС161-125	1,0; 1,5	1 200 дейін	1,45	0,298

Аспап типі	I_{TSM} , KA	U_{DRM} , В	U_{TM} , В (астам емес)	Масса, кг
TC161-160; TC161-200	1,8; 2,3	До 1 200	1,75; 1,6	0,298
TC171-250; TC171-320	3,0; 3,3	До 1 200	1,7; 1,5	0,510

Ескерпелер:

1. I_{TSM} —соқпалы қайталанбайтын тура ток; U_{DRM} — жабық жайында кернеудің қайталанатын импульсі; U_{TM} — ашық жайында импульстік кернеу.
2. Белгілеуде екінші сан — тиристордың номинал тогы.

Жабылатын типті тиристорлар Т3132, Т3142, Т3А142, Т3А152 и Т3А165токтарға 40 тан 320 А дейін жәнекернеулері 1 400 В дейін шығарылады.

Тиристорлық және тиристорлы-диодтық модульдербұл аспаптар, өзіне екі немесе одан астам сәйкесті элементері бар, түрлендіргіштердің күштік сұлбалары типтік түйін сұлбалары бойынша жинақталған.Негізгі күштік аспатарынан басқа олар өзіне тізбектер параметрлерін келісу және қорғау функцияларын атұаратын, қосымша қосалкы элементтерін енгізу мүмкін.

Тиристорлық модульдер МТТ 200 А дейін токтарға және 1 600 В.дейін кернеулерге шығарылады.Тиристорлы-диодтық модульдер МТД 250 А дейін жұмыс токтары және 1 600 В.дейін кернеулері бар. Жылдам әрекетті тиристорлар модульдері МТБТБ типті 125 А дейін жұмыс токтары 1200 В дейін жететін кернеулері бар, ал жабылатын тиристорларда МТ31 және МТ34 — 200 А дейін және 1 400 В дейін жетеді.

Транзистор. Транзистор деп, үш электродтық (эми- тер — коллектор — база) жартылай өткізгіш толық басқарытлатын таспапты атайды, ол басқару сигналына байланысты жабық (төмен өткізгіштік) немесе ашық (жоғары өткізгіштік) жайында болу мүмкін. Кіштірілген немесе кілті режимдерде(күшті түрлендіргіштерде қолданылады) жұмыс жасай алады. Ашық жайында транзистор токты өткізеді және онда кернеу төмендеуі аздау, жабық түрінде ол тура кернеуден өтуге мүмкіндігі баржәне оның тогы сол кезде үлкен емес мәнге ие болады.

Күштік ретінде транзисторлардың келесі типтері қолданылады:

- өрістік МОП-транзисторлар (металл — оксид — жартылау өткізгіш транзистор типі) және өрістік статикалық индукциямен, СИТ белгісі бар. МОП-транзисторлар униполярлық транзисторлар деп, аталады;

- биполярдыкәдімгіжәне биполярды транзисторлар окшауланған жапқымен (БТИЗ).

Транзистордың әрбір типі өз ерекшеліктерін және оған сай тиімді пайдалану саласын.

Күштік биполярдық транзисторларының техникалық сипатамалары

Параметр	ТК235-20	ТК235-25	ТК235-32	ТК235-40	ТК235-50	ТК235-63
Коллектордың тұрақты тогы, А	20	25	32	40	50	63
Кернеу коллектор — эмиттер, В	100, 200, 300, 400, 500				100, 200, 300, 400	
Коллектордың импульстік тогы, А	32	40	50	63	80	100
Массасы, кг	0,025	0,025	0,025	0,025	0,056	0,056

Өрістік транзисторлар 100 кГц дейін коммутация жиілігінде пайдаланады және біржарым киловольт кернеумен бірнеше жүз ампер тогын коммутациялауға қабілетті. Биполярдық транзисторларсондай сияқты токтармен кернеулер деңгейлерін қамтиды және олардың жұмыс жиіліктері 20 кГц шамамен кұрайды. Жағымды жақтары ретінде БТИЗ-транзисторда ашық түрінде қуатты төмен жоғалтуы және басқару тізбегінде жоғары кіріс қарсылығы болып саналады.

Кәдімгі және өрістік транзисторлардың оқшауланған жапқысымен шартты көрінісі 12.1, г, д.сур. көрсетілген.

12.3 кестесінде күштік биполярдық транзисторлардың фланцтік орындалуда ТК235 және істікше орындалуында ТК152 деректер келтірілген.Түрлендіргіштерде күштік транзисторлар модулдері жиі кездеседі, олар күштік интеллектуалдық модулдер атауына ие болған. Осындай модульдер,күштік транзисторларынан басқа, ток және температура бойынша қатты кернеуден, аса жүктемелерден қорғауын қамтамасыз ететін элементтерді қамтиды және түрлендіргіштердің басқа блоктарымен қосындысы болады 12.4 кестеде отандық модульдер БТИЗ көрсетілген.

БТИЗ модульдерінің техникалық сипаттамалары

Модуль типі	$U_{к-Э}$, В	I_k , А	P_{max} , Вт
М2ТКИ-400-06	600	400	1 400
М2ТКИ-50-12	1 200	50	400
МДТКИ-50-12	1 200	50	400
МТКИД-50-12	1 200	50	400
М2ТКИ-75-12	1 200	75	625
МДТКИ-75-12	1 200	75	625
МТКИД-75-12	1 200	75	625
М2ТКИ-100-12	1 200	100	800
МДТКИ-100-12	1 200	100	800
МТКИД-100-12	1 200	100	800
М2ТКИ-150-12	1 200	150	1 250
МДТКИ-150-12	1 200	150	1 250
МТКИД-150-12	1 200	150	1 250
МТКИ-200-12	1 200	200	1 550
М2ТКИ-200-12	1 200	200	1 400
МДТКИ-200-12	1 200	200	1 400
МТКИД-200-12	1 200	200	1 400
МТКИ-300-12	1 200	300	2 500
МТКИ-400-12	1 200	400	2 800
М2ТКИ-600-12	1 200	600	3 900
М2ТКИ-800-12	1 200	800	500
МТКИ-1200-12	1 200	1200	7 800
М2ТКИ-50-17	1 700	50	500
МДТКИ-50-17	1 700	50	500
МТКИД-50-17	1 700	50	500
М2ТКИ-75-17	1 700	75	625
МДТКИ-75-17	1 700	75	625
МТКИД-75-17	1 700	75	625
М2ТКИ-100-17	1 700	100	1 000

Модуль типі	$U_{к-э}$, В	I_K , А	P_{max} , Вт
МДТКИ-100-17	1 700	100	1 000
МТКИД-100-17	1 700	100	1 000
М2ТКИ-150-17	1 700	150	1 250
МДТКИ-150-17	1 700	150	1 250
МТКИД-150-17	1 700	150	1 250
МТКИ-200-17	1 700	200	1 750
МТКИ-300-17	1 700	300	2 500
МТКИ-1200-33	3 300	1 200	13 000

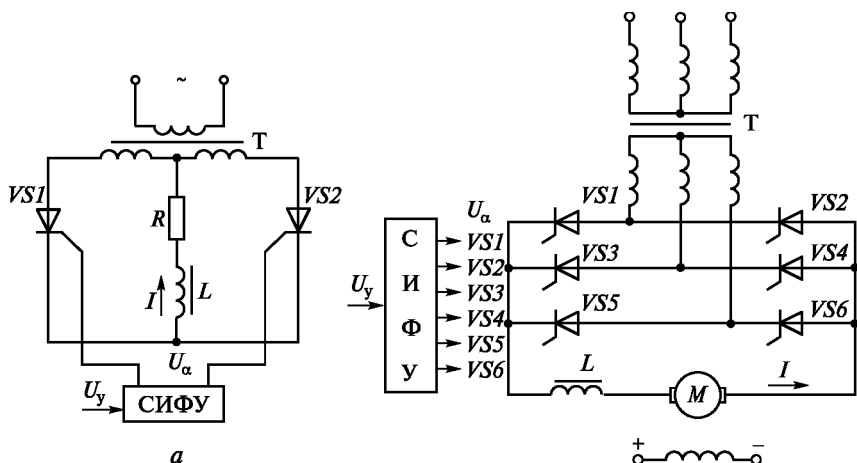
12.3. Түзеткіштер

Түзеткіштер электр жетегінде, электрохимиялық және электрометаллургиялық құрылғыларда, электр көлігінде, электролиз кезінде зарядтау құрылғыларында, тұрақты тоқты электрлік жеткізу желілерінде және тұрақты кернеуді қажет ететін басқа да көптеген жағдайда кеңінен пайдаланады. Түзеткіштер бірнеше белгі бойынша жіктеледі.

Айнымалы ток кернеуінің фазалар саны бойынша түзеткіштер бір фазалы мен үш фазалы деп жіктеледі, күш бөлімінің сызба түрі бойынша — көпірлік және нөлдік шығысы бар болып бөлінеді. Тұрақты (түзетілген) тоқтың шығыс кернеуінің сипаты бойынша түзеткіштер өлшемі мен полярлығы бойынша өзгере алатындар – реттелетін және ондай мүмкіндіктері жоқтар - реттелмейтін болып бөлінеді. Шығыс кернеуінің полярлығын ауыстыруға мүмкіндік беретін түзеткіштер *реверсивтік* деп аталады, олар әдетте реверсивтік емес түзеткіштің екі жинағынан тұрады.

Басқарылмайтын түзеткіштердің күш бөлімінде диодтар мен олардың модульдері, ал басқарылатындарда — тиристорлар пайдаланылады. Айнымалы (кіріс) және тұрақты (шығыс) кернеулерінің кернеу деңгейлеріне келісу үшін түзеткіштер сызбасында айнамалы және тұрақты ток тізбегінің бір уақытта гальваникалық оқшаулауды қамтамасыз ететін трансформаторлары пайдаланылады.

12.2a-суретінде, мысал ретінде нөлдік шығысы бар бір фазалы тиристорлық басқарылатын реверсивтік емес түзеткіштің сызбасы келтірілген. Түзеткіштің құрамына Т трансформаторының екінші



12.2-суреті. Түзеткіштер сызбасы:
 a — нөлдік шығысы бар бір фазалы; b — үш фазалы көпірлік

орамана қосылған және R жүктемесінде екі жартылай кезеңдік түзетілген және өлшемі бойынша реттелетін кернеуді қамтамасыз ететін екі $VS1$ және $VS2$ тиристоры кіреді. Тиристорларды басқару (ИФБЖ) оларды импульстік-фазалық басқару жүйесінен басқаратын электродтарға U_a басқару импульсін беру арқылы жүзеге асырылады. U_y басқару сигналы арқылы тиристорларға импульстар өткізудің сәтін өзгерте отырып, кернеуді жүктеме үстінде реттеуді жүзеге асыруға болады.

12.2, б-суретінде M тұрақты ток қозғалтқышының якорі жүктемесі болып табылатын алты тиристордағы $VS1... VS6$ үш фазалы көпірлік түзеткіштің сызбасы келтірілген. Сонымен бірге, сызбада түзетілген токтың тізбегіне пульсацияны тегістеу үшін қосылатын L реакторы мен козу орамы $ҚОМ$ көрсетілген. Түзеткіштердің өзге де болжамды сызбалары [22] қаралған.

12.5-кестесінде айнымалы және тұрақты ток тізбектерінің өлшемдерін түзеткіштің белсенді жүктемесі кезінде түзетудің түрлі сызбалары үшін байланыстыратын сәйкестіктер келтірілген. Кестеде мынадай белгілер қабылданды: U_2, I_2 — желі (трансформатордың екінші орамы) мен айнымалы токтың әрекет ететін мәндері; $U_{ор}, I_{ор}$ — түзетілген кернеу мен токтың орташа мәндері; $U_{тер\ max}$ — шұраға (диод немесе тиристор) салынатын барынша теріс кернеу; S_1 — айнымалы токтың есептік қуаттылығы (трансформатордың үлгідегі қуаттылығы); $P_{ор}$ — тұрақты ток жағындағы жүктеме қуаттылығы.

Түзеткіштердегі тоқтар мен кернеулер арасындағы сәйкестіктер

Түзету сызбасы	U_{cp}/U_2	$U_{обр\ max}/U_{cp}$	I_2/I_{cp}	S_1/P_{cp}	Пульсация коэффициенті, %
Бір жартылай мерзімді	0,45	3,14	0,785	1,48	157
Бір фазалы нөлдік	0,9	3,14	0,785	1,48	67
Бір фазалы, көпірлік	0,9	1,57	1,11	1,23	67
Үш фазалы нөлдік	1,17	2,09	0,585	1,37	25
Үш фазалы, көпірлік	2,34	1,05	0,817	1,05	6

12.6-кестесінде якорь тізбектерін нәрлендіру мен тұрақты ток қозғалтқыштарын және синхронды қозғалтқыштардың қоздыру тізбектерін қоздыру үшін пайдаланылатын басқарылатын түзеткіштердің мәліметтері келтірілген. Белгілеудегі Р әрпі түзеткіш кернеуінің полярлығын (реверс) өзгертудің мүмкіндігін сипаттайды.

В-ТПЕД сериясындағы түзеткіштер (НПП «Энергия», Мәскеу қаласы; «Уралэлектротяжмаш» ААҚ, Екатеринбург қаласы) қалалық электр көлігінің кергі кіші станциялары үшін жасалған. Олардың 600 В шығыс кернеуі, КПД кемінде 98 %, қуаттылық коэффициенті 0,95 және табиа ауа суытуы бар.

Басқарылатын түзеткіштердің техникалық сипаттамалары

Типі	Жеткізу кернеу, В	Номиналды тоқ, А	Номиналды кернеу, В
ТЕ4, ТП4, ТЕР4, ТПР4	220; 380	500 дейін	230; 460
АТ, АТР	220; 380; 6 000; 10 000	1 600 дейін	230; 460
АТВ, АТВР	220; 380; 6 000; 10 000	800 дейін	230; 460
ТПЗ, ТПЗР	6 000; 10 000	2 500; 4 000; 5 000; 10 000; 125 000	460; 660; 825; 1 050
АТО, АТОР	220; 380	50 дейін	115; 230; 460
КТУ	380; 6 000; 10 000	1 600 дейін	230; 345; 460; 660

В-ОПДЕ үлгісіндегі түзеткіштер (шығарушы «Электр түзеткіші» ААҚ, Саранск қаласы) аккумулятор батареяларын зарядтау және іштен жанатын қозғалтқышты іске қосу үшін пайдаланылады. Олар айнымалы тоқтың шығыс кернеуі 12 немесе 24 В болғанда 22 А номиналды нәрлендіру тогын қамтамасыз етеді. Түзеткіштің нәрлендіру кернеуі — 50 Гц жиілігінде 220 В.

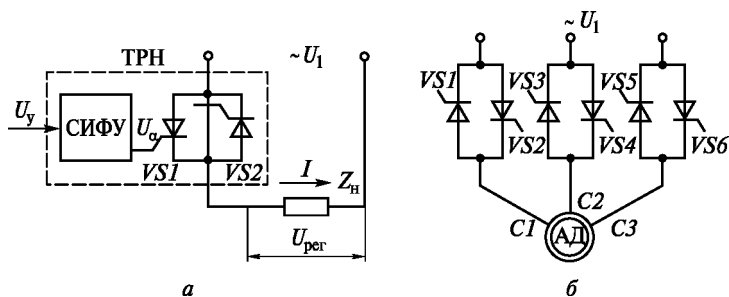
ВГ-ТПЕ и ВГ-ТПВ үлгісіндегі түзеткіштер (шығарушы «Электро түзеткіші» ААҚ, Саранск қаласы) гальваникалық ванналарды технологиялық токпен нәрлендіруге арналған. Олар 12, 24, 48 және 150 В кернеу және үздіксіз орындаудағы 50-12 500 А номиналды тоқтар және риверсивтік орындауда 100-6 300 А тоқтар үшін шығарылады.

12.4. Айнымалы ток кернеуінің реттеуіштері

Айнымалы ток кернеуінің реттеуіштері электрмен қамтамасыз ету жүйелерінде, реттелетін электр жетегінде және электротехнологияда, жарықтандыру және тұрақты ток кернеуінің жиілігін өзгертпей реттеу қажет болатын басқа да көптеген электр қондырғыларында кеңінен пайдаланылады. Олар бір және үш фазалы болуы мүмкін және өздерінің күш бөлімінде негізінен бір операциялық тиристорларды пайдаланады.

Кернеудің тристорлық реттеуіштерінің негізінде асинхрондық және синхрондық қозғалтқыштарды («жұмсақ» қосқыштар немесе «жұмсақ» статорлер) баяу іске қосуға арналған құрылғылар, сондай-ақ түйістіргішсіз түйістіргіштер шығарылады.

Бір фазалы тиристорлық кернеу реттегіштің (ТТР) жеңілдетілген сызбасы 12.3, а-суретінде келтірілген. Оның күш бөлімі U_1 кернеуіндегі қоректендіру көзі мен Z_n жүктемесінің арасында қарсы паралельді сызба бойынша қосылған екі $VS1$ және $VS2$ тиристордан тұрады. U_y басақару импульстарын тиристорларға



12.3-сурет. Айнымалы ток кернеуі реттеуішінің сызбалары

U_a басақару импульстарын тиристорларға беру сәтінен U_y кіріс сигналы арқылы өзгерту $U_{\text{рег}}$ жүктемесіндегі кернеуді нөлден желінің қалыпты жиілігі сақталғанда желілік U дейін реттеуге мүмкіндік береді.

12.3, б-суретінде АҚ асинхрондық қозғалтқышы статорының орамдары жүктемесі болып табылатын кернеудің үш фазалы теристорлық реттеуішінің күш бөлімінің сызбасы көрсетілген. Осы сызбаға тағы да екі жұп теристорды қосу қозғалтқыш статорындағы кернеу фазаларын алмастыруға және сол арқылы оның айналым жиілігін теріс бағытқа өзгертуге мүмкіндік береді. Сондай-ақ, мұндай сызбалар қозғалтқыштарды тежеуді жүзеге асыруда септігін тигізеді.

12.7-кестесінде отандық өндірушінің кернеу реттеуіштері жөніндегі мәліметтер келтірілген, мұнда $U_{\text{ном}}$ арқылы желінің номиналдық кернеуі, $P_{\text{ном}}$ және $I_{\text{ном}}$ — номиналды қуаттылығы мен жүктеме тоғы белгіленген.

ТБҚ-4-XXXXX3 шартты белгісін толық жазудың үлгісі:

ТБҚ —тиристорлық басқару құрылғысы; 4 — әзірлеу нөмірі; X — құрылғының қозғалтқыштарды басқару кезіндегі сипаттамасы: X — соққысыз іске қосу, қуаттылық коэффициентін оңтайландыру; динамикалық тежеу, айналым жиілігін қысқа мерзімді реттеу, механикалық тежеуді басқару; X — номиналды ток (1 - 10 А; 2 - 25 А; 3 - 63 А; 4 - 160 А; 5 - 400 А); X— қозғалтқыш реверсінің бар болуы (0 — реверсіз, 1 — реверспен); X— құрылғының қорғаныс деңгейі(0 — IP00, шкафқа кірістіру үшін; 1 — IP31, қабықшада);

12.7-кесте

Төмен вольтты кернеу реттеуіштерінің техникалық сипаттамалары

Типі	$U_{\text{ном}}$, В	$P_{\text{ном}}$, кВт	$I_{\text{ном}}$, А	Өндіруші
ПН-ТТЕ (ТТВ)	380	До 371	630 дейін	«Инвертор» ААҚ зауыты
РНТО, РНТТ	380, 660	—	630 дейін	«Ресейлік Электротехникалық компания» АҚ
ТБҚ-4	380	—	400 дейін	«Электропривод» ҒӨБ
ПБ	220, 380, 440	—	630 дейін	«УМЗ ӨБ» МБК
ПН	380	—	8 000 дейін	«Электро-выпрямитель» ААҚ
ПНТТ	380	105,6 дейін	160 дейін	«Электро-выпрямитель» ААҚ

ХЗ — климаттық орындау және орналастыру санаты (УХЛЗ — шартты салқын ауа-райы бар блоктары үшін).

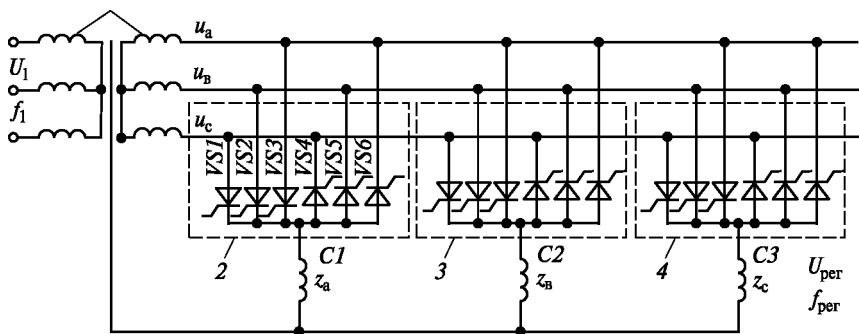
12.5. Жиілік түрлендіргіші

Жиіліктің жартылай өткізгіш түрлендіргіштері (ЖТ) техникалық-экономикалық көрсеткіштерін тұрақты негізде арттыру, олардың номенклатурасын кеңейту мен бағасын арзандату салдарынан әртүрлі электр құрылғыларында кеңінен пайдаланылады. Алдымен, бұл айнымалы тоқтың реттелетін электр жетегіне және электротехнологиялық құрылғыларына тиесілі.

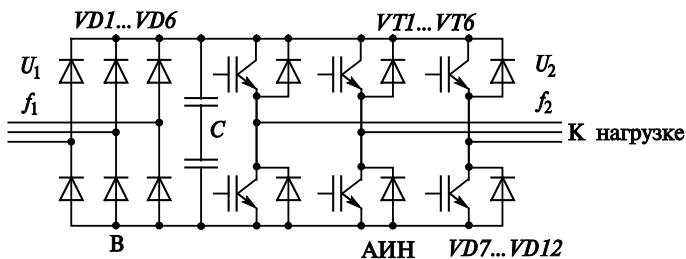
Тікелей байланысы бар түрлендіргіштер мен тұрақты тоқтың аралық буыны бар түрлендіргіштері электр жетегі мен басқа да электр қондырғыларында кеңінен пайдалануда.

Тікелей байланысы бар үш фазалы жиілік түрлендіргіші сызбасының күш бөлімі 12.4-суретінде көрсетілген. Ол Т трансформаторының екінші орамдары мен $C1$, $C2$, $C3$ қысқыштары бар Z_a , 2_e және Z_c жүктемесінің арасында қосылған тиристорлардың үш тобымен $VS1... VS6$ құрлады. Жүктемедегі жиілік f_1 пен мөлшері U_{per} бойынша реттелетін кернеу u_a , u_b және u_c , нәрлендіру көзі (трансформатор) қалыптасады, бұл осы үлгідегі жиілік түрлендіргішінің атауын айқындады. Жүктемедегі кернеу жиілігі f_1 , желілік жүктемеден төмен реттеледі, оның максималды мәні, әдетте, 25 Гц артық болмайды және осы үлгідегі жиілік түрлендіргіші үшін пайдаланудың шектеулі мүмкіндіктерін белгілейді.

Тұрақты тоқтың аралық буыны бар жиілік түрлендіргіштері кең



12.4-сурет: Тікелей байланысы бар жиілік түрлендіргіші сызбасының күш бөлімі
1 — трансформатор; 2... 4 — тиристорлардың фазалық топтары



12.5-сурет. Кернеудің автономды инверторы бар жиілік түрлендіргіші сызбасының күш бөлімі
ом напряжения

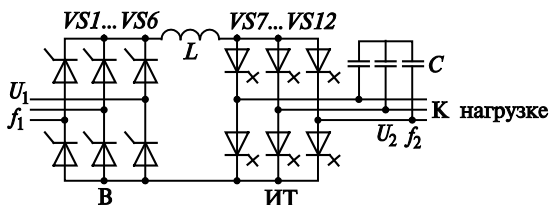
пайдаланылатын екі нұсқа бойынша орындалуы мүмкін. 12.5-суретінде кернеудің автономды инверторы бар үш фазалы жиілік түрлендіргіші сызбасының күш бөлімі көрсетілген. Ол $VD1... VD6$ алты диодымен жинақталған В реттелмейтін түзеткішінен және бақыланатын алты кілттегі АИН кернеудің автономды инверторынан тұрады, сызбада кілттер ретінде құрамында $VT1... VT6$ оқшауланған бекітпесі мен биополярлы транзисторлар және $VD7... VD12$ тұйықтауыш диодтары бар модульдер көрсетілген.

Түзеткіш f жиілігіндегі U_1 айнымалы ток желісінің кернеуін түзетілген кернеуге, ал АИН инверторы — осы түзетілген кернеуді f_2 реттелетін жиілігінің U_2 кернеуіне түрлендіреді. Жүктемедегі U_2 кернеуін реттеу түзетілген кернеудің кең-импульстік модуляциясын пайдалану есебінен жүзеге асырылады. C конденсаторлары фильтрдің және реактивтік қуаттылық пен жүктемені алмастыруды жүзеге асыратын элементтің ролін атқарады.

12.6-суретте ток интервалы (ТИ) бар жиілік түрлендіргіші сызбасының күш бөлігі көрсетілген. Ол $VS1... VS6$ тиристорларындағы В басқарылатын түзеткішін және $VS7... VS12$ жабылатын тиристорлардағы ТИ ток инверторын қамтиды. C конденсаторлары жүктемеге арналған реактивтік қуаттылықтың көзі болып табылады, L реакторы ток инверторының жұмысын қамтамасыз етеді.

Тұрақты токтың аралық буыны бар жиілік түрлендіргіштері желілік жиіліктен төмен және жоғары бола алатын жиілікті реттеудің кең диапазонын қамтамасыз етеді, бұл айнымалы токты реттелетін электр жетектерінде кең пайдалануға септігін тигізеді. Кернеу инверторы бар жиілік түрлендіргіштерін негізінен жылдамдықты реттеу диапазоны 20-ға дейін болған кезде ұзақ жұмыс режимінің реверсивтік емес электр жетектерінде пайдаланылады және қажеттілік бойынша бір ЖТ бірнеше қозғалтқышты нәрлендіруге мүмкіндік береді.

Кернеу инверторы бар жиілік түрлендіргіштерін жиі іске қосумен, тежеумен және қозғалтқыштар жылдамдығын 100-ге дейін реттеу диапазонындағы реверстармен жұмыс істейтін



12.6-суреті. Ток инверторы бар жиілік түрлендіргіші сызбасының күш бөлімі

жеке электр жетектері үшін пайдаланады. Аталған ЖТ желіде қозғалтқыштар тоқтаған кезде энергияны қайта алуды (беру) жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Электрондық техниканың дамуы векторлық басқару деп аталатын жиілік түрлендіргіштерін жасау мен сериялық шығаруға әкелді, мұндайда арнайы басқару сызбалары арқылы қозғалтқыштар жылдамдығын реттеудің ауқымды диапазонын (10 000 дейін) алуға болады.

12.8 және 12.9-сызбаларында айнымалы тоқтың реттелетін

12.8-кестесі

Төмен вольттік жиілік ток түрлендіргіштерінің техникалық сипаттамалары

Типі	$U_{\text{ном}}$, В	$P_{\text{ном}}$, Вт	Жиілікті реттеу диапазоны, Гц	Өндіруші
«Әмбебап»	380	400 дейін	0,5 ... 200, 2 000	ИБП РАН, МЭИ
АП-140	380	500 дейін	0,5 ... 200	«Жетек техникасы» ҒТО
EI-7000	220/380	900 дейін	0,1 ... 400	«Веспер» компаниясы
«Эратон-М4»	380	75 дейін	1 ... 50	«ЭРАСИБ» АҚ
Р	380	110 дейін	2 ... 50	«САПФИР» ҒӨК
АЖТ	380	250 дейін	0,1 ... 100,400	«ЭЛПРИ» ЖШС
«ОМЕГА»	380	315 дейін	0,5 ... 50, 200	«Электровы- прямитель» ААҚ
АТ04	380	315 дейін	0...400	«Триол» корпорациясы
КЭУ	380	45 дейін	2...60	МЭИ

Жоғары вольттік жиілік тоқ түрлендіргіштерінің техникалық сипаттамалары

Типі	$U_{\text{ном}}$, кВ	$P_{\text{ном}}$, Вт	Жиілікті реттеу диапазоны, Гц	Өндіруші
ВПЧА	6; 10	1 250 дейін	2,5...5 5	«Электровыпрямитель» ААӨ
ЖЧ ТТП	6; 10; 15,75	21 800 дейін	3...50	«Электровыпрямитель» ААҚ
КПЧТ	6; 10	1 250 дейін	—	«Электропривод» ААҚ
ЖТ	6; 10; 15,75	8 650 дейін	0,1...60	«Электропривод» ААҚ
АТО 3	3; 6; 10	1 600 дейін	0...50	«Триол» корпорациясы
АТО 7	3; 6	5 000 дейін	0...50	«Триол» корпорациясы
АТО 9	3; 6; 10	2 500 дейін	0...50	«Триол» корпорациясы
СТ-10	3; 6; 10	1 600 дейін	0...50	«Триол» корпорациясы
СТ-17	3; 6; 10	8 000 дейін	0...50	«Триол» корпорациясы
ТПЧ-СД	1...16	25 000 дейін	—	«Ансальдо — ВЭИ» АҚ
ТПЧ-АД	1...4	6 000 дейін	—	«Ансальдо — ВЭИ» АҚ
EI-7009M	6; 10	1 250 дейін	—	«ВЕСПЕР» компаниясы
EI-SN-2001	3; 6; 10	900 дейін	—	«ВЕСПЕР» компаниясы
ЖТСВ	6; 10	20 000 дейін	5...50	«ЭЛТЕКС» компаниясы

12.8 және 12.9-сызбаларында айнымалы тоқтың реттелетін электр жетектерінде пайдаланылатын тиісінше төмен вольттік және жоғары вольттік жиілік түрлендіргіштер жөніндегі мәліметтер келтіріледі, мұнда $U_{\text{ном}}$ — желінің номиналды кернеуі; $P_{\text{ном}}$ — қосылатын қозғалтқыштың номиналды қуаттылығы.

12.6. Қосқыштар мен жартылай өткізгіш түйістіргіштері

Электр жабдықтарының жұмыс беріктігін артыру және оған қызмет көрсетуді жеңілдету талабы жартылай өткізгіш күш элементтері мен құрылғыларын пайдалануға әкеледі. Олардың қатарына әртүрлі мақсаттағы жартылай өткізгіш түйістіргіштері және айнымалы тоқтың қозғалтқышына арналған қосқыштар жатады. Олар күш жартылай өткізгіш құрылғылары – тиристорлар мен транзисторлардың негізінде құрылады – кеңейтілген функциялық мүмкіндіктерімен, жоғары тозу деңгейімен және жылдамдықпен ерекшеленеді.

Тиристорлық түйістіргіштер мен қосқыш құрылғыларындағы күш бөлімінің негізгі элементі - 12.3, а-суретінде көрсетілгендей қарсы-паралельдік сызба бойынша қосылған тиристорлар жұбы болып табылады. Мұндай қосылыс тоқтың нәрлендіру кернеуінің екі жартылай мерзіміне де Z_n жүктемесін өткізуді қамтамасыз етеді.

Үш фазалы жүктемені басқарғанда тиристорлар жұбы барлық үш фазаға қосылады, бұл 12.3, б-суретінде асинхронды қозғалтқышты басқарудың үлгісінде көрсетілген. Осы сызба бойынша бір корпустың ішінде түйіскен екі тиристор болып табылатын симметриялық тиристорды (си- мистор) да пайдалануға болады.

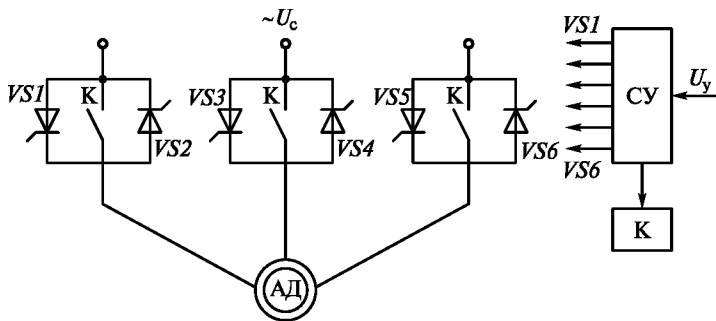
Түйіспейтін қосқыштар. Айнымалы ток қозғалтқыштарын қосқан кезде және де қажет болғанда тежеу мен реверсте басқаруға арналған тиристорлық құрылғылар болып табылады. Олар қозғалтқыштардың қосқыш тоқтары мен іске қосу кезіндегі сәттерін төмендетуге мүмкіндік береді, сондықтан олар «жұмсақ» қосқыштар немесе «жұмсақ» стартерлер деп аталады.

«Жұмсақ» қосқыштар негізінде айнымалы тоқтың кернеу реттеуіштері (12.3-суретін қараңыз) жатыр, бұл асинхрондық және синхрондық қозғалтқыштарының қосқыш тоқтары мен сәттерін сол режимдегі кернеуді төмендету есебінен шектеуді қамтамасыз етеді.

Электрмен қамтамасыз ету жүйесіне оңтайлы әсер етуден басқа төмендетілген қосқыш тоқтары мен сәттеріндегі қосқыш электр жетегінің элементтері мен технологиялық жабдыққа түсетін жылулық және механикалық жүктемені төмендетеді, бұл болса жұмыс мерзімін арттырады. Сонымен бірге қосқыш құрылғылары қозғалтқыштарды тежеуді, реверсті және оны пайдаланған кезде электр жетегінің қажетті қорғанысын қамтамасыз ете алады.

Тұйықтауыш (байпас) электромагниттік түйістіргіші бар гибридік қосқыш құрылғылары да кең таралған. Гибридік қосқыш құрылғысын іске қосу сызбасы 12.7-суретінде келтірілген, мұнда АҚ – асинхронды қозғалтқышы, VS1... VS6 – қосқыш тиристорлары, БЖ – қосқышты басқару жүйесі, Т – түйістіргіш, U_y – басқарудың кіріс сигналы.

Сызба былайша жұмыс істейді. U_y басқару жүйесінің БЖ кіру жеріне беріліс жасау арқылы жүзеге асырылатын қосылыс кезінде Т түйістіргіші қосылмаған және тиристорларды басқару есебінен



12.7-суреті. Гибридтік қосқыш құрылғысын іске қосу сызбасы

қозғалтқышқа төмендетілген немесе біртіндеп жоғарылайтын кернеуді беріледі. Қозғалтқышты төмендетілген қосқыш нүктелерінде жүзеге асырылатын қосуды аяқтағаннан кейін БЖ басқару құрылғысы күш түйістіргіштері арқылы қозғалтқышты желіге тікелей қосатын Т түйістіргішін іске қосады.

Бұл ретте, $VS1... VS6$ тиристорлары түйістіргіштің контактілерімен тұйықталған болады, олар бойынша ток өтпейді, мұндайда құрылғыда энергияны жұмсау қасиеті төмендейді. Тұйықталған түйістіргіші қосылу құрылғысына кіріктірілген (мысалы, 12.11-кестесіндегі БУ.АЭК1М қосылу құрылғысы) немесе жеке жасалған болуы мүмкін.

Электротехникалық өнеркәсібінде шығарылатын қосқыш құрылғылары қуаттылығы мен кернеу бойынша асинхрондық және

12.10-кестесі

Төмен вольттік қосқыш құрылғыларының техникалық сипаттамасы

Типі	$U_{ном}, В$	$P_{ном}, кВт$	$I_{ном}, А$	Өндіруші
ПБН, ПБР	220; 380; 660	—	4 ... 630	«Электропривод» ААҚ
БУ.АЭК 1М	380	315 дейін	—	«ЗВИ» ААҚ
УПР1, УПР2	380	200 дейін	400 дейін	ЧЭАЗ ААҚ
ИРБИ-61	380	315 дейін	—	ИРБИС АҚ
ДМС-010Н ... 550Н	380	400 дейін	710 дейін	«ВЕСПЕР» компаниясы
ПТ	380	—	16; 40	«Инвертор» зауыты ААҚ
АП11	380; 660	315 дейін	600 дейін	«Триол» корпорациясы

Типі	$U_{\text{ном}}, \text{В}$	$P_{\text{ном}}, \text{кВт}$	$I_{\text{ном}}, \text{А}$	Өндіруші
БПУ	380	До 250	630 дейін	«ВНИИР» ААҚ
ПТУ	380	До 250	—	«Электровыпрямитель» ААҚ
УПП	380	До 375	630 дейін	«Электровыпрямитель» ААҚ
БТП, ШТП	380; 660	—	400дейін	ВНИИР, Чебоксары қ.
УПП	380	—	1200 дейін	«ЭЛПРИ» ЖШС

Жоғары вольттік қосқыш құрылғыларының техникалық сипаттамасы

Типі	$U_{\text{ном}}, \text{В}$	$P_{\text{ном}}, \text{кВт}$	Өндіруші	Ескертпе
УБПВД	6; 10	12500дейін	«ВНИИР» ААҚ	АҚ СҚ үшін
АС15	3; 6; 10	8 000 дейін	«Триол» корпорациясы	—
ПН-ТТП	6; 10	6 000 дейін	«Союз» корпорациясы	АҚ СҚ үшін
ТПУ-СД	6; 10	6 000 дейін	«Ансальдо — ВЭИ» ААҚ	СҚ үшін
ПТУ50-6	6	400 дейін	«Электровыпрямитель» ААҚ	СҚ үшін
УППВЭ	6; 10	15 000 дейін	«ЧЭАЗ» ААҚ	—

синхрондық қозғалтқыштардың барлық номенклатурасын қамтиды. 12.10, 12.11-кестелерінде тиісінше төмен вольттік және жоғары вольттік отандық құрылғыларының мәліметтері келтірілген.

Жартылай өткізгіш түйістіргіштері. Оларды үздіксіз нәрлендіру құрылғыларында, конденсатор батареяларының деңгейлерін ауыстыру, жарықтандыру құрылғыларын басқару үшін және басқа да қондырғыларда пайдаланады. Олар электромагниттік түйістіргіштеріне балама ретінде тұрақты және айнымалы токтың күш тізбектерінің коммутациясы үшін шығарылады.

Электротехника өнеркәсібі табиғи коммутациясы бар айнымалы токтың кернеуі ТКЕО — 250/380 үлгісіндегі 380 В номиналды кернеуіне, жүктеме желілірінің коммутациясы үшін 250 А номиналды токқа және ТКЕП 100/380 мен тиісінше ТКЕП — 250/380100

Түйістіргіш түрі	Номиналды кернеу, В	Номиналды ток, А	Бір сағатта қосылу саны, кемінде	Төзімділігі, млн цикл		Салмағы, кг	Қысқа түйісу тогы, кА	Ажырату уақыты, мс
				механикалық	коммутациялық			
КТ64-37	380	400	600	5	5	72	9	20
КТ65-37	660							
КТ64-39	380	630	600	5	5	94	20	20
КТ65-39	660							
КТП64-33	380	160	2 000	16	5	21,6	8	12
КТП65-33	660					23,0	9	
КТП64-35	380	250	2 000	10	5	41,5	13	12
КТП65-35	660							
КТП64-37	380	400	1 200	10	5	72	19	20
КТП65-37	660							
КТП64-39	380	630	1 200	10	5	102	20	20
КТП65-39	660							

12.12-кестесінде айнымалы ток гибридітк түйістіргіштерінің, ал 12.13 — тұрақты токтың техникалық сипаттамалары келтірілген

12.13-кестесі

Тұрақты ток гибридітк түйістіргіштерінің техникалық сипаттамалары

Түйістіргіш түрі	Номиналды ток, А	Номиналды кернеу, В	Өлшемдері, мм			Салмағы, кг
			Еңі	Биіктігі	Тереңдігі	
КП81-33	160	220	390	473	256	29
КП81-35	250	220	480	555	303	41,5
КП81-37	400	220	503	480	435	60
КП81-39	630	220	565	580	465	90

12.7. Тұрақты тоқ кернеуін реттегіштер

Тұрақты тоқ кернеуінің реттегіштері электр энергиясының көзі аккумуляторлық батарея, электр құралының тұрақты тоғының байланыс желісі секілді тұрақты тоқтың реттелмейтін кернеуі көзі болған жағдайда жүктемеде тұрақты тоқ кернеуін реттеуді жүзеге асыру қажет болған жағдайда қолданылады. Тұрақты тоқты қайта өңдеу ретінде қуатты жартылай өткізгіштік басқарылатын кілттер – тиристорлар мен транзисторлардың барлық түрлері қолданылады. Оларда кернеуді реттеу қоректендіру көздерінің кернеуін модуляциялау есебінен өтеді.

Кернеуді импульсті қайта өңдеу жұмысының қағидасын 12.8-суреттегі сызба көрсетеді, мұнда Z_n , U_n , I_n - сәйкесінше кедергі, кернеу және жүктеменің тоғы, E – қоректендіру көзінің кернеуі, БЖК – басқарылатын жартылай өткізгіш кілт, VD – қайтарма диод. Жүктемеде кернеуді реттеу жүктемені қоректендіру көзіне қосу және оны сөндіру болатын мерзімді түрде БЖК матасу және ажырату есебінен жүзеге асырылады. Олардың жүруінің өзгермейтін жүйесінде олардың жиілігін (жиілік-импульстік тәсіл) немесе өзгермейтін ұзақтығын кезінде олардың жиілігін (жиілік-импульстік тәсіл) кезінде импульстар ұзақтығын өзгерте отырып, жүктемеде кернеуді нольден қоректендіру көзінің кернеуіне дейін реттеуге болады.

Кең-импульсты кеңінен таралған тәсіл, бұл жерде U_n жүктемеде орташа кернеу E қоректендіру көзінің кернеуімен байланысты, t_n импульсының ұзақтығы және T олардың жүру кезеңі келесі қатынаста:

$$U_n = t_n E / T = \gamma E$$

мұнда γ —импульстардың (қуыстылығы) шамамен ұзақтығы, $\gamma = t_n / T$.

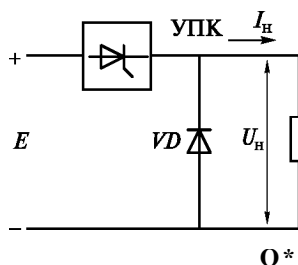
Кернеудің импульсты қай өңдеу өзінің кеңінен қолданысын жылжымалы құрамның тұрақты тоқтың ауырлық желісінен қоректендіру кезінде электр құралдарында тапты. Олардың қатарына РТ – 300/700 типті қайта өңдегіш жатады, олар троллейбустар мен трамвайлардың кейбір түрлерінде қолданылады.

Олардың келесі техникалық мәліметтері бар:
ауырлық желісінің кернеуі 550 В, номиналдық жұмыс тоғы

340 А, ауырлық режимінде барынша жұмыс тоғы

480 А-дан аспайды, массасы

1 800 кг.



12.8-сурет. Тұрақты тоқ кернеуінің импульсті реттеу сызбасы

12.8. Инверторлар, үздіксіз қоректендіру құрылғылары және тұрақтандырғыштар

Инвертор. *Инвертор* дегеніміз талап етілетін белгіленген жиілікте (мысалы, 50 немесе 400 Гц) ауыспалы токтың бір фазалық немесе үш фазалық кернеуде немесе реттелетін жиіліктің кернеуде тұрақты токтың кернеуін қайта өндеуге арналған электр техникалық құрылғы.

Инверторлар үздіксіз қоректендіру көздерінде тұрақты токтың аралық тізбегімен жиілікті қайта өндеу құрамында немесе жеке құрылғы ретінде пайдаланылады. Инвертор деп тұрақты токтың дабыл полярылығын өзгерту (инверторлар) үшін қолданылатын аз қуатты электрондық басқару құрылғысы. Мұндай құрылғы операциялық күшейткіш базасында орындалуы мүмкін (осы анықтаманың 11.1-бөлімшесін қара).

Электр техникалық өнеркәсіп номиналдық қуаттылығымен, кіріс және шығыс кернеуінің деңгейімен, шығыс фазасының жиілігі мен санымен, орындалатын функция жинағымен ерекшеленетін инверторлардың кең номенклатурасын шығарады. 12.14-кестеде ауыспалы токтың жиілігі ($50 \pm 0,5$) Гц бір фазалық 230 В ± 2 % кернеуін алуға арналған «Инвертор» зауыты ЖАҚ (Орынбор қ.) өндірісінің ПОС типтес инверторлар мәліметтері келтірілген.

Үздіксіз қоректендіру құрылымы. Олар электр энергиясын жауапты тұтынушыларға, оларға, жекелегенде, байланыс құралдарын және диспетчеризация, өмір қамсыздандыру медициналық аппаратура, есептеу техникалық құрылымын және атом электр станцияларының өзге де объектілерін үздіксіз қоректендіруді қамтамасыз етуге арналған.

12.14-кесте

ПОС типтес инверторлардың техникалық мәліметтер

Өлшемдер	ПОС-24-230-2,5-50	ПОС-60-230-16-50
Кіріс кернеу, В	21 ... 32	54 ... 75
Барынша қолданылатын ток, А	44,5	86,9
Номиналдық кіріс қуаты, В · А	630	3 500
Жүктеменің қуаттылығы коэффициенті	0,8 ... 1,0	0,8 ... 1,0
Номиналдық кіріс выходной ток, А	2,5	16

Осы функцияны орындау үшін құрылым құрамына резервті қоректендіру көзі (әдетте аккумуляторлық батарея немесе дизель-генераторлық қондырғы (инвертор, ауыстыратын құрылым (әдетт электрондық контактор) және басқарудың қажетті элементтері.

Негізгі қоректендіру көзінің кернеуі жоғалған немесе едәуір төмендеген кезде (ауыспалы тоқтың өнеркәсіптік желісі) құрылым тез арада (бірнеше микросекунд ішінде) «резервті қоректендіру-инвертор» блогына тұтынушыны автоматты қосуды жүзеге асырады. Нәтижесінде электр энергиясын тұтынушы белгілі уақыт ішінде талап етілетін өлшемде үздіксіз ала алады. Қоректендірудің негізгі көзінің кернеуі қайта қалпына келген жағдайда автоматты түрде тұтынушыны электр энергиясына қайтадан қосу жасалады.

Үздіксіз қоректендірудің көптеген құрылымы аккумуляторлық батареяның автоматты зарядын және терең разряд кезінде оның автоматты ажыратылуын жүзеге асыруға қабілетті, ал олардың кейбіреуі кернеудің және оның жиілігінің тұрақтандырылуын қамтамасыз етеді.

Үздіксіз қоректендіру құрылымы үздіксіз қоректендіру агрегаттары (ҰҚА), үздіксіз қоректендіру жүйесі (ҰҚЖ) және кепілді электрмен қамсыздандыру жүйесі (КЭЖ) түрінде орындалады. 12.15-кестеде 50 Гц жиілігімен 400 В номиналдық кіріс үш фазалық кернеуі бар «Инвертор» зауыты ААҚ-ның ҰҚЖ бойынша мәліметтері берілген.

Үздіксіз қоректендірудің ҰҚА типтес агрегатының («Электровыпрямитель» ААҚ) 50 немесе 60 Гц жиілігінің нольдік шығуымен 380 кіріс үш фазалық кернеуі бар. Агрегаттар 400 В көлемімен жүктемеде және 50 (60) Гц жиілікте үш фазалық кернеуді қамтамасыз етеді. Бұл агрегаттардың техникалық мәліметтері 12.16-кестеде берілген.

12.15-кесте

ҰҚЖ типтес үздіксіз қоректендіру жүйесінің техникалық мәліметтері

Көрсеткіш	СБП-10	СБП-15	СБП-20	СБП-10	СБП-15	СБП-20	СБП-30
Қуаттылығы, кВт	10	15	20	10	15	20	30
Шығыста кернеу, В	230	230	230	400	400	400	400
Шығыста фаза саны	1	1	1	3	3	3	3
100% жүктеме кезінде КПД	88	89,3	89,7	87,8	88,9	89,7	90,6

Үздіксіз коректендіру агрегаттарының техникалық сипаттамасы

Өлшемдер	АБП-0-16, АБП-1-16, АБП-3-16	АБП-0-31,5, АБП-1-31,5, АБП-3-31,5
кіріс тоқ, А	25	50
Кіріс қуаттылығы, кВт·А	17,3	34,6
КПД, %	80 ... 82	85 ... 87

Стабилизаторлар. Кернеуді коректендіру сапасына артқан талаптармен тұтынушыларды тұрақтандырылған кернеумен жарақтауға арналған (қазіргі уақытта шығарылатын және қуатты орындауда ЧПУ-мен станоктар, теле- және радиоаппаратура, есептеу кешендері, медициналық қондырғылар, атом электр станцияларындағы тұтынушылар). Оларға, жекелегенде, 2 % -ға дейін дәлдікпен жүктемеде 220/380 кернеуді тұрақтандыруды қамтамасыз ететін 10-нан 200 кВт-ке дейін номиналдық қуаттылықпен СТС-3 және СТС-10 маркалы тұрақтандырғыштар («РУСЭТ» компаниялар тобы).

Элетротехникалық өнеркәсіп кіріктіріле салынған кернеудің тұрақтандырғышымен үздіксіз коректендіру құрылымын шығарады.

12.9.**Қуатты өзгерткіштерді таңдау**

Қуатты өзгерткіштерді таңдау үшін негіз өзгерткіш жүктемесінің сипаты мен мәліметтері және оның жұмысының шарты болып табылады. Өгерткіштерді таңдау келесі көрсеткіштер мен өлшемдер бойынша жүзеге асырылады:

- коректендіретін желінің және жүктеменің көлемі, фаза саны және кернеу жиілігі;

- номиналдық қуаттылықтың немесе жүктеме тоғының көлемі;
- шығыс кернеудің және (немесе) жиіліктің реттеу диапазоны;
- (S1, S2, S3) электр қондырғыларының жұмыс режимі;
- тоқ бойынша өзгерткіштің жүктемесінің рұқсатты артуы;
- талап етілетін қорғау, дабыл беру және диагностика құралдарының болуы;
- ІР қорғаныс деңгейі;
- Климаттық орындалу және орналасу санаты, теңіз деңгейінен биіктік,

пайдалану шарты.

Өзгерткіштерді таңдау кезінде қосымша факторлар ретінде КПД, массалық көлемді және құнымен көрсеткіштер, сенімділік көрсеткіштері (жұмыс істемей қалуын өңдеу, орташа қызмет ету мерзімі, қайта қалпына келу орташа мерзімі), жасалатын кедергілердің деңгейі ескерілуі мүмкін. Осы факторларды ескере отырып, сапаның ықпалдасқан көрсеткіштерін және өзгерткіштердің жеке көрсеткіштерін салмақтық коэффициенттерін (маңыздылық коэффициенті) пайдалану орынды болып табылады.

Қозғалтқыш үшін жартылай өткізгіш жіберу құрылымы өзгерткіштер сияқты көрсеткіштер арқылы таңдалады. Оларға қосымша мыналар ескерілуі керек:

Қозғалтқыш жұмысының реверсивті немесе реверсивті емес сипаты; жіберу тоғын шектеу тәсілі; (қозғалтқыштың механикалық жүктемесі түрімен анықталатын жіберу кезінде кернеудің өзгеруінің орынды сипаты);

Қозғалтқышты электр тежеу қажеттілігі; жібергішке басқару дабылын беру тәсілі – электрмеханикалық байланыс (батырма, басқару кілті) немесе басқарудың әлеуетті дабылы (кернеулік немесе тоқпен); жібергіштің тозуға шыдамдылығы; қосуың рұқсатты жиілігі.

Бақылау сұрақтары

1. Қандай жартылай өткізгіштер диод, тиристор және транзистор деп аталады?
2. Транзисторлардың қандай көп түрлілігін білесіз?
3. Тиристорлардың қандай көп түрлілігін білесіз?
4. Қуатты жартылай өткізгіш құралдар үшін осы уақытқа дейін жұмыс тоғының және кернеуінің барынша мәніне қол жеткізілді?
5. Қуатты жартылай өткізгіш модульдар дегеніміз не? Оларды іске асырудың мысалдарын келтір.
6. Түзегіш дегеніміз не? Түзегіштердің қандай сызбасы тәжірибеде қолданылады?
7. Ауыспалы тоқ кернеуінің реттегіші дегеніміз не?
8. Жиілікті өзгерткіш дегеніміз не және жиіліктің қандай жартылай өткізгіштік түрлері бар? Ч
9. Инвертор дегеніміз не?
10. Тұрақты тоқтың кернеуін импульсты реттегіші қызметінің қағидасы неде?
11. Үздіксіз қоректендіру агрегаты дегеніміз не?
12. Кернеуді тұрақтандырғыш қандай мақсаттарға қолданылады?

ЖҰМЫС МАШИНАЛАРЫНЫҢ ЖӘНЕ МЕХАНИЗМДЕРІНІҢ ЭЛЕКТР ЖЕТЕГІ

13.1. Электр жетектерінің тағайындалуы және жіктелуі

Электр жетек — бұл жалпы жағдайда технологиялық үрдісті жүзеге асыру мақсатында жұмыс машиналарын орындаушылық органдарын қозғалысқа келтіру және осы қозғалысты басқару үшін арналған өзара әрекет ететін электр, электр механикалық және механикалық өзгерткіштерден, басқару және ақпараттық құрылғылардан және сыртқы электр, механикалық ілеспе құрылғылардан тұратын электр механикалық жүйе.

Электр жетегінің құрылымдық сызбасы (ЭЖ) 13.1-суретте келтірілген. ЭЖ элементінің тағайындалуы төмендегілерден тұрады:

Электрқозғалтқышы — электр энергиясын механикалыққа өзгертуге (кейде қайтадан өзгерту үшін) арналған электромеханикалық өзгерткіш.

Электрэнергиясын өзгерткіш — бір өлшемдегі немесе көрсеткіштегі электр энергиясын өзге өлшемдегі немесе көрсеткіштегі электр энергиясына ауыстыруға арналған.

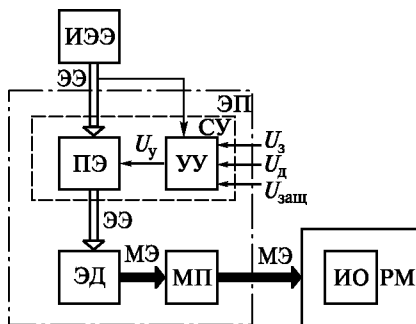


Рис. 13.1. Электр жетегінің құрылымдық сызбасы

ЭҚ — электр қозғалтқышы; ЭӨ — электр энергиясын өзгерткіш; БҚ — басқару құрылымы; БЖ — басқару жүйесі; МТ — механикалық тапсыру; ЭЖ — электр жетек; ЖМ — жұмыс машинасы; АО — жұмыс машинасының атқару органы; ЭЭК — электр энергиясының көзі; ЭЭ — электр энергиясы; МЭ — механикалық энергия; U , U_y , U_d , $U_{защ}$ — тапсырма, басқару, ауыспалы және қорғаныс көрсеткіштерінің дабылы

Механикалық өткізу — механикалық энергияны электр қозғалтқышынан жұмыс машинасының атқару органына өткізуге және олардың қозғалысын түрі мен жылдамдығын келісуге арналған механикалық өзгерткіш.

Басқару құрылымы — ЭЖ-де әсерді басқаруды қалыптастыруға арналған құрылым. Оның құрамына ауыспалы ЭЖ туралы ақпаратты алу, өзгерту, сақтау, бөлу және беру үшін арналған ақпаратты құрылым, технологиялық үрдіс және қосарлас жүйелер, және де ЭЖ жұмыс машинасымен және ЭЖ жеке бөліктерінің өзара әрекетін қамтамасыз ететін электр және механикалық элементтер жиынтығы.

ЭЖ басқару жүйесі — жұмыс машинасының атқару органының тапсырылған қозғалысын қамтамасыз етуге арналған басқару құрылымы мен электр энергиясын өзгерткішінің жиынтығы.

Жұмыс машинасы — еңбек құралдары нысанының, қасиетінің, ахуалының және жағдайының өзгеруін жүзеге асыратын машина.

Жұмыс машинасының атқару органы — технологиялық операцияны орындайтын жұмыс машинасының қозғалмалы элементі.

13.1-кестеде ЭЖ элементтерінің және жұмыс машиналарының атқарушы органдарының мысалдары келтірілген.

Қазіргі уақытта жалпы өнеркәсіптік тағайындалуда электр жетекте басты түрде тұрақты тоқ қозғалтқыштары, асинхрондық и синхрондық айналма қозғалысының қозғалтқыштары пайдаланылады. Тұрақты тоқ қозғалтқыштарымен электр жетектері реттелетін ЭЖ ретінде дәстүрлі түрде қолданылады, дегенмен соңғы 20 жыл ішінде олардың реттелетін ЭЖ санындағы үлесі 95%-дан 15%-ға төмендеді.

Бұл электр техникалық өнеркәсібінің шығарылуымен ауыспалы тоқтың қуатты өзгерткіштері кең номенклатурасы тұрақты тоқ қозғалтқыштарынан жасауға оңай, пайдалануда сенімді және арзан реттелетін ЭЖ кеңінен қолдау тауып кеңінен пайдаланылып жүр. Ауыспал тоқтың реттелетін ЭЖ арнайы құрылымның синхрондық – қоздыру жүйесі үшін тұрақты магнитімен индукторлық, желдеткіш-индукторлық қозғалтқыштарын пайдалану үйреншікті жағдай.

Сонымен бірге ауыспалы тоқтың қозғалтқыштары ЭЖ-ның дәстүрлі түрінде де пайдаланылуын жалғастырып келеді. Асинхрондық қозғалтқыштар үшін бұл халық шаруашылығының барлық саласында көпшілік тағайындалатын реттелмейтін ЭЖ. Синхрондық қозғалтқыштар үшін бұл қоздыру тоғын реттеу есебінен электрмен қамсыздандыру жүйесінде реактивті қуаттылықты өтейтін осы қозғалтқыштардың жағымды қасиетін пайдаланатын жоғары вольтты ЭЖ.

ЭЖ элементтерін іске асыру

Белгіленуі	Атауы	Іске асыру мүмкіндігі
ЭҚ	Электрқозғалтқышы	Асинхрондық, синхрондық, айналма қозғалысын тәуелсіз, бірізді, немесе аралас қоздырумен тұрақты ток, вентильді, желілік, вибрациялық, сфериялық, адымдық
ӨЗ	Өзгерткіш	Түзетуші, жиілікті өзгеркіш, кернеуді реттегіш
МТ	Механикалық тапсыру	Цилиндрлік және ирелең редукторлар, ременьдік және тізбекті тапсыру, электромагнитті муфталар
БҚ	Басқару құрылымы	Басқарудың релелік сызбасы, реттегіштер, басқарудың микропроцессорлық құралы, есептегіш құрылымдар және есте сақтау құрылымы, драйверлер, интерфейстік құралдар
АО	Жұмыс машинасының атқарушы органы	Ұсталық және фрезерік станоктар шпинделі, таптаушы стандр дөңгелектері, конвейр лентасы, кабина, көтергіштің скипи немесе шыбығы, насос немесе желдеткіштің жұмыс дөңгелегі

ЭЖ жіктелуі бірнеше белгілер бойынша орындалады.

1. Қозғалтқыштар саны мен ЖМ АО қатынасы бойынша айырмашылығы шығады:

- Бірнеше ЖМ АО қозғалысын немесе бір ЖМ-ның бірнеше АО қызметін қамтамасыз ететін топтық ЭЖ;
- индивидуальный ЭП, обеспечивающий движение одного ИО одной РМ;
- бір немесе бірнеше қозғалтқыштардан тұратын өзара байланысты ЭЖ немесе механикалық өзара байланысты ЭЖ, олардың жұмысы кезінде олардың жұмыстары кезінде берілген олардың жылдамдықтары және (немесе) жүктемесі және (немесе) ЖМ АО ережелері қатынасы сақталады. ЭЖ арасында механикалық байланыстың болуы кезінде ЭЖ *көп қозғалтқышты* электр байланыс болған кезде - *электр валы* деп аталады..

2. Қозғалыс сипаты бойынша айырады:

- айналма, келетін және қайталама-келетін қозғалыстар ЭЖ;
- үздіксіз және дискретті қозғалыс ЭЖ;
- реверсивті және реверсивті емес ЭЖ.

3. Қолданылатын қозғалтқыштар түрі бойынша сәйкесінше тұрақты және ауыспалы тоқ қозғалтқыштары бар тұрақыт және ауыспалы тоқ ЭЖ деп бөледі. ЭЖ-ның егжей-тегжейлі жіктелуі [25] келтірілген.

13.2. Электр жетектің механикасы

ЭЖ қозғалысының теңдігі. ЭЖ тағайындалуы ЖМ АО қозғалысын қамтамасыз етуде және осы қозғалысты басқаруда болып отыр. Электр қозғалтқышының (ротар немесе якорь), механикалық тапсыру элементтерін немесе жұмыс машинасының атқару органының қозғалыс сипатын және өлшемдерін талдау үшін қозғалысты суреттейтін теңдеуді білу керек. Бұл теңдеулер механиканың физикалық заңын айқындайды және қозғалыстағы материалдық дененің өзгермейтін массасы кезінде (инерция сәтінде) келесі түрде болады: келіп түскен қозғалыста — $\sum F = m dv/dt = ma$; айналу қозғалысы кезінде — $\sum M = J d\omega/dt = J\epsilon$, мұнда $\sum F$ және $\sum M$ — сәйкесінше қолданыстағы күш пен сәттер; m және J — сәйкесінше масса және инерция сәті; ω , v — сәйкесінше қозғалыс жылдамдығының бұрыштығы және түзулігі; $a = dv/dt$ және $\epsilon = d\omega/dt$ — сәйкесінше келу және айналу қозғалысы кезінде сәйкесінше күшеюі; t — уақыт.

Егер $\sum F = 0$ немесе $\sum M = 0$, то $dv/dt = d\omega/dt = 0$ және қозғалыс тұрақты жылдамдықта өтеді және қондырылған деген атауға ие. Осы шартқа материалдық дененің тыныштық ахуалының жеке жағдайы де сәйкес болады.

$\sum F > 0$ немесе $\sum M > 0$ болған кезде, қозғалыс күшею арқылы өтеді, ал $\sum F < 0$ или $\sum M < 0$ — кезінде баяу өтеді.

ЭЖ жұмысының негізгі режимінде, осы уақытта қозғалтқыштың негізгі түрі болып табылатын айналма қозғалысының қозғалтқышы M қозғалыс сәтін құрады, ЖМ АО - қозғалысқа кедергі сәтін құрайды (механикалық жүктеме сәті) M_c . Сол кезде қозғалтқыш валы үшін қозғалыс теңдеуі келесі түрге енеді:

$$M - M_c = J d\omega/dt.$$

Қозғалтқыштың валында кедергі сәті M_c келесі формула бойынша анықталады:

$$M_c = M_{\text{ио}} / (\eta_{\text{мп}} i_{\text{мп}}), \text{ немесе } M_c = F_{\text{ио}} \rho_{\text{мп}} / \eta_{\text{мп}},$$

мұнда $M_{\text{ио}}$, $F_{\text{ио}}$ — ЖМ АО өзінің қызметінде құрайтын сәйкесінше сәті немесе жігері; $\eta_{\text{мп}}$ — КПД ЭЖ механикалық тапсыру; $i_{\text{мп}}$, $\rho_{\text{мп}}$ — сәйкесінше ЭЖ тапсыру саны және механикалық тапсырыс келтіру радиусы.

Бұл жерде инерция сәті мына формула бойынша анықталады

$$J = J_{\text{эд}} + J_k / i_k^2 + m_i \rho_i^2,$$

мұнда J_k — k элементінің инерция сәті немесе ЖМ АО; i_k — k элементі және қозғалтқыш валы арасындағы кинематикалық тізбегінің тапсыру саны; m_i — айналып тұрған i элементінің немесе ЖМ АО массасы.

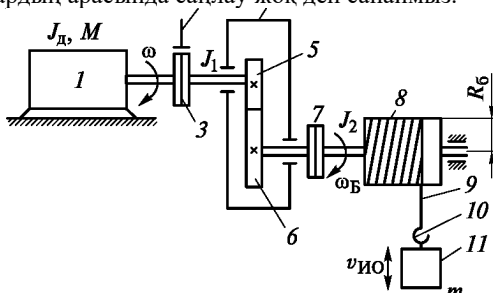
$M_{\text{ио}}$, $F_{\text{ио}}$, J_k , m_i қозғалтқыш валына қайт есептеу келтіру операциясы деп аталады.

Қозғалыстың келтірілген теңдеуі ЭЖ мен ЖМ АО барлық механикалық элементтері өте қатты қабылданатын жағдайда бір массалық есептік сызбаға сәйкес келеді, ал кинематикалық сызбадағы саңлау есептелмейді. Осы факторларды ескеру кезінде көп массалық есептік сызба алынады.

13.1-мысал. 13.2-суретте ЭЖ көтергіш сымның механикалық бөлігінің сызбасы келтірілген. Келтіру операциясын орындап, ЭЖ механикалық бөлігінің бір массалық есептік сызбасын алу.

Шығыс мәліметтер: қозғалтқыш роторының инерция сәті $J_o = 0,1 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$; барабан инерциясының сәті $J_6 = 2 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$; жүк массасы $m = 2000 \text{ кг}$; жүкті көтеру жылдамдығы $v_{\text{ио}} = 0,8 \text{ м/с}$; тартқыш барабанының радиусы $R = 0,4 \text{ м}$; КПД бәсеңдеткіш $\eta_p = 0,97$; КПД тартқыш сым барабаны $\eta_6 = 0,96$; бәсеңдеткіштің тапсыру саны $i = 36$; еркін құлаудың күшеюі $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Есептеу кезіндегі жіберулер: тежегіш шкив, редуктор тегершігі және муфта инерциясы сәттерін елемей, сызбаның барлық элементтері абсолютті түрде қысылған және олардың арасында саңлау жоқ деп санаймыз.



13.2-сурет. Көтергіш сым ЭЖ-ның кинематикалық сызбасы:

1 — қозғалтқыш; 2 — тежегіш шкив; 3, 7 — қосушы; 4 — бәсеңдеткіш; 5, 6 — бәсеңдеткіштегершігі; 8 — барабан; 9 — трос; 10 — ілгек; 11 — көтеретін жүк

1-шешім. Барабан айналымының жылдамдығын анықтаймыз:

$$\omega_6 = v_{\text{ио}}/R_6 := 0,8/0,4 = 2 \text{ с}^{-1}.$$

2. Қозғалтқыш роторының айналымының жылдамдығын табамыз:

$$\omega = i\omega_6 = 36 \cdot 2 = 72 \text{ с}^{-1}.$$

3. Кинематикалық тізбектің келтіру радиусын есептейміз:

$$r = v_{\text{ио}}/\omega = 0,8/72 = 0,011 \text{ м}.$$

4. Қабылданған жіберулер кезінде бір массалық есептік сызба үшін инерцияның келтірілген сәтін табамыз:

$$J = J_d + J_6/i^2 + mr^2 = 0,1 + 2/36^2 + 2\,000 \cdot 0,011^2 = 0,34 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

5. Сым тартқыштың бәсеңдеткішінде және барабанында жер тартылысы мен үйкеліс күшімен негізделген келтірілген жүктеме сәтін табамыз:

$$M_c = (mgr)/\eta_p \eta_6 = 2\,000 \cdot 9,81 \cdot 0,011/0,97 \cdot 0,96 = 263 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Осы шарттарды орындауды тексеру және белгіленген жылдамдықты анықтау аналитикалық болуы немесе қозғалтқыштың және ЖМ АО механикалық сипаттамасы көмегімен жасалады.

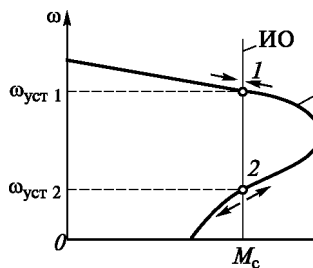
Қозғалтқыштың механикалық сипаттамасы дамушы сәттен $\omega(M)$ оның айналма жылдамдығына немесе даму күшінен желілік жылдамдығына $v(F)$ (келіп түскен қозғалыс қозғалтқышы) тәуелділігін атаймыз.

Қозғалтқыштың табиғи сипаттамасының қосылуының негізгі (паспорттық) сызбасына және қоректендіретін кернеудің номиналдық өлшемдеріне сәйкес келеді. Табиғи сипаттамасына $\omega_{\text{ном}}$, $M_{\text{ном}}$ координаттарымен қозғалтқыштарының номиналдық (паспорттық) режимінің нүктесі орналасқан.

Егер қозғалтқыш негізгі сызбасыз қосылса немесе оның электр тізбегіне қандай да бір қосымша электр техникалық элементтер – резисторлар, конденсаторлар, немесе қозғалтқыш номиналдық емес өлшемдер кернеуімен қоректенсе жасанды деген сипаттамаға ие болады. Бұл сипаттама қозғалтқыш ауыспалысын (координат) – тоқтың, сәтің, жылдамдығын жағдайын реттеу мақсатында алынатындықтан олар реттеушілік деп аталады.

ЖМ АО механикалық сипаттамасы

ЖМ АО айналма қозғалу кезінде және $\omega_{\text{ио}}(M_{\text{ио}})$ келу қызметі кезінде оның қозғалысының жылдамдығына немесе ондағы күшке, яғни, $v_{\text{ио}}(F_{\text{ио}})$ тәуелділігі аталады.



13.3-сурет. АД қозғалтқышының механикалық сипаттамасы және жұмыс машинасының атқару органы

Келтіру операциясы нәтижесінде бұл сипаттамасы түріне тәуелділікке қайта түрленеді $\omega(M_c)$, мұнда ω — қозғалтқыш жылдамдығы; M_c — оның валына келтірілген жүктеме сәті (кедергілер).

Қозғалтқыштың сандық механикалық сипаттамасы және ЖМ АО қаттылығымен бағаланады,

$$\beta = dM/d\omega \approx \Delta M/\Delta\omega \text{ болып анықталады.}$$

13.3-суретте мысал үшін ЭД сипаттамасы және ЖМ АО сипаттамасы оның валына келтірілгенде қондырылған қозғалыс 1 нүктесінде $\omega_{\text{уст}1}$ жылдамдығымен және 2 нүктесінде $\omega_{\text{уст}2}$ белгіленген жылдамдығымен көрсетілген. 1 нүктесінде орнықты қозғалыс бар, $\omega_{\text{уст}1}$ жылдамдығы ауытқыған кезде жүйе қозғалыстың жылдамдығын қайта келтіруге тырмысады. 2 нүктеде қозғалыс тұрақсыз, $\omega_{\text{уст}2}$ жылдамдығы өзгерген жағдайда оның мәні қайта қалпына келтірілмейді.

Қозғалтқыштың орнықтылығына тексеріс сипаттаманың қаттылығы ұғымын пайдалана отырып, аналитикалық орындалуы мүмкін. Қозғалыс мына шартты орындау кезінде орнықты болады

$$\beta - \beta_c < 0, \text{ немес } \beta < \beta_c,$$

мұнда β және β_c — қозғалтқыш пен жұмыс машинасының атқару органының механикалық сипаттамасы қаттылығына сәйкес.

ЭП қондырылмаған қозғалысы. Ол қозғалтқыш пен жүктеме сәттерінің бір-бірінен айырмашылығы болған болады, яғни $M \neq M_c$. ЭП қондырылмаған қозғалысы қозғалтқыштың жіберілуі, тежеу және артқа жүру кезінде, оны реттеу үрдісінде бір жылдамдықтан екінші жылдамдыққа ауысуы немесе валға жүктеменің өзгеруі кезінде болады. Қондырылмаған қозғалысты ЭП ауыспалы үрдісі деп те атайды. ЭП ауыспалы үрдісі [7, 9] қарастырылған.

ЖМ АО қозғалысын басқару ауыспалы немесе координаттары деп атайтын қозғалтқыш валының жылдамдығын, жеделдету немесе жағдайы, ЭП есебінен қамтамасыз етеді. Жұмыс машиналарының қатары үшін сәттің көлемін немесе атқару органына күшті реттеу қажет болады, бұл қозғалтқыш сәтін реттеуді қамтамасыз етеді.

Бұдан өзге, ЭП жұмысы кезінде оның элементтерінің жылудан, механикалық коммутациялық жүктемелерден шектеу қажеттілігі туындайды. Мысалы, тұрақты ток қозғалтқыштары үшін 2-3 есе номиналдық ток деңгейінде якорь тоғының ауыспалы үрдісінде шектеу қажет етіледі.

Ауыспалы ЭП реттеу қозғалтқыштың жасанды (реттеу) сипаттамасы көмегімен жүзеге асырылады.

Ауыспалыны реттеу кезінде электр жетек құрылымы. Реттелетін ауыспалының орындалатын функциялары, түрі және саны және технологиялық үрдістердің деңгейі ЭП автоматталмаған және автоматталған деп бөлінеді.

Автоматталмаған ЭП-да басқару операциясын қарапайым құралдармен адам (оператор) орындайды.

Автоматталған ЭП-да көптеген басқару операциялары технологиялық үрдіс талаптарына сәйкес оның басқару жүйесімен орындалады. Автоматталған ЭП өз кезегінде ашылған және жабық болып бөлнеді.

Ашық ЭП-да сыртқы әсерлер (жүктеме сәті, коректендіру кернеуінің ауытқуы және т.б.) оның ауыспалылығына әсер етеді, осыған байланысты мұндай ЭП олардың реттеушілігіне жоғары сапа қамтамасыз ете алмайды. Ашық ЭП қарапайым сызбаларда құрылады және сондықтан ондау мен пайдалануда қарапайым.

ЭП жабық құрылымында реттелетін ауыспалы (координаттары) ЭП-ға сыртқы әсерді толық немесе жартылай жоюды қамтамасыз етеді. О үшін ЭП-да реттелетін координаттар бойынша (қайтарма байланыс және ауытқу қағидасы) немесе сыртқы әсерлер (ауытқушылық әсерді өтеу қағидасы) бойынша қайтарма байланыстар пайдаланылады. ЭП-да қайтарма байланыстардың барлық түрлері – жағымды және теріс, желілік және желілік емес, қатты және жұмсақ, реттелетін ауыспалы-жылдамдық, тоқ, жағдай және т.б. түрлері бойынша іске асырылатындар пайдаланылады.

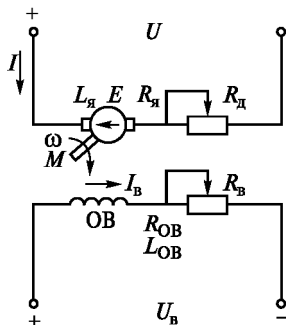
ЭП жабық құрылымдар жиі жағдайда бірнеше координатты реттеу жүзеге асырылады. Бұл жағдайда жабық ЭП тәуелді координаттарды реттеумен сызбаның жалпы күшейткіш сызбасы жүзеге асырылады.

Координаттарын реттеумен ЭП құрылымы [7, 9] қарастырылды.

13.3. Электр жетегі тұрақты ток қозғалтқыштары

ЭЖ тұрақты тогы тәуелсіз, дәйекті және аралас қоздырылатын, сондай-ақ тұрақты магниттерден қоздырылатын қозғалтқыштар пайдаланыланылады.

Тәуелсіз қоздырылатын тұрақты ток қозғалтқышының қосу сұлбалары мен статистикалық сипаттамалары (ТҚТТҚ). ТҚТТҚ-ын қосудың негізгі сұлбасы 13.4 суретте көрсетілген, мұнда мынадай белгілеулер қабылданған: I , I_b , — зәкір және қоздыру ОҚ орамдар тізбектеріндегі орамдар, A ; E — ЭҚК-і зәкірдің, B ; ω — бұрыштық жылдамдық, c^{-1} ; M — қозғалтқыштың мезеті, $H \cdot m$; $R_{o.я}$ — зәкірдің кедергісі жалпы жағдайда зәкір ораманың кедергісінен $r_{o.я}$, қосымша полюстерден $r_{д.п}$, өтемдеуші орамадан $r_{к.о}$ және түкше тәрізді түйіспеден $r_{ш}$, $R_{я} = r_{o.я} + r_{д.п} + r_{к.о} + r_{ш}$, Ом; $R_{ов}$ —



Сур. 13.4. Тәуелсіз қоздырылатын тұрақты ток қозғалтқышын қосу сұлбасы

қоздыру орамасының кедергісі, Ом; $L_я$ және $L_{ОВ}$ — қоздыру мен зекірдің орама индуктивтілігінен, Гн тұрады. Сұлбада зекір $R_д$ және қозу $R_в$ орамдардың қоса лқы кедергілер көрсетілген, сондай-ақ зекір мен қозу орамаларының қуат көздері тиісінше U және $U_в$ кернеуімен.

Статикада қозғалтқыштың жұмысын сипаттайтын тендеулердің түрі мынадай:

$$U = E + IR;$$

$$E = k\Phi\omega;$$

$$M = k\Phi I,$$

мұндағы U — зекірге кернеу келтіретін, В; R — зекір тізбегінің толық кедергісі, $R = R_я + R_д$, Ом; Φ — магнитті ағыны, Вб; k — қозғалтқыштың құрылмалық коэффициенті, $k = pN/(2\pi a)$ (p — жұп полюстерінің саны; N — зекір орамасының белсенді өткізгіштер саны; a — зекір орамасының параллельді тармақтарының саны).

Қозғалтқыштың электромагниттік моменті оның білігіне тең кезінде, ал зекір реакциясы болмағанда, оның электромеханикалық сипаттамаларына ю(1) арналған формуласының түрі

$$\omega = (U - IR)/(k\Phi).$$

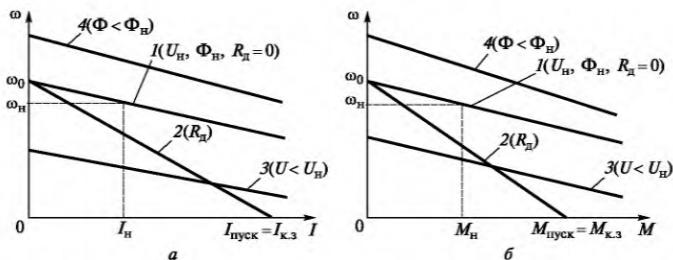
Механикалық сипаттамаларына ω (М) арналған формуласы келесідей түрде:

$$\omega = U/(k\Phi) - MR/(k\Phi)^2.$$

$\omega_0 = U/(k\Phi)$ формуласы ТҚТТҚ-тың идеалды бос жүріс жылдамдығын анықтайды, I және M нөлге тең болғанда.

Осы формулалармен сәйкес ТҚТТҚ-тың электромеханикалық және механикалық сипаттамалары сызықтық байланыстылықтың тоқ пен моменттен бұрыштық жылдамдығын білдіреді. Жұмыстың қозғалыс режиміне сәйкес келетін ТҚТТҚ-тың табиғи электромеханикалық (сур. 13.5, а) және механикалық (сур. 13.5, б) сипаттамаларының (желі 1) табиғи бөлікшелері сур. 13.5 көрсетілген. Бұл режимде қозғалтқыштың жылдамдығы мен моменті бірдей бағытта болады.

ТҚТТҚ-тың қозғалыс режимінен басқа, электрлік машина ретінде, бос жүріс режимінде жұмыс істей алады, онда кезде қозғалтқыштың моменті мен зекірдің тогы нөлге тең болады; қысқа тұйықталу (іске қосу), онда қозғалтқыш тежеу моментін жетілдірген кезінде қозғалтқыш іске қосу моменті мен генераторды жетілдіреді. ТҚТТҚ жұмысының генераторлық режимі оны қосқан кезде желісімен және желісінен тәуелсіз параллельді, бірізді орыны болады және



Сур. 13.5. Тәуелсіз қоздырылатын тұрақты ток қозғалтқышының
электромеханикалық (а) және механикалық (б) сипаттамалары:
1 — табиғи; 2 — зәкір тізбегіне қосымша кедергісін енгізу кезінде; 3 —
зәкірге берілетін кернеудің өзгерген кезінде; 4 — магнит
тік ағынының өзгерген кезінде

қозғалысты жылдам тоқтату үшін пайдаланады, өйткені бұл режимінде машина өз білігіндегі тежеу моментін жетілдіреді.

Алынған формулалармен сәйкес ТҚТТҚ-тың жылдамдығын реттеу зәкір тізбегіне R_d қосымша кедергісіне қосу, өзгерту кернеу зәкірде U кернеуін және Φ магниттік ағынының өзгерту есебінен жүзеге асырылуы мүмкін. Бұл ретте зәкір тізбегіне қосымша кедергіні (сипаттамалары 2), кернеудің төменгі мәндерін (сипаттамалары 3) және магнит ағынының (сипаттамалары 4) енгізу кезінде алынатын жасанды (реттеу) сипаттамалары сур. 13.5 көрсетілді. ТҚТТҚ-тың талап етілетін реттеу сипаттамаларын алу үшін қосымша резисторлардың, кернеудің және магнит ағынының (қозу тоғының) кедергілерінің шамаларын есептеу, сондай-ақ осы тәсілдердің техникалық жүзеге асырылуы қарастырылды [7, 9].

Іске қосу ТҚТТҚ қозу орамындағы қуат көзіне алдын ала қосылған кезінде зәкірге кернеуді берумен жүзеге асырылады. Іске қосу кезінде ток кәдімгі орындау қозғалтқыштардың зәкір тізбегіне ток жіберу кезінде $I_{\text{доп}} = (2...3)I_{\text{ном}}$ деңгейінде шектелуі тиіс, бұл зәкір тізбегіне қосымша (іске қосу) резисторлардың іске қосылуының уақытша қосылуынан немесе зәкір кернеуінің төмендеуінен қамтамасыз етіледі. $R_{\text{пуск}}$ іске қосу резисторын есептеу мына формула бойынша жүзеге асырылады

$$R_{\text{пуск}} = U_{\text{ном}}/I_{\text{доп}} - R_{\text{я}}.$$

Мысалы 13.2. ТҚТТҚ 2ПН132М үлгідегі бар номиналды кернеуі $U_{\text{ном}} = 220$ В, ток $I_{\text{ном}} = 23$ А және зәкір тізбегінің жиынтық кедергісі $R_{\text{я}} = 0,9$ Ом. Іске қосу резисторының кедергісін есептеу, оны қосу кезінде зәкір тізбегіне іске қосу тогы $2,5I_{\text{ном}}$ тең болады.

Шешімі. Келтірілген формула бойынша есептеу жүргіземіз:

$$R_{\text{пуск}} = U_{\text{ном}} / I_{\text{доп}} - R_{\text{я}} = 220 / (2,5 \cdot 23) - 0,9 = 2,93 \text{ Ом}$$

$R_{\text{я}}$ зекір тізбегінің меншікті кедергісі анықтамалық әдебиет [24] бойынша анықталуы мүмкін, онда $R_{\text{я}}^* = R_{\text{я}} / R_{\text{ном}}$ зекірдің салыстырмалы кедергісі $R_{\text{ном}}$ қуатынан жалпылама тәуелділігі келтіріледі; тәжірибе арқылы тікелей кедергісін өлшеу арасында қозғалтқыштың қылшақтары арасындағы кедергілерін тікелей өлшеу; номиналды түркұжат деректері үшін жақындатылған формула:

$$R_{\text{я}} = U_{\text{ном}} / I_{\text{доп}} - R_{\text{я}} = 220 / (2,5 \cdot 23) - 0,9 = 2,93 \text{ Ом}$$

онда $\eta_{\text{ном}}$ — қозғалтқыштың номиналды ПӘК-і; $R_{\text{ном}}$ — қозғалтқыштың номиналды кедергісі, $R_{\text{ном}} = U_{\text{ном}} / I_{\text{ном}}$

ТҚТТҚ-тың тежеуі генераторлық режимнің үш түрінің біріне қозғалтқыштың ауысуынан жүзеге асырылады. Бұл үш режимнің тиісінше динамикалық тежелу, қарсы қосылудың тежелуі және рекуперативті тежелу атаулары бар.

Динамикалық тежеуді жүзеге асыру үшін қозғалтқыш зекірі қосымша резистор тежеуіне матастырылады, қарсы қосылуымен тежеу жүргізіледі өзгерту зекірде кернеу полярлығын өзгертумен жүргізіледі, бұл кезде қоздыру тізбегі өзінің қуат көзіне қосылған болып қалады.

Осы тәсілдер кезінде тежеу, сондай-ақ зекірде токты ұйғарынды деңгейге дейін шектеу қажет. Қосымша резисторларды бұл үшін пайдалану кезінде олардың кедергісінің шамасы мына формулалар бойынша есептеледі:

динамикалық тежелу кезіндегі —

$$R_{\text{д.т}} = U_{\text{ном}} / I_{\text{доп}} - R_{\text{я}}$$

қарсы қосылу тежеу кезінде —

$$R_{\text{т.п}} = 2U_{\text{ном}} / I_{\text{доп}} - R_{\text{я}}$$

Рекуперациялық тежеу кезінде ЭЖ және ИҰ РМ элементтерінде дайындап алынған қуат (рекуперленген) желіге берілуі мүмкін, "басқарылатын түзеткіш— қозғалтқыш" жүйесінде іске асырылады, онда зекір қозғалтқыш зекірі басқарылатын электрмашиналық немесе жартылай өткізгіш түзеткіштен қуат алады. Бұл үшін зекірге берілетін кернеуді төмендетеді, зекір жылдамдығы қозғалтқыштың бос жүріс жылдамдығынан аз болуы үшін және бұл рекуперативті тежелудің шарты болып табылады. Токты шектеу бұл кезде кернеу қарқынын төмендетілуін таңдау есебінен болады.

Реверс қозғалтқыш жылдамдығының қарама-қарсы бағытта өзгеруін білдіреді. Бұл үшін зекірде кернеу полярлығын өзгерту жүргізіледі және реверс мәні бойынша қозғалтқыштың қарама-қарсы бағытында тежеу мен екпін

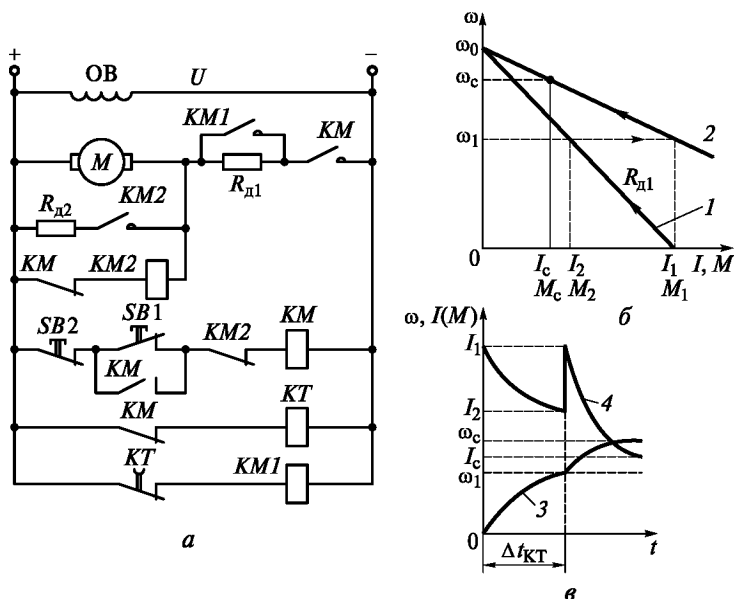
алуынан тұрады. Қозғалтқыш реверсі және қозу орамындағы токтың бағытын өзгерту есебінен жүзеге асырылуы мүмкін, бірақ бұл әдіс сирек қолданылады.

ТҚТТҚ -тың іске қосу және динамикалық тежелу сұлбасына мысал, уақыт релесін пайдалана отырып, 13.6.-суретінде келтірілген.

Басқару сұлбасы (сур. 13.6, а) қамтиды басқару батырмасын $SB1$ (іске қосу) және $SB2$ (тоқтату, қозғалтқышты тоқту), қозғалтқышты желіге қосылуын қамтамасыз ететін KM түйістіргісі, $R_{д1}$ іске қосу резисторын өшіру үшін (иірілу) $KM1$ жеделдету түйістіргісі және $R_{д2}$ тежегіш резисторды қосу және өшіру үшін $KM2$ тежеу түйістіргісі. Сұлба ЭЖ жұмысын автоматтандыру үшін электромагниттік релесі KT уақытысында пайдаланылған.

У кернеуіндегі қуат көзіне сұлбаларды қосу кезінде қозғалтқыштың қозуы жүреді және KT уақыт релесімен іске қосылақы, бұл $KM2$ түйістіргіш ораушының тізбегінде өзінің ажыратқы түйіспелігін ажыратады және қозғалтқышты іске қосуға дайындайды. Сұлба бастапқы (дайындық) күйін қабылдайды.

$SB1$ батырмасын басқаннан кейін қозғалтқышты іске қосу басталады, нәтижесінде KM түйістіргіш ораушы қоректендіріледі,



Сур. 13.6. Тәуелсіз қоздырылатын тұрақты ток қозғалтқышын тежеу мен іске қосуды басқару:

- а — басқару сұлбасы; б — сипаттамалары; в — өтпелі процестің кисығы;
1 — реостаттық іске қосу сипаттамасы, 2 — табиғи сипаттама; 3 — жылдамдық кестесі; 4 — ток және момент кестесі

өзінің күштік түйіспелігімен қозғалтқышты қуат көзіне қосады. Қозғалтқыш екпінін жасанды (іске қосу) сипаттамасы 1 бойынша (сур. 13.6, б) зәкір тізбегіндегі $R_{д1}$ іске қосу резисторымен бастайды. $KM1$ түйістіргіштің бір мезгілде тұйықтаушы блок-түйіспесі $SB1$ батырмасын тұйықтайды, және ол жұмсартылуы мүмкін, ал $KM1$ ажыратқы блок-түйіспесі KT уақыт релесіндегі орауыштың қоректену тізбегін үзеді.

KT уақыт релесіндегі орауыштың қоректенуі тоқтатылғаннан кейін Δt_{KT} уақыт интервалы арқылы (ұстамдылық) оның ажыратқы түйіспесі $KM2$ түйістіргіш орауышының тізбегінде тұйықталады, соңғы қосылады және басты түйіспе зәкір тізбегіндегі $R_{д1}$ іске қосу резисторын тұйықтайды. Нәтижесінде, қозғалтқыш өзінің жасанды сипаттамаларынан өзінің жұмыстық табиғи сипаттамасына 2 ауысады. Зәкірде токтың лақтыруы бұл ретте, сондай-ақ ұйғарынды деңгейінен асып түспейді, өйткені қозғалтқыштың зәкірінде қазірдің өзінде қарсы ЭҚК көрінген, ол қозғалтқыш зәкірін айналдыру арқылы туындаған және магнит ағынының болуымен байланысты.

Сур. 13.6, кестелері келтірілген қозғалтқышты іске қосу кезінде жылдамдығын (қисық 3) және ток зәкір тізбегіндегі тоғын (қисық 4) өзгерту.

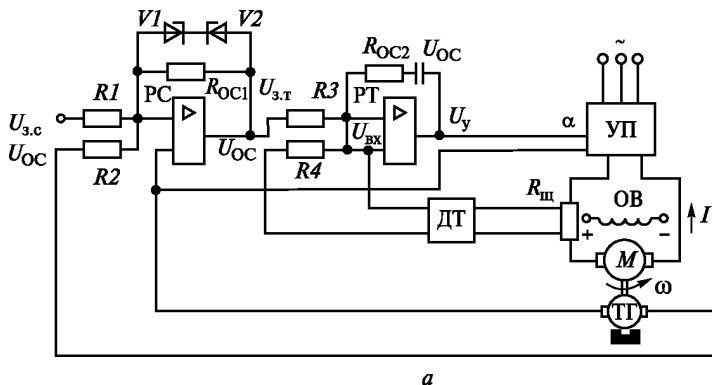
Қозғалтқыштың тежелуі $SB2$ түймешегін басу арқылы жүзеге асырылады, бұл KM түйістіргіш орауышының қоректендіру тізбегінің үзілуіне әкеледі. KM түйістіргіші, қуат көзін жоғалтып, қозғалтқыш қоректену көзінен ажыратАҚы, және $KM2$ түйістіргіш орауыштардың қоректену тізбегі өзінің түйіспесімен тұйықталады. ЭҚК зәкірінде бағытталған соңғы әрекеті M қозғалтқышының зәкірі M $L_{д2}$ резистор тежеуінде іске қосылАҚы және тұйықталАҚы, және қозғалтқыш динамикалық тежелу режиміне ауысады.

Динамикалық тежелу процесі қозғалтқыштың аз жылдамдығында оның ЭҚК-і $KM2$ түйістіргіштің түсірім кернеуінен аз болғанша жүреді. Сол ажыратылады, және сұлбасы бастапқы күйіне оралады. Осылайша, тежелу процесі автоматты түрде аяқталады.

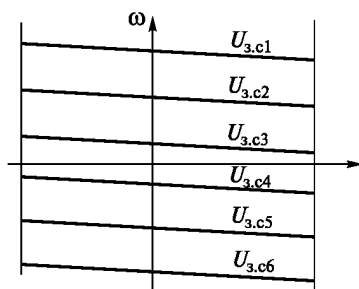
$R_{д1}$ және $R_{д2}$ резисторларының қарсыласу шамасы бұрын келтірілген формулалар бойынша есептеледі, осылайша, қозғалтқышты қосу кезінде және оны тежеу режиміне аудару, зәкір тізбегіндегі ток ұйғарынды деңгейінен аспайды.

Тұйық сұлбасы ТҚТТҚ-тың жылдамдығын және тоғын реттеу және сур. 13.7 ұсынылған, ал, сондай-ақ бағынышты координаталарын реттеу деп аталатын принципін салынған. Оның ерекшелігі мынада: әрбір айнымалыда өзінің реттеуші болАҚы, бұл ЭЖ статикалық және динамикалық жұмыс істеу режимдерінде олардың сапалы реттеу жұмысын қамтамасыз етеді Осы сұлба салдарынан координаталарының бағынысты реттеумен ЭЖ ең үлкен тарғаны тұрақты және айнымалы ток қозғалтқыштары барлары.

ЭЖ күштік бөлігі мына сұлба бойынша құрылған "басқарылатын түзеткіш-қозғалтқыш" ЭЖ-нің барлық тұйық сұлбаларын тән.



а



б

Рис. 13.7. Схема (а) и механические характеристики (б) электропривода с подчиненным регулированием координат

Басқару сұлбасы екі тұйық реттеу контурларынан тұрады: ток және жылдамдық. Ток контуры (моменттің) құрамында $R_{ш}$ резистордан сигналдарды алатын (шунттың) үйлесімді реттеуші ток РТ және ток датчигі ДТ. РТ кіруіне сигналдар беріледі ток тапсырмалар $U_{3.т}$ және ток бойынша кері байланыс U_{oc} , ал ток реттеушінің шығыс сигналы ток U_y кіру басқарылатын түрлендіргішке түседі БТ және оның жұмысын басқарады.

Контур жылдамдығы құрамында пропорционалды-интегралды реттегіш жылдамдығын РС және жылдамдық датчигі (тахогенератор)ТГ бар. Кіру РС жылдамдық тасырмалар сигналдары $U_{3.c}$ беріледі және U_{oc} жылдамдығы бойынша кері байланыс, ал оның шығыс сигналы $i_{3.т}$ ток үшін беретін сигналы болып табылады. Осылайша,тоқтың реттеуі демалыс координаттарының реттеуіне ЭП бағынышты — оның жылдамдығы ω , бұл осындай жүйелерді реттеу атауында бейнеленген.

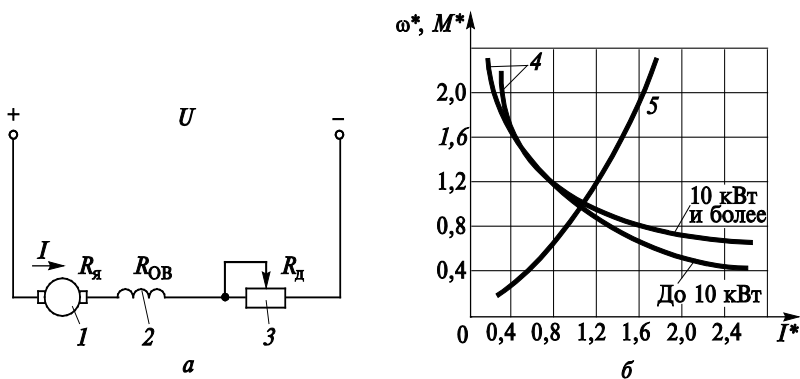
Мұндай сұлбаны құру ток шектеулігі мен қозғалтқыш моментін жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Ол үшін РС кері байланыс тізбегіне V1 және V2 *стабилитрондары енгізілген*. Нәтижесінде, РС шығу кернеуі $i_{3.т}$ ток тағайындамасы болып табылатын ток шектеледі отырып, содан ток және қозғалтқыштың моменті берілген деңгейден аса алмайды. Ток реттегіштері және жылдамдықтары базасында операциялық күшейткіштер базасында орындалады.

Сур. 13.7, б Осы сұлбада ЭЖ статикалық сипаттамалары әр түрлі беруші сигналдардың жылдамдығы үшін келтірілген, оларда тік бөлікше бар, қамтамасыз ететін ток шектеулігі және қажетті деңгейде моментті және көлденең сипаттамаларына жақын, сапалы жылдамдығын реттеуді қамтамасыз етеді.

РС және РТ тиісті параметрлерін таңдау оңтайлы жылдамдығының өзгеру сипаттамасын және ток ЭЖ өтпелі үрдістер тоғын қамтамасыз етеді, шағын ұзақтығын және қайта реттеуін сипаттайтын.

Бірізді қоздырылатын тұрақты ток қозғалтқышымен электр жетегі. Бірізді қоздырылатын тұрақты ток қозғалтқыштың негізгі қосу сұлбасы (БҚТТҚ) 13.8, а-суретте келтірілген. Осы қозғалтқыштардың негізгі ерекшелігі 2 қоздыру орамасының I зәкірдің бірізді орамасына қосу болып табылады, осының салдарынан зәкірдің I тогы бір мезгілде қозу тогы болып табылады және қозғалтқыштың магниттік ағынының шамасын айқындайды. Сұлбада 3 деген санмен белгіленген қосымша резистор, ол бұл тізбекке енгізілуі мүмкін.

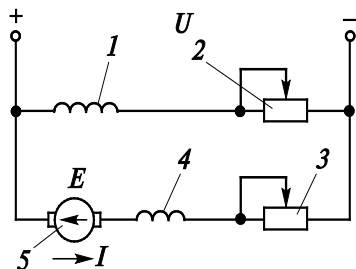
БҚТТҚ-тың электромеханикалық және механикалық сипаттамалары ТҚТТҚ сипаттамаларын сипаттайтын сол формулалармен сипатталады. БҚТТҚ-тың табиғи сипаттамалары әмбебап сипаттамалары көмегімен жасалады, 13.8, б. суретінде келтірілген. Олар $\omega^* = \omega/\omega_{\text{ном}}$ (қисық 4) салыстырмалы жылдамдығымен және $M^* = M/M_{\text{ном}}$ (қисық 5) моменттің $I^* = I/I_{\text{ном}}$ салыстырмалы токпен өзара байланыстылығын көрсетеді. Үлкен дәлдікпен сипаттамасын алу үшін тәуелділік $\omega^*(I^*)$ екі қисықпен ұсынылған: 10 кВт қуатына дейін және жоғары қозғалтқыштар үшін.



Сур. 13.8. Енгізу сызбасы (а) және әмбебап сипаттамалары (б) козудың тұрақты тогы қозғалтқышының:

1 — зәкір; 2 — қозу орамы; 3 — қосымша резистор; 4 — электр механикалық сипаттамалары; 5 — токтан тәуелді моменттің кестесі

Сур. 13.9. Аралас қозатын тұрақты ток
Қозғалтқышын қосудың сұлбасы:
1 — қозудың тәуелсіз орамы; 2,
3—қосымша резисторлар; 4 — бірізді
қозу орамы; 5 — зекір



БҚТТҚ қосудың негізгі сұлбасында бос жүріс және рекуперативті тежелуден басқа режимдерде барлық энергетикалық режимдерде жұмыс істей алады, ал оның айнымалы реттеуі зекір тізбегіндегі қосымша резисторлардың көмегімен, қозғалтқыштың магнит ағынының өзгеруімен және оған берілетін кернеумен жүзеге асырылуы мүмкін. БҚТТҚ -тың ауыспалы және тежеудің реттеу тәсілдері [9] егжей-тегжейлі қарастырылады.

Аралас қоздырылатын тұрақты ток қозғалтқышымен ЭЖ. Осы типтегі қозғалтқыштың екі қоздыру орамасы бар: тәуелсіз 1 және бірізді 4, зекір 5 орамымен бірізді қосылатын (сур. 13.9). Осының салдарынан қозғалтқыш ТҚТТҚ, сондай-ақ БҚТТҚ сипаттамаларының қасиеттеріне тән. Сұлбада 2 және 3 сандармен қосымша резисторлар белгіленді, олар тізбек қозғалтқышына қосылуы мүмкін.

Электромеханикалық және механикалық сипаттамалары қозғалтқыштың осындай формулалармен көрінеді, ал практикалық есептеулер үшін әмбебап сипаттамалары пайдаланылады. Қозғалтқыш барлық ықтимал энергетикалық режимдерде жұмыс істей алады, осы қозғалтқышпен ЭЖ айнымалысының реттеуі кернеудің, магниттік ағынының өзгеруі және зекір тізбегіндегі қосалқы резистордың кедергісі арқылы жүзеге асырылуы мүмкін.

13.4. Асинхронды қозғалтқыштардың электр жетегі

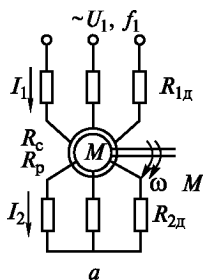
Фазалық және қысқа тұйықталған роторлармен үш фазалы асинхронды қозғалтқыштың қосылу сұлбасы 13.10.-суретте келтірілген.

$I_2'(s)$ асинхронды қозғалтқыштың электромеханикалық сипаттамасы мына белгімен сипатталады

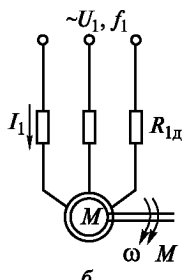
$$I_2' = U_{\phi} / \sqrt{(R_1 + R_2' / s)^2 + x_K^2}.$$

$M(s)$ асинхронды қозғалтқыштың механикалық сипаттамасы мына формуламен сипатталады

$$M = 2M_K(1 + as_K)/(s_K/s + s/s_K + 2as_K).$$



а



б

Сур. 13.10. Асинхронды қозғалтқыштардың фазалық (а) және қысқа тұйықталған (б) роторлармен қосылуы сұлбасы

Сұлбалар мен формулаларда мынадай белгілер қабылданды: U_1 , U_ϕ — желі кернеуінің сызықтық және фазалық әрекеттегі белгісі; I_1 , I_2 — тиісінше, статор мен келтірілген ротордың фазалық токтары; x_1 , x_2 — статор орамасының жылғы ағын фазасы мен келтірілген ротор фазасынан индуктивті кедергісі; x_μ — контур магниттелуінің индуктивті кедергісі; x_μ — қысқа тұйықталудың индуктивті кедергісі, $x_k = x_1 + x_2$; R_c , $R_{1д}$, R_1 — тиісінше статор орамасының, қосалқы резистор мен статордың жиынтық фазасының белсенді фазалық қарсылығы, $R_1 = R_c + R_{1д}$; R'_p , $R'_{2д}$, R'_2 — белсенді келтірілген статор орамасына қосалқы резистора және ротордың жиынтық фазасының, ротор орамасының фазалық қарсылығы, $R'_2 = R'_p + R_{2д}$; s — қозғалтқыштың сырғуы, $s = (\omega_0 - \omega) / \omega_0$; ω_0 — магнит өрісінің бұрыштық жылдамдығы (ол идеалды бос жүрістің жылдамдығы), $\omega_0 = 2\pi f_1 / p$; f_1 — қоректендіруші кернеу жиілігі; p — полюстер жұбының саны; a

$$M_k = 3U_\phi^2 [2\omega_0 (R_1 \pm \sqrt{R_1^2 + x_k^2})] = R_1 / R'_2;$$

$$S_k = \pm R'_2 / \sqrt{R_1^2 + x_k^2}.$$

Осы мәніндегі "+" белгісі оң сырғанау $s > 0$ (қозғалтқыштық режим), ал "-" белгісі — $s < 0$ (генераторлық режим) облысына жатады. M_k моментінің мәні және s_R сырғуы, олар АҚ экстремум моментіне тиісті сыни атауына ие болды.

Егер формулаларда $a = 0$ қоятын болсақ, онда механикалық сипаттамалары үшін білдіру оңайлатыланады және келесідей түрін қабылдайды:

$$M = 2M_k / (s/s_k + s_k/s).$$

Бұл формуладан ара қатынасы табылған болуы мүмкін, бұл сыни және номиналды сырғуды байланыстырушы:

$$s_k = s_{ном} (\lambda_M \pm \sqrt{\lambda_M^2 - 1}),$$

мұнда $\lambda_M = M_k / M_{ном}$.

Осы ара қатынас асинхронды қозғалтқыштың каталогтық (паспорттық) деректер бойынша s_k болжамды анықтау үшін қолданылуы мүмкін.

Статорға ротордың тізбегіндегі айнымалы мен параметрлерін келтіру АҚ трансформациялауының коэффициенті көмегімен жүзеге асырылады:

$$k = E_1 / E_2 \approx 0,95 U_{\text{ф.ном}} / E_{2\text{К}},$$

онда E_1 $E_{2\text{К}}$ — қозғалыссыз роторындағы статордың фазалық ЭҚК мен роторы.

Токтың, ротор кедергісінің, ЭҚК мәндері үшін келтірілген есептік формулаларының түрі мынадай:

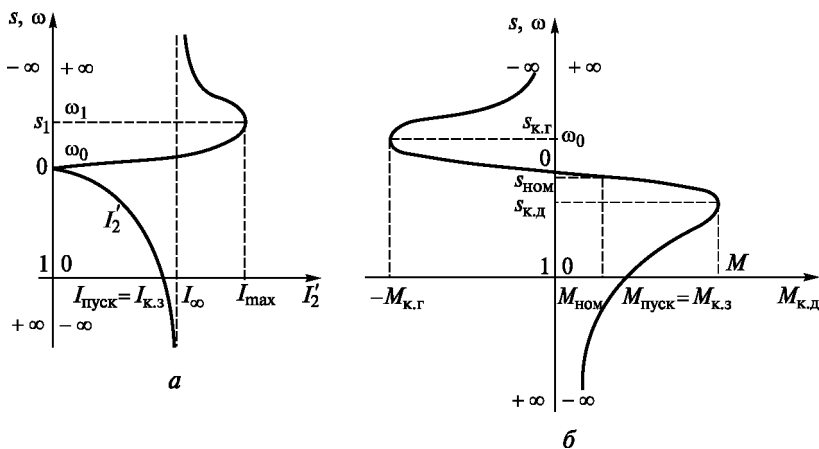
$$E'_2 = E_2 k = E_1; I'_2 = I_2 / k; R'_2 = R_2 k^2; x'_2 = x_2 k^2,$$

онда келтірілген мәндері сызықшамен белгіленген.

Электромеханикалық сипаттамасы сур. 13.11, ал, а механикалық сипаттамасы — сурет. 13.11, б. көрсетілген, сонымен қатар тік осінде бір-біріне тиісті АҚ жылдамдығы мен сырғуы көрсетілген.

АҚ барлық ықтимал энергетикалық режимдерде жұмыс істеуі мүмкін: $s = 0$, $\omega = \omega_0$ кезде идеалды бос жүріс режимі орын алады; $s = 1$, $\omega = 0$ — кезінде қысқа тұйықталу режимі; $0 < s < 1$, $0 < \omega < \omega_0$ — кезінде қимыл-қозғалыс режимі; $s < 0$, $\omega > \omega_0$ — кезінде генераторлық режим желімен қатарлас (рекуперативное тежеу); $s > 1$, $\omega < 0$ — кезінде генераторлық режим желімен біртіндеп (қарсыкірістірумен тежеу).

АҚ генераторлық режимде айнымалы токқа қарамастан сондай-ақ жұмыс істей алады, ол сондай-ақ динамикалық тежеу режимі деп аталады. Бұл режимде қозғалтқыштың статор орамасы айнымалы ток желісінен ажыратылады және тұрақты ток көзіне жалғанады, ал ротор тізбегі қысша немесе



Сур. 13.11. Асинхронды қозғалтқыштың электромеханикалық (а) және механикалық (б) сипаттамалары

қосымша резисторларға тұйықталады. Бұл режимдегі АҚ сұлбасы және сипаттамасы [9] қарастырылды.

АҚ-тың іске қосуы, реверсі және тежеуі. Қозғалтқышты қоректендіру кезінде айнымалы ток желісінен қарсы кірістіру тежеуі және рекуперативті тежеумен жүзеге асырылуы мүмкін.

Қарсы кірістірумен тежеу статордағы қозғалтқыш кернеуіне қуат беретін екі фазалар кезектесуінің өзгеруімен жүзеге асады. Қозғалтқыштың тогын (моментін) шектеу үшін, бұл ретте, әдетте, ротордың немесе статордың тізбегіне қосымша резисторларды қосады.

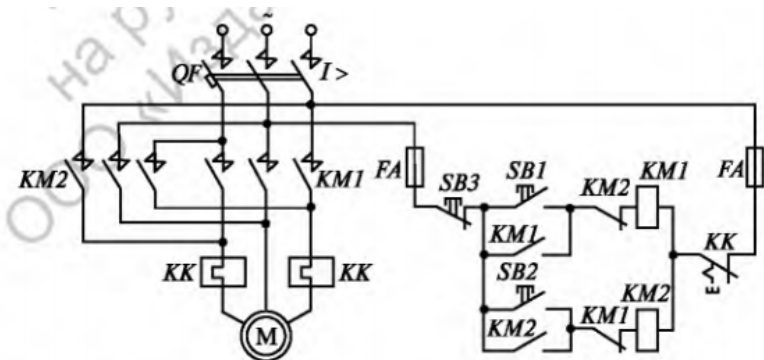
Рекуперативті тежеу АҚ ең үнемді тежеу түрі болып табылады. Ол жүзеге асырылады, егер қозғалтқыштың ротор жылдамдығы магнит өрісінің жылдамдығынан асатын болса және ол генераторлық режимде желімен қатарлас жұмыс істейді. Мұндай режим туындайды кезде қосжылдамдықты асинхронды қозғалтқыштың жоғары жылдамдықтан төменге ауысуынан немесе "жиілікті түрлендіргіш— асинхронды қозғалтқыш" жүйесінде жиілік түрлендіргішінің кернеу жиілігін бірсарынды азайту.

Динамикалық тежелу айнымалы ток желісінен статор орамасын ажыратылған кезінде және беру статор орамасына тұрақты токты беру кезінде іске асырылады. АҚ енгізу сызбасы мен сипаттамасы бұл режимде [9] қарастырылды.

АҚ реверсі қозғалтқыш кернеуіне қуат беретін статордағы екі фазалар кезектесуінің өзгеруімен жүзеге асады және қарама-қарсы бағыттағы тежеу мен екпінен тұрады.

АҚ басқаруы. Басқару реле-түйістіргіш сұлбалар және "түрлендіргіш— қозғалтқыш" жүйесінде әртүрлі күштік түрлендіргіштер көмегімен жүзеге асырылады.

АҚ басқарудың реверсивті реле-түйістіргіш сұлбасының негізгі элементі (сур. 13.12) реверсивті магнитті қосқыш болып табылады, ол өзінде екі *KM1* желілік түйістіргішті қамтиды



Сур. 13.12. Асинхронды қозғалтқышты басқару сұлбасы реверсивтік магниттік іске қосқыштың көмегімен

және *KM2* және екі жылу реле *БК*. Сұлба АҚ тікелей іске қосуы мен реверсін, сондай-ақ қолмен (автоматтық емес) басқару кезінде қарсы кірістірілген тежеуді қамтамасыз етеді.

Сұлбада көзделсе, АҚ (БК жылу релесі) артық жүктелуінен және басқару (ФА сақтандырғыштар) статор тізбегінде қысқа тұйықталуынан (*QF автоматты сөндіргіш*) қорғау көзделген. Сонымен қатар, сұлбада желі кернеуінің (*KM1* мен *KM2* түйістіргіштері) жоғалып кетуінен (төмендету) нөлдік қорғау қамтамасыз етіледі.

Қозғалтқыштың іске қосу "Алға" немесе "Артка" шартты бағытта тиісінше, *SB1* немесе *SB2* батырмасын басу арқылы жүзеге асырылады. Бұл *QF* автоматты ажыратқышына қосылған кезінде *KM1* немесе *KM2* түйістіргіштерінің істен шығуына және АҚ желіге қосылуына әкеледі.

АҚ қарсыкірістірумен реверс немесе тежеу үшін алдымен *SB3* батырмасы басылады, бұл әлі қосылып тұрған түйістіргіштің (мысалы, *KM1*) сөндірілуіне әкеледі, содан кейін *SB2* батырмасы басылады. Бұл қосу *KM2* түйістіргіш қосылуын және желі кернеуін фазалар кезектесуінің басқа тәртібінде АҚ берілуін туғызады. АҚ магниттік өрісі өзінің айналу бағытын өзгертеді және реверс процесі басталады, ол екі кезеңнен тұратын: қарсыкірістірумен тежеу және қарама-қарсы жағына екпін.

Егер тек АҚ тежеу қажет болса, оларға нөлдік жылдамдығына жеткен кезде жаңадан *SB3* батырмасы басылған болуы тиіс, бұл желіден АҚ ажыратылуына әкеледі және бастапқы күйіне сұлбаны қайтарады. Егер *SB3* батырмасы басылған жоқ болса, онда ол АҚ екпінін басқа жаққа, яғни оның реверсіне әкеледі.

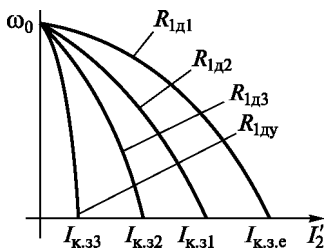
Сұлбада *KM1* және *KM2* аппараттарының бір мезгілде қослуын болдырмау үшін типтік электр окшаулау пайдаланылады. Ол *KM1* аппаратының *KM2* аппаратының шарғысына ажыратылатын түйіспесіне айқасып қосылуымен жүзеге асырылған, және керісінше. Іске қосқыштар қатарына оған қосымша механикалық бұғаттау қолданылады.

АҚ басқаруының басқа релелік-түйістіргіш сұлбалары [9] қарастырылады.

Токтарды шектеу және, қажет болған жағдайда, АҚ өтпелі режиміндегі моменттер қозғалтқышқа берілетін кернеуді өзгеруіне байланысты, сондай-ақ статор мен ротордың (АҚ фазалық роторы бар) қосымша резисторлар тізбегіндегі өтпелі процестерді қосу кезінде қамтамасыз етілуі мүмкін.

Қосымша резисторды статордың барлық үш фазасына қосу кезінде іске қосу тогының берілген еселігін қамтамасыз етуі тиіс $a = \frac{I_{\text{кз.и}}}{I_{\text{кз.е}}} = \frac{I_{\text{кз.и}}}{I_{\text{кз.е}}}$, онда $I_{\text{кз.и}}$ – АҚ іске қосу токтарына қосымша резисторды және онсыз қосқан кезінде, қосалқы резистордың шамасын есептеу $R_{1д}$ мынадай формула бойынша жүргізіледі:

$$R_{1д} = \sqrt{(z_{\text{кз}} / \alpha)^2 - x_{\text{кз}}^2} - r_{\text{кз}},$$



Сур. 13.13. Статор тізбегіне қосымша резисторларды қосқан кезіндегі асинхронды қозғалтқыштың электромеханикалық сипаттамалары

Мұндағы $z_{к.з}$ — АҚ қысқа тұйықталуының толық комплексті кедергісі, — сәйкесінше активті және реактивті қысқа тұйықталу кедергісі ,

$$z_{к.з} = U_{1ф} / \sqrt{3} I_{1к.з.е}; r_{к.з}, x_{к.з} - \text{қозғалтқыштың оны іске қосу моментінде .}$$

Қозғалтқыштардың қысқа тұйықталған роторымен 4А, 5А және АИР сериялары үшін шамамен $\cos \varphi_{\text{пуск}} = 0,3...0,5$, ал МТФ және МТН АҚ кранды-металлургиялық сериясы — $\cos \varphi_{\text{пуск}} = 0,6...0,7$ қабылдауға болады.

$R_{1д}$ статор тізбегіндегі АҚ әр түрлі қоспа резисторының электромеханикалық сипаттамалары 13.13-суретте келтірілген. Сипаттамаларынан көрініп тұр статор тізбегіне резисторды енгізу $I_{кз}$ іске қосу тогын төмендетеді. Фазалық роторымен АҚ ротор тізбегіне $R_{2д}$ қосымша резисторларын қосу сол нәтижеге әкеледі.

Мысал 13.3. АОТ160S4 үлгідегі асинхронды қозғалтқышында номиналды кернеуі мен $U_{1ном} = 380$ В, $I_{1ном} = 25,3$ А тогы және іске қосу тогының еселігі $\lambda = I_{1іске\ қосу} / I_{1ном} = 7$ бар, $R_{1д}$ есептеу, оны қосуда, қозғалтқыштың үш фазасына қосуда іске қосу тогын 2,5 есеге ($\alpha = 0,4$) азайтады.

Шешімі. 1. Статор тізбегінде резисторлары болмаған жағдайында қозғалтқыштың іске қосу тогын анықтаймыз:

$$I_{1пуск} = \lambda_1 I_{1ном} = 7 \cdot 25,3 = 177 \text{ А}$$

2. Қысқа тұйықталудың толық кедергісін анықтаймыз:

$$z_K = U_{1ном} / (\sqrt{3} I_{1пуск}) = 380 / (1,73 \cdot 177) = 1,24 \text{ А.}$$

3. Ескере отырып $\cos \varphi_{іске\ қосv} = 0,4$, қысқа тұйықталудың толық кедергісінің белсенді және индуктивті құраушысын анықтаймыз :

$$r_k = z_k \cos \varphi_{іске\ қосv} = 1,24 \cdot 0,4 = 0,5 \text{ Ом}$$

$$x_k = \sqrt{(z_k^2 - r_k^2)} = \sqrt{1,24^2 - 0,5^2} = 1,12 \text{ Ом}$$

4. Қосалқы резистордың ізделіп отырған кедергісін табамыз:

$$R_{1д} = \sqrt{(z_K / \alpha)^2 - x_K^2} - r_K = \sqrt{(1,23 / 0,4)^2 - 1,12^2} - 0,5 = 2,36 \text{ Ом}$$

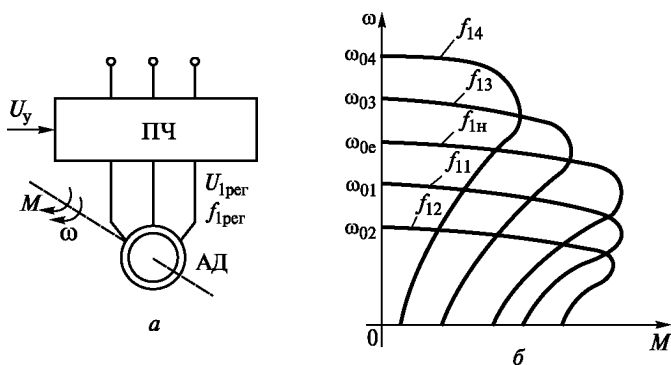
Іске қосу тогы, сондай-ақ АҚ берілетін кернеуге іске қосу кезінде төмендету есебінен азайтылуы мүмкін. Бұл үшін, әдетте, желі мен АҚ статор арасында қосылатын автотрансформаторлар немесе тристорлық кернеу реттеушісі пайдаланылады. Қазіргі уақытта ең көп ТРН қолдану болып табылады, олар "жұмсақ" іске қосу, немесе "жұмсақ" стартерлер атауын алған. Оларды қолдану [9] егжей-тегжейлі қаралды, ал техникалық сипаттамалары 12.6 бөлімшесінде келтірілген.

АҚ жылдамдығын реттеу. Іс жүзінде жылдамдығын реттеу статорда кернеуді өзгертуден, бұл кернеудің жиілігінен және магниттік өрістің плюстер санынан жүзеге асырылады. Фазалық роторымен АҚ жылдамдығын реттеу ротор тізбегінде қосымша резисторлары мен оның қосуындағы каскадты сұлбалары көмегімен жүзеге асырылуы мүмкін.

Кернеу жиілігінің өзгеруімен жылдамдықты реттеу жоғары сапа көрсеткіштерімен статикалық және динамикалық режимдерде АҚ үнемді жылдамдығын реттеуді қамтамасыз етеді - жылдамдықтың ауқымы мен бірқалыптылықты реттеу, дәлдікпен оны қолдау және т.б.

Жылдамдығын реттеу РЖ жиілік түрлендіргіші көмегімен жүзеге асырылады (сур. 13.14, а), оның кіруіне Қ өнеркәсіптік жиіліктегі U_1 кернеуінің стандартты желісі беріледі, ал оның шығуынан $U_{1\text{рег}}$ реттелетін жиіліктегі $f_{1\text{рег}}$ айнымалы кернеуі алынады.

АҚ жұмысында жоғары энергетикалық көрсеткіштерді қамтамасыз ету үшін РЖ шығуындағы жиілігі мен кернеуі бір-бірімен белгілі бір қатынаста болуы тиіс. Сонымен, тұрақты



Сур. 13.14. Статордағы жиілікті реттеу кезінде қозғалтқыштың қосу сұлбасы (а) мен механикалық сипаттамасы (б)

$M_c = \text{const}$ жүктеме моментінде статордағы кернеу $U_1/f_1 = \text{const}$ заңы бойынша оның жиілігіне пропорционал реттелуі тиіс. Қозғалтқыштың механикалық сипаттамалары $f_{14} > f_{13} > f_{\text{ном}} > f_{11} > f_{12}$ жиілігі үшін 13.14. сур. көрсетілген, оларда көрсетіп отырғандай, бұл тәсіл АҚ жылдамдығын қалай азайта алса, сондай-ақ жылдамдығын ұлғайта алады. Жылдамдықты реттеудің жиілікті тәсілі [7, 9] егжей-тегжейлі қарастырылады.

АҚ жылдамдығын реттеу қос саны полюстерінің өзгеруінен арнайы АҚ пайдалана отырып іске асырылуы мүмкін, олар көп жылдамдықты атауын алған. Осы қозғалтқыштардың статорлық орамы (бір немесе одан да көп) екі бірдей секциялардан (жартылай орам) тұрады, бұл әр түрлі қосылу сұлбалары есебінен және қозғалтқыштың магниттік өрісінің жұп саны полюсов $p = 1, 2, 3, 4, \dots$ өзгертілуі мүмкін. Бұл $\omega_0 = 2\pi f_1/p$ формуласына сәйкес магниттік өріс пен АҚ роторының айналу жылдамдығын сатылы өзгертуге мүмкіндік береді. Көп жылдамдықты қозғалтқыштардың роторы қысқа тұйықталғанмен орындалады. Тәжірибеде статорлық көп жылдамдықты қозғалтқыштардың екі сұлбалары қолданылады: "үшбұрыш—қос жұлдыз" сұлбасы және "жұлдыз—қос жұлдыз" сұлбасы. Бұл тәсіл [7, 9] жан-жақты қаралады.

Кернеу өзгерістерін реттеу оның жиілігінің өзгеріссіз кезінде кернеу реттеуіштері (әдетте тиристорлық) көмегімен жүзеге асырылады, олар желі арасына және АҚ статоры ЖР ұқсастығы бойынша (13.14, а, суреттегі сұлбасын қараңыз) енгізіледі.

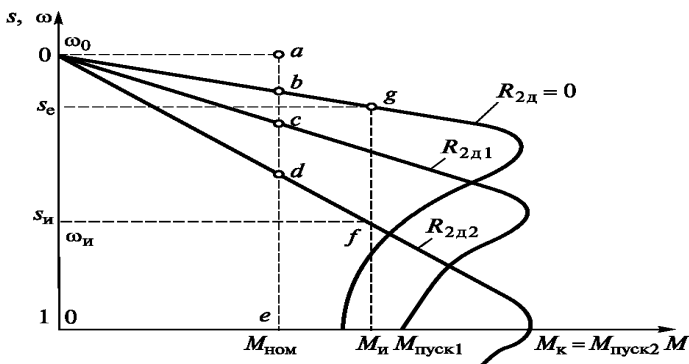
Жылдамдығын реттеу үшін жарамды қатаң механикалық сипаттамаларын бұл сұлбада алу үшін әдетте АҚ жылдамдығы бойынша АҚ теріс кері байланыс пайдаланылады. Атап өту маңызды, кернеу реттеуіші (КР) көмегімен АҚ жылдамдығын реттеу қозғалтқышта қосымша қуат шығынын бөлінуімен сипатталады, сондықтан мұндай тәсіл ұзақ уақыт жылдамдығын реттеу үшін ұсынылмайды. Бұл тәсіл егжей-тегжейлі қаралды [7, 9].

Фазалық роторымен АҚ жылдамдығын реттеу ротор тізбегінде резисторлардың көмегімен бұл тәсілдің қарапайымдылығы салдарынан кеңінен қолданылады. АҚ роторына $R_{2д1}$ және $R_{2д2}$ қосымша резисторларын қосу кезіндегі табиғи және жасанды механикалық сипаттамалары сур. 13.15 көрсетілген. Қосалқы резистордың шамасы, мысалы, талап етілетін жасанды сипаттамалары алу үшін $R_{2д2}$ мына формула бойынша табылуы мүмкін

$$R_{2д2} = R_p(s_n / s_e - 1),$$

онда s_e , s_n — сырғу қозғалтқыштың тиісінше табиғи және жасанды сипаттамаларында, тиісті М моментіне,

R_p ротор орамасының қарсылығы мынадай жақындатылған формуламен табылуы мүмкін, асинхронды қозғалтқыштың деректер



Сур. 13.15. Ротор тізбегіндегі әр түрлі қарсылық кезіндегі асинхронды қозғалтқыштың механикалық сипаттамалары

төлкүжатын пайдаланатын - ЭҚК-і $E_{2к}$, номиналды сырғу және ротордың тогы $I_{2ном}$ —

$$R_p = E_{2K} s_{ном} / \sqrt{3} I_{2ном}.$$

Мынаны атап өту маңызды, ротор тізбегіне қосымша резисторды енгізу есебінен АҚ іске қосу моменті сыни (ең жоғары) M_k , дейін ұлғайтылуы мүмкін, бұл АҚ қосылуын жеңілдетеді.

Мысал 13.4. 4АК160S4У3 үлгідегі АҚ фазалық роторында (кес. 8.4 қараңыз) мынадай номиналды деректері бар: сырғу $s_{ном} = 0,05$; $\lambda_m = M_{max}/M_{ном} = 3$; ротор тогы $I_{2ном} = 22$ А; ротордың ЭҚК $E_{2к} = 305$ В. Қосалқы резистордың кедергісін есептеу, оның роторға қосуы іске қосу кезінде АҚ моментін алуға мүмкіндік береді, ол максималдыға (сыни) тең болады.

Шешімі. 1. $s_{к.е}$ табиғи сипаттамасында жақын сыни сырғуды табамыз:

$$s_{К.е} = s_{ном} (\lambda_m + \sqrt{\lambda_m^2 - 1}) = 0,05(3 + \sqrt{3^2 - 1}) = 0,29.$$

2. Қозғалтқыштың роторлық орамасының жақын кедергісінің мәнін есептейміз:

$$R_p = E_{2K} s_{ном} / \sqrt{3} I_{2ном} = 305 \cdot 0,05 / (\sqrt{3} \cdot 22) = 0,2 \text{ Ом}$$

3. Максималды моментті іске қосу кезінде сыни сырғу $s_{к.и} = 1$ сәйкес келеді. Сонда қосалқы резистордың ізделіп отырған кедергісі мынаған тең болады:

$$R_{2д2} = R_p (s_{к.и} / s_{к.е} - 1) = 0,2(1 / 0,29 - 1) = 0,49 \text{ Ом}.$$

Оны қосудағы каскадты сұлбаларында АҚ жылдамдығын реттеу оның жылдамдығын реттеу кезінде қуат шығынын энергиясын пайдалы пайдалануға мүмкіндік береді. Бұл сұлба негізінен АҚ орташа және үлкен қуаты үшін қолданылады. Іс жүзінде негізгі екі каскадты сұлбалары қолданылады [7, 9].

"Электромеханикалық машина-шұралық каскадында АҚ ротор орамы үш фазалы басқарылмайтын жартылай өткізгіш түзеткішіне қосылады. Түзеткіш шыңуларына тұрақты ток қосалқы машиналардың зекірі қосылған, оның зекірі АҚ роторымен механикалық қосылған. Нәтижесінде ротор тізбегіндегі сырғудың жоғалту қуатының шығындарын шегере отырып, жұмыс машинасына беріледі.

Электр каскадында жобаланған қосалқы машина бір білік синхронды генераторы біріктірілген, ол айнымалы ток желісіне қосылған. Осының есебінен сырғу энергиясының шығыны желіге генератор көмегімен беріледі. Ақ жылдамдығын реттеу қосалқы машинаның қозу тогы өзгеруімен жүзеге асады.

Каскадты сұлбаларында электромашиналық агрегат "көмекші машина-генератор" жиіліктің статикалық түрлендіргіші ауыстырылуы мүмкін. Асинхронды ЭЖ осындай сызба бойынша асинхронды шұралық каскад атауын алды.

АҚ бір фазалы электр жетегі. Ол айнымалы токтың бір фазалы желісі электр энергия көзі болып табылған жағдайларда қолданылады. Бір фазалы АҚ статорда екі орамасы бар: негізгі (жұмыс) және іске қосу, ол оның іске қосылуын (кейде іске қосу орамасы екінші жұмыс орамасы болып табылады) қамтамасыз ету үшін пайдаланылады. Айналмалы магнит өрісін алу үшін іске қосу орамасы қозғалтқыш статорына аспауға тиіс оның осіне 90° аспайтын жұмыс орамасының осіне қатысты жиналып салынады, ал токтардың ығысуы оның тізбегіне қосымша фазо-қозғалмалы элементін, әдетте, конденсаторды қосумен қамтамасыз етіледі. Бір фазалы АҚ-тың ЭЖ қасиеттері мен сипаттамалары [9] қарастырылған.

13.5. Синхронды қозғалтқышты электржетек

Қосу сұлбасы. Қарапайым орындаудағы үшфазалы синхронды қозғалтқыштың (СҚ) сұлбасы 13.16, а-суретте келтірілген. СҚ 1 статор АҚ статорына ұқсас орындалады және айнымалы ток желісіне қосылатын үшфазалы орамнантұрады. Бұл орам қозғалтқыштың айнымалы магнит өрісін құрайды.

СҚ роторында қозу орамы және оның қосылуына арналған тиін тор тәріздес іске қосу орамы орналасады. Құрылымы бойынша синхронды қозғалтқыш айқын полюсті және айқын емес полюсті болып цилиндр түрінде орындалуы мүмкін. Қозу орамының корек көзі ретінде тұрақты токтың (қоздырғыш) жеке генераторы 2, қозу орамындағы тогы $I_{в.в}$ қосалқы резистор 3 көмегімен реттелетін қозу орамындағы ток 4 қолданылады.

СҚ электржетектерінің замануи сұлбасында тиристорлы қоздырғыштар (түзеткіштер) кең қолданысқан тапқан, мысалы В-ТПЕ типті («Электровыпрямитель» ААҚ). Реттелетін ЭЖ-де тұрақты магнит немесе тісті цилиндр (пассивті ротор) түріндегі ротормен СҚ қолданыс тапқан. Бұл жағдайда СҚ толығымен түйіспесіз қозғалтқышқа айналады.

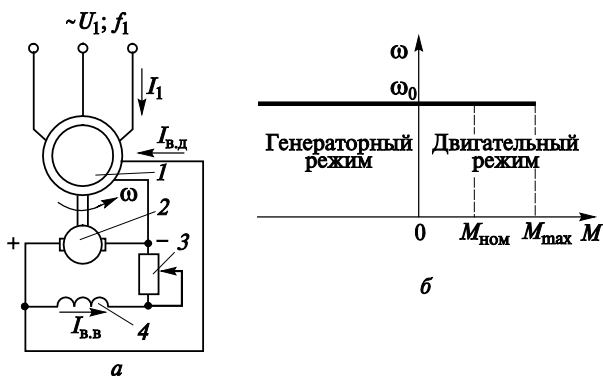
Механикалық жұмыс сипаттамасы. СҚ жұмыс сипаттамасы $\omega(M)$ (13.16, б суреті) ординатасы $\omega_0 = 2\pi f_1/p$ көлденең сызықты білдіреді, бірінші квадрантадағы облыс қозғалыс режиміне, ал екінші квадранта – генератор режиміне сәйкес келеді.

СҚ бұрыштық сипаттамасы өзі тудырған моменттің қозғалтқыштың ішкі бұрышына θ тәуелділігін анықтайды және айқын емес СҚ үшін статордың белсенді кедергісін ескермеген жағдайда келесі түрде болады:

$$M = 3U_{\phi} E \sin\theta / (\omega_0 x_1) = M_{\max} \sin\theta,$$

мұндағы, U_{ϕ} – желі кернеуінің фазалық мәні; E – синхронды қозғалтқыш статорының орамындағы ЭҚК; ω_0 – магнит өрісінің айналу жылдамдығы, x_1 – синхронды қозғалтқыш орамы фазасының индуктивті кедергісі, θ – статор ЭҚК E мен желінің фазалық кернеуі U_{ϕ} арасындағы ығысу бұрышы.

Бұрыштың номиналды мәні $\theta_{\text{ном}}$ әдетте $25...30^\circ$ құрайды, оған номиналды момент сәйкес келеді $M_{\text{ном}}$. $\theta_{\text{ном}}$ мұндай мәнінде максимал моменттің еселігі $\lambda_M = M_{\max}/M_{\text{ном}} = 2...2,5$ құрайды. $M_{\max}$ тең болатын жүктеме моментінің мәніне дейін, СҚ желімен синхронды жұмыс істейді, бұл деңгейден асқан жағдайда синхрондықтан ауытқиды.



13.16-сурет. Синхронды қозғалтқыштың қосу сұлбасы (а) және механикалық жұмыс сипаттамасы б):

- 1 — қозғалтқыш; 2 — қоздырғыш зәкірі; 3 — қосалқы резистор; 4 — қоздырғыштың қозу орамы;
 $I_{\text{в.д}}$ — қозғалтқыштың қозу тоғы; $I_{\text{в.в}}$ — қоздырғыштың қозу тоғы.

СҚ іске қосу және тежеу. СҚ іске қосу сипаттамасы 13.11, 6 суреттегі АҚ сипаттамасына сәйкес келеді. СҚ іске қосу тұрақты қосулы қозу орамымен немесе қозғалтқыштың желімен синхронизациясы алдында қосылуымен жүруі мүмкін, қоректендіруші желі мен СҚ қуаттарының қатынасына тәуелді іске қосу тоғын шектеумен немесе шектеусіз орын алу мүмкін. Іске қосу тоғын шектеу үшін қосалқы активті және пассивті резисторлар (реакторлар), автотрансформаторлар және тиристорлы «жұмсақ» қосқыштар (12.6 бөлімді қараңыз) қолданылады.

Синхронды қозғалтқыштың жиілік түрлендіргіштен қоректенуі кезінде және вентильді қозғалтқыш сұлбасында жиілікті іске қосу жүзеге асырылуы мүмкін, іске қосу қоректендіруші кернеу жиілігінің бірсарынды өсуімен жүзеге асады. СҚ іске қосу сұлбасы [9] қарастырылған.

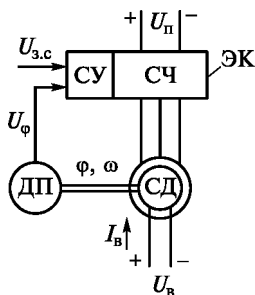
СҚ тежеу қажет жағдайда динамикалық тежеу сұлбасы бойынша жүзеге асырылады, бұл жағдайда статор орамы айнымалы тоқ желісінен ажыратылады және қосалқы резисторге тұйықталады.

СҚ өте бағалы қасиетке ие, электрмен қамту жүйесінде реактивті қуат компенсаторы ретінде жұмыс істеу мүмкіндігіне ие. Бұл оның қозу тоғын сәйкес реттеумен қол жеткізіледі.

Жылдамдықты реттеу. СҚ жылдамдығын реттеу вентильді қозғалтқыш құрылымында және қадамдық қозғалтқышты ЭЖ-де жүзеге асырылады.

Вентильді қозғалтқыш сұлбасы бойынша синхронды қозғалтқышпен ЭЖ. Вентильді қозғалтқыш (13.17 сурет) синхронды қозғалтқыштан, оның роторының орналасу датчигінен және күштік бөлігі бар электронды коммутатордан тұратын, үшфазалы инвентор сұлбасы бойынша орындалған ЭЖ болып табылады.

Коммутатордың күштік жартылайөткізгішті кілттері (тиристорлар не транзисторлар) қозғалтқыш білігінде орнатылған ротордың орналасу датчигімен ДП басқарылады.



13.17-сурет. Вентильді қозғалтқыш сұлбасы:
СД — синхронды қозғалтқыш; ДП — СД роторының орналасу датчигі; ЭЖ — электронды коммутатор; СЧ — ЭЖ күштік бөлігі; СУ — ЭЖ басқару сұлбасы.

Ротордың орналасу датчигі периодты сигналдар шығарады, олар беріліс жылдамдығы сигналымен $U_{\text{з.с}}$ бірге коммутатордың басқару жүйесіне СУ түседі.

Электронды коммутатор орналасу датчигімен бірге қызмет етуі бойынша тұрақты ток қозғалтқыштарының коллекторлық-қалшақты торабына ұқсас, соның әсерінен вентильді қозғалтқыш осы қозғалтқыштардың сипаттамалары мен қасиеттеріне ие.

Егер мұндай ЭЖ айнымалы ток желісінен қоректенсе, онда тұрақты ток кернеуі желі мен ЭК коммутатор арасында қосылатын түзеткішті қолдану есебінен туындайды.

Тұрақты ток қозғалтқышымен салыстырғанда вентильді қозғалтқыштың артықшылығы оның механикалық қылшақты-коллекторлық торабы жоқ, сондықтан ол тұрақты магниттен қозу кезінде толығымен түйіспесіз қозғалтқыш болып табылады немесе қозу орамын қолданған жағдайда екі түйіспелі сақинаға ие. Осы себепке байланысты вентильді қозғалтқыштарды тұрақты токтың түйіспесіз қозғалтқыштары деп атайды.

Вентильді қозғалтқыштың жылдамдығын және тағы басқа айнымалыларын реттеу тұрақты ток қозғалтқыштары сияқты қозғалтқыш статорына берілетін кернеуді реттеу есебінен немесе қозу тоғын I_B өзгерту арқылы жүзеге асуы мүмкін. 13.17 суреттегі сұлбаның кернеуін реттеу ЭК коммутаторының жартылайөткізгіш кілттерін ендік-импульстік басқару әдісімен немесе оның шығыс кернеуімен басқарушы түзеткішті қолдану арқылы жүзеге асырылады. Жылдамдықты реттеудің алынатын реттеуші сипаттамалары мен көрсеткіштері тұрақты ток қозғалтқыштары үшін де осындай.

Вентильді-индукторлы ЭЖ вентильді қозғалтқыш құрылымы бойынша орындалады. Оның қасиеті - статор және тісті ротор полюстерінің біркелкі емес санымен индукторлы қозғалтқышты қолдану, бұл ЭЖ қажетті қасиеттері мен сипаттамасын алуға мүмкіндік береді.

Қадамдық қозғалтқышты электржетегі. Қадамдық қозғалтқыш жұмыс принципі бойынша магнит крісі үздіксіз емес, дискретті, қадаммен орын ауыстыратын (айналатын) синхронды қозғалтқыш болып табылады. Бұл қадамдық қозғалтқыштың орамдарының электронды коммутатор көмегімен импульсті қозу есебінен қол жеткізіледі.

ЭЖ бұл типтері [9, 24] қарастырылған.

Жылдамдық бойынша реттелмейтін синхронды қозғалтқышпен ЭЖ негізінен релелік-түйістіргіш басқару сұлбасына ие. 13.18-суретте мысал ретінде төменвольтты СҚ басқару сұлбасы келтірілген, ол бітеу қосылған қоздырғышпен G тура (ток шектеусіз) іске қосуды және қоректендіруші кернеу деңгейін төмендеткенде қозуды жеделдетуді қамтамасыз етеді. Сұлбада қорғаныстар қарастырылған: жылулық (КК реле және ТА1 және ТА2 ток трансформаторлары), токтық (QF1 және QF2 автоматтары),

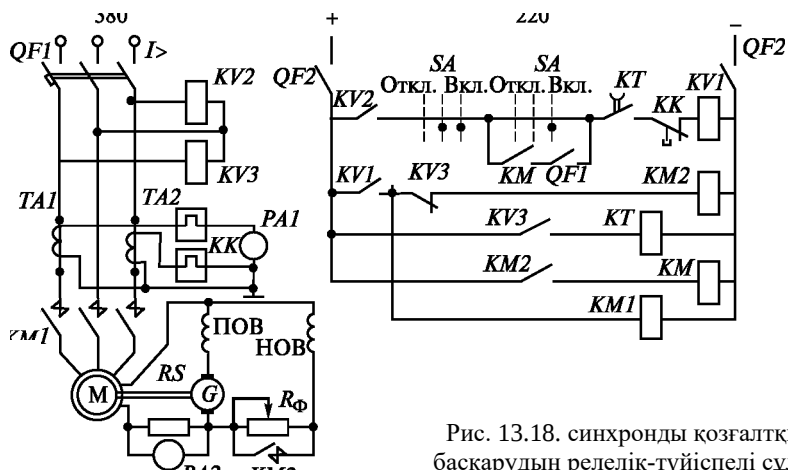


Рис. 13.18. синхронды қозғалтқышты басқарудың релелік-түйіспелі сұлбасы

айнымалы тоқ желісі кернеуінің (реле KV2, KV3) және тұрақты токтың (реле KV1) төмендеуінен.

СҚ іске қосу сұлбаны коректендіретін тұрақты ток пен айнымалы ток кернеулерінің нормал деңгейінде жүзеге асады. Бұл жағдайда, командоконтроллер тұтқасы SA орта күйде болса және QF1, QF2 автоматтары қосылы болса, онда кернеу релесі KV1, KV2 және уақыт релесі KT іске қосылады, ол сұлбаны СҚ іске қосылуына дайындайды.

SA тұтқасын «Өшіру» қалпына ауыстырғанда, KV1 релесі іске қосылады және сызықты түйістіргіш катушкасы KM1 корек көзіне қосылады, СҚ статоры орамына айнымалы ток кернеуі жүргізіледі және ол екпінді бастайды. Синхронды жылдамдық кезінде қоздырғышының қозуы, сәйкесінше СҚ қозуы жүреді, ол кейін синхрондылыққа тартылады.

KM2 жеделдету түйістіргішінің қосылуы туралы КН көрсеткіш релесі хабар береді. СҚ статорының тоғын бақылау үшін сұлбада PA1 амперметрі, СҚ қозу тоғын бақылау үшін – RS шунттан коректенетін PA2 амперметрі қарастырылған.

13.6. Электржетектерінің энергетикалық көрсеткіштерін есептеу

Энергетикалық көрсеткіштерге қуаттың жоғалуы ΔP және энергияның жоғалуы ΔA , пайдалы әсер коэффициенті (ПӘК), қуат коэффициенті ($\cos\varphi$) жатады.

Қуат және энергияның жоғалуы. ЭЖ-де қуат және энергияның жоғалуы электрқозғалтқыштарда, күштік түрлендіргіштерде,

басқару жүйесіндегі және механикалық беріліс кезіндегі жоғалулардан құралады (13.1-сурет). ЭЖ-дегі жоғалудың негізгі бөлігі электрқозғалтқыштарда болады, оны әрі қарай толығымен қарастырамыз.

Электрқозғалтқыштағы ΔP қуат жоғалуы әдетте екі құраушының қосындысы түрінде қарастылады: тұрақты K және V айнымалы жоғалулар:

$$\Delta P = K + V.$$

Тұрақтыға қозғалтқыш жүктемесіне тәуелді емес қуат жоғалулары жатады, магнит өткізгіш болаттағы жоғалулар, мойынтіректегі үйкелістен болатын механикалық жоғалулар және желдеткішті жоғалулар. ДПТНВ және СҚ үшін тұрақты жоғалуларға әдетте қозу орамындағы жоғалулар жатады.

Айнымалыларға қозғалтқыш орамдарынан ток жүрген кезде болатын жоғалулар жатады және олар ЭЖ жүктемесіне тәуелді. Қозғалтқыштағы айнымалы жоғалулар электрлік және механикалық деректер арқылы анықталады.

Тұрақты ток қозғалтқышы үшін қуаттың айнымалы жоғалулары V орнатылған режимде келесі формуламен анықталады:

$$V = I^2 R = M \omega_0 s,$$

где I, R — сәйкесінше ток жүретін қозғалтқыш тізбегінің тоғы және кедергісі; M, ω_0 — сәйкесінше идеал бос жүріс моменті және жылдамдығы; s — тұрақты тоқ қозғалтқышының және АҚ сырғанауының салыстырмалы жылдамдығы, $s = (\omega_0 - \omega)/\omega_0$.

Үшфазалы АҚ үшін қуаттың толық айнымалы жоғалулары:

$$V = V_1 + V_2 = 3I_1^2 R_1 + 3I_2^2 R_2 = 3I_1^2 R_1 + M \omega s,$$

где V_1, V_2 — сәйкесінше статор және ротор орамдары тізбектеріндегі қуат жоғалулары. Қарапайым П-образды АҚ орын басу сұлбасын қолданғанда статордағы жоғалулар келесі түрде өрнектеледі:

$$V_1 = 3I_1^2 R_1 = 3I_1^2 R_1 R_2 / R_2 = V_2 R_1 / R_2,$$

Ал АҚ-дағы толық айнымалы жоғалулар:

$$V = 3I_1^2 (R_1 + R_2) = M \omega s (1 + R_1 / R_2).$$

Синхронды қозғалтқыштар үшін

$$V_1 = 3I_1^2 R_1.$$

Тұрақты қуат жоғалулары:

$$K = \Delta P_{\text{ном}} - V_{\text{ном}}$$

Бұл формулаға кіретін толық қуат жоғалулары $\Delta P_{\text{ном}}$ номиналды режимде номиналды ПЭК $\eta_{\text{ном}}$ бойынша және қозғалтқыш қуаты $P_{\text{ном}}$ бойынша анықталады:

$$P_{\text{ном}} = P_{\text{ном}}(1 - \eta_{\text{ном}}) / \eta_{\text{ном}}$$

Осы жоғалулар АҚ және СҚ үшін келесі қатынастан табуға болады:

$$\Delta P_{\text{ном}} = P_{\text{ном}} - P_{\text{ном}} = 3U_{\text{ф}} I_{\text{ном}} \cos \varphi_{\text{ном}} P_{\text{ном}},$$

Мұндағы $P_{\text{ном}}$ — желіден тұтынылатын активті қуат.

Тұрақты жүктемемен қозғалтқыштың t_p жұмыс уақыты ішінде К және V болып белгіленген энергияның толық жоғалулары құрайды:

$$\Delta A = \Delta P t_p.$$

Циклды өзгертін жүктемемен қозғалтқыш жұмысы кезінде барлық цикл үшін энергияның толық жоғалулары құрайды:

$$\Delta A \approx \sum_{i=1} \Delta P_i t_i, ,$$

мұндағы $\Delta P_i, t_i$ - циклдың i-облысындағы қуат жоғалуы мен жұмыс уақыты; m –

циклдың жеке облыстарының саны; $\sum_{i=1}^m t_i = t_y$ - цикл уақыты.

Қозғалтқышты басқару үшін жартылайөткізгішті түрлендіргіштерді қолдана барысында түрлендіргіштегі қуат пен энергия жоғалулары вентильдегі, сүзгіштердегі, тегістеуші және теңестіруші реакторлардағы, трансформаторлардағы және жасанды коммутация құрылғыларының элементтеріндегі жоғалулардан құралады. Түрлендіргіштердің жартылайөткізгішті элементтеріндегі жоғалулар әдетте салыстырмалы аз (номиналды қуаттан бірнеше пайыз).

Трансформаторлар мен реакторлардағы жоғалуларды есептеу барысында олардың орамдарындағы жоғалулар алынады немесе түрлендіргіштің эквивалент кедергісі қолданылады. Электр машиналы түрлендіргіштерді қолданған кезде ондағы жоғалулар осы бөлімде қарастырылған тәсілдермен анықталады.

Басқару жүйесіндегі қуат жоғалулары әдетте бірнеше ондаған ваттан аспайды және тек дәлме-дәл энергетикалық есептеулер орындаған барысында назарға алынады.

Механикалық берілістегі қуат жоғалулары оның қозғалмалы бөліктеріндегі үйкеліспен анықталады және берілетін моментке тәуелді болады. Механикалық берілістегі жоғалулар әдетте ПЭК көмегімен бағаланады, оның мәні түрлері мен жүктеме түрлері үшін [24] келтірілген.

Өтпелі режимдегі ΔA_K энергия жоғалуы қуаттың тұрақты жоғалуымен К және өтпелі үрдіс уақытымен $t_{\text{пп}}$ анықталады, табылуы:

$$\Delta A_K = K t_{\text{пп}}.$$

Қуаттың айнымалы жоғалуымен V анықталатын ΔA_K энергия жоғалуы механикалық айнымалылар және параметрлер арқылы табылуы мүмкін.

Жүктемесіз ЭЖ жұмысы кезінде ($M_C=0$) тұрақты ток қозғалтқышының экірінде және роторындағы энергияның айнымалы жоғалулары келесі формуламен анықталады:

$$\Delta A_{V0} = \Delta A_{20} = J\omega_0^2 (s_{нач}^2 - s_{кон}^2)/2,$$

где J — ЭЖ қосынды моменті; $s_{нач}$, $s_{кон}$ — қозғалтқыш сырғанауының сәйкесінше бастапқы және соңғы мәні.

ЭЖ жүктемемен жұмысы кезіндегі ($M_C \neq 0$) энергия жоғалуы келесі жуықталған формуламен есептелуі мүмкін:

$$\Delta A_H = \Delta A_0 M_{CP} / (M_{CP} \pm M_C)$$

мұндағы ΔA_H , ΔA_0 — сәйкесінше жүктемемен және босжүрістегі энергия жоғалулары; M_{CP} — өтпелі процестің барлық уақытында өзгеріссіз қабылданатын қозғалтқыштың орташа моменті; «-» белгісі іске қосуға, ал «+» белгісі қозғалтқыш тежеуіне сәйкес келеді.

ЭЖ пайдалы әсер коэффициенті. ЭЖ ПЭК электрмеханикалық жүйе ретінде оның күштік бөлігінің ПЭК анықталады: күштік түрлендіргіштің $\eta_{с.п.}$, электрқозғалтқыштың η және механикалық берілістің $\eta_{м.п.}$ ПЭК-нің көбейтіндісі

$$\eta_{ЭП} = \eta_{с.п.} \eta_{м.п.}$$

Бұл өрнекте ең маңыздысы қозғалтқыш ПЭК-і. Әр түрлі жылдамдықта және жүктемемен білектен біршама циклда ЭЖ жұмысы барысында орнатылған, жіне өтпелі режимдерде қозғалтқыш ПЭК-і келесі өрнекпен анықталады:

$$\eta_{ц} = A_{пол} / A_{потр} = A_{пол} / (A_{пол} + \Delta A) = \frac{\sum_1^n P_{полi} t_i}{(\sum_1^n P_{полi} t_i + \sum_1^n \Delta P_i t_i)},$$

мұндағы $A_{пол}$, $A_{потр}$ — пайдалы механикалық және тұтынылатын электр энергиясы; ΔA — энергия жоғалуы; — циклдың i аймағында пайдалы (механикалық) қуат; ΔP_i — циклдың i -аймағындағы қуат жоғалуы; n — ЭЖ жұмыс аймағының саны.

Осы өрнекпен есептелген ПЭК-ті циклдық немесе орташа өлшенген деп атайды.

Егер ЭЖ орнатылған режимде жұмыс істесе, онда бұл формула ықшамдалады:

$$\eta = P_{пол} / (P_{пол} + \Delta P)$$

ЭЖ қуат коэффициенті. Айнымалы ток желісіне қосылған электржетек одан активті P және реактивті Q қуат тұтынады. Егер ЭЖ циклда әр түрлі жүктемемен және орнатылған және өтпелі режимдердегі жылдамдықта жұмыс істесе, онда ол реактивті энергияны тұтынушы ретінде орташа өлшенген немесе циклдық болып сипатталады, оның қуат коэффициенті тұтынылған активті энергияның толық A_a не жорамал $A_{ц}$ энергияға қатынасымен анықталады:

$$\cos \varphi_{\Sigma} = A_a / A_{\Sigma} = \sum_1^n P_i t_i / \sum_1^n S_i t_i,$$

мұндағы S_i — толық (жорамал) қуат, $S_i = \sqrt{P_i^2 + Q_i^2}$.

Орнатылған режимде ЭЖ жұмысы барысында бұл формула ықшамдалады:

$$\cos \varphi = P / S = P / \sqrt{P^2 + Q^2}.$$

АҚ-тың қуат коэффициенті орнатылған режим үшін келесі формуламен есептелінеді

$$P_1 = P_{\text{мех}} + \Delta P = M_{\omega} + K + V_1 + V_2 ;$$

$$Q = 3I_{\mu}^2 x_{\mu} + 3/I_1'^2 x_1 + 3I_2'^2 x_2'.$$

«Басқарылатын түзеткіш – тұрақты ток қозғалтқышы» ЭЖ жүйесі үшін қуат коэффициенті келесі жуықталған өрнек көмегімен бағалануы мүмкін:

$$\cos \varphi_p \approx \cos \alpha,$$

мұндағыа — түрлендіргіш вентильдерінің реттеу (басқару) бұрышы.

Мысал 13.5. тәуелсіз қозумен 2ПФ—132 типті тұрақты ток қозғалтқышы келесі номиналды мәліметтерден тұрады: $P_{\text{ном}} = 5,5$ кВт; $U_{\text{ном}} = 110$ В; $I_{\text{ном}} = 63$ А; $n_{\text{ном}} = 1500$ айн/мин; $\eta_{\text{ном}} = 79$ %; $R = 0,146$ Ом. Жұмыс циклындағы қозғалтқыштың энергия жоғалуын анықтау: $t_1 = 600$ с уақыт ішінде $M_{c1} = 0,6 M_{\text{ном}}$ жүктеме моментімен жұмыс істейді, $t_2 = 180$ с уақыт ішінде $M_{c2} = M_{\text{ном}}$ номиналды жүктемемен және $t_3 = 900$ с уақыт ішінде $M_{c3} = 0,8 M_{\text{ном}}$ моментпен жұмыс істейді. Қозғалтқыштың қозу тоғы циклда өзгермейді және номиналға тең.

Шешім. 1. Қозғалтқыштың магнит ағыны өзгермейтін болғандықтан, момент еселігі зәкір тізбегіндегі тоқ еселігіне тең. Осыдан цикл аймағындағы зәкір тоғы құрайды:

$$I_{c1} = I_{\text{ном}} M_{c1} / M_{\text{ном}} = 63 \cdot 0,6 = 37,8 \text{ А}; \quad I_{c2} = I_{\text{ном}} = 63 \text{ А}; \quad I_{c3} = 0,8 I_{\text{ном}} = 50,4 \text{ А}.$$

2. Қозғалтқыштағы қуаттың толқы номиналды жоғалуы тең:

$$\Delta P_{\text{ном}} = P_{\text{ном}} (1 - \eta_{\text{ном}}) / \eta_{\text{ном}} = 5500 (1 - 0,79) / 0,79 = 1462 \text{ Вт}.$$

3. Қуаттың номиналды айнымалы жоғалулары құрайды:

$$V_{\text{ном}} = I_{\text{ном}}^2 R = 63^2 \cdot 0,146 = 580 \text{ Вт}.$$

4. Қозғалтқыштағы қуаттың тұрақты жоғалуларын табамыз:

$$K = \Delta P_{\text{ном}} - V_{\text{ном}} = 1462 - 580 = 882 \text{ Вт}.$$

5. Қозғалтқыштағы энергия жоғалуын қуаттың тұрақты және айнымалы жоғалуларынан энергия жоғалуының қосындысы ретінде табамыз:

$$\Delta A = \Delta A_K + \Delta A_v = K(t_1 + t_2 + t_3) + \sum_1^3 V_i t_i = K(t_1 + t_2 + t_3) + \sum_1^3 I_i^2 R_i t_i =$$

$$= 882(600 + 180 + 900) + 0,146(37,8^2 \cdot 600 + 63^2 \cdot 180 + 50,4^2 \cdot 900) = 2\,045 \text{ кДж}.$$

Мысал 13.6. 4АН160S4 типті асинхронды қозғалтқыш $P_{\text{ном}} = 18,5$ кВт номиналды қуатқа ие; жылдамдығы $n_{\text{ном}} = 1450$ айн/мин;

$$\eta_{\text{ном}} = 88 \, \%.$$

Асинхронды қозғалтқыштағы қуат жоғалуларын және ПӘК есептеу: табиғи сипаттамада жұмыс істеу моменті $M_c = 0,9 M_{\text{ном}}$ егер $R_1/R_2 = 1,8$.

Шешім. 1. Қозғалтқыштың номиналды режимдегі және бос жүрістегі жылдамдығын анықтаймыз:

$$\omega_{\text{ном}} = 2\pi n_{\text{ном}}/60 = 2 \cdot 3,14 \cdot 1\,450/30 = 152 \text{ с}^{-1};$$

$$\omega_0 = 2\pi f_1/p = 2 \cdot 3,14 \cdot 50/2 = 157 \text{ с}^{-1}.$$

2. Номиналды сырғанау және қозғалтқыш моментін табамыз:

$$s_{\text{ном}} = (\omega_0 - \omega_{\text{ном}})/\omega_0 = (157 - 152)/157 = 0,033;$$

$$M_{\text{ном}} = P_{\text{ном}}/\omega_{\text{ном}} = 18\,500/152 = 122 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

3. Қозғалтқыштың механикалық сипаттамасын сызықты деп алып, $M_c = 0,9 M_{\text{ном}} = 0,9 \cdot 122 = 110 \text{ Н} \cdot \text{м}$ болғанда, берілген жүктеме моментінде сырғанау және жылдамдықты табамыз:

$$s_0 = s_{\text{ном}} M_c/M_{\text{ном}} = 0,033 \cdot 0,9 = 0,03;$$

$$\omega_0 (1 - s_c) = 157(1 - 0,03) = 152 \text{ с}^{-1}.$$

4. Қуаттың тұрақты жоғалуын табу үшін номиналды режимде асинхронды қозғалтқыштың толық жоғалуын табамыз:

$$\Delta P_{\text{ном}} = P_{\text{ном}}(1 - \eta_{\text{ном}})/\eta_{\text{ном}} = 18\,500(1 - 0,88)/0,88 = 2\,523 \text{ Вт}.$$

5. Номиналды режимде айнымалы жоғалулар құрайды:

$$V_{\text{ном}} = M_{\text{ном}} \omega_0 s_{\text{ном}} (1 + R_1/R_2) = 122 \cdot 157 \cdot 0,033 (1 + 1,8) = 1\,770 \text{ Вт}.$$

6. Асинхронды қозғалтқыштағы тұрақты жоғалулар:

$$K = \Delta P_{\text{ном}} - V_{\text{ном}} = 2\,523 - 1\,770 = 753 \text{ Вт}.$$

7. Берілген нүктедегі қуаттың айнымалы және толық жоғалуларын табамыз:

$$V_c = V_1 + V_2 = M_c \omega_0 s_c (1 + R_1/R_2) = 110 \cdot 157 \cdot 0,03 (1 + 1,8) = 1\,450 \text{ Вт};$$

$$\Delta P_c = K + V_c = 753 + 1\,450 = 2\,203 \text{ Вт}.$$

8. Берілген жүктемемен жұмыс кезіндегі қозғалтқыштың ПӘК-н біліктегі қуаттың тұтынылатын активті қуатқа қатынасы ретінде табамыз

$$\eta_c = M_c \omega_c / (M_c \omega_c + \Delta P_c) = 110 \cdot 152 / (110 \cdot 152 + 2\,203) = 0,88.$$

13.7 Қозғалтқыштарды қыздыру бойынша тексеру

Қозғалтқыштарды қызу бойынша тексеру ықтимал және жұмыс кезіндегі температурамен салыстырудан тұрады. Қозғалтқыштарда оқшаулаудың бірнеше класы қолданылады,

қызудың ықтимал (нормативті) температурасы құрайды: А класы үшін – 105 °С, Е - 105 °С, В - 130 °С, F - 155 °С, Н - 180 °С, С - 180 °С-ден жоғары. Қазіргі таңда оқшаулаудың негізгі қолданушы кластары В, F және Н болып табылады.

Қозғалтқышты қызу бойынша тексеру кезінде оның абсолюттік температурасы емес, қыздыру температурасы τ бағаланады, ол қозғалтқыш температурасы t , °С мен қоршаған орта температурасының 40°С түрлілігін көрсетеді.

$$\tau = t - t_{o.c.}$$

Қозғалтқыш келесі шарт орындалған жағдайда ықтимал жылулық жүйеде жұмыс жасайды

$$\tau_{жум} < \tau_{кос}$$

мұнда $\tau_{жум}$ – қозғалтқыш жұмысы кезіндегі қызу, онда тексеру кезінде қозғалтқыштың жұмыс уақытындағы (айналым) орташа немесе үлкен қызу таңдалынады; – оқшаулау класымен анықталатын ықтимал (нормативті) қозғалтқыш қызуы.

Бұл шартты тексеру тікелей немесе жанама әдістер арқылы жүзеге асырылуы мүмкін.

Тікелей әдіс. Тікелей әдісті қолдану қозғалтқыштың жұмыс уақыты кезінде оның қыздыру өзгерісінің тәуелділігін алуды қарастырады. Қызудың бір сатылы теориясын (моделін) қолдану кезінде қозғалтқыш барлық нүктелерінде шексіз үлкен жылу өткізгіштігі мен бірдей температурасын иеленетін біртекті дене ретінде қарастырылады; сыртқы ортаға жылу беру қозғалтқыш пен қоршаған ортаның температуралары түрлілігінің бірінші деңгейінің пропорционалдығымен қабылданады; қоршаған орта шексіз үлкен жылу сыйымдылыққа ие, ал қозғалтқыштың жылу сыйымдылығы және оның жылу беруі температураға тәуелді болмайды.

Бұл шарттарда қозғалтқыштың қызуының өзгерісі экспоненциалды заң бойынша келесі анықтамаға сәйкес орындалады

$$\tau = (\tau_{баст} - \tau_{орн})e^{-t/T_t} + \tau_{уст},$$

мұнда $\tau_{баст}$ - қозғалтқыштың бастапқы қызуы, °С; $\tau_{орн}$ – қозғалтқыш температурасының орнатылғын жоғарылауы, °С, $\tau_{орн} = \Delta P / A$; ΔP – қозғалтқыштағы қуаттың жоғалулары, Вт; A – қозғалтқыштың жылу беруі, Дж/(с·°С); T_t – қозғалтқыш қызу немесе салқындау уақытының жылу тұрақтысы, с, $T_t = C / A$ (мұнда C – қозғалтқыштың жылу сыйымдылығы, Дж/°С).

Әдетте қозғалтқыш уақытының жылу тұрақтысы бірнеше минуттан бірнеше сағат аралығында жатады. Тікелей әдіс C және A қозғалтқыштарының жылулық параметрлерінің анықтамаларында жоқ болуынан аз қолданылады.

Жанама әдістер. Қызу бойынша қозғалтқыштарды тексеру $\tau(t)$ графигін құруды талап етпейді және қозғалтқыштың жылулық тәртібін бағалауды жанама көрсеткіштер бойынша –

орташа жоғалу және эквивалентті шама бойынша қарастырады. Орташа жоғалулар әдісінің мәні қуаттың орташа жоғалуын қозғалтқыштың жұмыс айналымы және оларды қуаттың номиналды жоғалуларымен салыстыру арқылы анықталады. Келесі шарттың орындалуы кезінде

$$\Delta P_{орт} \leq \Delta P_{ном}$$

қозғалтқыштың орташа қызуы ықтималдан аспайды.

Қуаттың орташа жоғалулары келесі формуламен анықталады

$$\Delta P_{орт} = \frac{1}{t_{ц}} \sum_{i=1}^n \Delta P_i t_i,$$

мұнда айналым уақыты; n – айналымдағы учаскелер саны; жұмыс айналымындағы i учаскедегі қозғалтқыш ұуатының жоғалулары; – жұмыс айналымының i -ші учаскесінің ұзақтығы.

Эквивалентті шамалар әдісі – ток, момент және қуаттың – орташа жоғалу әдісіне негізделеді.

Эквивалентті ток әдісімен қозғалтқышты қызу бойынша тексеру келесі формуламен жүргізіледі

$$\sqrt{\sum_{i=1}^n (I_i^2 t_i) / t_{ц}} = I_{ЭКВ} \leq I_{ном},$$

мұнда – жмыс айналымының i -ші учаскесіндегі ток.

Эквивалентті ток әдісі сонымен қатар қызу бойынша жұмыс істейтін қозғалтқыштарды тексеру үшін қолданылады.

Қызу бойынша қозғалтқыштарды тексеру эквивалентті момент және қуат әдістері арқылы келесі анықтама бойынша жүргізіледі:

$$\sqrt{\sum_{i=1}^n (M_i^2 t_i) / t_{ц}} = M_{ЭКВ} \leq M_{ном};$$

$$\sqrt{\sum_{i=1}^n (P_i^2 t_i) / t_{ц}} = M_{ЭКВ} \omega_{ном} = P_{ЭКВ} \leq P_{ном},$$

мұндағы M_i , P_i – жұмыс айналымының i -ші учаскесіндегі сәйкес моменті мен механикалық қуаты.

Өртүрлі режимдегі қызу бойынша қозғалтқыштарды тексерудің ерекшеліктері [9] қарастырылған.

Мысал 13.7. Пример 13.7.RA132M8 типті асинхронды қозғалтқыш статордың номиналды тогын $I_{1ном}=8A$ және $7A$ thстатор тогымен 5 мин ішінде жұмыс істейді, $9,5A$ статор тогымен 3мин және $7,5A$ статор тогымен 4мин ішінде жұмыс істейді.

Бқл айналымда қозғалтқыш қызуы ықтималды болуын анықтау.

Шешуі. Тексеру үшін эквивалентті ток формуласын қолданамыз:

$$I_{\text{экв}} = \sqrt{\sum_1^n (I_i^2 t_i) / t_{\text{ц}}} = \sqrt{(7^2 \cdot 5 + 9,5^2 \cdot 3 + 7,5^2 \cdot 4) / (5 + 3 + 4)} = 7,86 \text{ А.}$$

Эквивалентті ток $I_{\text{экв}} = 7,86 < I_{\text{ном}} = 8\text{А}$ болғандықтан, қозғалтқыштың орташа қызу ықтимал деңгейден аспайды.

13.8 Жиынтықты және біріктірілген электроқозғалтқыштар

Жинақтағыш ЭҚ (ЖЭҚ) барлық өзінің сипаттамалары мен параметрлері бойынша жобалау, құрастыру және дайындау кезінде бекітілген, барлық функционалдық элементтері кіретін (13.1 суретті қараңыз) ЭҚ көрсетеді. Бұл жабдықты жеткізу уақытын азайтады, ЭҚ құрамасы мен жөндеуін қысқартады және тездетеді.

ЖЭҚ кернеу бойынша қоректенетін желі, қозғалтқыш саны (бір, екі немесе көп қозғалтқышты), түрі және күштік түрлендіргіштің номиналды параметрлері, трансформатор саны, коммутационды және қорғау аппаратурасы және өзге де сипаттар арқылы ажыратылады.

Тұрақты токты қозғалтқышы бар жиынтықты ЭҚ. Оның құрамына тахогенераторы және датчигі бар тұрақты ток қозғалтқышы, қоздырғыш және зәкір орамын қоректендіру үшін тиристорлы түрлендіргіштер, күштік трансформатор немесе реактор, біртекті ететін реактор, коммутационды және қорғағыш аппаратура (автоматты өшіргіштер, желілік контакторлар, рубильниктер, ажыратқыштар), ЭҚ басқару сызбасы, тахогенератор мен элетрмагнитті тежеуіштің қоздыру орамының қоректену блогы, жоғары вольт шкафы (қажет болған жағдайда) және ЭҚ күйін басқару жіне бақылауға арналған апараттар, құрылғылар және жабдықтар жинағы кіреді.

Жұмыс машиналарының және механизмдерінің технологиялық параметрлерінің датчиктері, сонымен қатар басқару пульттерімен құрылатын басқару және сигналдық құрылғылар, жеткізу жинағына әдетте кірмейді.

Тұрақты токтың жиынтықты электрқозғалтқышының мысалы ретінде кең спектрлі функционалдық мүмкіндіктері бар КТЭУ сериялы ЭҚ кіреді. Олар бір қозғалтқышты және көпқозғалтқышты нұсқаларда реверсивті және реверсивті емес, динамикалық тежеуіштерімен және онсыз шығарылады. 2000 кВт дейінгі қуаты бар КТЭУ жылдамдық, күй, ЭДС, қуат және созудың реттеуін қамтамасыз етеді, ал 12 000 кВт дейінгі КТЭУ – тек жылдамдық пен қуаттың реттеуін қамтамасыз етеді. Осы ЖЭҚ негізінде арнайы сипаттамалары бар ЭҚ жүзеге асырылуы мүмкін.

ЭКТ және КТЭ серияларының жиынтықтық электрқозғалтқыштары сәйкес 2000 және 1000 кВт қуатымен КТЭУ сериясындай шамалас функционалдық мүмкіндіктерге ие және

ЭКТ және КТЭ серияларының жиынтықтық электрқозғалтқыштары сәйкес 2000 және 1000 кВт қуатымен КТЭУ сериясындай шамалас функционалдық мүмкіндіктерге ие және жеке блоктарды жинағы мен орындалуы арқылы ерекшеленеді. Олар жылдамдық, күй және созуды реттеуді талап ететін түрлі ЭҚ қолданылуы мүмкін.

ЖЭҚ үлкен тобы станок, робот, манипулятор және өзге де жұмыс машиналары мен механизмдері үшін шығарылған және кеңінен қолданылады. Олардың қатарына ЭТУ 3601, ЭТЗ, ЭТ6, ЭТРП, ЭПУ1, ЭПУ2, ПРП, ЭШИР-1 сериялы ЖЭҚ кіреді. Бұл ЖЭҚ ПБСТ, ПГТ, 2П, ПБВ, ДК1 типті жоғары моментті қолданылады, олар рақылы жылдамдық бойынша кері байланыс жүзеге асырылады. Бұл ЖЭҚ құрамына тахогенераторлы қозғалтқыштан өзге күштік түрлендіргіш, басқару құрылғысы, автоматты өшіргіш қоректік трансформатор, біртектітін реактор, қорғау және сигналдау құрылғылары кіреді. Бұл ЖЭҚ кейбірі (ЭТУ3601, ЭТЗ) ЧПУ станокты байланыс блоктарына ие.

Көрсетілген ЖЭҚ көпшілігі күштік тиристорлік түрлендіргіштерге ие, олар бірфазалы немесе үшфазалы, мосттық және нөлдік, реверсивті және реверсивті емес сызбалар бойынша құрастырылған. ПРП және ЭШИР-1 типтерінің ЖЭҚ кернеудің кең импульстік модуляциялы транзисторлы түрлендіргіш қолданылады.

Станокты ЖЭҚ көпшілігінің басқару сызбасы П- және ПИ регуляторлы жылдамдық және тогы бар координаталарды реттеу принципі бойынша құрылған, ол бір мың және одан да көп аралықта жататын жылдамдықты реттеудің үлкен диапазонын қамтамасыз етеді. ЖЭҚ станоктың басты қозғалысы үшін (ЭТЗ, ЭТРП, ЭПУ1 и др.) тиристорлы түрлендіргіш көмегімен қозғалтқыш қозуының тогын басқару қарастырылады, осы арқылы жылдамдықты реттеу диапазонын жоғарылатуға қол жеткізеді.

Станокты ЖЭҚ қуаты бірлік немесе ондық киловаттты құрайды.

Айнымалы токты қозғалтқыштары бар жиынтық электр қозғалтқыш. Айнымалы токты қозғалтқыштары бар ЭҚ кеңінен қолдану аясында жиілікті түрлендіретін кең номенклатура шығарылу үстінде. Мұндай ЖЭҚ құрамына айнымалы ЭҚ қажетті датчиктері бар айнымалы токты қозғалтқыш, жиілікті түрлендіргіш немесе кернеуді реттегіш, коммутационды аппаратура және тежеуіш резистор кіруі мүмкін.

ЖЭҚ алғашқы серияларына ЭКТ және ЭКТ2 және ЧПУ білдектерінде қолданыс тапқан «Размер 2М» типті ЭЖ жатады. Заманауи асинхронды қозғалтқышпен ЖЭҚ мысалдарына АП-140, ЭПА және ЭТА типті ЭЖ жатады.

Көптеген өнеркәсіп салаларында синхронды қозғалтқышпен ЖЭҚ қолданыс тапқан. Мұндай жетектерге вентильді қозғалтқыштардың барлық түрін жатқызуға болады, олардың құрамына электронды коммутатор (жиілік түрлендіргіш) және ротордың орналасу датчигі кіреді.

Білдек жасау және робототехникада арнайы ЭПБ, ЭПБ-2 және ЭПБ-3 типті ЭЖ қолданылады, олар вентильді қозғалтқыш сұлбасы бойынша орындалған. Олар білдектердің, роботтардың және манипуляторлардың және басқа да қондырғылардың жетектері үшін қолданылады.

Өнеркәсіп мекемелері мен тұрмыстық-коммуналдық шаруашылықта бірнеше қозғалтқыштарды топтық басқару станциялары қолданыс тапқан. Оларға, жекелей алғанда, бірнеше сүзгіш қондырғылардың электржетектерін басқаруға арналған станциялар, «жұмсақ» іске қосқыштан бастап бірнеше біртүрлі қозғалтқыштарды іске қосу құрылғысы және басқа бір топ құрылғылар жатады.

Біріктірілген ЭЖ. Соңғы жылдары кейбір білдектер мен арнайы механизмдердің жетегі үшін қозғалтқыштың бірыңғай құрылымына механикалық беріліс, координата датчигі, кей жағдайларда күштік түрлендіргіш біріктірілген ЭЖ жасалып, қолданыла бастады. Мұндай электрмеханикалық модуль, кейде мехатронды деп аталады, бірқатар жағдайларда ЭЖ жұмысының және технологиялық құралдардың әлдеқайда жоғары техника-экономикалық көрсеткіштерін алуға мүмкіндік береді.

Бақылау сұрақтары

1. Электр жетегі дегеніміз не?
2. Электржетек құрамына қандай компоненттер кіреді? Оларды іске асыру мысалын атаңыз..
3. Электржетектері қандай қасиеті бойынша жіктеледі?
4. Электржетектердің айнымалыларын реттеу не үшін қажет?
5. ДПТНВ қосу сұлбасы қалай кескінделеді?
6. ДПТНВ реттеуші сипаттамаларын қандай тәсілдермен алуға болады?
7. ДПТНВ іске қосқышы қандай қасиетке ие?
8. АҚ қосу сұлбасы қалай кескінделеді?
9. АҚ іске қосу тоғын қандай тәсілдермен шектеуге болады?
10. Қандай тәсілдермен АҚ-ты тез тежеуге болады?
11. АҚ жылдамдығын реттеудің қандай тәсілдері бар?
12. СҚ –тың қосу сұлбасы және жұмыс сипаттамасы қалай бейнеленеді?
13. Қыздыру бойынша қозғалтқыштарды қандай әдістермен тексеруге болады?

ЭЛЕКТР ЖАРЫҒЫ**14.1 Жарықтандыру аспаптары**

Жарықтандыру құрылғыларын жарық ағыны арқылы жылу және люминесцентке бөледі. Бірінші топ құрамында қыздырғыш шамдар (ҚШ), екіншісі газдарда, металл буларында немесе олардың қоспаларында электр разряды нәтижесінде жарық сәулесі пайда болатын екінші разряд шамдары (РШ). Жарық көздерінің негізгі параметрлері номиналды қуат болып табылады; жарық шығару, лм/Вт; қорек кернеуі; іске қосу және жұмыс істеу тогы; номиналды жарық ағыны; қызмет мерзімі.

Қыздырғыш шамдар. Қыздырғыш шамдарды пайдалану принципі инертті газбен бірге шыны ыдысқа ағатын электр тогының жарқылына негізделеді. Қыздыру жалпы мақсаттағы В (вакуум) шамдар, Б, БК, Ф (газ толтырылған спиральные орган қыздыру), НВ, жергілікті жарықтандыру МО және рефлексивті қабаты З.С., З.С. және З.К. вольт жүздеген бірнеше кернеу кезінде шығарылады, электр Halfhill квт 1000-нан 2500 сағатқа дейін қызмет ету мерзімі бар, қыздыру шамдарының тиімділігі шамамен 6 70 шамасында, ал олардың нақты жарық шығаруы 1 20 лм / Вт-қа дейін. Кестеде. Сурет 14.1-де қыздыра шамдардың кейбір түрлері туралы деректер келтірілген.

Төмен қысымды люминесцентті лампалар. Төмен қысымды флуоресцентті лампалардың (КЖ) жұмыс принципі төмен қысымды сынапты лактардың доға шығарылуына негізделген. Іс жүзінде LL түрлерін LD (КЖ күнжарығы) қолдану; LDC (Күндізгі жарық жарығы күшейтілген жарық беру); LB (ақ жарықтың LL); LNB (LL суық ақ жарық); LTB (LL жылы ақ жарық)

Таңбалаудағы түсті белгілеуден кейін LL таңбалауы құрылымдық ерекшеліктерді білдіретін әріптерді қамтиды: Р - рефлекс; УЕ-тәрізді; К - айналма; В - жылдам бастау; А - амальгам; Т - үш жолақты эмиссиялық спектрі бар. Әріптерден кейінгі сандар шамның күші, W.

Люминесцентті лампалар қыздыру шамдарына қарағанда 17% -ға дейін және 40-60 лм / Вт немесе одан жоғары жарық сәулелену тиімділігіне қарағанда тиімдірек болады. Төмен қысымдағы LL жануының орташа ұзақтығы 12 000 сағ кем болмауы керек.

Кестеде. 14.2 төмен қысымды флуоресцентті лампалар туралы деректерді көрсетеді.

Ыстық шамдарды ауыстыру үшін E27 розеткасы бар спиральды шағын флуоресцентті лампалар қолданылуы мүмкін. Кестеде. 14.3-де «Мәскеу электромагниттік фабрикасы» АҚ шығарған СКЛ шамдары туралы мәліметтер келтірілген. SKL түріндегі лампалар DC 12 В және AC 127 және 220 В үшін қол жетімді.

Жоғары қысымды люминесцентті лампалар. Шамдағы қысым көтерілгенде, оның төгілуі радиациямен күшейе түседі. Осы түрдегі лампалардың қазіргі заманға сай түрлеріне металдың галогендік лампалары (MHL) кіреді, оның құрамында әр түрлі металдардың галогендік түрінде қоспа қосылады. Осындай шамдардан жоғары жарық шығаруды алуға мүмкіндік береді. Олардың қызмет мерзімі 3000 сағатты 10 000 сағатқа дейін құрайды.

Жоғары қысымды LL таңбалауы келесі формаға ие: жоғары қысымды доғаның сынап шамы; ДРИ (МГЛ) - йодид қоспалары бар жоғары қысымның доғаның люгі; ДНАТ - жоғары қысымды арка натрий шамы «. Лампаларды белгілеу кезінде әріптерден кейінгі сандар ЖМСЖ, Вт; одан кейін жақшаларда қызыл арақатынасы (шамның жарық ағыны спектрдің қызыл бөлігіне дейін, жалпы жарық ағынының пайыздық қатынасында көрсетілген).

Кестеде. 14.4 кейбір жоғары қысымды LL көрсетеді.

Натрий шамдары сынаппен салыстырғанда электр қуатын азайтады және түсі жақсартылған.

Газды төгуге арналған шамдардың ерекшелігі - оларды іске қосу үшін, стартерлік балласттар (балласттар) деп аталатын арнайы құрылғыларды қосу қажеттілігі. Балласттар лампаның электродтарын термоялық эмиссияның температурасына жылдам ендірілуін және кейіннен шамның берілісінің негізгі сұлбасына өтуін қамтамасыз етеді. Олардың сипаттамалары мен жұмыс принципі бар балласттар стартермен және тез және жанып тұрған тұтанғыштармен бөлінеді.

Тісті берілістердің сипаттамасы: 1-ші сан - құрылғы арқылы қосылған шамдардың саны; UB - стартердің тұтануы; Стартердің тұтануы жоқ AB; AND, E, K - тиісінше, индуктивті, сыйымдылық және балласты қуат коэффициенті үшін өтелген; сандар - желінің шамдары / кернеуі; Анти-стробоскопиялық; В - кіріктірілген шам; Н - тәуелсіз орнату; Р - шуылдың төмендеуі және радио кедергісі.

14.1 суретте төменгі қысымды LP үшін стартердің схемасы мен стартердің құрылымы берілген [14]. Трансмиссиялық схема (сурет 14.1, а) LL Starter шам режимдерін тұрақтандыруға қажетті VL стартері мен LL шөгіндісін қамтиды (14.1-сурет, б)

Түрі	номиналды қуаты Вт	жарық ағыны	Түрі	Номиналды қуат	Жарық ағыны
В	15	105	Г	150	2 000
	25	220		200	2 920
Б	40	415		300	4 610
	60	715		500	8 300
	75	950		750... 1 000	13 100... 18 600
	100	1 350		200	2 920
БК	40	460		300	4 610
	60	790		500	8 300
	75	1 020		750...1 000	13 100...18 600
	100	1 450			
МО12-15	15	200	МО24-100	100	1 740
МО12-60	60	1 000	МО36-60	60	760
МО24-60	60	950	МО36-100	100	1 590

Ескерту: МВ шамдарынан басқа шамдардың кернеуі 220 В болады. Кернеу МО әріптен кейінгі алғашқы екі цифрмен белгіленеді және 12 ... 36 В болады.

Төмен қысымды люминесцентті лампалардың техникалық сипаттамалары

Түр	Қуат, Вт	Шам қуаты, А	Жарық ағымы
лдц	40	0,43	2 100
	80	0,86	3610
лд	40	0,43	2 340
	80	0,86	4 070
ЛХБ	40	0,43	2 780
	80	0,86	4 600
ЛТБ	40	0,43	2 780
	80	0,86	4720
ЛБ	40	0,430	3 000
	80	0,86	5 220

5 инертті газы бар шыны бөтелкесі бар, онда металлдар 4 және 1-контакті бар 2 биметалды 1 электрод бар, олар 2-топтың көмегімен шығарылады.

Стартер электродтары арасындағы тізбектей берілсе, ток ағынымен 0.01 0.04 А жылу ағымы пайда болады.Стартер арқылы осы ағынның шығуы стартерді қыздырады. 0.2...Л, 4 секундтан кейін екінші электродтың бағытымен байланыстырылады және Z байланыстары қосылады.

Кесте 14.3

СКЛ ЭН ықшам лампалардың техникалық сипаттамалары

Түр	Қуат Вт	Жарық ағымы, лм	Қызмет көрсету мерзімі ч	Габариттік өлшемдер, мм	Б Қыздыру шамдары, %
СКЛ ЭН 7А	7	400	8000	125x60	40
СКЛ ЭН ПА		600	8000	140x60	60
СКЛ ЭН 15А	15		8000	150x60	75
СКЛ ЭН 20А	20	200	8000	155x60	100

Бастапқы ток тогының кернеуі, дроссельдің кедергісі және шам электродтары арқылы анықталатын шам схемасы арқылы өтеді. Бұл ток және, тиісінше, қалыптасқан жылу контактілердің 3 жабық күйін сақтау үшін жеткіліксіз, биметаллической электрод бітелмейді және бастапқы ток тізбегін бұзады.

Байланыстағы контактілердің 3 саңылауы бар тізбектегі дроссельдің болуына байланысты 1: 2 мкс ұзақтығы бар қысқа кернеу импульсі пайда болады, бұл LL-ды жанатын болады. Шамда қосқыштың сенімділігін арттыру үшін стартердің контактілеріне қатарлас 5 ... 10 фФ сыйымдылығы бар конденсатор қосылуы мүмкін. бұл кернеу импульсінің ұзақтығын арттырады. Жарықтандырудың бастапқы режимінің жалпы ұзақтығы 5-15 секунд болуы мүмкін.

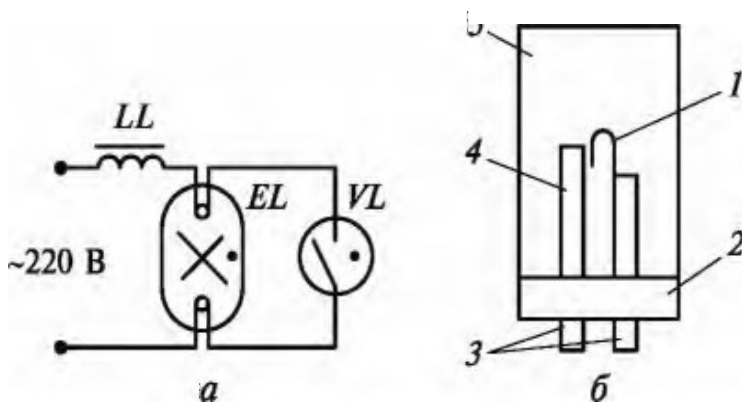
Газды ағызатын шамдарға арналған кейбір берілістердің техникалық деректері Кестеде келтірілген. 14.5.

Кесте 14.3

Жоғары қысымды артқы шамдардың техникалық сипаттамалары

	Номиналды қуат, Вт	Шам тоғы, А	Жарық ағым, ду	Қызмет көрсету мерзімі, тыс. ч
дрл 80	80	-	2,3	6
дрл 125	125	-	3,7	6
дрл 250	250	-	8,2	8
дрл 400	400		14,4	10
дрл 700	700	-	25,9	10
дрл 1000	1 000	-	37,4	10
дри 250-	250	2,5	18,7	4,5
дри 400	400	3,5	32	4,5
дм 700	700	5,6	59,5	3
дри 1000	1 000	9,5	90	1
дри 1	1 000	9,5	80	1
дм 2	2000	10,8	190	1
дри 3500	3 500	18,8	300	1
ДНаТ 250	250	2,5	25	10
днат 400	400	3,5	40	10

Ескерту: 2000 және 3500 лампалары 380 В, қалғаны 220 В үшін шығарылады



Сурет. 14.1. Балласты (а) электрлік схемасы және оның дизайны (б):

1 - биметалдық электрод; 2 негіз; 3 - байланыстар; 4-металды электрод; 5 – шыныаяқ

Шамдар - бір немесе бірнеше жарық көзі, жарықтандырғыш, сынғыш немесе диффузиялық оптикалық құрылғылар, балласттар, қажетті орнату және басқа компоненттері бар жеңіл құрылғылар. Көптеген шамдар - бұл алыс объектілерді жарықтандыруға арналған лазер.

NSP-17, NSP 19 және NSP-22 сияқты ішкі жарықтандыру үшін шамдар 200, 500 немесе 1000 Вт, RSP-05 және PC11-IS-шамдарымен жабдықталған.

1 000 Вт, GSP-18-DAM типті, қуаттылығы 250 1 000 Вт. LCDU01-400,002UHL1 сыртқы жарықтандыру үшін жарықтандырғыштар 400 Вт CWT шамдарымен жабдықталған, CGU-03 түрі 250 немесе 400 Вт DRL шамдарымен, RTU-01, 04-125 125L WDL шамдарымен жабдықталған. Шамдар туралы толығырақ ақпаратты [24] табуға болады.

14.2. Жарық жүйелері

Ең жақсы жарықтандыру шарттары, жарықтандыру жүйелері пайдаланылған кезде жасалады. Соңғы уақытқа дейін жалпы жарықтандыруға қосымша жалпы жарықтандыру немесе жалпы жарықтандырудың жалпы жарықтандыру жүйесі жасалды және жергілікті жарықтандыруды қолданды. Бұл жағдайда жарықтандыру дәрежесі бүкіл бөлме үшін, оның ішінде қосалқы аудандар үшін визуальды жұмыс категорияларына сәйкес біркелкі болады.

Технологиялық жабдықтарды асимметриялы орналастыруда тиімділігі жарықтандыру қондырғылары технологиялық жабдықтың орналасқан жеріне сәйкес орналасатын жалпы жарықтандырудың жергілікті жүйелері болып табылады. Жұмыс орындарында жоғары деңгейлерді (50 4000 люкс) алу қажет болса, жеке жарықтандыру олармен біріктіріледі. Осындай аралас жарықтандырудағы энергияны үнемдеу 40% жетуі мүмкін.

Бірқатар өндірістік нысандарда табиғи жарықтандыру жоқ немесе олардың деңгейі жеткіліксіз. Мұндай жағдайларда, осындай бөлмелерде күн радиациясын енгізу және тарату маңызды міндет. Бұл проблеманың шешімдерінің бірі - жеңіл жарықтандырғыштарды пайдалану, мұнда күн сәулесінің арнайы концентраторларынан - ғимараттан тыс орналасқан гелиостаттардан жарық енгізіледі.

Бір мезгілде энергия үнемдеуге арналған объектілерді жарықтандыру

жағдайларын жақсарту табиғи жарықтандыру деңгейіне байланысты жасанды амортизация деңгейін реттейтін бақылау және автоматтандыру құралдарын қолдануды қамтамасыз етеді.

Жарықтандыру жүйелерінде жарықтандыру құрылғыларын, жер үсті қосқыштарын, жарық ағындарын реттегіштерді және кернеу реттегіштерін бақылау үшін көбірек пайдаланылады.

Кесте 14.5

Түр ПРА	Шам қуаты, Вт	инжекторлық ток, А	Жұмыс ток, А
Стартер ПРО			
УБИ-2Ж/220-ВП-09	20	0,6	0,35
УБИ-2ОК/220-ВП-20	20	0,6	0,35
УБИ-4ОК/220-ВП-ОУ	20	0,75	0,43
УБИ-2ОК/220-ВП-20	40	0,75	0,43
1 УБИ-8ОК/22(У-ВП-О6	80	1,7	0,86
Шам ПРА ДТ			
дм- 125 ДРЛ/220-В	125	2,7	1,15
ДБИ-250ДРЛ/220-В	250	2,5	2,15
ДБИ-400 ДРЛ/220-В	400	7,15	3,25
дм- 125 ДРЛ/220-Н	125	2,4	1,15
ДБИ-400 ДРЛ/220-Н	400	7,25	3,25
ДБИ-700 ДРЛ/220-Н	7000	12	5,45

РРТТ үшфазалы түрдегі құрылғы DRL, DRE, DNaT, DKST және люминесцентті лампалар сияқты қыздыру шамдары бар электрлік жарықтандыру жүйелерінде қолдануға арналған. Ол жарықтандыру құрылғыларының электрмен жабдықтау кернеуін, оларды автоматты түрде қосуды және өшіруді, сондай-ақ объектілерді жарықтандыруды реттей алады, 220 В кернеуінің номиналды кернеуі, 63, 100 және 160 А бағдарларының жүктемесі.

PN-TGE түріндегі трансформаторлар («Электровипрямитель» ААҚ, Саранск) осы бағдарламаға сәйкес DRL және DNaT түріндегі қыздыру немесе газды шығару лампаларын қосудың оңтайлы режимдерін қамтамасыз етеді, шамның берілген кернеуін алдын-ала белгіленген деңгейде тұрақтандырады және оны 175 немесе 195 В деңгейіне дейін азайтады. шамдар үнемділігі. Микропроцессорлық басқару

жүйесі сонымен қатар ұйымдастырылған дисплейде ақпаратты көрсету және оны диспетчерлік консольге беру арқылы қорғауды және сигнал беруді қамтамасыз етеді.

БОН-220-40 кернеуінің шектегіші жарық схемаларында берілген деңгейде кернеуді шектеу және осы тізбектер қосылып тұрған кезде ағымдағы ток күшін азайту үшін арналған. Электрмен жабдықтау 220 (+22, 733) 50 Гц жиілікте жүктеме тогы 40 А құрайды, шығыс кернеуінің шектеу деңгейін реттеу ауқымы -170 200 В

Тон-3 тұрақтандырғыш кернеуінің шектеулері номиналды кернеуге қатысты кернеудің 30% -ға дейін ұлғаюымен люминесцентті лампалармен, DRL, DRI және KI-220 шамдарымен жарықтандырғыш желілердегі кернеуді ұстап тұруға арналған және байланыссыз найзағайдың жүктеме қосқышы ретінде пайдаланылуы мүмкін.

Тарау 15

ЭЛЕКТРОТХНОЛОГИЯЛЫҚ ҚОНДЫРҒЫЛАР

15.1. Электротехникалық қондырғының мақсаты мен жіктелуі

Электротехнология - электр энергиясын қолдану арқылы жүзеге асырылатын шикізаттың, материалдың немесе жартылай фабрикаттардың күйін өңдеуге, өндіруге, өзгертуге арналған әдістердің тіркесімін білдіреді. Электрография электротехнологиялық қондырғылардың (ЭТУ) құлауымен жүзеге асырылады. Өзінің тағайындалуына және жұмыс істеу қағидасына сәйкес, ЭТУ келесі типтерге бөлінеді

Термиялық өңдеу және материалдар мен бұйымдарды өндіруге арналған *электротермиялық қондырғылар*. Олар пештерге төзімді, доғалық индукцияға бөлінеді; диэлектрлік, электронды-сәулелік, гулзманного жылыту және т.б. орнату.

Электр тогының көмегімен металл бұйымдарын дәнекерлеуге арналған электр дәнекерлеу машиналары.

Электр тогынан өтіп жатқан электролит электродтарында болатын электрохимиялық тотығу-тотықсыздану процестеріне байланысты заттардың пішінін (электроформалау) металл қабатын (электролиздеу) қолданатын заттар алу үшін арналған.

Материалдар мен бұйымдарды беткі өңдеуге арналған электрофизикалық қондырғылар, үтіктің көмегімен, локализацияланған қыздыруға, доғалы бұзуға, электронды сәулеге немесе контактқа төзімділікке байланысты тегістеу, жылтырату арқылы

Электрохимиялық зауыттар анод материалын тотығу есебінен беткі қабаттың көлемді өңдеуіне арналған.

Электр өрісі мен электр зарядының зарядталған электр өрісінің өзара әрекеттестігі негізінде материалдар мен бұйымдарды өңдеуге арналған аэрозоль технологиясының қондырғылары.

15.2. Электротехнологиялық қондырғылар

Электрлік кедергі пештерінде (EPS) технологиялық процесс арнайы жылытқыштарда (жанама қыздырудың EPS) немесе өңделген затта, электр тогының ағымымен материалға немесе бұйымға (ЭҚЖ тікелей әсер ету) шығарылатын жылу есебінен жүзеге асырылады.

Электрлік жанама қарсылық пештері төмен температура (700 оС дейін), орташа

температурасы (1250 о С дейін) және жоғары температура (1250 RS-нан астам). Электрлік жанама қарсылық қыздыру пештері кернеуі 220 В және 380 В болатын бір немесе үш фазалы айнымалы ток желілерінен қуат алады, қуаты 50-ден 10 000 кВт-қа дейін, қуаттылық коэффициенті 0,75-ден 0,95-ке дейін болады.

Тікелей әрекет етудің электрлік кедергі пештері 15 000 кВт дейінгі қуаттылықтарға ие, олар 0,38, 10 (6) кВ кернеумен және 0,8 0,9 қуат коэффициентіне ие желілерден жеткізіледі.

Тиеу әдісі бойынша және жұмыс уақытының сипаты бойынша пештің қарсылығын кезеңдік пештерге (пеш пештеріне) және үздіксіз пештерге (методикалық пештерге) бөледі. Стандартты кедергі пештерінің тағайындалуы: семіптілік әрпі (С) қарсылықты қыздыру әдісін білдіреді. Екінші әріп электр пештің дизайнын анықтайды: Н-камерасы; Ш - шахта шахтасы; К - транспортер; В - барабан; Әлеуеті; Р - роликті үстел; В - монша; Р - тартылған; Элеватор және т.б. Үшінші әріп орта сипатын білдіреді: О - тотығу (қалыпты атмосфера); З - қорғаныш; Цтт - концентрацияның газы; С - тұз және сілтілік; Р - агрессивті орта; К қысу (пеште қысымның артуы)

пештің барынша температура - жылы-decimetres пеш жұмыс кеңістігін өлшемін, және знаменатель берілген хат жіктеуден кейін алымы суреттер.

Электр кедергісі пештер арнайы төмендеткіш трансформатор түрі ТРО-фазалық және SOA немесе TFT типті Т-фаза арқылы қуат, немесе тікелей 380 В және 220 В кернеуі электр ампер TS пайдаланылатын олардың бақылау панельдерін бақылау мақсатында, сондай-ақ avtomaticheskymklyuchatel контакторлар тұратын PSI LUCC жатыр, жылу мониторингі, бақылау және сигнал беру құрылғылары.

Арс пеш (DP) негізінен пештің ішіндегі бір немесе бірнеше доғалар жану кезінде бөлінетін әр түрлі жылу энергиясын салдарынан металдарды балқыту арналған. DP тікелей ARC электродтар арасындағы жанама DP доға күйік электродтар мен металл арасындағы күйіп. Темір балқытатын DP (EAF), отқа төзімді металдарды балқытуға арналған жылу және вакуумдық DP ең кең таралған болды. DP электр 630 50000 кВт, кернеуі тізбектерін 6 (10) және 35 кВ аралығында жатыр. ДП құрамына сондай-ақ белгілі бір химиялық құрамы мен жақсартылған құрылымы бар жоғары сапалы металды алуға мүмкіндік беретін қалпына келтіретін электросколды қондырғылары да кіреді.

индукциялық пештер (ИНТ) басылымы байланысты айнымалы электромагниттік өріс үшін олардың әсер ету нәтижесінде оларға электр токтарының қозғау үшін өткізгіш заттарды немесе бұйымдарды беріктендіруді қыздырады. Бұл өрістің жиілігі (10 кГц дейін) төмен (50 Гц), орта және (10 кГц артық) жоғары bgg болады. Арнадағы АЖ-да металл жылу трансформатордың қайталама орамасын білдіретін төсеу каналдарында жүзеге асырылады. SP арна электр 18 ... 4000 кВт, кернеуі жабдықтау желісі 0,38, 10 (6) кВ болуы мүмкін. балқыту мыс және 1 оның қорытпалары сияқты ІЛКі ІЛКМ сыйымдылығы үшін пайдаланылатын өнеркәсіптік пеште ... 25 м, алюминий және оның қорытпалары сияқты 25 мырыш ІТСК қуаты ретінде, ІАКvmestimostyu 0,4 ... 60 м теріп, 40 және 60 тонна, сондай-ақ қуаттылығы 6 ... 60 тонна ІССН, ІСНМ және ІССН сияқты шойынның балкуы.

Көсілген ІР-де металды (әдетте болат) қыздыру индуктивтілікке салынған кронштейн арқылы жүзеге асырылады. Индуктор өнімділік жиілігінің немесе 500 ... 10 000 Гц жиіліктің жиілігімен қуатталады. Мұндай пештердің сыйымдылығы 170 - 18000 кВт құрайды, олардың кернеуі - 0,38, 10 (6) кВ. Өнеркәсіпте ІСТ, ІАТ, ІЧТ, ІЛТ сериялы пештерінде ашық немесе полиэтиленді таза немесе улы металдарға плавяут үшін ІСВ - вакуум қолданылады.

ИФ сериясының жиілік түрлендіргіштерінің техникалық сипаттамалары

Түр	Номиналды қуат, кВт	желідегі номиналды кернеу	номиналды шығыс кернеуі	номиналды демалыс жиілігі	Салмақ, кг
тпчз-22	3	380	220	22	150
тпчш-10	10	380	220	10	150
тпч50-щ	50	380	400 800	10	400
тпч63-2,4	63	380	до 800	2,4	400
тпчтоо-10	100	380	до 800	10	500
тпч160'2,4	160	380; 660	до 800	2,4	530
	200	380; 660	до 800	10	550
тпч250-2;4	250	380; 660	до 800	2,4	550
тпчпо-т	320	380; 660	до 800	1	700
тпч320-2,4	320	380; 660	до 800	2,4	700
ТПЧ630-1	630	660	800	1	700
ТПЧ630-2,4	630	660	800	2,4	700

Жылытқыштар ыстықтай деформация жасамас бұрын, қыздырғыш немесе жылыту үшін пайдаланылады - дөңгелектеу, штамптау немесе иілу. Жылу электр қуатының қуаты 32 000 кВт-қа жетеді, кернеудің кернеуі 0,38, 10 (6) кВ құрайды. ал қуат коэффициенті 0.6 0.8 ауқымында болады. Өнеркәсіпте 500-5000 кВт-қа дейін электр қуатында, 250, 500 және 750 кВт-қа дейін 1000 және 2400 Гц жиіліктегі СИН тізбегі және II және IZ2 түріндегі әмбебап сөндіру қондырғылары, электр қуатына арналған инерциялық қондырғылар үнемі үздіксіз жұмыс істейтін INM сериялы индустриялық жиілік үшін индукциялық қондырғылар қолданылады. 30-

дан 200 кВ-қа дейін, жұмыс жиілігі 2 400 және 8 000 Гц.

Жоғары жиіліктегі ток көздері машина генераторлары мен кестеде жартылай өткізгіш жиіліктік статикалық құрылғылар болып табылады. 15.1 индукциялық қыздыру қондырғыларының орташа және арту жиілігінің кернеуін қамтамасыз ететін және металлдарды балқытуға арналған ТРСН сериясының жиілік түрлендіргіштерінің деректерін көрсетеді. Жиілік түрлендіргіштері 50 Гц жиілігі бар үш фазалы желі арқылы жұмыс істейді және шығу кезінде бір фазалы жоғары жиілікті кернеу шығарылады. Климаттық дизайн және кеңейту категориялары Гост 15150-69-UHL4 бойынша орнатылады.

Индукциялық қыздыру қондырғыларында ППС параллель сериясының жиілік түрлендіргіштері қолданылады. Олар 50-60 ГГц жиіліктегі кернеуді 1000, 2000, 4000 «8000, 10,000, 22,000 және 44,000 Гц номиналды жиілігі бар бір фазалық кернеумен бірге кернеу түрлендіруін қамтамасыз етеді. ППС номиналды қуаты 30, 63, 100, 160, 250 және 320 кВ, климаттық дизайн және категориялық орнату UHL4 бойынша.

15.3. Дәнекерлеуге арналған электротехникалық қондырғылары

Дәнекерлеу машина бөлшектері мен конструкцияның арасындағы жылу арқылы, пластикалық деформация және олардың атомаралық бірігу әрекеті арқылы ажырамас бөлігін алу үрдісі. Жылыту әдісімен дәнекерленген заттар, ЕТУ-дің дәнекерлеуі өте әртүрлі. Олар доға, контакт, индукция (жоғары жиілік), плазма, электронды сәуле және лазер. Әрбір дәнекерлеу түрі, өз кезегінде, кіші түрлерге бөлінеді. Осылайша, дәнекерленген метал заттардың қыздыруы немесе балқытуы арқылы байланысқан дәнекерлеу олардың қосылыс орнында электр тогынан өтуі нүкте, тігіс немесе қаптал болуы мүмкін.

Дәнекерлеуші құрылғылар келесідей бөлінеді:

- Бірінші позиция - жабдықтың атауы (Б-блок, Т-түзеткіш, Қ-қуат беру, Т-түрлендіргіш, Т-трансформатор);
- Екінші позиция – дәнекерлеу түрі (Д-доға, П-плазмалық)
- Үшінші позиция-дәнекерлеу әдісі (А-ашық доға, Қ-қождама астында, И-импульстік, Б-бензинді қозғалқышпен, Д-дизельді қозғалтқышпен)
- Төртінші позиция - бір немесе екі цифр - номиналды дәнекерлеу тогы, А;
- Бесінші позиция-екі цифр-тіркеу нөмірі
- Алтыншы позиция-климаттық жағдай (Қ-қалыпты климат, Т-тропиктік, С-салқын) орнатылу санаты

Дәнекерлеудің қуат көзі

- Ағымдағы түрі бойынша, трансформаторлар, генераторлар және жартылай өткізгіш түрлендіргіштер ретінде қолданылатын ауыспалы және тікелей ток көздері;
 - Төмендеудің, қатаюдың немесе көбеюдің сыртқы сипаттамаларының түрі;
- Орнату әдісі бойынша, стационарлық және жылжымалы
- Тағайындау бойынша, бір және көп жолмен; қорғаныш инертті бассейндерде және ақуыздағы тұтынылатын және сарқылмайтын электродпен қолмен, автоматты және жартылай автоматты доғалық

дәнекерлеуге арналған әмбебап және мамандандырылған; плазмалық доғалық дәнекерлеу және кесу және электросколя дәнекерлеу;

- Қосылу сызбасы бойынша- бір және үш фазалы.

Кейбір дәнекерлеу трансформаторлары туралы мәліметтер 15.2 кестеде келтірілген.

STE түріндегі трансформаторларда дәнекерлеу тогын реттеліп, жеке дроссель көмегімен жүзеге асырылады; STAN-O, OSTA-Z5O, CTШ-250, CTШ-500, CTШ-50080 типті трансформаторларда - жылжымалы магнитті шундар; стационарлық магниттік шанақты пайдалану арқылы TDF-1001 және TDF2001 түрлерін; TSD, TSK және TD типтері - жылжымалы қайталама орамалардың қозғалуына байланысты.

TSD және STN сияқты трансформаторлар STE және TDF сияқты трансформаторлардың қасиеттерін біріктіреді. ТФС түрінің бір фазалы және үш фазалы трансформаторлары қайталама кернеуді реттеу үшін бастапқы және қайталама орамдарды секцияландырады.

Кесте 15.2

Дәнекерлеу трансформатының техникалық мінездемесі

Түр	Номиналды қуат кВ А	Қосымша жүктеме кернеуі, В	Дәнекерлеудің ағымдағы бақылау шектері, А	Номиналды ПЭК, %	Трансформат ор мен дросселдің салмағы, кг
СТЭ-24У	23	60	ТОО... 500	83	130/90
СТЭ-34У	-	60	150 700	86	160/100
стн-500-т	32	60	150 700	85	275
стн-700	43,5	60	200 900	85	380
ТСД-500-1	42	80	200 600	87	450
тсд-1000-4	78	70	400	90	510

тсд-2000-2	162	72...84	800;..Q 200	90	• 675
ТД-102	11,4	80	55...175	72	38
ТД-306	19,4	80	90.. 300	72	71
тд-300	20	61...79	60...385	88	137
ТД-500	32	60...76	90 .650	85	210
ТД-502	26,5	60,36	Лоо 560	85	240
ТДФ-1001	82	48...7г3'	400... 1 200	87	720
ИФ-1601	170	4479	600... 800	88	1 000

Тұрақты ток дәнекерлеу жүйелерінің қуат көзі ретінде электр қуаты түрлендіргіштері мен дәнекерлеу түзеткіштері қолданылады.

PSO, PS, PD және PSG түріндегі электр қозғалтқыштың түрлендіргіштері асинхронды қозғалтқыштан және GS немесе GSO типті тұрақты генератордан тұрады. Түрлендіргіштердің қуаты 4-тен 45 кВ-ке дейін • А, жұмыс кернеуі 40-дан 90-ға дейін. Барлығы оларды 4-10-еселенген диапазонда реттеу арқылы 120-нан 1 200 А-ға дейінгі диапазонда номиналды дәнекерлеу токтарымен қамтамасыз етеді.

ADD және ASDP дәнекерлеу қондырғылары дизельден генераторлы қозғалтқышы бар және 15..00 А диапазонында дәнекерлеу тогын қамтамасыз етеді және АД дәнекерлеу ток шегі бар бензин қозғалтқыштарынан генераторлық агрегаттар типі.

Дәнекерлеу процестерін жүзеге асыру үшін раллистикалық машиналар мен автоматтар пайдаланылады, олардың құрылысы мен сипаттамалары [24] -те егжей-тегжейлі талқыланады.

Сынақ сұрақтары

1. Электротехникалық деп аталатын процестер?

2. Электротехникалық қондырғылардың қандай түрлерін білесіз?

3. Электр дәнекерлеудің түрлері қандай?

Қолданылған әдебиеттер

1. Алиев И. И. Электротехнический справочник / И. И. Алиев, 3-е изд., испр. и доп. — М. : ИП РадиоСофт, 2000. 384 с.
2. Асинхронные двигатели серии 4А. Справочник / [А. Э. Кравчик и др.] — М. : Энергоатомиздат, 1982. — 504 с.
3. Беляев А. В. Выбор аппаратуры, защит и кабелей в сетьщк 0,4 А. В. Беляев. — Л. : Энергоатомиздат. Ленингр. отдчение. 1988— 176с.
4. Выбор электрических аппаратов для электропривода, электрического транспорта и электроснабжения промышленных предприятий / [Е. Г. Акимов, Ю. С. Коробков, А. В.Савельев и др.] ; под ред.А.А. Чунихина, ОС. Коробкова. — М. : изд-во МЭИ, 1992.— 123 с.
5. Выбор электрических аппаратовдля элек.лехнических промышленных устройств / под ред. Ю. С. Коробкова. — М. Изд-во МЭРТ, 1992. 123 с.
6. Дьяков В.“. Типовые расчетыпо электрооборудованию / В. И. Дьяков. — 5-е изд., перераб. и доп. М. ; Вьтсш. щке., 1976. — 144 с.
7. Ильинский Н. Ф. Основы электроприводах учеб. пособие для вузов / Н. Ф. Ильинский. — 2-е , перерцб. и дог—М. : Изд-во МЭИ, 2003, —224 с.
8. Конюхова Е. 3.Проектирование электроснабжения промышленных предприятий / Е.А. Конюхова ; пощред. Е. А. Панкратовой. — М. : Изд-во МЭИ, 2000. —36 с.
9. Москаленко В. В. Электрический привод : учеб. пособие для сред. проф. образования / В. В. Москалецкзу. — 2-е изд., стер. — М. : Изд. центр «Академия»Кг 2004. — 368 с.
10. Перельман Ъ. Л Полупроводниковые приборы. Справочник / Б. Л. Перельмау— М. 7Солон, Микротех, 1996. 176 с.
11. Полупроводниковые приборы: диоды, тиристоры. Справочник / под ред. Н. Н. Горюнова. — 2-е изд. — М. : Энергоатомиздат, 1984. —744 с.
12. Правило технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок йотребителей. — М. : Энергоатомиздат, 1990. — 160 с.
- В. Правила устройства электроустановок. Раздел 1. Общие правила. Электрооборудование специальных установок. — 7-е изд. — М. : Изд-во НЦ ЭНАС, 2002.-184
14. Соколова Е. М. Электрическое и электромеханическое оборудоваюте. Общепромышленные механизмы и бытовая техника : учеб. пособие для студ. сред. проф. образования / Е. М. Соколова. — М. : Мастерство, 2001. 224 с.
15. Справочная книга электрика / под ред. В. И. Григорьева. — М.: Колос, 2004. 746 с.
16. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования / под ред. Ю. Г. Барыбина и др. — М. : Энергоатомиздат, 1991. — 464 с.
17. Справочник по электрическим машинам : в 2 т. / под ред. И. П. Копылова, Б. К. Клокова. — М. : Энергоатомиздат. — Т. 1. 1988. 456 с., т 2 — 1989. — 688 с.
- 18, Справочник по электрическим установкам высокого напряжения / под ред. ИА. Баумштейна, С. А. Бажанова. — 3-е изд. — М. : Энергоатомиздат, 1989. — 768 с.

19. Унифицированная серия асинхронных двигателей Интерэлектро / под ред. В. И. Радина. — М. : Энергоатомиздат, 1990. 416 с.
20. Электрические и электронные аппараты : учебник для вузов / под ред. Ю. К. Розанова. — М. : Энергоатомиздат, 1998. —, 752 с.
21. Электрические кабели, провода и шнуры. Справочник/под. Н. И. Белоруссова. — М, : Энергоатомиздат, 1987; 536 са
22. Электротехнический справочник : в 4 т. Т. Общие вопроф. Электротехнические материалы / под ред. проф. МЭН В. Г:Герасимовелт др. 8-е изд. — М. : Изд. МЭИ, 1995. — 440 с.
23. Электротехнический справочник : Ф 4 т. ЭлеКтротехнические изделия и устройства / под ред. проф. МЭРТ В,Г. Герасцмова и др. — 8-е изд. — М. : Изд-во МЭИ, 1998.—518 с.
24. Электротехнический справочник : В4 т.Т.4.Использование электрической энергии/под ред. Проф№ МЭИ В.Г.Герасимов и др. — 8-е изд. — М,;Изд-во МЭИ, 1998.-518с.
25. ГОСТ Р 50369-92. Электроприводы. Термины и определения. — М.: Изд-во стандартов, 1993.-4с

Мазмұны

1-тарау. Электротехника туралы негізгі ақпарат

- 1.1. Электротехникалық құндылықтар, олардың белгілері және өлшем бірліктері
- 1.2. Электротехника және электротехниканың негізгі ұғымдары
- 1.3. Электротехниканың негізгі заңдары
- 1.4. Тікелей ток тізбектері
- 1.5. АС тізбектері
- 1.6. Магниттік тізбектер.
- 1.7. Ji жабдығының электр жабдықтары санаты

2-тарау. Электротехникалық материалдар.

- 2.1. Диэлектрлік материалдар (диэлектриктер).
- 2.2. Жартылай өткізгіш материалдар
- 2.3. Материалды өткізу
- 2.4. Магнитті

Z тарауы Өндіріс жүргізу

- 3.1. Сымдар мен сымдар.
- 3.2. шиналар
- 3.3. Кабельдер
- 3.4. Сымдар, кабельдер мен автобустар секцияларын есептеу және таңдау

4-тарау. Электрлік құрылғылар және төмен кернеулі құрылғылар

- 4.1. Электрлік аппараттардың жіктелуі
- 4.2. Басқару құрылғылары
- 4.3. SILOVYR Қолмен басқарылатын құрылғыларды ауыстыру
- 4.4, автоматты ажыратқыштар

4.5. Электромагниттік контакторлар және стартерлер

4.6. Реле

4.7. Төмен кернеулі толық құрылғылар

4.8. Электр аппараттарын таңдау

MAINS «коммутациялық электр аппараттары және жоғары вольтты құрылғылар

5.1. Қосқыштар

5.2. Ажыратқыштар, ажыратқыштар және қысқа тұйықталу ажыратқыштары

5.3. Жоғары вольтты кондырғылар

6-тарау. Трансформаторлар

6.1. Трансформаторлардың мақсаты мен түрлері

6.2. Қуат трансформаторлары.

6.3. Автотрансформаторлар

6.4, ток және кернеуді өлшейтін трансформаторлар

7-тарау. Синхронды электр машиналары.

7.1. Синхронды машиналардың жалпы сипаттамалары.

7.2. Генераторлар.

7.3. Қозғалтқыштар

7.4. Арнайы синхронды қозғалтқыштар

7.5. Синхронды кеңейту қосылыстары

8-тарау. Индукциялық қозғалтқыштар

8.1. Индукциялық қозғалтқыштардың жалпы сипаттамасы

8.2. 4А сериялы қозғалтқыштары

8.3. Жоғары қуатты асинхронды қозғалтқыштар

8.4, АИ сериясының қозғалтқыштары.

8.5. РА сериялы қозғалтқыштар, 5Аи 6.

8.6. Кран-металлургиялық қозғалтқыштар

8.7. Төмен қуатты қозғалтқыштар

9-тарау. Электрлік ток машиналары

9.1. Тұрақты ток машиналарының жалпы сипаттамалары.

9.2. Жалпы мақсаттағы қозғалтқыштар

9.3. Генераторлар

9.4. Әмбебап коллекторлық мотор

9.5. Тахогенераторлар.

10 тарау. Қорек көздері, резисторлар, конденсаторлар және реакторлар

10.1 Сақтандырғыштар

10.2. Индиентатор конденсаторлары Орнатылымдар.

Резисторлар - рейбердің блоктары.

10.4 Реакторлар

10.5 Сақтандырғыштарды, конденсаторлық банктер мен резисторларды есептеу және таңдау

Жартылай өткізгіш элементтері және схемалық құрылғылар

автоматика

11.1. Аналогтық элементтер мен құрылғылар

11.2. Дискретті элементтер мен құрылғылар

11.3 Микропроцессорлық басқару

11.4 Бағдарламаланатын контроллерлер

11.5. Оптоэлектрондық құрылғылар

12-тарау Жартылай өткізгіш талшықтарды түрлендіргіштер

12.1. Түрлендіргіштердің жалпы сипаттамалары

12.2. Жартылай өткізгіштер мен модульдер

12.3. Реттегіштер

12.4. Айнымалы кернеу реттегіштері

12.5. Жиілік түрлендіргіштері

12.6. Starters және жартылай өткізгіш контакторлар

12.7. Тұрақты кернеу реттегіштері

12.8. Инверторлар, үзіліссіз қуат көздері және тұрақтандырғыштар

12.9. Түрлендіргіштерді таңдау

13-тарау. Жұмыс машиналары мен механизмдерінің электр жетегі

13.1. Электржетектердің мақсаты мен жіктелуі

13.2. Электржетек механикасы

13.3. Тұрақты ток қозғалтқышы бар электр жетегі

13.4. Асинхронды қозғалтқышы бар электр жетегі

13.5. Синхронды электр қозғалтқыштары бар электр жетегі

13.6. Электр жетектерінің қуат көрсеткіштерін есептеу.

13.7. Жылыту қозғалтқыштарын тексеру.

13.8. Толық және біріктірілген электр жетектері

14 тарау электр жарығы

14.1 Жарықтандыру аспаптары

14.2 Жарық жүйелері

15 тарау Электротехнологиялық

15.1. Электротехникалық қондырғының мақсаты мен жіктелуі

15.2. Электротехнологиялық қондырғылар

15.3. Дәнекерлеуге арналған электротехникалық қондырғылары

Қолданылған әдебиеттер