

Е.А. КОНЮХОВА

НЫСАНДАРДЫ ЭЛЕКТРМЕН ЖАБДЫҚТАУ

Оқулық

*«Білім беруді дамытудың федералды институты»
федералды мемлекеттік мекемесі кәсіби білім берудің
бағдарламасын іске асыратын білім беру
мекемелерінің оқу үдерісінде пайдалануға
арналған оқулық ретінде ұсынылған*

*Пікірдің тіркеу нөмері № 763.
«ФИРО» ФММ 26 желтоқсан 2010 ж.*

11-басылым, стереотипті



Мәскеу
«Академия» баспа орталығы
2014

ӨӘЖ 621.3
КБЖ 31.27
К64

Пікір берушілер:

Т.Б. Лецинская В.П. Горячкин атындағы Мәскеу агроинженерлік университетінің
"Ауыл шаруашылығын электрмен жабдықтау" кафедрасының меңгерушісі,
техника ғылымдарының докторы, профессор, *В.И. Арсентьев* Республикалық
сырттай политехникум оқытушысы.

Е.А. Конюхова

К64 Нысандарды Электрмен жабдықтау: орташа кәсіптік білім беру мекемелерінің студенттеріне арналған оқулық. / Е.А. Конюхова. — 11-шығырылым, стереотип. — М.: «Академия» баспа орталығы, 2014. — 320 б. ISBN 978-601-333-130-0(каз.) ISBN 978-5-4468-1398-8(рус.)

Оқулық «Электрмен жабдықтау» (салалар бойынша) мамандығы бойынша ПМ.01 «Электрлік шағын станция мен желі жабдықтауына техникалық қызмет көрсету» (МДК.01.02) кәсіптік модульді игеруге пайдаланылуы мүмкін.

Өнеркәсіптік және коммуналдық-тұрмыстық объектілерді электрмен жабдықтау қарастырылған. Электро-энергетикалық жүйелер мен жеткізетін энергожүйе және тұтынушылар арасындағы өзара қарым-қатынасты ұйымдастыру туралы бастапқы мәліметтер келтірілген. Өртүрлі номиналды кернеудің электр желілері мен шағын станцияларын конструктивтік орындау келтірілген: электр желілері мен шағын станциялардың негізгі жабдығы; электр жүйелері режимін есептеу қағидалары; автоматика және реліс қорғаныс, есептік жүктемелерді анықтау; қысқа тұйықталу токтарының есебі; жабдыктарды таңдау; электр энергиясының реактивті қуатын және сапасын өтеу.

Орта кәсіптік білім беру мекемелерінің студенттеріне арналған. Инженерлік-техникалық қызметкерлер үшін пайдалы болуы мүмкін

ӨӘЖ 621.3
КБЖ 31.27

Оқу басылымы

Конюхова Елена Александровна
Объектілерді электрмен жабдықтау
Оқулық

11-басылым, стереотип

Редакторы *Е.В. Рослякова*. Техникалық редакторы — *Е.Ф. Коржуева*.
Компьютерде беттеген *Э.А. Берковский*. Корректорлары *А.С. Сизов, А.Б. Елазкова*

Басп. № 111102107. Басуға 2014 жылғы 1 шілдеде қол қойылды. Пішімі 60 x 90/16. Қағазы офсеттік, №1. Шрифт гарнитурасы «Times». Офсеттік басылым. Шартты баспа табағы 20.0. Таралымы 1200 дана. Тапсырыс

«Академия» баспа орталығы» ЖШС. www.academia-moscow.ru

129085, Мәскеу қаласы, Мира даңғылы, 101 Б, 1-ғимарат.

Тел. / Факс: (495) 648-0507, 616-00-29.

Санитариялық-эпидемиологиялық қорытынды № РОСС RU. АЕ51. Н 16592 29.04.2014.

Баспа үйінің электрондық тасығышынан басып шығарылған.

«Тверь полиграфиялық комбинаты» ААҚ, 170024, Тверь қаласы, Ленин даңғылы, 5.

Телефон: (4822) 44-52-03, 44-50-34. Телефон / Факс: (4822) 44-42-15.

Номерpage – www.tverpk.ru. E-mail - sales@tverpk.ru

© Е.А. Конюхова, 2009

© «Академия» оқу-баспа орталығы, 2009

«Академия» баспа орталығы, 2009

©

ISBN 978-601-333-130-0(каз.)

ISBN 978-5-4468-1398-8 (рус.)

Дизайн

АЛҒЫСӨЗ

Бұл кітап «Электрлік және электромеханикалық жабдықты техникалық пайдалану және қызмет көрсету (сала бойынша)» және «Электрмен жабдықтау (сала бойынша)» мамандықтары бойынша орта кәсіптік оқу орындарының студенттеріне арналған оқулық болып табылады.

Кітаптың мазмұны электро-энергетиканың, жобалаудың және өнеркәсіптік және коммуналдық-тұрмыстық объектілерді электрмен жабдықтау жүйелерін пайдалану проблемаларын баяндайды. Бұл оқулықта Б.А.Князевский мен Б.Липкиннің «Өнеркәсіптік кәсіпорындарды электрмен жабдықтау» және 1990 жылға дейін жарық көрген оқулықтардың негізгі ережелері дамытылып жетілдіріледі, атап айтқанда: есептік жүктемелерді анықтау, қысқа тұйықталу токтарының есебі; электр энергиясының реактивті қуатын және сапасын өтеу. Бұдан басқа, электро-энергетикалық жүйелер мен жеткізетін энергожүйе және тұтынушылар арасындағы өзара қарым-қатынасты ұйымдастыру, конструктивтік орындау және негізгі электр желілері мен шағын станцияларын жабдықтау, электр жүйелері режимін есептеу әдістері, автоматика және релелік қорғанысты қарастырған мәліметтер келтірілген. Кернеуі 1 кВ-ға дейін жететін электрмен жабдықтау жүйелерін назарға алған. Оқулықты жазған кезде, автор Мәскеу энергетикалық институтында (Техникалық университетте) осыған ұқсас пәндерді оқыту тәжірибесін пайдаланды.

Әдебиеттер тізімінде жекелеген мәселелерді тереңдетіп зерделеуге қажет қосымша қолжетімді басылымдар көрсетілген.

I Тарау

ОБЪЕКТІЛЕРДІ ЭЛЕКТРМЕН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ ЖҮЙЕСІНІҢ НЕГІЗГІ МӘЛІМЕТТЕРІ

1.1. Негізгі ақпарат

Қазіргі уақытта электр энергиясын пайдаланбай, заманауи адамның өмірі мен қызметін елестету мүмкін емес. Электр қуаты әлдеқашан халық шаруашылығының барлық саласына және халықтың күнделікті өмірінде берік орныққан. Электр энергиясының негізгі артықшылығы – өндірілу қарапайымдылығы, таратылуы мен жеткізілуі, бөлшектелуі және түрленуі.

Объектілерді электрмен жабдықтау жүйесінде электр қондырғыларының үш түрін атап айтуға болады:

электр энергиясын өндіру – электр станциялары;

электр энергиясын беру, түрлену және таратылу бойынша – электр желілері мен шағын станциялар;

өнеркәсіптік және тұрмыстық қажеттіліктерде электр энергиясын тұтыну бойынша – электр энергиясын қабылдағыштар.

Электр станциясы дегеніміз – электр энергиясын өндіретін кәсіпорын. Бұл станцияларда генераторлар деп аталатын электр машиналары арқылы түрлі энергия түрлері (отын энергиясы, су құламасы, жел, атом және т.б.) электр энергиясына айналады.

Қолданылатын бастапқы энергия түріне байланысты қолданыстағы барлық электр станциясы мынадай негізгі топтарға бөлінеді: жылу, гидравликалық, атомдық, жел және т.б.

Электр энергиясын қабылдағыш дегеніміз – (электр қабылдағышпен, ток қабылдағыш) электр энергия көзінен электр энергиясын алатын және оны механикалық, жылу, химиялық, жарық, электрстатикалық және электромагниттік өріс энергиясына айналдыратын өндірістік қондырғының бөлігі.

Технологиялық мақсат бойынша электр энергиясын қабылдағыштар электр энергиясын түрлендіретін энергия түріне қарай жіктеледі: машиналар мен механизмдер жетегінің электр қозғалтқыштары; электртермиялық қондырғылар; электрохимиялық қондырғылар; электрмен жарықтандыру; электрстатикалық және электромагниттік өріс қондырғылары, электр сүзгілері; ұшқынды өңдеу құрылғылары,

өнімдерді бақылау және сынау құрылғылары (рентген аппараттары, ультрадыбыстық қондырғылар және т.б.). Электр энергиясын қабылдағыштар номиналды параметрлермен сипатталады: кернеу, ток, қуат және т.б.

Электрлік қуат беретін электрмен жабдықтаудың ортақ пунктіне электр желілері арқылы қосылған цехтің, корпусының, кәсіпорынның электр қабылдағыштарының өндірістік қондырғыларының жиынтығы – электр тұтынушысы деп аталады.

Ортақ және үздіксіз өндіру процесімен, түрленумен біріккен электр станцияларының, электр беру желілерінің, шағын станциялардың, жылу желілерінің және қабылдағыштардың, жылу және электр энергиясын тарату – энергетикалық жүйе деп аталады.

Бірыңғай энергетикалық жүйе (БЭЖ) электр энергиясын беру желілерімен (ЭБЖ) байланыстыратын жекелеген аудандардың энергетикалық жүйелерін біріктіреді.

Шағын станциялардағы токты жоғарылататын және төмендететін генераторлардан, таратқыш құрылғылардан тұратын, электр тораптары мен электрэнергияны қабылдағыштар –электрэнергетикалық жүйе деп аталады.

Электр желісидегеніміз – электр беру желілерімен біріктірілген, белгілі бір аймақта жұмыс істейтін шағын станциялар мен электр энергиясын таратқыш құрылғылардан тұратын, электр энергиясын беруге және таратуға арналған электр қондырғыларының жиынтығы.

Электрмен жабдықтау жүйесі деп аталатын объектіні энергиямен жабдықтау – электр жүйесінің жалғасы болып табылады. Объектіні электрмен жабдықтау жүйесі төмендететін және түрлендіретін шағын станцияларды, таратқыш пункттерді, электр қабылдағыштарды және электр энергиясын беру желілерін (ЭБЖ) біріктіреді.

Электр станцияларында электр энергиясын қабылдау және тарату – шағын станцияларда жүргізіледі, ол трансформаторлардан немесе электрэнергияны түрлендіргіш басқа да құрылғылардан, таратқыш құрылғыларынан, басқару құрылғыларынан, қорғаныштан, өлшеуден және көмекші қондырғылардан тұрады.

Келіп түскен электр қуатын түрлендірусіз немесе трансформациясыз тарату – тарататын шағын станцияларда (ТШС) орындалады.

Электр желілері келесі белгілер бойынша бөлінеді.

1. Желілік кернеу. Желілердің кернеуі 1 кВ-ға дейін болуы мүмкін – төменвольтты немесе төмен кернеу (ТК), жоғарывольтты немесе жоғары кернеу (ЖК) 1 кВ-дан жоғары.

2. Токтүрі. Желі тұрақты және айнымалы ток болуы мүмкін. Электр желілері негізінен үш фазалы айнымалы ток жүйесінде жүзеге



 Трансформаторы

 Жүктеме

 Генераторлар

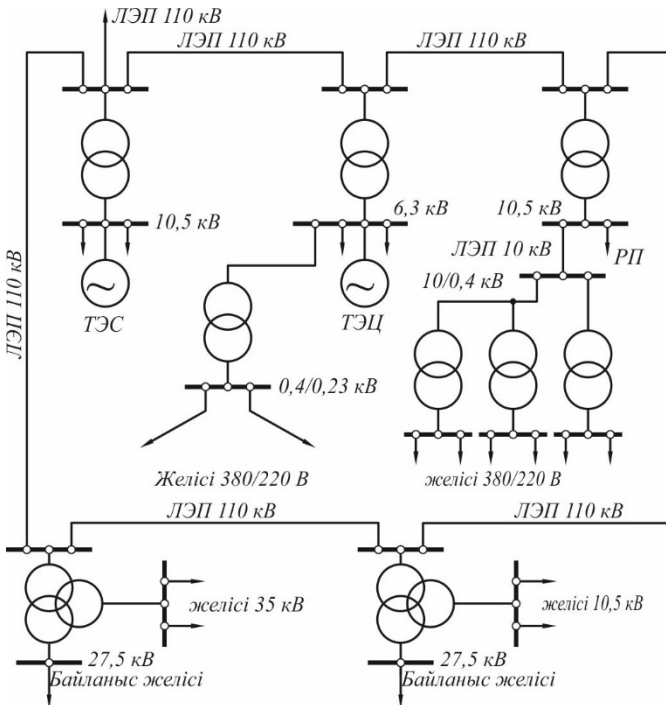
 Кабельдік желілер

 Ажыратқыштар

 Әуе желілері

3. Белгілеу. Тұтынушылар өзгешелігіне және олар орналасқан аумақты белгілеуге қарай:

1.1-сурет. Электр жүйесі
элементтерінің шартты белгілері



1.2-сурет. Электр жүйесінің сызбасы

қалалардағы желілерді, өнеркәсіптік кәсіпорындар желілері, электрлік көлік желілері, ауылдық жерлердегі желілерді ажыратуға болады. Одан басқа, 35 кВ-дан жоғары кернеуліктегі үлкен электр станцияларын және шағын станцияларды қосуға арналған аудандық желілер; 330, 500 және 750 кВ кернеулі ірі электр қуаты жүйелерін байланыстыруға арналған жүйеларалық байланыс желілері бар. Бұдан басқа, жеткізу және тарату желілері деген түсініктер қолданылады.

4. Желілерді конструктивті орындау. Желілер әуелік, кабельдік және ток өткізгіштік болуы мүмкін.

Шағын станциялар ашық және жабық болуы мүмкін.

Электр энергетикалық жүйелерді, сондай-ақ, жеке элементтерді және элементтер арасындағы байланысты графикалық суреттеу үшін көпшілік мақұлдаған шартты белгілер қолданылады. 1.1-суретте электр энергиясының негізгі элементтерінің шартты белгілері көрсетілген.

Қарапайым электр қуаты жүйесіне қатысты үлгі сызбасы 1.2-суретте көрсетілген. Бұл жерде, әртүрлі типтегі екі электр станциясында өндірілген электр қуаты: жылу электр станциясы (ЖЭС) және жылу электр орталығы (ЖЭО) бір-бірінен қашықта орналасқан тұтынушыларға жеткізіледі. Электр қуатын қашыққа жеткізу үшін, трансформаторлар арқылы кернеуді жоғарылатып, энергияны алдын ала түрлендіреді. Электр қуатын тұтынатын жерлерде кернеуді қажетті деңгейге дейін төмендетеді. Сызбадан электр энергиясы әуе желілері арқылы берілетінін түсінуге болады. 1.2- суретте көрсетілген сызба бір бір сызықты сызбамен ұсынылған. Шын мәнінде, айнымалы тоқтағыжүйе элементтері үш фазалы болуы тиіс. Алайда, жүйе құрылымын анықтау және оның жұмысын талдау үшін оның үш фазалыжүйе емес, бір сызықты жүйесі де жеткілікті.

1.2. Электр қуатының жүйелерінің электрлік параметрлері

Желінің жұмысын талдау кезінде желі элементтерінің параметрлері және оның режимдерінің параметрлері ажыратылады. Электр желісінің элементтерінің параметрлері кедергі және өткізгіштігі, трансформация коэффициенті. параметрлері бар электр күшіне (ЭМӨ) көздері және ағымдағы (қуат) жүктемелер анықтайтын сияқты желі кіреді. параметрлері режимдері қамтиды: жиілік мәндерін, филиалдарында ағымдар, түйіндер, фазалық бұрыштарды, толық белсенді және реактивті қуат қуаттарды, сондай-ақ іргелі жиілігін кезеңінде үш фазалы жүйе кернеулер немесе тоқтар мен бейсинусоидтық кернеу өзгерістер мен

тогының асимметрия сипаттайтын мәндері кернеу.

Желінің режимі оның электрлік күйі болып табылады.

Электр жүйелері жұмысының ықтимал режимдерін қарастырыңыз.

Негізгі параметрлерін (жиілігі және кернеу) қалыпты тұрақты мемлекеттік құндылықтарды жұмыс істейтін кезде тең, бірақ номиналды немесе олардың төзімділік шегінде тұр ағымдағы мәні жылу жағдайлары үшін рұқсат етілген мәндерін аспайды. Жүктемелер баяу өзгереді, бұл электр станциялар мен желілердің жұмысын біртіндеп реттеуге және негізгі параметрлерді қолайлы шектерде сақтауға мүмкіндік береді. Қуат сызығы немесе трансформаторлар қосылып, өшірілгенде, сондай-ақ өткір ауыспалы (соққы) жүктемелер кезінде режим қалыпты болып саналатынына назар аударыңыз. Осы жағдайларда, өтпелі процесті аяқтағаннан кейін, секундтың бір бөлігіне дейін созылады, жүйенің басқару нүктелеріндегі параметрлердің мәндері қолайлы шектерде болған кезде тұрақты қалыпты режим қайта пайда болады.

Уақытша тұрақсыз режимде жүйе тұрақты күйден өткір өзгерген параметрлермен орнатылған басқамемлекетке өтеді. Бұл режим төтенше жағдай болып есептеледі және сызбадағы кенет өзгеріс және генератордың кенеттен өзгеруі және тұтынылған қуат болған кезде пайда болады. Атап айтқанда, бұл станцияларда немесе желілерде болған апаттар үшін, мысалы, қысқа тұйықталу жағдайында және бүлінген желілік элементтерді өшіруде, бу қысымы немесе су қысымы кенеттен төмендеуі және т.б. Төтенше өтпелі режимде кейбір басқару нүктелеріндегі жүйелік режим параметрлері қалыпты мәндерден шұғыл ауытқу.

Төтенше жағдайлардан кейінгі тұрақты режим режимдегі апаттың оқшауланғаннан кейін орын алады. Бұл режим қалыпты жағдайдан жиі айырмашылығы бар, себебі аварияның салдарынан жүйенің бір немесе бірнеше элементтері (генератор, трансформатор, желі) жұмысынан алынады. Жоспардан кейінгі режимдерде жүйенің қалған бөлігіндегі генераторлардың қуаты тұтынушылардың қуатынан аз болғанда қуат тапшылығы деп атауға болады. Төтенше жағдайдың мәжбүрлі режимінің параметрлері рұқсат етілген мәндерден біршама дәрежеде ерекшеленуі мүмкін. Егер осы параметрлердің мәндері жүйенің барлық бақылау нүктелерінде рұқсат етілген болса, онда аварияның нәтижесі қауіпсіз деп саналады. Әйтпесе, апаттың нәтижесі сәтсіз және жүйенің диспетчерлік қызметі авариялық режимнің параметрлерін рұқсат етілгендерге сәйкес келтіру үшін дереу шаралар қабылдайды.

1.3. Электр желілерінің кернеуі

Электрлік жүйелерде қолданылатын электр жабдықтары номиналды кернеумен сипатталады. Номиналды кернеуде электр қондырғылары қалыпты және үнемді жағдайларда жұмыс істейді.

Желінің номиналды кернеуі оның қабылдағыштарының номиналды кернеуімен сәйкес келеді.

Трансформаторлардың бастапқы орамдары (олардың көбеюі немесе азаюы қарамастан) электр энергиясын тұтынушылардың рөлін атқарады, сондықтан олардың номиналды кернеуі электр қабылдағыштардың номиналды кернеулігіне тең болады.

Электр станцияларының генераторлары және трансформаторлардың қайталама орамдары желінің басында орналасқан, сондықтан олардың кернеуі желідегі кернеудің жоғалуы салдарынан қабылдағыштардың номиналды кернеуінен жоғары болуы тиіс. Әдетте, трансформатордың қайталама орамасының номиналды кернеуі электр қабылдағыштар мен желі үшін номиналды кернеуден 5 немесе 10% артық.

Белгілі бір аймақтағы жекелеген тұтынушылар арасындағы электр энергиясын бөлу және энергетикалық жүйелерді қосуға арналған ЖЭС үлкен және кішігірім қашықтықтар үшін де жүзеге асырылуы мүмкін және әртүрлі көлемдегі қуаттарды беру үшін арналған.

Ұзақ мерзімді трансляциялар үшін трансмиссиялық қуат өте маңызды, яғни барлық шектеулі факторларды ескере отырып, электр жеткізу желілері бойынша берілуі мүмкін ең үлкен қуат

Әуе трансформаторлық электр жеткізу желілері үшін, болжауға болады, олар жібере алатын максималды қуат,

Электр жүйелерінің номиналды кернеуі

Қабылдағыштардың және желінің номиналды кернеуі, кВ	Номинальные междуфазные напряжения на зажимах, кВ		
	Генераторлар	трансформаторлар	
		Бастапқы орамалар Пер-	Қосымша орамалар
0,22	0,23	0,22	0,23
0,38	0,4	0,38	0,4
0,66	0,69	0,66	0,69
(3)	(3,15)	(3)	(3,15)
6	6,3	6 және 6,3*	6,3 және 6,6
10	10,5	10 және 10,5*	10,5 және 11
20	21	20 және 21*	22
35	—	35	38,5
110	—	110	115 және 121
(150)	—	(150)	(158)
220	—	220	230 және 240
330	—	330	347
500	—	500	—
750	—	750	—
1150	—	1150	—

Ескертпелер: 1. жакшада көрсетілген кернеулер жаңадан әзірленген желілер үшін ұсынылмайды.

2. * белгі генератор станцияларының автобус жолақтарына немесе генераторлардың

Шамамен кернеудің квадратына пропорционалды және артқы ұзындығы ұзындығына пропорционалды. Құрылыстың құны кернеуге сәйкес пропорционалды болуы мүмкін. Сондықтан электр қуатын беруді дамытуда кернеуді өткізу қабілетін арттырудың негізгі құралы ретінде арттыру үрдісі байқалады. Алғашқы энергожүйелердің құрылуынан бастап, кернеу 1,5-2 есе артып, әрбір 15-20 жыл сайын артты. Кернеудің жоғарылауы электр жеткізу желілерінің ұзақтығын және берілетін қуатын арттыруға мүмкіндік берді.

1.1-кестеде электр энергиясын, генераторларды және трансформаторларды үш фазалық қабылдағыштар үшін фазалық-фазалық (желілік) кернеулерді көрсетеді.

1.4. Электр энергетикалық жүйелерді басқару

Электр энергетикалық жүйелердің жұмыс істеу ерекшелігі, электр станциялары тұтынушылардың жүктемесін, желінің өз қажеттіліктері мен шығындарын жабу үшін қажет болғандықтан, сонша қуат алу керек. Сондықтан станциялар мен желілердің жабдықтары тұтынушыларды күндізгі немесе жыл ішінде жүктелген кез-келген мерзімді өзгерістерге дайын болуы керек. Электр станциясының ең үнемді жұмыс істеуі үшін электр энергиясының диспетчерлік қызметтерінің қызметкерлері электр энергиясына деген сұраныстың қалай өзгередінін білу керек. Бұл өзгерістерді біле отырып, персонал жүктемені азайту кезінде қажетті генераторлық санын тоқтатуға дайындала алады және, керісінше, энергияны тұтынуды арттыру арқылы бастапқы сақтық генераторларына дайындалады.

Сондай-ақ, бірқатар тұтынушылар энергетикалық жүйелерден электр энергиясын тұтыну болып табылатындығын ескеру қажет, бұл олар жазатайым оқиғалар мен адам өліміне алып келуі мүмкін, себебі кәсіпорындардың бос уақытын және тауарларды азайтуға әкелуі мүмкін және т.б. Сондықтан энергетикалық жүйелердің жұмысына мынадай негізгі талаптар қойылады:

максималды жүктемені қамту арқылы электр энергиясын өндіру және бөлу жоспарын іске асыру;

электр жабдығының үзіліссіз жұмысы және электрмен жабдықтау жүйелерінің сенімді жұмыс істеуі;

кернеу мен жиілікте тұтынушыларға электр энергиясының қажетті сапасын қамтамасыз ету.

Бұл талаптарды қамтамасыз ету үшін энергетикалық жүйелер басқару, бақылау, байланыс, электр станцияларының, электр беру желілерінің және төмендеткіш шағын станциялардың орналасуының айқын мнемоникалық диаграммасымен жабдықталған арнайы бақылау бөлмелерімен жабдықталған.

Диспетчерлік қызметтің айырықша ерекшелігі - электр станцияларын, электр желілерін және тұтынушыларға электрмен жабдықтауды диспетчердің толық жауапкершілігі. Диспетчерді реттеу заң болып табылады және энергия жүйесінің барлық бөліктері сөзсіз орындалуы керек.

Энергетикалық жүйені басқарудың басты мақсаты оның құрылысын, жұмысын және жұмысын оңтайландыру болып табылады. Бұл үшін сізге білу қажет:

қасиеттері мен сипаттамалары;

электр станцияларындағы технологиялық үдерістің жай-күйі туралы деректер (су мен отын шығыны, бу параметрлері, турбина айналу жылдамдығы және т.б.);

режимнің электрлік параметрлері туралы ақпарат (жиілік, кернеулер, ағымдар, белсенді және реактивті қуаттар және т.б.);

жүйе диаграммасының ережесі - элементтер қазіргі уақытта жұмыс істеп тұрған және ажыратылған.

Энергетикалық жүйенің жұмысы туралы осы кең ауқымды ақпарат өңделіп, жұмыс режимін оңтайландыру үшін пайдаланылуы керек.

Қуатты басқару жүйесінде электрондық цифрлы компьютерлер өте маңызды.

Апат болған жағдайда, кезекші инженер кәдімгі режимді қалпына келтіру жолдарын және құралдарын табу керек, электр сымының сызбасында қажетті ауысуды жүзеге асырады. Энергия жүйесінде төтенше жағдай туындаған жағдайда, бақылау сигналы 0,05 с-ден аспауы керек. Адамдар ақпаратты өңдеу кезінде ақпаратқа қарағанда жылдамырақ болатын автоматты құрылғылармен қамтамасыз етіледі.

1.5. Тұтынушылардың құрылымы және олардың электр жүктемелерінің графигінің түсінігі

Орындалған функцияларға байланысты энергия жүйесінен қуат сызбасын, электр қуатын және қуатты тұтынудың шамалары мен режимдерін жеткізу мүмкіндіктері, электр энергиясын тұтынушылар электр энергиясын пайдалану ережелерінің ерекшеліктері келесі негізгі топтарға бөлінеді:

- өнеркәсіптік және оларға теңестірілген;

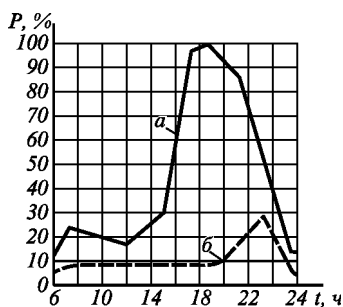
- ауыл шаруашылығы өндірісі;

- үй шаруашылығы;

- қоғамдық-коммуналдық (мекемелер, ұйымдар, сауда және қоғамдық тамақтандыру кәсіпорындары және т.б.).

Құрылыс, көлік, шахталар, карьерлер, мұнай, газ және басқа салалар, коммуникациялар, коммуналдық қызметтер және тұтынушылар қызметтері келесі кәсіпорындармен тең болады.

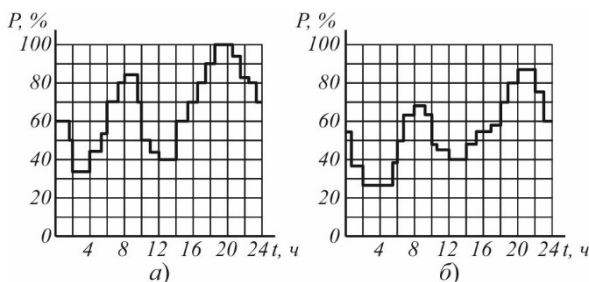
Өнеркәсіптік тұтынушылар электр энергиясын тұтынушылардың ең энергияға негізделген тобы болып табылады.



1.3-сурет. Қаланың жарықтандыру жүктемесінің күнделікті кестесі: а - қыста; б - жазда

Тұтынушы топтардың әрқайсысы нақты жұмыс режиміне ие. Мысалға, мысалы, электр энергиясының тұтынушылары электр қуатының басым бөлігін жарықтандыру жүктемесі, күннің түрлі уақыттарында біркелкі емес. Түстен кейін жүктеме аз, кешке ол максимумға дейін көтеріледі, түнде ол күрт төмендейді және таңертең қайта пайда болады. Өндірістік кәсіпорындардың электр жүктемесі күн ішінде біркелкі болып табылады және өндіріс түріне, жұмыс күн тәртібіне және ауысымдардың санына байланысты.

Электр жүктемелерінің уақыт өзгеру сипатының графикалық көрінісі жүктің графигімен берілген. Ұзақтығы бойынша, олар күнделікті және жылдық болуы мүмкін. Күндізгі сағаттарды абсцисса осіне салсаңыз, әр уақытта тұтынылатын қуат Ординат осінің бойындағы максималды қуаттың пайыздық бөлігін көрсетсе, біз күнделікті жүктеме графигін аламыз. 1.3-суретте қыс (қазан-наурыз) және жаз (сәуір-қыркүйек) кезеңдеріндегі қалалық жарықтандыру жүктемесінің күнделікті кестесі көрсетіледі



1.4-сурет. Үлкен қаланың күнделікті электр жүктемесі кестесі: а - қыста; б - жазда

Қысқы күндер үшін ең көп жүктеме 17-тен 20 сағатқа дейін (қисық а), ал жаз күндері - 22-тен 23 сағатқа дейін (қисық б). Осылайша, жазғы максимум (қуат сағаттарында қуат) кейінірек келеді және қыста қарағанда шамалы. Күнделікті ең төменгі деңгей де төмендейді.

Суретте. 1.4 жарықтандыру жүктемелерін, сондай-ақ коммуналдық қызметтердің электр жабдықтарын, электрлендірілген көлікті және т.б. ескере отырып, ірі қаланың тәуліктік белсенді қуатты диаграммаларын (максималды сыйымдылығының пайыздық көрсеткіші) бейнелейді.

1.6. Электр энергетикалық жүйелерді біріктірудің артықшылығы

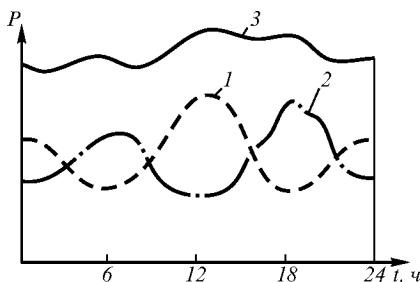
Дамудың бірінші кезеңінде электр энергетикасы бір-бірімен байланысы жоқ жеке электр станцияларының жиынтығы болды. Электр станцияларының әрқайсысы өз желісі арқылы электр энергиясын тұтынушыларға жіберді. Болашақта электр желілері электр желілері арқылы қосылып, параллель жұмыс істей бастаған электр жүйелері құрыла бастады. Жекелеген аумақтық энергетикалық жүйелер, өз кезегінде, энергияның үлкен жүйелерін қалыптастыру үшін біріктірілді. Мүмкіндігінше ірі энергетикалық бірлестіктер ретінде қалыптасу үрдісі барлық елдерде байқалады.

Энергетикалық жүйелерді біріктірудің ортақ ұмтылысы жеке станциялармен салыстырғанда үлкен артықшылықтармен байланысты.

Интеграцияланған энергетикалық жүйелерді құру кезінде электр станцияларының жалпы белгіленген қуатын азайтуға болады.

Электр энергиясын тұтынушылардың үлкен жиынтығы жүк графигімен сипатталады (1.4-суретті қараңыз). Жүйенің жалпы жүктемесінің максималды саны жеке тұтынушылардың максималды жүктемелерінің сомасынан аз. Бұл тұтынушылардың әртүрлі пайдалану жағдайларына байланысты жеке жоғары көрсеткіштердің сәйкес келмеуіне байланысты. Үлкен географиялық аймақтарды қамтитын энергетикалық жүйелерде максимумның сәйкес келмеуі әртүрлі уақыт белдеуіндегі тұтынушылардың орналасуымен байланысты. Мысалы, елдің еуропалық және сібір бөліктерінде орналасқан тұтынушыларды шоғырландыру

жеке тұтынушылардың жүктемелік кестесіне қарағанда неғұрлым қатаң кесте алуға мүмкіндік береді (1.5-сурет). Жүйеде орнатылған электр станцияларының қуаты тұтынушылардың ең көп жүктемесін жабу үшін жеткілікті болуы керек. Сонымен қатар, жүйелердің сенімділігіне қойылатын талаптар негізінде генераторлардың резервтік қуаты қамтамасыз етілуі керек. Электр станцияларының қатарлас жұмыс істеуі кезінде резервтік қуаттылықты азайтуға болады. Мұны қарапайым



1.5-сурет. Әртүрлі уақыт белдеулерінде орналасқан тұтынушылардың жүктемелерінің графиктерін біріктіру әсері:

1, 2 - жекелеген кіші жүйелер жүктемелерінің кестесі; 3 - интеграцияланған жүйенің кестесі

мысалмен көрсетейік.

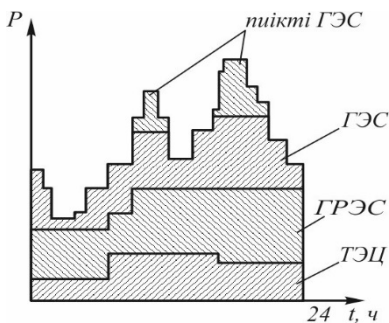
Әрқайсысында төрт генераторы бар екі электр станциясы бір-бірінен бөлек жұмыс істейді. Сонда бір станция белгіленген қуаттылықтың 75% - ын пайдаланып, электр энергиясын өндіре алады, себебі бір генератор резервте болуы керек. Екі станция жалпы желі арқылы қосылғанда сегіз генератор резервте болады, яғни. Белгіленген сыйымдылықтың 7/8 (87,5%) пайдаланылуы мүмкін. Электр станцияларының әртүрлі түрлерін біріктіру кезінде гидроэнергетикалық ресурстарды толығымен пайдалануға болады.

Өзендегі су ағымы кеңінен өзгереді. Тұтынушыларға электр энергиясын сенімді жеткізу үшін оның оқшауланған жұмысымен гидроэлектр стансасының (ГЭС) қуаты көзделген су ағыны негізінде таңдалуы керек. Үлкен шығындар болған жағдайда, кейбір су турбиналардан шығарылуы керек еді.

Мысал ретінде ЖЭС мен ГЭС-терді біріктірудің артықшылықтарын қарастырайық. Әр станцияның қуаты 100 МВт тең болуы керек. Әрбір станция өзінің аймағына энергия шығарады және станциялар оқшаулануда. Әр өңірдегі жүктеме қуаты 100 МВт-қа тең. Әрбір ауданда 1600 МВт сағатқа электр энергиясы қажет. Әрі қарай, ГЭС су тұтынуына сәйкес, тәулігіне 1200 МВт-ны ғана шығаруға болады. Демек, ГЭС аумағында электр энергиясы тапшылығы 400 МВт құрайды. ЖЭС тәулігіне тәулігіне 2400 МВт құрауы мүмкін. Ауданда жылу электр станциясымен 800 МВт сағат қосымша пайдалануға болады. Егер ЖЭС және ГЭС-лер бір-біріне қосылған болса, екі аймақта барлық тұтынушылардың қажеттіліктерін толығымен қанағаттандыру үшін ИТЭ-ні 2,400 МВт электр энергиясын өндіруге мәжбүрлеу мүмкін болады.

Түрлі типтегі бірнеше электр станцияларының комбинациясы электр энергиясын өндіруді ұлғайтуға мүмкіндік береді.

Энергетикалық жүйелер жылу және гидроэлектростанциялармен бірге жұмыс істеуге мүмкіндік береді. Шын мәнінде, ГЭС-лердегі су тапшылығы кезеңінде (қыста) электр энергиясының генерациясы азайып, ТЭС-тан тұтынушылар электр қуатымен қамтамасыз етілген. Керісінше, жазда үлкен су ағынымен ГЭС толық қуаттылықта жұмыс істейді, ал ЖЭО-дан электр энергиясын өндіру азаяды. Бұл отын үнемдеуді қамтамасыз етеді



Сурет. 1.6. Энергетикалық жүйелер мен электр станцияларының жүктемелерінің шамамен күнделікті диаграммалары

және, осылайша, электр энергиясының құнын төмендетеді. Түрлі типтегі станциялар арасында электр жүктемелерінің шамамен үлестірілуі электр энергиясының барлық жүйесіндегі жүктемелердің күнделік кестесінде және әртүрлі электр станцияларын жабудағы үлесте көрсетіледі (1.6-сурет).

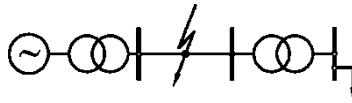
Энергетикалық жүйенің күнделікті кестесінен, негізінен, жүктемелерді жылу конденсатын электр станциялары - мемлекеттік аудандық электр станциялары (МАЭС) жабады. Энергетикалық жүйелердің жүктемелерін жабудағы ЖЭО үлесі олардың жылу кестелерімен анықталады. ГЭС-тің жүктемесі өзеннің ағысы арқылы анықталады. Ең жоғары сағат ішінде жүйеге қосылған электр станциялары ең жоғары жүктемелер деп аталады. Көптеген жағдайларда шыңы станциялары бірнеше кезеңдерде ұзақ уақыт жұмыс істейтін судың болмауы және газ турбиналары бар станциялармен қамтамасыз етілмеген гидроэлектр станциялары (ГЭС және ССЭС - сорғыларды сақтауға арналған электр станциялары) болып табылады. Энергетикалық жүйелерді біріктіру бірліктердің қуаттылығын арттыруға мүмкіндік береді.

Жиынтық қуаттардың артуымен олардың техникалық сипаттамалары жақсарып, электр энергиясын өндіруге арналған бірлік құны төмендетіледі.

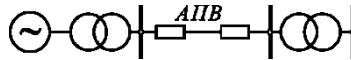
Біріктірілген энергетикалық жүйелерді құру тұтынушыларды электрмен жабдықтау сенімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Жүйенің жекелеген элементтері (генераторлар, трансформаторлар, электр желілері және т.б.) апаттардың салдарынан сәтсіз болуы мүмкін. Мұндай жағдайларда кейбір тұтынушылар өздерінің тоқ көзін жоғалтады. 1.7-суретте көрсетілген сызбада электр желісі бойынша үш фазалы қысқа тұйықталу жағдайында, тұтынушыларға электр энергиясын жеткізу толығымен тоқтатылады. Релелік қорғанысты және автоматиканы пайдалану сенімділікті арттырудың тиімді құралы болып табылады. *Релелік қорғаныс* - бүлінген элементтерді немесе жүйенің бөліктерін өшіретін және аварияны локализациялайтын құрылғылар жүйесі. Автоматты қондырғыларға автоматты түрде қосу құрылғылары (автоматты түрде қайта қосу) және автоматты резервтік енгізу (қосу) кіреді. АТҚҚ құрылғылары (1.8-сурет) қысқа тұйықталу секілді «илектеу» зақымдарын жоюға арналған. Өуе желісінде қысқа тұйықталу (мысалы, найзағай соққылар кезінде) пайда болған кезде, реле қорғанысы әсерінен өшеді, доғасы сөнеді және ауаның диэлектрлік қасиеттері қалпына келтіріледі. Содан кейін, автоматты түрде қайта қосу әрекеті кезінде электр желісіндегі кернеу автоматты түрде қосылады, ол жұмысын сәтті жалғастыра алады.

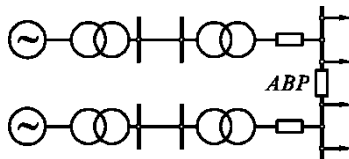
1.7-сурет. Үш фазалы қысқа тұйықталу тізбегіндегі тұтынушыларды электрмен жабдықтауды тоқтату сызбасы



1.8-сурет. Автоматты түрде қайта қосу көмегімен электр жабдықтаудың сенімділігін арттыру сызбасы



1.9-сурет. АТС көмегімен электрмен жабдықтау сенімділігін арттыру сызбасы



АТС жұмыс принципі 1.9-суретте түсіндіріледі. Трансформаторлардың біреуі автоматты түрде зақымдалған болса, реле қорғанысы әсерінен ол ажыратылады, ал АТС-дан кейін кернеусіз қалған тұтынушылар жұмыс трансформаторына қосылады.

1.7. Энергетикалық жүйе мен тұтынушылар арасындағы қарым-қатынасты ұйымдастыру

Энергетикалық жүйелер мен тұтынушылар арасындағы қатынас электр энергиясын пайдалану Ережесімен реттеледі. Белгілі бір шараларды заңдық-құқықтық, техникалық-экономикалық және операциялық-диспетчерлікке бөлуге болады.

Құқықтық және құқықтық мәселелер мыналарды қамтиды:

тұтынушылардың электр қондырғыларын электр энергиясына қосу тәртібін реттейді. Құрамдасқан және сыйымдылығы бар тұтынушылар әртүрлі күрделі байланыс жүйесіндегі энергия жүйесінің міндеттеріне дейін қойылған;

жабдықтар мен жабдықтардың балансын анықтау және тұтынушы мен энергетикалық жүйе арасындағы операциялық жауапкершілік;

тиісті тарифтер мен электр энергиясын есептеу жүйесін таңдау;

жүйенің тұрақтылығын сақтау және оны тұтынушылардың бір бөлігін өшіру есебінен электр энергиясымен жабдықтау жүйесінде қуат немесе энергия тапшылығы болған кезде тұтынушыларды электрмен жабдықтау үшін жағдайларды анықтау;

тұтынушыларды электр қондырғыларын коммутациялық

коммутациялау және энергияны тұтыну режимін бақылау үшін электр жүйесіндегі персоналды қабылдау тәртібін айқындау;

электр энергиясын тұтынушылар мен тұтынушылардың жауапкершілігін реттеу, электр энергиясының сапасы және электр энергиясын пайдалану ережелерін сақтау.

Энергетикалық жүйе мен тұтынушы арасындағы қатынастардың техникалық-экономикалық мәселелері даму мен іске асырумен байланысты:

тұтынушылардың электр қондырғыларын электрмен жабдықтау жүйесіне қосудың техникалық шарттары;

Энергия сапасын бақылау құрылғыларын орналастыру сызбалары;

метрлерді орналастыру сызбалары;

реактивті қуаттылықты және компенсаторлық құрылғылар жұмысының оңтайлы режимдерін өтеу стандарттары;

тұтынушы электр қондырғыларының сенімді және үнемді жұмыс істеу ережелері мен нормалары.

Операциялық-диспетчерлік қатынастар мыналарды қамтамасыз ету қажеттілігімен анықталады:

тұтынушыларға сыртқы электрмен жабдықтау сызбасының сенімділік деңгейіне сәйкес электр энергиясын жеткізу;

жабдықтардың, желілер мен құрылғылардың және тұтынушылардың қалыпты пайдалану және жөндеу шарттары;

Энергия сапа стандарттарының стандарттарымен белгіленген; уақытша авариялық-қуат тапшылығы жағдайында оның режимінің тұрақтылығын сақтау үшін қуат жүйесін босату.

Энергетикалық жүйенің және тұтынушылардың электр сызбасының бірлігі жедел диспетчерлік персоналдың өзара байланысын қатаң реттеуді талап етеді.

Энергетикалық жүйе мен тұтынушы арасындағы қарым-қатынасты үйлестіру Энергияны сатуға берілді.

2 Тарау

ЭЛЕКТРМЕН ЖАБДЫҚТАУ ЖҮЙЕЛЕРІНЕ БЕЙТАРАП ЖҰМЫС РЕЖИМДЕРІ

2.1. Кернеуі 1 кВ-дан жоғары қондырғыларда бейтарап режимі

Электр қондырғыларын орнату ережелеріне сәйкес 1 кВ-тан жоғары

кернеулі электр қондырғылары жерге тұйықталудың үлкен токтарымен (500 фунттан асатын бір фазалы жерге тұйықталу тогы) және шағын жерге тұйықталу токтарының қондырғыларына (бір фазалық жерге тұйықталу тогы аз немесе 500 А тең).

Үлкен жерге тұйықталу токтарының қондырғыларында бейтарап жерге тұйықтау құрылғыларына тікелей немесе шағын кедергілер арқылы қосылады. Мұндай қондырғылар тікелей тұйықталып бейтараптандырылған қондырғылар деп аталады.

Шағын жерге тұйықталу токтарының қондырғыларында бейтарап үлкен кедергісі бар элементтер арқылы жерлендіргіш құрылғыларға қосылады. Мұндай қондырғылар оқшауланған бейтараптық қондырғылар деп аталады.

Жерлендірілген бейтараптамасы бар қондырғыларда кез келген жерге тұйықталу қысқа тұйықталу және жоғары токпен жүреді.

Оқшауланған бейтарап қондырғыларда фазалардың біреуінің жерге тұйықталуы қысқа тұйықталу (қысқа тұйықталу) емес. Ақаулардың орналасқан жері ағымдағы өткізгіштігі (негізінен сыйымдылық) жермен салыстырғанда фазалармен байланысты.

1 кВ жоғары кернеулі қондырғыларда бейтарап режимді таңдау мынадай факторларды ескере отырып жүргізіледі: экономикалық, бір фазалық қысқа тұйықталудың фазалық-фазаға ауысу мүмкіндігі, сөндіргіштердің сыну қабілетіне әсері, жерге тұйықталу тоқының зақымдалу мүмкіндігі, релелік қорғаныс,

РАО «ЕЭС России» электр тораптарында бейтарапты пайдаланудың келесі режимдері қабылданады:

6 ... 35 кВ номиналды кернеулері бар электр желілері шағын жерге тұйықталу токтарымен жұмыс жасайды;

кіші сыйымдылықтағы жерге тұйықталу токтарында - оқшауланған бейтараппен;

сыйымдылық токтарының белгілі бір артық мәндерінде - доға сөндіру реакторы арқылы бейтараптандырылған

Егер оқшауланған бейтараппен жұмыс істейтін үш фазалы жүйенің бір фазасында жерге тұйықталу орын алса, онда оның кернеуі жерге қатысты нөлге тең болады, ал қалған фазалардың жерге қатысты кернеуі сызықтыға тең болады, яғни $U/3$. Жердегі ақаулық тогы аз болады, өйткені бейтараптың оқшаулануына байланысты оның өтуі үшін тұйықталу тізбегі жоқ. Жүйедегі оқшауланған бейтараптағы жерге тұйықталудың ток тым аз болады және желінің авариялық тоқтауына әкелмейді. Осылайша, электрмен жабдықтаудың бейтарап көзін оқшаулау электрмен жабдықтау сенімділігін қамтамасыз етеді, өйткені ол тұтынушылардың жұмысына әсер етпейді.

Алайда, жердегі үлкен сыйымдылықты токтарға ие желілерде (әсіресе кабельдік желілерде) үзік-үзік доғасы белсенді түрде, индуктивті және сыйымдылығы бар эмф элементтері бар тізбекті индуктивті жиілікте болатын және үзіліс беретін жабылу нүктесінде пайда болады. 2,5 ... 3 рет. Бір фазалық жерге тұйықталуы бар жүйеде мұндай кернеулер қолайсыз. Нейтралды және жер арасындағы аралық доғалардың пайда болуын болдырмау үшін реттелетін кедергісі бар индуктивтілік катушка қамтылған.

Бұл фазалардың оқшаулауында әлсіз нүктелер болған жағдайда зақымдалмаған фазаларда жерге қатысты кернеудің ұлғаюы фазалық-қысқа тұйықталуды тудыруы мүмкін. Сонымен қатар, бүлінбеген фазаларда кернеу коэффициенті -УЗ коэффициентімен көтеріледі, сондықтан барлық фазаларды желілік кернеуге бөліп, машиналар мен аппараттардың өзіндік құнының өсуіне әкеледі. Сондықтан, фазасы жерге тұйықталған кезде оқшауланған бейтарапты желі жұмыс істеуге рұқсат етілсе де, ол дереу анықталуы және жойылуы керек.

110 кВ және одан жоғары номиналды кернеуі бар электр желілері жерге тұйықталудың үлкен токтарымен жұмыс жасайды (тиімді жерлендірілген бейтарап нүктелері бар).

Бір фазаны тікелей тұйықталып бейтараппен жабу - бір фазалы қысқа тұйықталу, онда маңызды ток пайда болады. Кез-келген жағдайда фазалардың кернеуі фазаның номиналды кернеуінен жоғары болмайды. Аркаларды доғаландыру жойылады. Бір фазалық жерге тұйықталу жоғары токтармен анықталады және автоматты түрде өшеді.

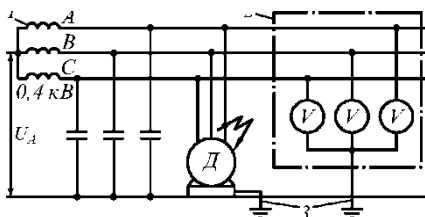
Қаралып отырған режимде кемшіліктер бар. Электр желілеріндегі барлық зақымдардың шамамен 75% - бұл бір фазалық жерге тұйықталу, бұл тікелей тұйықталып бейтараптылықпен, тұтынушыларды электр қуатымен қамтамасыз етуді қиындауға және тоқтатуға әкеледі. Сонымен қатар, жерге тұйықтау құрылғылары едәуір қиындатады және қымбат тұрады, себебі жерге тұйықталудың аса үлкен кедергісі бар жүйелер үшін 0,5 Ом құрайды, сондықтан жерге тұйықтау электродтарының саны айтарлықтай болуы керек.

Тозанды бейтарап жерге тұйықтаудың тағы бір кемшілігі - үш фазалы қысқа тұйықталу токтарынан асатын үлкен фазалы қысқа тұйықталу токтар. Осыған байланысты барлық трансформаторлардың бейтараптамасы негізделмеген, бейтараптың бір бөлігі фазалы қысқа тұйықталудың тоқтығын үш фазалы қысқа тұйықталудың ағымдағы мәніне дейін төмендетуге негізделген, ол ажыратқыштардың бұзылу мүмкіндігін анықтайды.

2.2. 1 кВ-ға дейінгі қондырғыларда бейтарап жұмыс режимі

1 кВ дейінгі кернеулі электр қондырғылары тегіс (төрт сымды желі) және оқшауланған (үш сымды желі) бейтараптамамен жұмыс істейді..

380 В дейінгі кернеулі ең көп таралған төрт сымдық желілерде қуат пен жарықтандыру электр қабылдағыштары үшін ортақ, бейтарап және бейтарап сым жерге тұйықталуға тиіс. Бұл жердегі бейтарап сымның оқшаулануын қадағалау іс жүзінде мүмкін емес. Жерге қосылмаған, шешілмеген жасырын оқшаулау ақаулары бар бейтарап сым, өрт қауіпі болып табылады, өйткені бір фазалық жерге тұйықталу

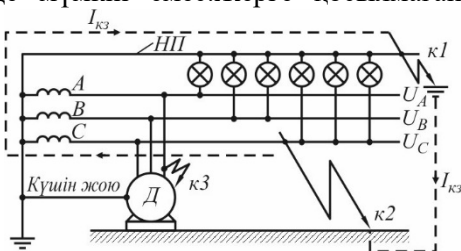


2.2-сурет. Трансформатордың оқшауланған бейтарабы бар 1 кВ дейінгі кернеулі бар үш сымдық желінің сызбасы:

- 1 - трансформатордың қайталама орама-сы;
- 2 - оқшаулаудың бақылау тізбегі; 3 - жерге тұйықтау

сымдық желілерде барлық жабдықтарды жерлендірілген бейтарапқа негіздеу қажет. Қауіпсіздік бұл жағдайда металдың қысқа тұйықталу тоғының үлкен ағымы болған кезде төтенше аймақтың автоматты түрде тоқтауы қамтамасыз етіледі.

Үш сымды желілерде (2.2-сурет), үш фазалы қозғалтқыштар, пештер, дәнекерлеу машиналары және басқа үш фазалы электр қабылдағыштар желілік кернеу үшін ғана қосылады. Бірфазалы электр қабылдағыштар үшбұрышты үлгіде біріктіріліп, оларды стрестің үшбұрышының бойымен біркелкі таратады. 1 кВ дейінгі кернеулерде оқшауланған бейтараппен бірге 6 ... 35 кВ кернеумен үш сымды желілердің артықшылығы мен кемшіліктері де қолданылады. Алайда кернеуі 1 кВ-ға дейінгі желілерде бір фазалық жерге тұйықталуы бар үзік-үзік жырықтар



2.1-сурет. Трансформатордың жерге тұйықталған бейтарабы бар және жабдықты нөлдеуі бар кернеуі 1 кВ дейінгі төрт сымды желі.

бейтарап сым арқылы қысқа тұйықталу тоқының шығысы үшін циклды шығарады (2.1-сурет). Нейтралды сымның салыстырмалы түрде кішкентай көлденең қимасы болған кезде, бұл ток қатты қызып кетуді және тұтануды тудыруы мүмкін. Төрт

пайда болмайды, сондықтан доға сөндіру қатарларын орнатудың қажеті жоқ. Алайда жердегі ақаулардағы сыйымдылықты токтар фазамен байланыста болған кезде қызметкерлерге қауіп төндіреді. Токтардағы қауіпсіз мәндер тек жақсы оқшаулағыш күйінде болатын жеңіл тармақталған желілерде болуы мүмкін.

Осылайша, 1 кВ дейінгі кернеуге арналған қондырғыларда екі жүйеге де рұқсат етіледі: жеңіл тармақталған желілерде, оқшауланған бейтарапты жүйе артықшылықтарға ие, жоғары тармақталған желілер үшін негізделген бейтараппен жұмыс істеуге кеңес беріледі.

500 және 660 В кернеуіндегі электр қондырғыларында әдетте бейтарап оқшауланады.

3 Тарау

ЭЛЕКТРИКАЛЫҚ ЖЕЛІЛЕРДЕ КОНСТРУКЦИЯЛЫҚ ОРЫНДАУ

3.1. Жалпы мәліметтер

Электр желілерін іске қосу үшін оқшауланбаған (ашық) және оқшауланған сымдар, кабельдер, ток өткізгіштер қолданылады.

Ашық сымдарда оқшаулағыш қақпақтар жоқ. Оларды адамдармен кездейсоқ байланыста болуға кедергі келтіретін жағдайларда ғана қоюға болады. Бір немесе бірнеше сымдарға өткізетін нысанды тигізсеңіз, ол қысқа тұйықталуға әкеледі. Ашық ауада орналасқан әуе желілерінде жалаңаш сымдар болады. Сымдар оқшаулағыштар мен арматураларды қолданып, тіректерге ілінеді.

Жайларда 1 кВ дейінгі кернеулі желілердің көпшілігі оқшауланған сымдармен, яғни оқшауланған және кейде қорғаныс қақпақтары бар сымдармен жасалады.

Оқшауланған сымдармен біріктірілген герметикалық қабықшаға орналастырылған кезде бірнеше бұралған немесе көп сымды өткізгіштік әбілдеп атайды. Қуат кабельдері жер үстіне, су астында, ашық

ауада және үй-жайлардың ішіне арналған.

Ағымдағы сым - бұл ғимараттарды, колонналарды және ғимараттардың шаруашылықтарын тіреу арқылы өндірісте және электр қондырғыларында ашық төсеу арқылы электрмен жабдықтауға арналған құрылғы. Ағымды сымға жататын әртүрлі шиналық сымшинасымдар деп

аталады

Сымдар мен кабельдердің ағымдық бөліктеріне арналған материалдар - мыс, алюминий, қорытпалар және болат.

Мыс - электр тогының үздік өткізгіштерінің бірі, сондықтан қажетті техникалық және экономикалық көрсеткіштер (энергия шығыны) басқа материалдардан сыммен салыстырғанда мыс сымдарының аз бөлімдерімен алынуы мүмкін. + 20 ° С температурасында қатты мыс 1 км-ге 18 ом-мм²-ге ерекше кедергі келтіреді. Мыс сымдары атмосфералық жағдайлардың және ауадағы химиялық реагенттердің көпшілігіне қарсы.

Алюминий - мысқа қарағанда нашар өткізгіш. Оның өткізгіштігі мыстың өткізгіштігінен 1,6 есе аз, алайда алюминий өткізгіштігі сымдар мен кабельдер үшін өткізгіш материал ретінде пайдаланылуы мүмкін. Атмосфералық алюминий құбылыстарының әсері мыс сияқты жақсы.

Болат сымдары кішкене электр қуатын беруді қажет ететін жағдайларда және, мысалы, ауылдық желілерде кіші көлденең қимасы бар жерлерде қолданылады. Ұзындығы жоғары кедергісі бар болат сымдар ұзындығы 1 км-ден асатын кең өзендер, шатқалдар және т.б. арқылы әуе желілерінің өткелдеріне арналған.

Болат сымдардың белсенді және реактивті қарсылықтары түсті металл сымдарына қарағанда әлдеқайда жоғары, сондықтан осы сымдардың көлемі шектелген. Болат сымдардың елеулі кемшілігі олардың жоғары коррозиясы болып табылады. Коррозияға төзімділікті арттыру үшін болат сымдар мырышталған сымнан жасалған.

3.2. Әуе желілері

3.2.1. Жалпы мәліметтер

Әуе электр жеткізу желісі (ӨЖ немесе ӘЭЖЖ) - бұл сымды электр энергиясын беру құрылғысы.

Әуе желілері үш элементтен тұрады: сымдар, оқшаулағыштар және тіректер.

Екі іргелес тіреуіш арасындағы қашықтық ұзындығы немеселсіз-ықтың ұзындығы деп аталады (3.1-сурет).

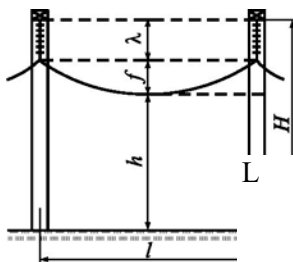
Тіректерге арналған сымдар еркін түрде ілінеді және өз салмағының ықпалымен тізбектегі жолақ сымның тізбектегі сызығына тиеді. Аспалы нүктесінен сымның ең төменгі нүктесіне дейінгі қашықтық f қосымша салмақтың жебесімен деп аталады. Сымның ең төменгі нүктесінен жерге дейінгі ең аз арақашықтық h жерге сымның жақындау өлшемі деп аталады. Өлшеуіш адамдар мен көлік қауіпсіздігін қамтамасыз етуі тиіс,

бұл жердің жағдайына, желінің кернеуіне және т.б. Тұрмаған аудандар үшін жалпы мөлшері $h = 5 \dots 7$ м, тұрғындар үшін - $h = 6 \dots 8$ м.

Сымдардың көлденең орналасуымен тіреудің биіктігі h өлшемі және ең үлкен f жебесімен анықталады. Оқшаулағыштардың тізбектеріне сымдарды бекітіп жатқанда тіреудің биіктігі X тізбектің ұзындығымен артады.

Әуе желісінің фазасындағы іргелес сымдар арасындағы D қашықтығы қажетті оқшаулау аралықты қамтамасыз етеді және негізінен номиналды кернеуге байланысты. $6 \dots 10$ кВ кернеулі желілер үшін бұл қашықтық

орташа 1 м, 110 кВ - 4 м, 220 кВ - 7 м, 500 кВ - 12 м, 750 кВ - 15 м. Қос қосқыш тіректерде әртүрлі тізбектердің сымдары арасындағы қашықтық екінші біреуді ажыратпай, тізбектердің бірінде жөндеу жұмыстарын жүргізуге мүмкіндік береді.



3.1-сурет. Ас оқшаулағыш тіректе желі аралығы

сызығының ұзындығы әдетте экономикалық пайымдаулардан анықталады. Ұзындығының ұзындығы ұлғайған сайын, жебе көрсеткіші ұлғаяды, демек тіректердің биіктігі артады, бұл олардың құнын арттырады. Сонымен қатар, аралықтың ұзындығы артуда, тіректердің саны

азайып, желіні оқшаулау шығыны азаяды. 1 кВ дейінгі желілер үшін ұзындығы әдетте $30 \dots 75$ м, 110 кВ желілер үшін - $150 \dots 200$ м, көлденең орналасуы бар тіректердің биіктігі $13 \dots 14$ м, электр желілері үшін $220 \dots 500$ кВ-тық ұзындығы

$400 \dots 450$ м тіректердің биіктігінде $25 \dots 30$ м.

Әуе желілерінің сымдарының үстінде найзағайдан қорғайтын кабельдер оларды атмосфералық кернеулерден қорғау үшін ілінеді. Әдетте, болат-алюминий сымдарынан жасалған кабельдер қолданылады. Оқшаулағыштарда ілінген кезде кабельдер байланыс сымдары ретінде қолданыла алады.

3.2.2. Әуе желілерінің сымдары

Әуе желілерінің сымдар негізінен оқшауланбаған (жалаңаш). ӘЭЖЖ-тің әртүрлі жұмыс жағдайлары әртүрлі сымдық конструкциялардың болу қажеттілігін анықтайды.

Негізгі конструкциялар: бір металды бір сымды сымдар;

бір металдан көп қабатты сымдар;

екі металды көп қабатты сымдар;

қуысты сымдар; биметалдық сымдар.

Бір жолақты сым, аты көрсетілгендей, бір сымнан жасалған.

Бір металдан жасалған ширатылған сымдар біріктірілген бірнеше сымдардан тұрады. Сымдар бір ортақ сымдары бар, оның айналасында сымдардың келесі сымдар (жолдар) жасалған. Бір қабатты сым арқылы 7 сымнан, екі қабаты бар - 19 сымнан, үш қабат - 37 сымнан тұрады. Көршілес қабаттардың бүктелуі әртүрлі бағыттар бойынша жүзеге асырылады, бұл дөңгелек пішінді қамтамасыз етеді және тартпаға қарсы тұрақты астам сым алуға мүмкіндік береді..

Ұзартылған сымдар бір реттік сымдармен салыстырғанда айтарлықтай артықшылықтарға ие:

үлкен икемділік, ол қауіпсіздікті және орнатудың ыңғайлылығын қамтамасыз етеді;

Кедергіге жоғары төзімділік тек салыстырмалы түрде кіші диаметрлі сымдар үшін алынуы мүмкін. 25 мм² немесе одан көп қимасы бар бір сымдық сымдар үзілуге кедергісі төмен болуы мүмкін.

Бір сымды өткізгіштер қималар үшін 4, 6, 10 мм², көп сымды - 10 мм 2-ден бастап жасалады.

Химиялық реагенттердің әсерінен түсті металдардан жасалған сымдар тез өткізгіштің металл оксидінің жұқа қабаты арқылы жабылады және одан әрі жойылуы мүмкін емес. Электр тоғы, оксидті пленкадағы кедергісінің төмендігінен, сымның сымдары бойымен өтетін параллельді токтар сериясына «үзіледі». Бұл құбылыстың нәтижесі және сымның бұрылуы (сымдар ұзындығы

2 ... 3% осі бойынша өлшенген сымның ұзындығынан үлкен) - 2 ... 3% қалың сымның белсенді кедергісін арттыру.

Механикалық күшейтуді жақсартуға ұмтылыс болат-алюминий деп аталатын болат негізімен алюминий сымдарын шығаруға әкелді. Сымның негізі мырышпен қапталған бір немесе бірнеше сымнан жасалынған.

Болат негізі бір, екі немесе үш катушкалармен жабатын алюминий сымдары сымның ағымдық бөлігін құрайды. Болаттың ядросының электр өткізгіштігі кішкентай, сондықтан ескерілмейді.

Механикалық жүктеме (сым бойынша қозғалыс) болат және алюминий арқылы қабылданады. Алюминий қимасының болаттың ара қимасына 5-тен 6-ға дейінгі арақатынасы бар болат-алюминий сымдарда алюминий сымдары жалпы сымның 50-60% -ын алады, ал қалғаны - болат негізі..

Сымның төмен белсенді қарсылығын өте жоғары механикалық беріктікпен біріктіру қажет болса, болат-қола және болат сымды сымдар қолданылады. Алдрей магний мен кремнийдің шамалы фракциясы бар алюминий қорытпасы (шамамен 1,2%)..

Іші қуыс мыс және биметалл (мыс дәнекерленген қабатымен қапталған болат сым) сирек қолданылады.

Жазулардың ыңғайлылығы үшін сымдар келесі маркалармен белгіленеді: М - мыс, А - алюминий, Ал - алдрей, С - болат, В - қола.

Болат-алюминий сымдар келесі маркаларда дайындалады:

АС, алюминий мен болаттың 5,5 ... 6 қималарының ара қатынасы бар;

7.5 ... 8 алюминий және болат қималарының арақатынасы бар АСО (жеңіл конструкция);

АБЖ (күшейтілген конструкциялары) алюминий және болат шамамен 4,5 қатынасы бар қима.

АСО сымдарының ең дұрыс қолданылуы.

Сымның жанындағы сымды көрсету үшін номиналды сым бөлімі берілді, мысалы, А-50 50 мм² көлденең қимасы бар алюминий сымын белгілейді. Номиналды көлденең қима - сымның нақты көлденең қимасының дөңгелектенген мәні. Болат-алюминий сымына арналған марка, мысалы, АС-150, тек сымның алюминий бөлігінің номиналды көлденең қимасын береді.

4, 6, 10, 16, 25, 35, 50, 70, 95, 120, 150, 185, 240, 300, 400, 500, 600, 700 мм² номиналды қималарының келесі шкаласы қабылданады.

3.2.3. Әуе желісі оқшаулағыштары

Оқшаулағыштардың мынадай түрлері пайдаланылады: фарфорлы шиналар типті ШС-6, ШС-10 - 6 ... 10 кВ желілер үшін;

20 - 35 кВ фарфорлы шиналар типті Ш-20, ШД-35 желілер үшін;

35 кВ және одан жоғары кернеуі бар сызықтарға арналған фарфор немесе шыны оқшаулағыштары ПФ және ПС.

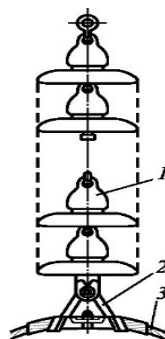
ШД және ШС типтегі оқшаулағыштар ілгектер мен штангаға бекітіледі. 110 кВ және одан жоғары кернеудегі тізбете жиналатын оқшаулағыштар ғана пайдаланылады (3.2-сурет).

Аспалы оқшаулағыштарының тізбектері тіреу және кернеу болып табылады. Оқшаулағыштарды қолдайтын аралық тіректерде тігінен орналасқан, керме тізбектер анкерлік тіректерде қолданылады және дерлік көлденең күйде болады. Электр беру желісінің жауапты учаскелерінде екі оқшаулағыш тізбегі қолданылады.

Оқшаулағыш тізбек саны электр беру желісінің кернеуіне, ағып кету жолының тиімді және нормаланған ұзындығына және тірек материалына (қажетті оқшаулау деңгейі) байланысты. Ағаш және темірбетон тіректерге кернеу 35 кВ кезінде екі аспалы оқшаулағыш тізбегі алынады, кернеу

110 кВ - алты оқшаулағыш тізбеккернеуі, оқшауланған оқшаулағыштармен: 220 кВ - он екі оқшаулағыш. Металлдарда бір немесе екі оқшаулағышқа көбірек қолданады.

Доғаның қысқа тұйықталу пайда болған кезде тізбекті зақымданудан қорғау үшін 220 кВ жоғары әуе желілерінде қорғаныш мүйіздері мен сақиналары қолданылады.



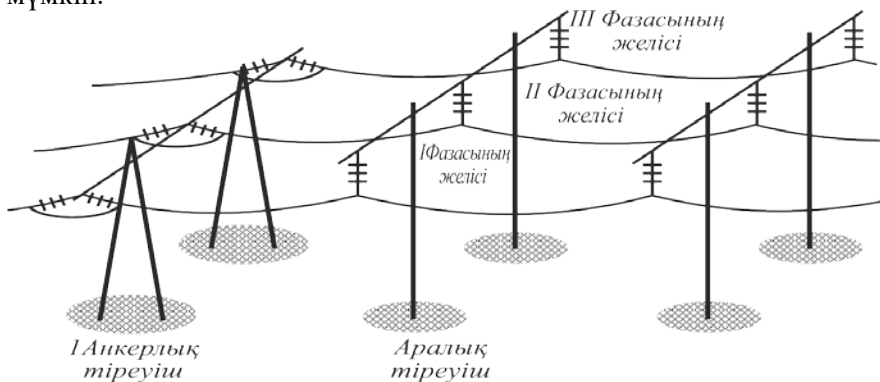
3.2-сурет. 1 - оқшаулағыш; 2 - сымды бекітуге арналған қысқыш; 3 - сым.

3.2.4. Әуе желілерінің тіреуіші

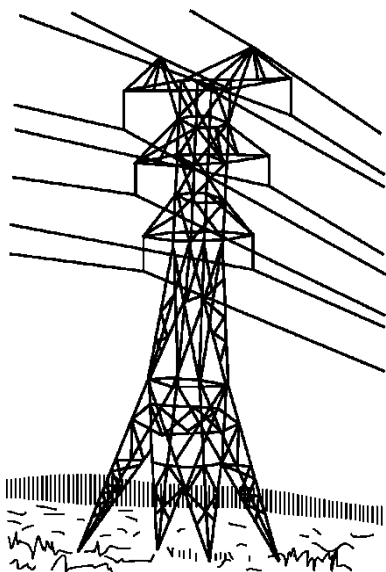
Ауа қуатын беру желілері ағаш, металл және темірбетонды тіректерге салынады.

Белгілері бойынша аралық, қима, бұрыштық және аяқталу тіректері қолданылады.

Тіреу кабельдік және кабельсіз бір тізбекті және қос тізбекті болуы мүмкін.



3.3-сурет. Әуе желісінің сызбасы



3.4-сурет. Кернеуі 110 кВ болатын қос тізбекті желіге арналған аралық металл тіреуіш

Ең көп таралған желілерінде аралық тіректер болып табылады. Тегіс аудандарда бұл тіректердің саны қалыпты жұмыс жағдайында жалпы сымдар саны 80 ... 90% -ды құрайды (3.3-сурет), барлық сымдар зақымдалмаған кезде, желінің бойында әрекет ететін күштердің аралық тіректері жоқ. Тіреу (3.4-сурет) тік күштерді - сымдар массасын, оқшаулағыштарды, мұзды және өзін-өзі және горизонтальды күштерді - сымдар мен тіректерге желдің қысымын қабылдайды.

Егер сым үзілсе, аралық тірек диапазонның бірінде бұзылған сым бойындағы теңгерілмеген кернеудің бойлық күші болуы керек.

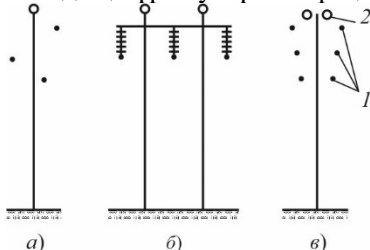
Бекіту тіректері белгілі бір сандығы жолдар арқылы орнатылады (желінің әр 3 ... 5 км), сымдар қатаң бекітіледі және барлық сымдар сынуы үшін есептеледі.

Аспалы оқшаулағыштары бар сызықтар

сымдық тізбекпен бекіту тіреулеріне бекітіледі, іргелес аралықтардағы бірдей фаза сымдары сымдық ілмектермен біріктіріледі.

Шағын станцияларға жақындаған кезде, соңғы тіректер орнатылған, олардың мақсаты желінің сымдары бойымен жұмыс істейтін жолдарды қабылдау болып табылады. Соңғысына тіректер шағын станцияларға жақын. Соңында тіреуіштер қатаң, сымдарды бекітетін тіректер сияқты, оқшаулағыштардың кернеулі тізбектерімен бекітіледі.

Жолдың бұрылу нүктелерінде, бұрыштық тіректер белгіленеді.



Сурет. 3.5. Тіреуге арналған сымдар мен кабельдерді орналастыру:

а - үшбұрыш шындары бойынша; б - көлденең; в - ағаштың арт жағы; 1 - сымдар; 2 - кабельдер



3.6-сурет. Сымды ауыстыру сызбасы:

а, б, с - үш фазалы желінің фазалары

220 кВ және одан жоғары кернеулі желілерде сымдардың бөлінуі пайдаланылады - фазада бірнеше сым тоқтатылады. Бұл сымдардың жанында электр өрісінің беріктігін азайтуға және ауа (корона) иондалуының әлсіреуіне қол жеткізеді. Бөлу фазасының сымдары арасындағы қашықтық шамамен 40 см құрайды. Сызық бойымен бекітілген фазалардың сымдар арасында арнайы аралық орнатылады.

Суретте. 3.5 сымдар мен кабельдердің ең көп таралған жерлерін сызбалық түрде көрсетеді. Үшбұрыштың шыңдары бойындағы сымдардың орналасуы металл және темірбетон тіректерге 35 кВке дейін кернеу желілерде және кернеуі 110 кВ болатын біртұтас электр тізбектерінде кең таралған. Сымдардың көлденең орналасуы 110 кВ және одан жоғары желілерде металл және темірбетонды тіректермен қолданылады. Қос қосқыш тіреулерге арналған «кері ағаш» түріне сәйкес сымды орнату үшін жұмыс істеу тұрғысынан ыңғайлы.

Сымдардағы салыстырмалы жағдайдағы айырмашылық фазалардың параметрлері (индуктивті кедергісі) айырмашылығына әкеледі. Бұл параметрлерді 100 км-ден ұзындықтағы желілерде теңестіру үшін сымды ауыстыру пайдаланылады: сызық үш сызбаға бөлінеді, онда әрбір үш сым үш позицияға ие болады (3.6-сурет). Жолдың сымдары өзгеретін сызықтардың нүктелерінде транспирленген тіректер орнатылады.

Үлкен өзендер, шатқалдар және т.б. өту кезінде үлкен ауқымдарда 50 ... 100 м және одан көп өтпелі тіректер орнатылған.

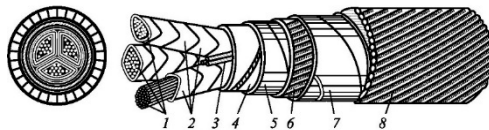
3.3. Кабель желілері

3.3.1. Кабель құрылымдары

Кабель ол механикалық зақымданудан қорғалған, оқшауланған ток өткізгіш тылсымдарынан жасалған қорғаныш герметикалық қабықтағы дайын зауыттағы өнім.

Күш кабельдер 110 кВ дейінгі қоса алғанда кернеуге арналған.

35 кВ дейінгі кернеуге арналған қуат кабельдері 1 ... 2000 мм² учаскелері бар бір немесе төрт мыс немесе алюминий сымдары бар. Желілер қимасы 16 мм²—бір сымды, артық көм сымды нысан бойынша желі қимасының бір желілі кабельдер дөңгелек, көп желілі - сегменттінемесе секторлықболып табылады (3.7-сурет). Алюминий талсымдары бар негізінен кабельдер қолданылады. Кабельдер мыс сымдарымен сирек қолданылады: қозғалатын механизмдерде, жарылыс қаупі бар жерлерде.



3.7-сурет. 10 кВ кернеуге арналған СБ немесе АСБ тұтқыр сіңдіруі бар кабель:
1 - мысты немесе алюминийлі желі; 2 - сіңдірілген қағаздан фазалық оқшаулау; 3 - кендірден толтырғыш; 4 - маймен майланған қағаздан белдік оқшаулау; 5 - қорғасын қабығы; 6 - кендір қабаты; 7 - құрыш болат таспа; 8 – кендір жабын

Корпустың оқшаулауы канифольды май құрамымен сіңірілген, қағаз кабелінен, резеңке, поливинилхлорид және полиэтиленнен орындалады.

Тігінен және кедір-бұдырларға арналған қағаз оқшаулағышы бар кабельдер нашар сіңдіруге ие.

Қорғаныс жабық кабель қаптамасы оқшаулауды ылғалдың, газдардың, қышқылдардың және механикалық зақымдардың зиянды әсерінен қорғайды. Қораптар қорғасыннан, алюминийден, резеңкеден және поливинилхлоридтен жасалған.

1 кВ жоғары кернеулі кабельдерде оқшауланған өткізгіштер мен қаптың арасындағы электр беріктігін арттыру үшін талшықты оқшаулау қабаты салынады.

Кабельдік арқандар болат таспалардан немесе болат мырышталған сымдардан жасалған. Сауыт үстінен битуммен сіңірілген және өтелген мелдық құрамымен кабельдік жіп (кендір) жабылады. Бөлмелерде, каналдарда және туннельдерде кабельдерді төсеу кезінде, ықтимал өртенуді болдырмау үшін кендір жабыны алынып тасталады.

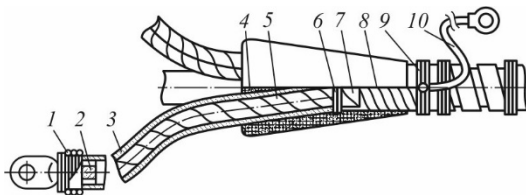
110 кВ және одан жоғары кернеуге арналған кабельдер әдетте жердегі немесе ауаға төгілетін газ немесе маймен толтырылған, бір қабатты жабынды болат бронь немесе асфальтпен жасалады. Кабельдердегі май қысымда.

Кабельдік маркалардың белгілері олардың маркаларына сәйкес келеді.

Қағаз оқшаулағыштары мен алюминий ядролары бар кабельдер келесідей маркаларға ие: ААБ, ААГ, ААП, ААШв, АСБ, АСБГ, АСПГ, АСШв. Бірінші әріп тамырлардың материалын білдіреді (А - алюминий, маркасында А әрпінің алдындағы болмауы мыс корпусының болуы), екіншісі - қабықша материалы (А - алюминий, С - қорғасын). Б әрпі, кабельді болат жолақтарымен броньды дегенді білдіреді; Г әрпі - сыртқы қақпақ жоқ; Шв - сыртқы қақпақ поливинилхлоридтен жасалған шланг түрінде жасалған.

Оқшаулау: Р - резеңке, П - полиэтилен, В - поливинилхлорид, белгілердің жоқтығы - қалыпты сіндіруі бар қағаз.

Сауыт орындау кезінде белгіленеді: болат жолақтар - Б, жазық мырышталған болат сыммен - П, дөңгелек мырышталған болат сыммен - К.



3.8-сурет. Кабелдің эпоксидті шеткі бітеуі:

1 - эпоксидтық компаунд бүркенген жабылған тоқпақ; 2 - Эпоксидті қосылыспен әр қабатпен қапталған кибер-таспаның қосымша артқа айналдыруы; 3 - эпоксидті қосылыспен әр қабаттың жабыны бар ципрозды таспаның үш қабатты қосымша артқа айналдыруы.; 4 - эпоксидті қосылыс; 5 - соңында трубаларды біріктіріп орауға түбіртегінің бітеуі; 6 - мақтадан жасалған иірілген жіп; 7 - белді оқшаулау; 8 - кабель қабығын пышақпен кертуге арналған; 9 - сым байламы; 10 - жер үсті кабелі

Мысалы, СБШв кабельдік брендті поливинилхлоридтен жасалынған шланг түріндегі сыртқы қақпақпен қорғасын қабығындағы мыс корпусы бар кабельді білдіреді..

Маймен толтырылған кабельдердің белгісі М әрпінен басталады, екінші әріп мұнай қысымының түрін көрсетеді: Н - төмен, В - жоғары.

Басқару кабельдерін белгілеу К әрпінен басталады.

Кабель белгісінде әріптің белгілерінен кейін номиналды кернеуі, кВ; ядроның саны және бір ядросының көлденең қимасы. Мысалы, АВПБГ кабелі 1 - 3 x 50 + 1 x 25 - үш алюминий өткізгіштері 50 мм² және төртінші секциядан 25 мм², 1 кВ кернеуге арналған полиэтилен оқшаулағышы, ПВХ қабығы, коррозияға қарсы сыртқы жабындысыз болат қаптамамен брондалған кабель.

1 кВ кернеуге дейінгі кабельдердің жеке бөліктері шойыннан жасалған жалғастырғыштармен қосылады, кернеуі 1 кВ жоғары - арнайы қосылыстармен толтырылған қорғағыш муфталар..

Кабельдердің ұштары кесіліп, шиналармен тарату құрылғылары жолақтарымен жақсы байланыста болу үшін кенестер өткізгіштердің шеттеріне дәнекерленген немесе дәнекерленеді. Ылғалдың, қышқылдардың және басқа реактивтердің оқшаулаудың кабельге кіруіне

жол бермеу үшін кабельдің шеттері жабық. Соңғы бітеу кабельдердің бірінде эпоксидті компаунда жиі қолданылады (3.8-сурет). Сондай-ақ, поливинилхлоридті жабысқақ таспалар мен лактардан жасалған құрғақ ұштар қолданылады.

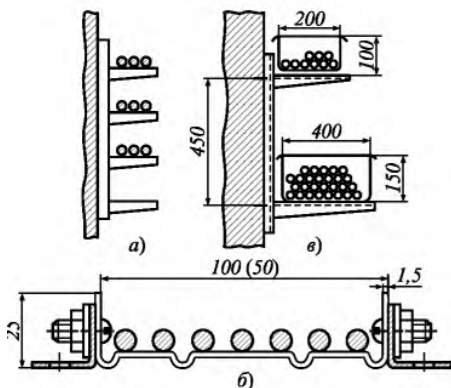
3.3.2. 6 ... 10 кВ кернеуі бар кабельдерді төсеу жолдары

Кабельдер ауадан гөрі кішігірім аудандарды қажет етеді және кез-келген табиғи және атмосфералық жағдайда пайдалануға болады.

6 ... 10 кВ кернеуі бар кабельдік шағын және орта кәсіпорындарда және қалалық желілерде қолданылады.

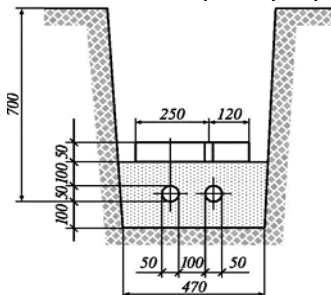
Кабель желілерінің бағыты электрлік доғасы көрші кабельде пайда болған кезде механикалық бүлінуден, коррозиядан, дірілден, қызып кетуден және зақымданудан ең арзан шараларды ескере отырып, қысқа мерзімге таңдалады.

Кабельдерді бірнеше жолмен: ағызу, каналдар, туннельдер, блоктар, трасса арқылы жүзеге асыруға болады. Кабельдік конструкциялар мен өндірістік үй-жайларда кабельдер әртүрлі конструкциялардың болат конструкцияларына салынған (3.9-сурет): қабырғалық құрылымдарда, науаларға, қораптарда қабырғаларға бекітілген.



Сурет. 3.9. Кабельдік бездерді жобалау: а - қабырғалық құрылымдарға; б - перфорацияланған науаларға; в - қораптарда

Шаштың әдісі мен конструкциясы кабельдер санын, маршруттың жағдайына, ауаға ауыр болатын жарылғыш газдардың болуы немесе болмауына, топырақтың ластану дәрежесіне, пайдалану талаптарына, экономикалық факторларға және т.б. байланысты таңдалады. (3.1-кесте).



Сурет. 3.10. Кеніштегі кабельді төсеу

Траншеялардағы кабельдер. Ең қарапайым - траншеялардағы кабельдер салу (3.10-сурет). Түсті металды тұтыну үшін де үнемді, себебі кабельдерде рұқсат етілген ағындар ауадағыға қарағанда жер үстіне қойылған кезде шамамен 1,3 есе көп. Алайда, бұл әдіс өнеркәсіптік кәсіпорындарда кеңінен қолданылмады. Траншеяларға төселмейді: кабельдердің үлкен саны бар

учаскелерінде;

асты және беті технологиялық және көлік коммуникациялары және басқа құрылымдармен аумақты үлкен қанықтыру;

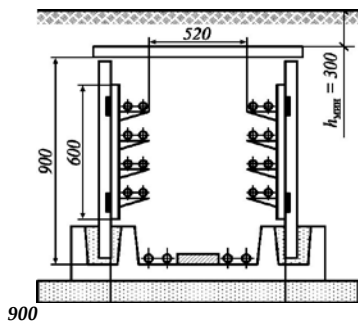
ыстық металды немесе сұйықтықтарды төсеу мүмкін болатын жерлерде, кабель қаптамасында бүлініп әрекет етеді;

қауіпті құндылықтардың тоздыратын ағымдары, үлкен механикалық жүктемелері, топырақ шаюы және т.б. мүмкін жерлерд

**Қуат кабельдерін қағаз, пластиктен қолдану аясы
және механикалық әсерлер болмаған кезде резеңке оқшаулау
және жұмыс кезінде созылу күші**

Төсеу орны	Қоршаған ортаның жағдайы		Қағаз оқшаулама- сы бар кәбілдер	Пластикалық және ре- зеңке оқшаулағыш ка- бельдер
	Коррозиялық белсенділік	Блужда- ющие токи		
Жерде (транштар- да)	Төмен	Жоқ	ААШв, ААШп, ААБл, АСБ	АВВГ, АПсВГ, АПвВГ, АПВГ, АВВБ, АПВБ, АПсВБ, АППБ, АПвПБ, АПсПБ, АПБбШв, АП- вБбШв, АВБбШв, АВБбШп, АПсБбШв, АПАШв, АПАШп, АВАШв, АПсАШв, АВРБ, АНРБ, АВАБл, АПАБл
		Бар	ААШв, ААШп, ААБ2л, АСБ	
	Орташа	Жоқ	ААШв, ААБл, ААШп, ААБ2л, АСБ, АСБл	
		Бар	ААШв, ААБв, ААШп, ААБ2л, АСБ2л, АСБл	
	Жоғары	Жоқ	ААБ2лШв, АСБл, ААБ2лШп, ААБв, АСБ2л	
		Бар	ААШп, ААБв, АСБ2л, АСБ2лШв	
Үй-жайларда (туннельдер, ка- налдар және т.б.): құрғақ дымқыл	Жоқ	Жоқ	ААГ, ААШв	АВВГ, АВРГ, АНРГ, АПвВГ, АПВГ, АПсВГ, АПсВГ
	Әлсіз	»	ААШв	
	Орташа және жоғары	»	ААШв, АСШв	
	Жоқ	»	ААГ, ААШв	АВВГ, АВРГ, АПсВГ, АПсВГ, АНРГ, АСРГ
Қауіпті аймақтар- да	»	»	СБГ, СБШв	ВВГ, ВРГ, НРГ, СРГ

Ескерту:. П - полиэтилен; Пс - өзін-өзі сөндіретін полиэтиленнен; Пв - вулканизацияланатын полиэтиленнен; Пвс - вулканизацияланатын өзін-өзі сөндіретін полиэтиленнен; Н – найритты (жанбайтын) резеңкеден; Ш - шланг; л, 2л - қабықтың астында арматураланған және арнайы нығайтылған жастығы.



3.11-сурет. Кабельдерді төсеу арнада

Жер телімдерінде салынған кабельдерді қолдану тәжірибесі кабельдердің кез келген тесіктер кезінде зақымдалғанын көрсетті. Бір шұңқырға алты кабельді немесе одан көп төсеу кезінде рұқсат етілген ток жүктемесіне өте үлкен азайту коэффициенті енгізіледі. Демек, бір шұңқырда алтыдан артық кабель болмауы керек. Көптеген кабельдермен екі маңайдағы траншеялар 1,2 м қашықтықта орналасқан.

Кабельдерді төсеу үшін жер асты тереңдігі кемінде 800 мм тереңдікте болуы керек. Кеніштің түбінде 100 мм қалыңдығы жұмсақ жастығы сіңіп қалған жерден жасалады. Кабель төсеу тереңдігі кемінде 700 мм болуы керек. Кеніштің ені оған салынған кабельдердің санына байланысты. Кернеуі 10 кВ дейінгі бірнеше кабельдер арасындағы қашықтық кем дегенде 100 мм болуы тиіс. Кабельдер шұңқырдың түбіне бір қатарда қойылады. Жоғарыдан кабельдер жұмсақ топырақпен жабылған. Кабель желісін 1 кВ-тан астам кернеуді механикалық зақымдан қорғау үшін, ол жоғарғы толтырғыштың барлық ұзындығы бойынша бетон тақтайшалармен немесе кірпішпен жабылады, кернеуі 1 кВ-ға дейінгі кернеу тек ықтимал бұзылу орындарында болады.

Кабель желілерінің маршруттары ғимараттың іргетасынан кемінде 600 мм, құбырлардан 500 мм, жылу құбырларына 2000 мм қашықтықта өткізбейтін бөлікке салынған.

Каналдарындағы кабельдер. Темір-бетон каналдарындағы кабельді төсеу сыртқы және ішкі болуы мүмкін (3.11-сурет). Бұл төсеу әдісі траншеяларға қарағанда қымбатырақ. Қауіпсіз аймақта кәріз жүйесі тыс болғанда, арналар 300 мм немесе одан да тереңдікте жер асты қойылады. Арна тереңдігі 900 мм-ден аспайды. Балқытылған металды, сұйықтықтарды немесе кабельдік қабықшаларда бүлінетін басқа заттардың төгілуі мүмкін жерлерде кабельдік арналарды пайдалануға болмайды.

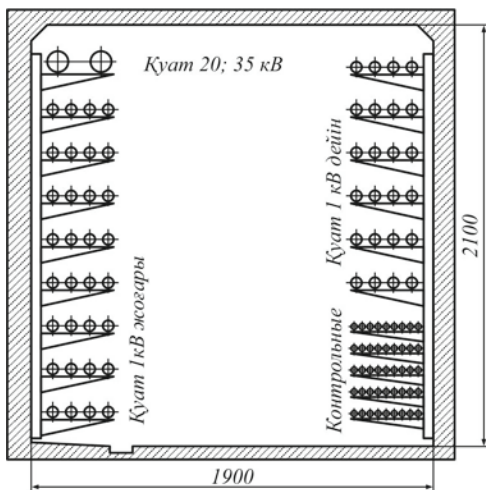
Туннельдердегі кабельдер. Туннельдердегі тығыздауыш ыңғайлы және сенімді жұмыс істейді, бірақ ол негізгі бағытта, мысалы, негізгі шағын станция мен таратумен және ұқсас жағдайлармен байланыстыру үшін бір бағытта жүретін кабельдердің үлкен саны (30-40 тан астам) болған жағдайда ғана ақталады.

Туннельдер (3.12-сурет) 2100 мм биіктікте және 1500 мм жартылай өтпелі биіктігі болады. Қалыпты биіктіктегі туннельдер өтуіне кедергі

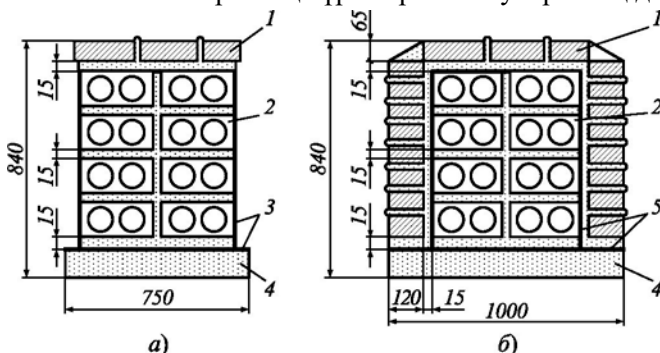
келтіретін жерлерде
жартылай туннельді
тоннельдер қысқа
секцияларда (10 м дейін)
рұқсат етіледі. Қақпақтың
жоғарғы жағынан
туннельдің тереңдігі 0,7 м
кем емес.

Блоктардағы кабельдер.
Блоктарға салынған
кабельдер (3.13-сурет)
сенімді, бірақ
экономикалық тұрғыдан
да, құны бойынша да,
кабельдерде де
үнемді. Жерге
орналастырудың жергілікті
жағдайларына қарапайым
төсеу әдістеріне жол
берілмеген кезде ғана қолдануға
болады: агрессивті топырақтарда,
ағындық топырақтарда, бағыты
бойынша метал сұйықтықтардың
немесе агрессивті сұйықтықтардың
төгілу ықтималдығы және т.б.

Кабельдердің бұғаттау канализациясы
трассаның шарттарына сәйкес
мүмкін болған жағдайда, кез
келген жағдайда шұңқырға
немесе арнаға берілуге тиіс.
Кабель блоктарының түрі жер
асты суларының деңгейіне,

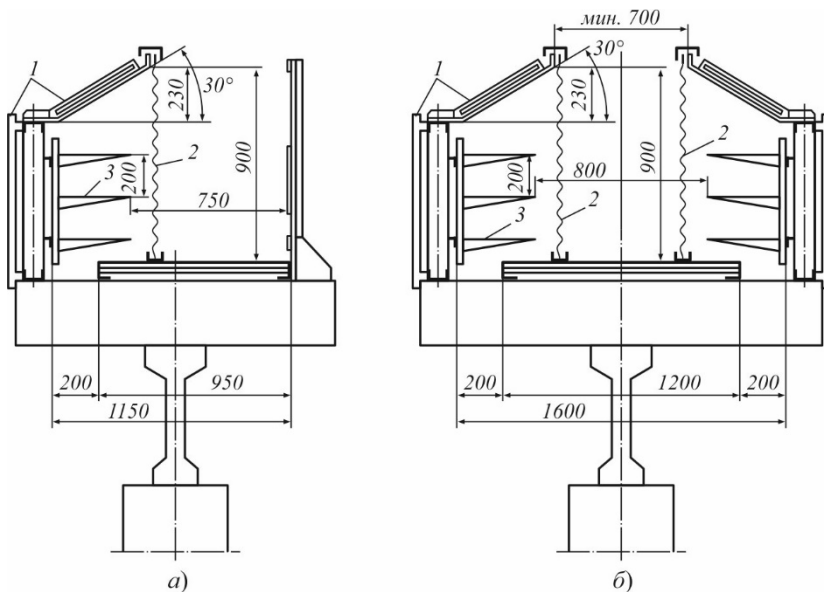


3.12-сурет. Туннельде кабельді орнату



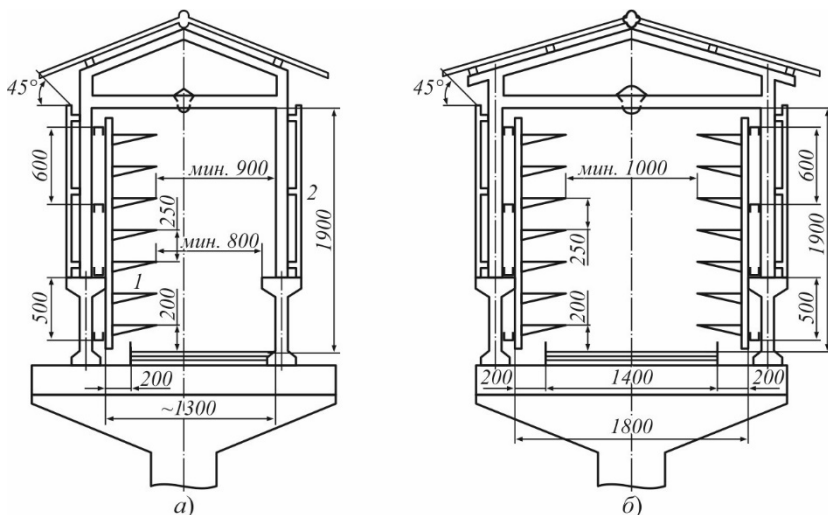
3.13-сурет. Темірбетон тақталарының блоктары: а - құрғақ жерге төсеу үшін; б - дымқыл және су толған жерге төсеу үшін; 1 - кірпіш; 2 - темірбетон тақтасы; 3 - гидроокшаулағыш бояу; 4 - бетон; 5 - желімделген гидроокшаулағыш

олардың агрессивтілігіне және тегіс ағымдарға байланысты таңдалады. Галереялар мен жол өтпелеріндегі кабельдер. Үлкен кабель ағындары үшін туннельдер орнына ашық таяқшаларды (3.14-суретті қараңыз) және жабық галереяларды (3.15-суретті қараңыз), сондай-ақ жарылғыш және өрт қаупі бар өнеркәсіптер болмаған ғимараттардың қабырғаларын қолданған жөн.



3.14-сурет. Кәбілдік эстакада:

а - бөлек тіреу бойынша бір жақты өту; б - екі жақты; 1 - күн сәулесінен қорғайтын панельдер; 2 - алынбалы күн сәулесі; 3 - кабельдік сөре



3.15-сурет. Кабель галереялары:

а - бір жақты; б - екі жақты; 1 - кабельді сөре; 2 - күннен қорғайтын панельде

Эстакадаларда және галереяларда кабельдерді төсеу орынды: химиялық, мұнайхимиялық, металлургиялық және басқа аумақтарда әртүрлі жерасты байланысымен қаныққан басқа зауыттарда;

топырақтың агрессивтілігі жоғары кәсіпорындарда; ауаға ауыр болатын жарылғыш газдардың асты тығыздау әдістерімен (каналдар мен туннельдер) елеулі жинақтау мүмкін болатын жерлерде.

3.4. 6... 35 кВ-ға дейінгі кернеулі токөткізгіштер

6...35 кВ-ға дейінгі кернеулі токөткізгіштер өнеркәсіптік кәсіпорындарда жоғары жүктеме тығыздығы, ірі қуаттардың шоғырланған орналасуы және негізгі қуатты іске қосу үшін қолайлы тұтынушыларды орналастыру кезінде пайдаланылады. Ағымдық өткізгіштер кеңінен қолданылатын негізгі салалар - қара және түсті металлургия және химия. Ағымдағы ток өткізгіш сымдар кабельдермен салыстырғанда бірнеше артықшылықтарға ие. Олар жоғары кернеулі кабельдерді оқшауланбаған алюминий шиналарымен немесе сымдармен алмастыруға, қорғасын мен алюминийден, кабель қаптамасына барумен,

сондай-ақ оқшаулағыш материалдармен алмастыруға мүмкіндік береді. Өнеркәсіптік монтаж жұмыстары желілерде жүзеге асырылады, өйткені электр өткізгіштің дайын бөліктері монтаждау үшін жеткізіледі.

Ағымдық өткізгіштер жанармай оқшаулаудың болмауына байланысты кабель желілеріне қарағанда, жүктеме көп жүктемеге ие. Өртүрлі типтегі жұмыс істейтін өткізгіштерге жүргізілген зерттеулер ағымдық өткізгіштердің кабель төсемелеріне қарағанда әлдеқайда сенімді екендігін көрсетті.

3.2. Кестеде электр қуаты мен ұзындығы бойынша тиімді болып табылатын ток жолдарын қолдану туралы ақпарат келтірілген.

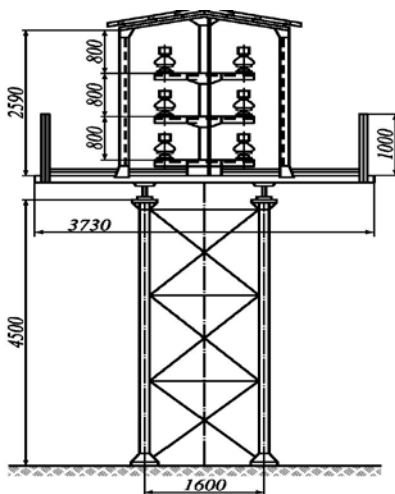
Төменгі сыйымдылықта өткізгіштер кабельдік арналардан артық емес.

Электрлік параметрлерге (кернеу, ток, кедергі) қосымша ток өткізгіш бөліктердің контакт жағдайлары бойынша, сондай-ақ бірқатар конструктивті сипаттамалары (типі, фазалық орналасуы, оқшаулау және т.б.) бойынша олардың өткізгіштерінде ерекшеленеді.

3.2 Кесте

Ағымдық өткізгіштерді пайдалану тиімділігі мен ұзақтығы диапазоны

Номиналды кернеу, Кв	Қуаты, МВ • А	Шекті ұзындығы , км
6	15...20	5
10	25...35	5
35	35-тен астам	10



3.16-сурет. 6 ... 10 кВ кернеуі бар қатты, теңгерілмеген шиналар

Ток ұстаушы бөліктермен байланыс жағдайында ашық, қорғалған және жабық өткізгіштер болып бөлінеді. Қорғалған және жабық ток өткізгіштер, әдетте, өндірістік объектілерде орнатылған 1 кВ дейінгі желілерде қолданылады. Олар осы тарауда қарастырылады. 3.5.3.

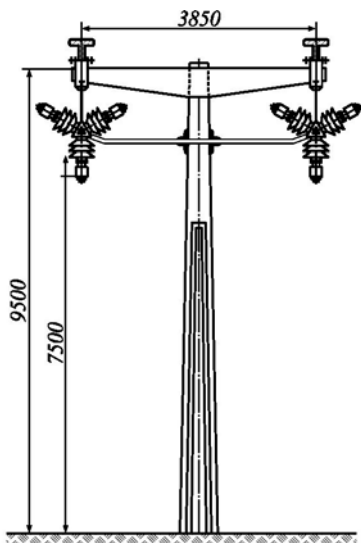
6 ... 35 кВ кернеумен жұмыс істейтін желілерде ашық ток көздері пайдаланылады.

Қатаң асимметриялық шиналармен ашық өткізгіштер. Шиналар алюминийден немесе оның қорытпаларынан жасалған. 2000 А

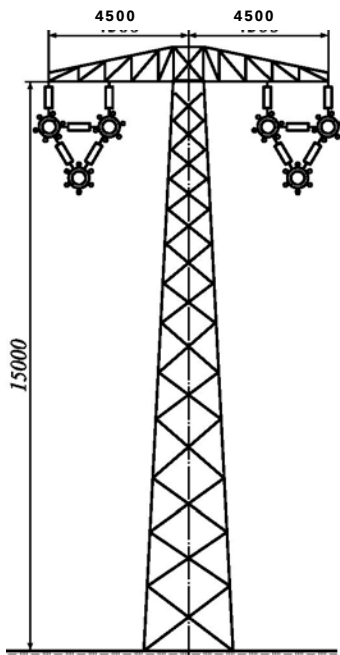
дейін ток күшінің арқасында шиалар жалпақ шиалардан, және 2000 А-ден астам ток күші бар - швеллер пішіннің құрсымдарынан тұрады. Сыртқы қондырғы үшін тігінен реттелетін оқшаулағыштары бар ашық ток өткізгішті салу суреті 3.16. суретте көрсетілген. Бұл ток көзі ғимараттың қымбат бөлігіне ие, сондай-ақ фазалардың әртүрлі индуктивтілігіне байланысты кернеудің маңызды асимметриясын жасайды.

Қатаң симметриялық шина бар ашық өткізгіштер. Ағымдық өткізгіштің қатқыл шиалары тепе-теңдік үшбұрыш шындары бойымен тірек оқшаулағыштарға бекітіледі (3.17-сурет). Ағымдағы сымның бұл нұсқасы жоғарыда көрсетілген ток өткізгіштерінің нұсқаларынан, қосымша қуат шығындарының азаюымен, кернеулердің симметриясынан және төмен шығындармен ерекшеленеді.

Икемді ток өткізгіштері. Қатты өткізгіштер шиалардың бекіту нүктелерінің арасындағы кішігірім кеңістіктерге ие, демек, оқшаулау нүктелері мен байланыс қосылыстарының көптігі. Икемді ток қорғасыны (3.18-сурет) - сымдардың үлкен қимасы бар іс жүзінде әуе желісі, ол қатаң ток өткізгішіне қарағанда күрт артады. Дегенмен, икемді өткізгіштер өнеркәсіптік жерде қатаңнан гөрі өту үшін көбірек орын қажет етеді. Қос-тізбекті икемді өткізгішпен айналысатын аумақтың белдеуінің ені 24 м, найзағайдан қорғайтын тізбектер жердің деңгейінен 15 м биіктікте бекітіледі.



3.17-сурет. 6 ... 10 кВ кернеулі қатаң симметриялық шиналар



3.18-сурет. Кернеуі 10 кВ болатын икемді симметриялық шиналар

Біртұтас икемді шиналар фаза үшін А600 алюминий сымдарының келесі саны бар: 4, 6, 8, 10. Олардың өткізу қабілетін 4080, 6120, 8160, 10 200 А құрайды.

Фазалық кергіштермен және фазалық арқалықтармен икемді ток көзі 400 кА дейін қысқа тұйықталу токпен қолданылуы мүмкін.

3.5. Кернеуі 1 кВ-ға дейінгі цехтық желінің конструкциялық орындалуы

3.5.1. Жалпы мәліметтер

1 кВ-ға дейінгі кернеуі бар электр желілерін сатып алу жүргізіледі: тікелей құрылыс элементтеріне және технологиялық жабдықтың элементтеріне, қораптарға, науаларға және құбырларға, сондай-ақ кабельдік сымдарға тікелей салынған кабельдер мен оқшауланған сымдар;

толық шиналар - еденде, қабырғаларда, колонналарда, шаруа қожаларында;

лықтарында және т.б. тірек конструкцияларына орнатылатын магистральдық, тарату және жарықтандыру;

троеллей кронштейндерінде бекітілетін, жиынтықты троллейлер және арнайы конструкцияларда күшейтілетін жинақты сым өткізгішті троллейлер.

Электрлік ғимараттардың қоршаған орта жағдайына, мақсаттарына және құндылығына сәйкес болуы, олардың дизайны мен сәулет ерекшеліктері болуы керек. Электр кабелінің түрін және орнату әдісін таңдау кезінде электр қауіпсіздігі мен өрт қауіпсіздігі бойынша талаптар ескерілуге тиіс. Сымдардың қабықшалары мен оқшауламалары төсеу әдісіне және қоршаған орта жағдайына сәйкес келуі керек.

Өндірістік қондырғыларда кернеуі 1 кВ дейінгі әуе желілері негізінен сыртқы жарықтандыру желілері ретінде пайдаланылады және жеке қуатты тұтынушыларды қуаттайды.

3.5.2. Электр өткізгіштер

Электр өткізгіш - ғимараттар мен құрылыстардың желілерінің ортақ түрі. Желінің бұл түрі жарықтандырғыш құрылғыларды, шағын коммутация тізбектерін, қорғау және басқару, шағын электр станцияларын қуаттау үшін кеңінен қолданылады.

Электрмен жабдықтау әдетте 1 кВ дейінгі кернеуі бар оқшауланған сымдармен, сондай-ақ резеңке және пластикті оқшаулаумен кішігірім (16 мм²-ге дейінгі) көлденең қимадағы брондалған емес кабельдермен айнымалы және тұрақты ток желілері деп аталады. Ғимараттар мен ғимараттардың ішіне, сондай-ақ олардың сыртқы қабырғаларына, ғимараттардың жанындағы аумаққа орналастыруға болады.

1 кВ дейінгі кернеуге арналған монтаж сымдары олардың маркасында (3.3-кесте) П әрпімен, мыс сымдары бар сымдарда, ал екінші жағынан алюминийлі (А) сымдарға арналған. Мысалы, ПР маркасы: мақта мата көнеріндегі мыс сымдары бар сым; АПР - бірдей, бірақ алюминий өткізгіштермен.. АПВ - поливинилхлоридті оқшаулаумен алюминий өткізгіштермен сым; ПРГН - отқа төзбейтін қабықшамен, икемді, резеңке оқшауланған мыс өткізгіштермен сым.

Мыс үнемдеу бойынша ұсынымдарына сәйкес алюминий талсымдары бар кабельдерді және сымдарды қолдану керек. Мыс өткізгіштері бар сымдар жарылыс аудандарында қуат пен жарықтандыру қондырғылары үшін, сондай-ақ 6 мм² дейінгі көлденең қимасы бар барлық крандардың электр тізбектері үшін пайдаланылуы мүмкін.

Ғимараттардағы барлық электрлік сымдар ашық және жасырын болып бөлінеді.

Сымдарды таңбалаудағы әріптік белгілер

Құрылыстың атауы	Материалдың түрі	Әрпі
Оқшаулау	Резеңке	Р
	Пластмасса (поливинилхлорид)	В
	Пластикалық (өзін-өзі сөндіретін полиэтилен)	П
	Найрит (жанбайтын резеңке)	Н
Қабығы	Резеңке	Р
	Пластмасса (поливинилхлорид)	В
	Пластикалық (өзін-өзі сөндіретін полиэтилен)	П
	Найрит (жанбайтын резеңке)	Н
	Мақта талшықтары	Т
	Болат мырышталған сым	П
	Лавсанлы жібек	Л
Икемді		Г
Тегіс		П

Ашық электр сымдары, яғни, ғимараттардың конструкциялары және т. б. көптеген конструктивті орындалуы бойынша қабырғалар мен төбелердің жайылымы. Қоршаған ортаның жағдайларына байланысты техникалық эстетиканың талаптары, пайдаланылатын өткізгіштердің маркалы және көлденең қималары және т. б. электр сымдарын жасау тәсілдері бір бірінен айтарлықтай ерекшеленеді. Өнеркәсіптік кәсіпорындар үшін ашық электрлік сымдардың көптеген тәсілдерінен бастысы арнайы науаларға, құбырларға және түрлі құбырларға, сондай-ақ кабельдерге арналған. Роликтер мен оқшаулағыштардағы үй-жайлардың ішіндегі ашық электр өткізгіштері айтарлықтай аз.

Жасырын электр сымдары, яғни, ғимараттардың, қабырғалар мен төбелердің, едендер мен төбелердің, жабдықтардың негіздері және т. б. конструкциялық элементтері салынған, әртүрлі құбырлармен, бетон қалыңдығындағы арнайы арналармен жүзеге асырылады.

Электр сымдарын электрмен жабдықтаудың барлық түрлеріне сенімді жұмыс пен қауіпсіздікті қамтамасыз ететін белгілі бір талаптар қарастырылған.

Электр қондырғыларының сенімді жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін өткізгіштерді бір бірліктің тізбектеріндегі зақымдардың басқалардың өз бетінше жұмыс істеуін тоқтатуына әкеліп соқтырмау керек.

Сондықтан, бір құбырда немесе арнада бір ғимарат құрылымы немесе

бір науадағы бір жабық арнада бірыңғай технологиялық үдеріспен байланыспаған әртүрлі технологиялық бірліктер тізбектерін жасауға тыйым салынады. Сол себепті бір-бірімен байланысқан тізбектерді, төтенше және жұмыс істейтін жарық сызбаларын біріктіруге тыйым салынады.

Электр қондырғыларының сенімді жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін өте маңызды, зиян келтірілген жағдайда өртті таратпау бойынша сым жұмыстарының тұрақтылығы. Болат құбырларсыз ашық сымдар үшін сымдар мен кабельдерді тек от көзін алып тастағаннан кейін жануды қолдамайтын сыртқы қабықшалармен пайдалану ұсынылады. Бұл жағдайда электр желісіне зақым келсе және өрт сөндірілсе, зақымдалған секцияны қорғаудан және өшіргеннен кейін сымның өрісі таралмайды және аварияның мөлшері шектелмейді. Жанама емес материалдар поливинилхлорид пен нариттен жасалған қабықшалар мен оқшаулағышға жатады.

Сымдардың құрылысы үшін маңызды жалпы талап - жұмыс жағдайында сымдарды ауыстыру мүмкіндігін қамтамасыз ету. Сымдар мен кабельдерді оқшаулаудың қызмет мерзімі шектеулі. Ауа және ылғалдың оттегі, сондай-ақ атмосфераға түсетін әртүрлі газдар әсерінен сымдар мен кабельдердің оқшаулағышы мен қаптамалары уақыт өте келе механикалық және электр қасиеттерін жоғалтады. Сымдар мен кабельдерді желіге ауыстыру ғимараттар мен құрылыстардың құрылыс элементтерін жою қажеттілігіне байланысты болмауы керек.

Қоршаған ортаның жағдайына және оқшаулағыш материалдардың сапасына байланысты, сымдар әр 10-15 жыл жұмыс уақытында өзгеруі керек. Кейбір қолайсыз жағдайларда мұндай алмастырулар әлдеқайда жиі жасалуы керек..

Сыртқы электр сымдары ғимараттар мен ғимараттардың сыртқы қабырғаларына, шкафтар астына және ғимараттардың арасына төселді. Сыртқы электр өткізгіштерде оқшауланған сымдар мен жекелеген ғимараттардың арасындағы тіреулерге арналған кішігірім бөліктердің кабельдері кіреді. Ол әдетте оқшаулағыштар мен құбырларда бір қабатты оқшауланған сымдармен орындалады.

Цехтың сым маркаларын төсеу үшін электр желілері пайдаланылады: АПВ, АПРВ, АТПРВ - тікелей отқа төзімді беттерге; АПР - роликтер мен оқшаулағыштарға арналған; АПВ, АПРТО, АПРВ, АПР - пластмассалық және болат тұрбалар және металл жеңдерде; АПВ, АПР, АПРВ - жәшіктерде және науаларда. Кабельдер АРТ сымдарымен жасалады.

Металл емес және металл конструкцияларындағы кабельдер ашық аспаптарда және барлық түрдегі үй-жайларда қолданылады және қабырғалар, төбелер, науаларға және қораптарға кабельдерде

орналастырылады.

Металл емес қабықтағы кабельдер металл конструкциялардың жабық арналарында, металл икемді шлангтарда, болат құбырларында (ылғалды, әсіресе дымқыл бөлмелері мен сыртқы қондырғыларынан басқа), сондай-ақ металл емес құбырлар мен түтіктерде барлық бөлмелерде және сыртқы қондырғыларда қолданылады.

Тұрақты сымдар үшін негізінен алюминий өткізгіштері бар сымдар мен кабельдер пайдаланылуы керек.

Химиялық белсенді ортадағы бөлмелерде және сыртқы қондырғыларда барлық сым элементтері қоршаған ортаға төзімді болуы немесе оның әсерінен қорғалуы тиіс.

Өнеркәсіптік ғимараттарда ажыратқыштар, аспаптар, клапандарға арналған қорғалмаған сымдар механикалық әсерден еден деңгейінен кемінде 1,5 м биіктікте сақталуы тиіс.

3.5.3. Шинасымдар

1 кВ-ға дейінгі зауыттық кернеудің толық бөліктермен берілетін қатаң ток өткізгіші шинасымдар деп аталады. Әртүрлі сериялары мен типтердегі шинасымдар әртүрлі конфигурациялы және тағайындау секциялардан жинақталады. Бөлімдер тікелей, бұрыштық, икемді, кіріспе, өшіру, өтемақы, өтпелі, жарамды болуы мүмкін. Секциялардың ұзындығы бейімделген және еселі 770 мм

Кран троллей, троллейлі шинасымдар, науалардағы және конструкциялардағы кабельдер қабырғаға немесе кран асты арқалыққа

3.4-кесте

Айнымалы тоқтың магистральдық шинасымдағы техникалық деректері

Көрсеткіш	ШЗМ-16	ШМА-73	ШМА-68Н	
Номиналды ток , А	1600	1600	2500	4000
Номиналды кернеу , В	380/220	660	660	660
Қысқа тұйықталуға төзімді электродинамикалық кедергі, кА	70	70	70	100
Фазаға белсенді кедергі, Ом/км	0,018	0,031	0,027	0,013
Фазаға реактивті кедергі , Ом/км	0,012	0,017	0,023	0,020
Фазаға арналған шиналардың саны мен өлшемдері , мм	2(100 x 10)	2(90 x 8)	2(120 x 10)	2(160 x 10)
Нөлдік өткізгіштердің саны мен көлденең қимасы , мм ²	—	2x710	2 x640	2x640
Бекіту нүктелерінің арасындағы ең үлкен қашықтық , мм	6000	6000	3000	3000

дейін 7 ... 15 м биіктікте тұрғызылады. Шинасымдар үшін техникалық деректер 3.4, 3.5, 3.6, 3.7 кестеде келтірілген.

Магистральдық шиналар таратушы шиналар мен нүктелерді, жеке үлкен электр қабылдағыштарды жеткізуге арналған.

ШМА магистральдық шинасы 1000 В дейінгі бейтарап кернеуі

3.5-кесте

Айнымалы тоқты таратушы шинасымдардың техникалық деректері

Көрсеткіш	ШРА-73			ШРМ-75			ШРА-74
Номиналды ток, А	250	400	630	100	250	400	630
Номиналды кернеу, В	380/220	380/220	380/220	380/220	380/220	380/220	380/220
Фазаға белсенді кедергі, Ом/км	0,20	0,13	0,085	—	0,15	0,15	0,14
Фазаға реактивті кедергі, Ом/км	0,10	0,10	0,075	—	0,20	0,20	0,10
Фазаға арналған шинаның өлшемі, мм	35x 5	50x 5	80x5	—	35x5	50x 5	80x5
Бекіту нүктелерінің арасындағы ең үлкен қашықтық, мм	3000			2000			3000

3.6-кесте

Троллейлі шинасымдағы айнымалы токтың техникалық деректері

Көрсеткіш	ШТМ-73, ШТА-75	ШТМ-75, ШТА-75	ШТА-76
Номиналды ток, А	250	400	100
Номиналды кернеу, В	660	660	36...380
Жиілік, Гц	50...60	50...60	17...60
Тоқалғыш күймешесінің номиналды тоғы, А	—	—	17,25
Қысым жинағымен тоқалғыш күймешесінің номиналды тоғы, А	25	100	—
Қосылған тоқалғыш күймешесінің номиналды тоғы, А	—	—	15,4
Біріктірілген қысқышы бар тоқалғыш күймешесінің номиналды тоғы, А	50	20	—
Қысқа тұйықталуға төзімді электродинамикалық кедергі, кА	10	15	5
Шиналардың саны, дана.	3	3	4

бар магистральды төрт сымды электр желілеріне арналған.

Айнымалы токтың шинасымдар үшін жарықтандырудың техникалық деректері

Көрсеткіш	ШОС-2-25-44	ШОС-4-25-44	ШОС-80-43
Номиналды ток, А	25	25	16
Номиналды кернеу, В	220	380/220	220
Қысқа тұйықталуға төзімді электро-динамикалық кедергі, кА	3	3	3

Номиналды ток 1600, 2500, 4000 А құрайды.

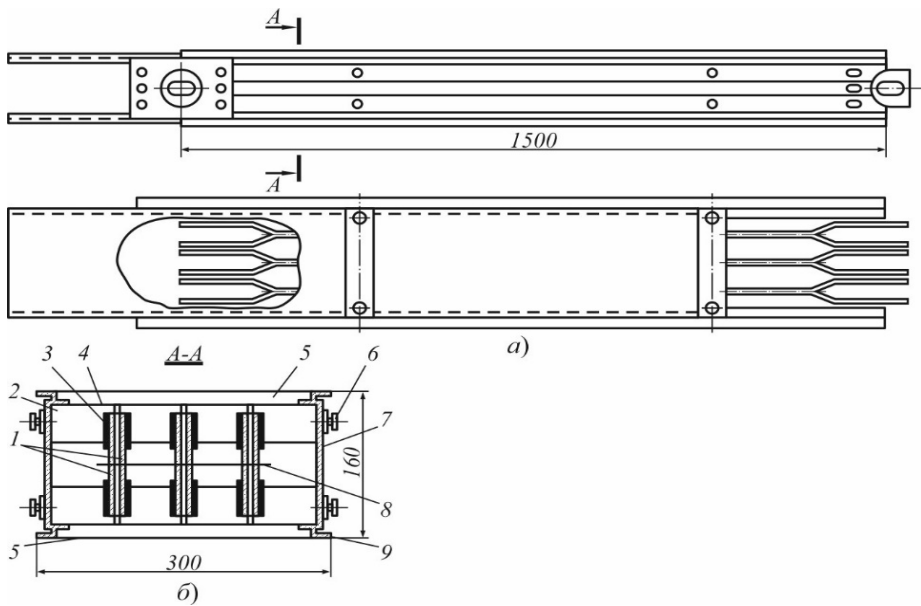
Магистралдық шиналар тігінен орналасқан алюминий тікбұрышты оқшауланған шиналардан құрастырылады және арнайы оқшаулағыштармен перфорацияланған корпуста қысылады (3.19-сурет).

Магистралдық шинасымдардағы шиналардың саны: 3, 4, 6 (үш жұптық). Магистралдық шинасым шиналарды шетіне немесе жазықтыққа бұру арқылы тік және бұрыштық секциялардан, тармақтаушы тік немесе көлденең (соның ішіндеавтоматты құрылғылар немесе ажыратқыштар) секцияларынанжәне т.б. тұрады.Шиналар көбінесе блоктарда дәнекерлеу арқылы қосылады.

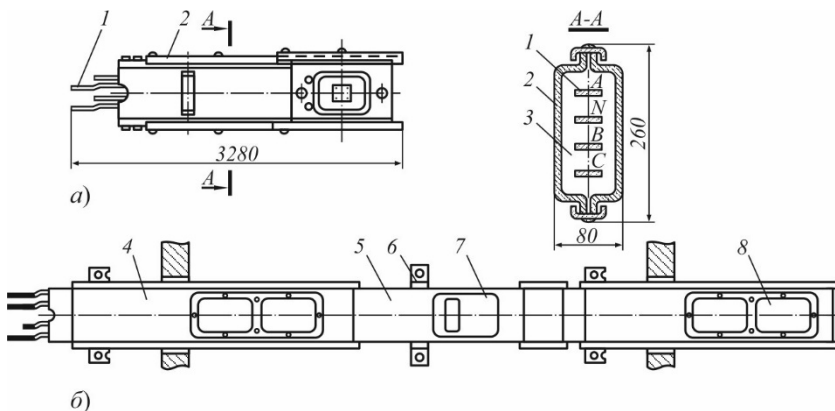
ШМА-73 шинасым қаптамада екі таңбалы қимасының екі қапталдығынан және төменгі перфорацияланған болат қақпақтардан тұрады.Қапталдықтар (алюминий қорытпасынан жасалған) нөлдік сым ретінде пайдаланылады.

ШМА-68Н шинасым төрт вольттық желіде 1000 В дейінгі кернеулерде қолдануға жарамды.Бұл шинаның ішіндегі нөлдік сым төртінші шина болып табылады, оның фазалық шинаның секциясының 50 немесе 100% бөлігі.

Магистралдық шинасымдар3 м биіктіктегі тік тіректерге қойылады. Сонымен қатар құрылымдардатіреу ретінде кронштейндер мен сымарқан ілгіштер қолданылады. ШЗМ-16 шинасымда фазалық шиналар үздіксіз оқшаулауға ие болуға және алюминий қорытпасының пішінделген қабығымен тығыз қысылады, осылайша секцияның бүкіл ұзындығы бойынша шиналардың үздіксіз бекітілуі қамтамасыз етіледі.



Сурет. 3.19. ШМА-73 магистралдық шинасым:
 а - тікелей бөлік; б - көлденең қима; 1 - фазалық шиналар; 2 - окшаулағыш; 3 - сер-
 пімді тығыздауыш; 4 - жоғарғы қақпақ; 5 - ұстаушы; 6 - болт; 7 - бүйірлік қақпақ; 8
 - шиналар арасындағы окшауланған бөлік; 9 - тірек конструкцияларына шинасым-
 ның бұрыштық бекітуі



3.20-сурет. ШРА таратушы шинасымдар:

а - ШРА-73 тікелей секцияның жалпы көрінісі; б - ШРА-73В шинасымдытік орнату үшін;
 1 - шиналар; 2 - қорап; 3 - оқшаулағыш; 4 - әмбебап секция; 5 - тік секция; 6 - кронштейн;
 7 - тармақтану қорапшасы; 8 - қақпақ

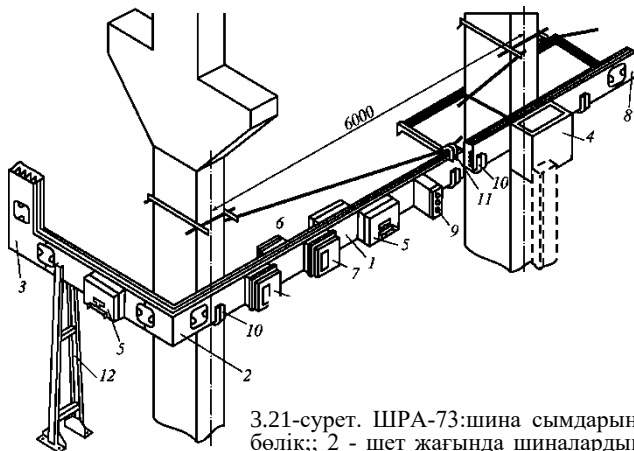
Шинасымның қабығы тұтас, тесіктері жоқ, бұл осы конструкцияны жабық етеді. ШЗМ-16 шинасымда нөлдік өткізгіш ретінде оның қатты алюминий қабығы қолданылады.

Сонымен қатар, ШМА-Х ток күшіне 2500 және 4000 А агрессивті гальваникалық цехтар үшін шинасымдар және ШМАД және ШМАДК кернеуі 1200 В және ток күші 1600...6300 А тұрақты тоқты шинасымдаршығарады.

Таратушы шинасымдар (3.20-сурет) ШРА (алюминий шиналармен) және ШРМ (мыс шиналармен) 380/220 В кернеуі бар, жерге тұйықталған бейтарапты жүйеде электр қабылдағыштарды тікелей қосу мүмкіндігімен электр энергиясын беру және тарату үшін арналған. Номиналды ток ШРА - 250, 400 және 630 А; ШРМ - 100 және 250 А. Таратушы шинасымдар магистралдық сияқты бекітіледі: тіректерде, кронштейндерде, ілгіштерде (3.21-сурет).

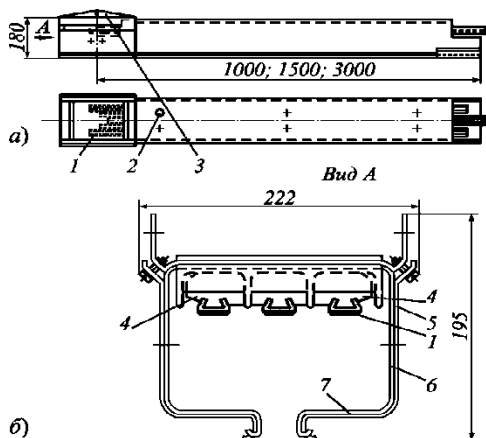
Троллейлі шинасымдар (3.22-сурет) ШТМ (мыс шиналармен) кернеуі 1000 В дейінгі желіде көтергіш-көлік механизмдерін және тасымалданатын электрлендірілген құралдарды жеткізуге бейтараптандырумен қамтамасыз ету үшін арналған. Шинасымдардың номиналды тоғы 100, 200 және 400 А.

ШТА троллейлі шинасымдар жиынтығы алюминий қорытпасынан троллеймен жасалған, 100, 250 және 400 А айнымалы ток шинасымдармен орындалады. ШЫҰ-ның жарықтандыру шинасымдары шамдар мен кішкентай қуат қабылдағыштарды электр қуатымен қамтамасыз ету үшін нөлдік өткізгіштікпен 1000 В дейін желілердегі төрт сымды желіге арналған.



3.21-сурет. ШТА-73:шина сымдарының элементтері 1 - тікелей бөлік;; 2 - шет жағында шиналардың бүгілуі бар секция; 3 - жазықтықта бірдей; 4 - кіріспе қорабы; 5 - автоматты құрылғыға арналған кіріспе қорабы; 6 - сақтандырғышпен бірдей; 7 - іске қосу құрылғысымен бірге; 8 - бітеуіш соңы; 9 - кернеуді көрсететін қорап; 10 - 12 - ток өткізгішін орнату және бекіту үшін конструкциялар

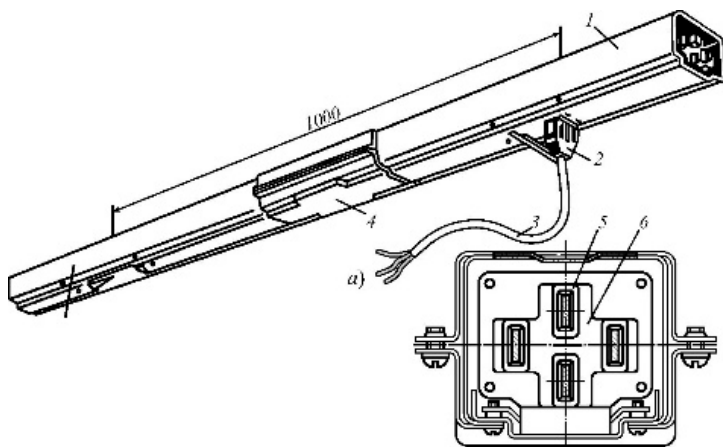
Мыс оқшауланған сымды (ШЫҰ-67), алюминий шиналарды,



Әрбір бөлімде бір жағында розетка, ал екіншісінде ағытпалар. Төменнен біркелкі бөліктерде 500 мм-де қосылатын розеткалар бекітілген қақпақтармен жабылады және шырақтарды қосылатын контактімен жалғауға қызмет етеді.

3.22-сурет. ШТМ-72 троллейлі шинасымдар: а - жалпы түрі; б - көлденең қимасы; 1 - троллей; 2 - изоляторды бекіту; 3 - асылғы сырғасы; 4 - изолятор; 5 - қорап; 6 - дәнекер муфталар корпусы; 7 - кемер қораптар

мыспен жалатылған металдарды (ШЫҰ-73А) және мыс шиналарын



3.23-сурет. ШЫҰ-73 жарық беретін шинасымдар: а - жалпы түрі; б - штепсельдік жалғағыш бөлімдер; 1 - тікелей бөлім; 2 - жарық беретін штепсель; 3 - шамға жалғайтын сым; 4 - жалғаулық муфта; 5 - розетканың ұяшығы; 6 - оқшаулағыш

өткізгіш ретінде пайдаланады. Тікелей және бұйра секциялар

төртбұрышты қосылатын қосқыш арқылы жалғанады. Штепсельдің номиналды ток 10 А құрайды. Әрбір бөлімнің қорабы нөлдік сым арқылы негізделеді. Бөліктердің қиылысында орналасқан қораптар бұрандалармен ілу арқылы бекітіледі.

Шамдар көтергіш құрылмаларға немесе тікелей жарықтандыратын шинасымдарға ілінеді. Сонымен бірге, ШЫҰ-73 (ШОС-73) шиналық сымдардың жалпы жүктемесі 1 м, ең жоғары 3 м аралықта 20 кг-нан аспауы тиіс, ал ШЫҰ-76 (ШОС-76) шинасымның ең жоғары аралығы 2 м - 12 кг, ол 3.23-суретте көрсетілген.

4 Тарау

ШАҒЫН СТАНЦИЯЛАРДЫҢ НЕГІЗГІ ЭЛЕКТР ЖАБДЫҒЫ

4.1. Күш трансформаторлары, автотрансформаторлар және түрлендіргіш агрегаттар

4.1.1. Күш трансформаторлары туралы жалпы мәліметтер

Күш трансформаторлары үш фазалы айнымалы токта электр станциялардан тұтынушыларға жеткізетін, электр қуатын беру мен таратуды қамтамасыз ететін электр қуаттық жүйелердің негізгі электр жабдығы болып табылады. Трансформаторлардың көмегімен кернеу генераторлық мәннен жүйенің электр беруге қажетті мәніне (35...750 кВ) дейін көтеріледі, сонымен қатар, тікелей электр қуатын қабылдағыштарда (0,22...0,66 кВ) пайдаланатын мәндерге дейін кернеу көпсатылы төмендейді. Трансформаторларға анықтамалық мәліметтерде: тип, номиналды қуат, ораманың номиналды кернеуі, бос жүріс және қысқа тұйықталу қуатының жоғалуы, қысқа тұйықталу кернеуі, бос жүріс тоғы туралы айтылады. Жоғарылататын және төмендететін шағын станцияларда үш фазалы және екі немесе үш бөлгіш орамы бар бірфазалы трансформаторлар тобы пайдаланады. Орам санына байланысты трансформаторлар екі орамды және үш орамды болып бөлінеді. Номиналды қуаты 25 МВ—ден үлкен екі орамды трансформаторлар екінші реттік кернеу 6... 10 кВ бөшектенген ораммен орындалады. Жоғары, орта, төменгі кернеу орамдары сәйкесінше ВН, СН, НН деп белгілеу қабылданған.

Қазіргі уақытта келесі стандартты номиналды кернеуі: 25, 40, 63, 100, 160, 250, 400, 630, 1000, 1600, 2500, 4000, 6300, 10 000, 16 000, 25 000, 32000, 40 000, 63 000, 80 000, 160 000 кВ-А трансформаторлар

пайдаланылады.

Трансформатор түрлерінің белгілеуі әріптерден тұрады, олар:

Бірінші әріптері: О - бірфазалы, Т - үш фазалы;

Соңғы әріп: Н - Жүктемемен кернеуді реттеу құрылғысымен (РПН) бір орамды орындау;

Р - ең төменгі кернеулі тарамдалған орамы бар трансформатор;

Т – үш орамды трансформатор;

М, Д, ДЦ, С, З - трансформаторларды салқындату жүйесі.

Қазіргі уақытта трансформаторлар қозусыз орам тармақтарын ауыстырумен (ПБВ) және жүктемемен орам тармақтарын ауыстырумен РПН (4.1 кестесі) орындалады. Қозусыз ауыстыру ВН немесе СН орам тармақтарының көмегімен желіден барлық орамдар ажыратуылынан кейін орындалады.

4.1-кесте

ВН орамдағы РПН –мен трансформаторлар орамдарының тармақтары

Трансформатор түрі	Кернеу, кВ	Қуат, МВ-А	Тармақтар саны
Екі орамды	35	1... 6,3	$\pm 6 \times 1,5 \%$
	110	6,3 және одан да көп	$\pm 9 \times 1,78 \%$
	220	32... 160	$\pm 8 \times 1,5 \%$
Үш орамды	35	6,3	$\pm 6 \times 1,5 \%$
	110	6,3...80	$\pm 9 \times 1,78 \%$
	220	25...63	$\pm 8 \times 1,5 \%$

Қуаты 25...80 000 кВ - А кернеуі 35 кВ- қа дейін қоса санағанда үш фазалы төмендеткіш трансформаторлардың номиналды кернеуі ($\pm 2 \times 2,5 \%$) төрт тармағы бар. Кернеуі 110 және 220 кВ төмендеткіш трансформаторлар ПБВ үшін тек қана үш орамды орындауда кернеуі 38,5 кВ СН орамдарда тармақтары бар.

Ауамен салқындатылатын трансформаторлар құрғақ (С) деп аталады. Жабық бөлмелер үшін қоса санағанда 1600 кВ-А-ге қуатымен жасалады. Осындай трансформаторлардың артықшылығы өрт қауіпсіздігі мен салыстырмалы қарапайым конструкциясында.

Қуаты 6300 кВ- А-ге дейін трансформаторлар үшін табиғи майлы (М) салқындату қолданылады.

Қуаты 10 000 кВ-А және одан көп трансформаторлар үшін ауамен газүрлеумен (Д) майлы салқындату қолданылады. Радиаторлар үстін үрлеу жылу бергішті 50 % және одан да көп пайызға үлкейту мүмкіндігін береді. Қазіргі уақытта трансформаторлар желдеткіш көмегімен газүрлеу

салқындату жүйелерімен қамтамасыз етіледі.

Еріксіз циркуляциямен майлы салқындату (Ц) жылуды бұруды біраз арттырады. Майлы трансформатордың бағына ыстық майды ауа немесе су салқындатқыш арқылы айналдыратын центрден тепкіш сорғыны қосады.

Қуаты 63 МВ – А және одан көп трансформаторлар үшін екі салқындату жүйесін ДЦ қоладанады.

Жанбайтын сұйық диэлектрик совтолмен (Н) салқындатылатын трансформаторлар қоса санағанда 2500 кВ-А дейін қуатпен жасалады.

3 әрпі трансформатор кеңейткішсіз және қорғау азоттық жастықкөмегімен жүзеге асырылатынын белгілейді.

Трансформатордың шарттық белгілеуіне мысал ТРДН - 40 000/110: үш фазалы трансформатор НН тарамдалған ораммен, майлы салқындатумен, газүрлеу және майдың табиғи циркуляциясымен, номиналды қуаты 40 000 кВ-А, кернеуі 110 кВ РПН.

Трансформатордың желіге қосылудың маңызды параметрі оның орамдарының қосылу сызбалары мен топтары болып табылады. Қосылу тобы деп трансформатордың бос жүрісінің бірінші және екінші реттік желілік кернеу арасында векторлардың бұрыштық (30° еселік) жылжытуды айтады. Күш трансформаторлардың 4 қосылу сызбасы болуы мүмкін: Y жұлдызы, Y_K шығарылған нейтральмен жұлдыз, Дельта үшбұрышы, Z зигзагы. Қосылу топтарын 0-ден 12-ге дейін сандармен көрсетеді. Мысалы 11, 330° бұрышына сәйкес.

Электр станцияларда және қосымша станцияларда екі орамды трансформаторлардың келесі сызбалары мен қосылу топтары кең таралған:

жұлдыз - шығарылған нейтральмен жұлдыз Y/Y_K - 12;

жұлдыз - үшбұрыш Y/A - 11;

шығарылған нейтральмен жұлдыз - үшбұрыш Y_K/A - 11.

Үш орамды трансформаторларда көбінесе: жұлдыз- нейтральдері шығарылған жұлдыз, $U/U_n/\Delta$ - 11, 12 үшбұрыш қосылыстар қолданылады.

4.1.2. Автотрансформаторлар туралы жалпы мәліметтер

Авотрансформаторлар үлкен емес трансформация коэффициенттерінде қолданылады (2 кем), осы жағдайда ол трансформаторларға қарағанда үнемді. Бұдан басқа автотрансформаторлар кернеуі 220 кВ және одан жоғары желілерде кернеуді реттеу (сызықтық реттегіш) үшін қолданылады.

Бастапқы кернеуі ВН 220 кВ автотрансформаторлар 32, 63, 125 және

200 МВ-А номиналды қуаттары бар.

Автотрансформаторлардың маркировкасы А әрпінен басталады, мысалы, АТДЦТН - 2000 000/220 үш фазалы еріксіз циркуляция және газүрлеумен майлы салқындатумен, үш орамды, РПН-мен, номиналды қуаты 200 000 кВ-А, кернеуі 220 кВ автотрансформаторды білдіреді.

Үш фазалы үш орамды автотрансформаторлар ВН (220 кВ) және СН (110 кВ) орамдардың жұлдызға және қосымша орамның НН (6,3... 38,5 кВ) үшбұрышқа қосылуымен жасалады.

4.1.3. Түрлендіргіш агрегаттар

Түрлендіргіш агрегаттар келесілер үшін қуат көзі болып келеді:

түсті металлургия мен химиялық өндіріс электролиздік қондырғылар;
доға вакуумды және графиттік электр пештері;

металл мен гальвоностегияны электрохимиялық өңдеу үшін қондырғылар;

Оларға қосылатын кернеуді реттеуді қажет етпейтін электр жетек үшін қуат көзі болып табылатын цехтік желілердің тұрақты тогы.

Айнымалы тоқты тұрақты токқа айналдыратын түрлендіргіш ретінде кремнийдік түзеткіш агрегаттар қолданылады. Осы агрегаттар арналған түрлендіргіш қондырғылардың сипаттамасы 4.2 кестеде берілген.

Түсті металлургия мен химиялық өндіріс электролиздік қондырғылар үшін кремнийдік түзеткіш агрегаттар қолданылады. Әр агрегат трансформатордан, бір немесе екі, немесе төрт түзеткіш блоктан және басқа толымдаушы жабдыктан тұрады. Электролиздік қондырғылардың жартылай өткізгіш агрегаттар үшін ТДНП - 10000 ... 40000/10...35 – РПН-мен үш фазалы трансформаторлар қолданылады.

Доға вакуумды және графиттік электр пештері үшін кремнийдік түзеткіш агрегаттар электролиздік қондырғылар үшін түзеткіш блоктарға ұксас. Доға вакуумды және графиттік электр пештері үшін ТМНПВ - 400о... 12 500/6... 10 типті трансформаторлар қолданылады.

4.2 -кесте.

Түрлендіргіш қондырғылардың сипаттамасы

Міндеті	Параметрлері		Жұмыс режимінің сипаттамасы	
	Ток күші, кА	Кернеу, В	Түзеткін кернеуді реттеу	Жүктеме графигі
Электролиздік өндіріс	12,5... 175	75, 150, 300, 450, 600, 850	Қажет етеді	біркелкі үздіксіз
Доға вакуумдық пештер	12,5... 37,5	75	»	біркелкі
Графиттік пештер	25...200	150, 300	»	Біркелкі емес
Металдардың электрохимиялық өңдеу	0,1... 25	6, 12, 24, 48	»	Көбінесе біркелкі
Электрлендірілген транспорт	0,5... 3,2	275, 600, 825, 1650, 3300	Қажет етпейді	Көбінесе біркелкі емес
Тұрақты токтың цехтік желілері	14	230	»	Көбінесе біркелкі

Вакуумды электрпештердің қуат көзі үшін токтың параметрлік қат көздері қолданылады (ПИТ), оның басты ерекшелігі қуат кәфицентінің сыймдылық сипатта және оның мәні бірге тең жағдайда жүктеме тоғын стабилизациялаудың жоғары дәлдігі болып табылады. ПИТ трансформатордан, үш фазалы резонанстық реакторы, конденсаторлы қондырғыдан, түзеткіштен және шағын құрылғылардан тұрады. Номналды токтарға 12,5; 25; 37,5; 50 кА және номиналды кернеу 75 В ПИТ жасалған.

Металдардың электрохимиялық өңдеу және әртүрлі гальваникалық жабындарды орнату үшін қондырғыларда кримнийдік қайта жасаушы агрегаттар қолданылады. Осындай қондырғылар үшін кең шекарада түзетілген токты реттеу қажет етіледі, ол кернеуді сәйкес реттеумен қамтамасыз етіледі. ВАКР және ВАК агрегаттары тиристорларда орындалады және түзетілген кернеу мен токты автоматты және қолмен

реттеу режимінде жұмыс істей алады.

4.2. Кернеуі 1 кВ-дан жоғары коммутациялық аппарат

4.2.1. Кернеуі 1 кВ-дан жоғары ажыратқыштар

Ажыратқыш жұмыс және авариялық токтардың коммутациясы үшін арналған. Ажыратқыштың тізбегінің үзілуі кезінде ажыратылған контакттармен электрлік доға пайда болады, ол басқа құралғыларда сөндірілуі керек. Ажыратқыштардың доға сөндіргіш құрылғылары келесі доғаны тез сөндіру принциптерін пайдаланады: доғаны сыртқы ортада орын ауыстырып салқындату; доғаны ауамен немесе суық ионданбаған газдармен газүрлеу; доғаны бірнеше параллельді кішігірім қимадогаларға бөлу; доғаны қатты диэлектрикпен бөлшектеу және жанасу; контактарды қарқынды деиондайтын ортаға орналастыру; доғалық аралықта жоғарғы қысымды жасау және т.б.

Ажыратқыштар қолданылатын доға сөндіргіш ортаға байланысты сұйықтық және газдық болады, олардың арасында майлы және әуе кеңінен таралған. Майлы ажыратқыштарда доға сөндіргіш орта ретінде трансформаторлық май болады, әуеде – сығылған ауа. Әуе мен майлыдан басқа ажыратқыштардың көп түрлері бар. Осылайша, автогазды ажыратқыштарда доғаның жоғарғы температурасынан пайда болатын газбен газүрлеу қолданылады. Элегазды ажыратқыштарда доғаны сөндіру элегаз ортасында орындалады.

Отандық өндіріспен шығарылатын майлы ажыратқыштар екі конструктивті түрі бар: көп- және кішікөлемді. Май көлемі үлкен ажыратқыштарда трансформаторлық май доғаны сөндіру үшін және ток жүргізуші бөліктер бір бірінен және жерден оқшаулағышлау үшін қолданылады. Бұл ажыратқыштар кернеу 35 кВ және одан жоғары, номиналды тоғы 630...2000 А болғанда қолданылады. Көп көлемді майлы ажыратқыштар сыртқы орнатуға арналған.

Кіші көлемді майлы ажыратқыштарда трансформаторлық май доғаны сөндіру құралы ретінде пайдаланады; осы ажыратқыштардың бактары (немесе құмыра, немесе бағандар) жұмыс кезінде кернеулі болады, сондықтан олар жерлендірілген бөліктерден сыртқы оқшаулағыштардың көмегімен оқшауланады. Кіші майлы ажыратқыштар 10 (6) ... 35 кВ кернеуде қолданылады.

Әуе ажыратқыштарда доғаны сөндіру сығылған ауамен жүргізіледі. Әуе ажыратқыштардың көпшілік конструкцияларында сөндіргіш камералар фарфорды оқшаулағышта орналасады. Осы ажыратқыштар 35 кВ және одан жоғары кернеуде қолданылады, негізінен сыртқы

орналастыру үшін.

Кернеуі 6 және 10 кВ желілер үшін электромагниттік газүрлеумен ажыратқыштар сонымен қатар вакуумдық ажыратқыштар шығарылады.

Ажыратқышты басқару, яғни оның қосылу ажыратылуы қолма қол, дистанционды және автоматты түрде жүргізуге болады. ажыратқышты қосу немесе ажырату механизмі жетек деп аталады. Ажыратқыштардың көбісінде ол бөлек аппарат ретінде –электромагниттік, сериппелі, жүктік немесе ажыратқыштың жетек білігімен қосылатын пневматикалық болып келеді.

4.2.2. Кернеуі 1 кВ-дан жоғары жүктеме ажыратқыштары

Кернеуі 6... 10 кВ қондырғыларда әсіресе бөлгіш пункттарда, қалалық желілерде кішкентай доға сөндіргіш камерасы бар жүктеме ажыратқыштар қолданылады, онда тек қана жұмыс режимінің тоғы сөндірілуі мүмкін, бірақ олар қысқа тұйықталу тоғын өшіру үшін есептелмеген. ажыратқыш контактарын ағытқанда көрінетін тізбек үзілуді жасалады.

Жүктеме ажыратқыштар жоғарғы вольтты сақтандырғышпен (ВНП) үйлестікте белгілі мөлшерде күш ажыратқышты ауыстырады. жүктеме ажыратқыштары 200 және 400 А номиналды токтарға орындалады, ең үлкен ажыратылу жұмыс тоғы 400 және 800 А.

4.2.3. Кернеуі 1 кВ-дан жоғары ерімтал сақтандырғыштар

Ерімтал сақтандырғыштар токтың белгілі мәні жоғарылағанда тізбектің автоматты ажыратылу операциясын орындайды. Сақтандырғыш іске қосылудан кейін аппаратты кейінгі жұмысқа дайындау үшін ерімталендірмені немесе патронды ауыстыру керек. ерімталсақтандырғыштың бағалы қасиеті құрылғының қарапайымдылығы, салыстырмалы кіші баға, қысқа тұйықталу кезде тізбектің тез сөндірілуі (бір периодтан кем), ПК типті сақтандырғыш КЗ кезінде токты тізбекте шектеу мүмкіндігі болып табылады.

Ерімталсақтандырғыштар кемшіліктеріне келесі қатысты: сақтандырғыштар ерімталендірменің номиналды тоғынан әжептеуір үлкен ток кезінде іске қосылады, сондықтан сөндірудің талғауы (селективтілік) желінің бөлек бөлімдерінің қауіпсіздігін қамтамасыз етпейді, ерімталсақтандырғыштармен тізбекті сөндіру әдетте ток кернеуінің ұлғаюмен байланысты, бір фазалы сөндіру және қондырғылардың кейінгі дұрыс істемеуі мүмкін.

Көрсетілген кемшіліктерге қарамастан ерімталсақтандырғыштар қуаты 2500 кВА, кернеуі 10кВ күш трансформаторларды, электрқозғалтқыштарды, үлестіру желілері және кернеудің өлшемдік трансформаторларды қорғау үшін кеңінен пайдаланылады.

Ең кеңінен таралғандарға кварцтық және газ генерациялайтын сақтандырғыштар жатады.

Кварцтық сақтандырғыштарда (ПК) патрон кварцтық құммен толтырылған және доға ұзындату, бөлшектеу және қатты диэлектрикпен жанасу жолымен сөндіріледі.

Газ генерациялайтын сақтандырғыштарда доғаны сөндіру үшін қатты газ генерациялайтын материалдар (фибра, винипласт және т.б.) қолданылады. Газ генерациялайтын сақтандырғыштар іске қосылу кезінде патроннан пайдаланылған газды шығару және шығарусыз жасалынады.

Патроннан пайдаланылған газды шығарумен сақтандырғыш атпа сақтандырғыш (ПСН - 10 и ПС - 35) деп аталады, себебі ол іске қосылғанда мылтық атылуы кезінде болатын дыбысты шығарады. Кернеуі 1 кВ жоғары сақтандырғыштар ішкі және сыртқы қондырғылар үшін орындалады.

4.3. Кернеуі 1 кВ-дан жоғары айырғыш, бөлгіш және қысқа тұйықтағыш

Айырғыш деп жерге тұйықталу тогы аз, кернеудегі желі бөлшектерін жедел ауыстыратын және көрінетін үзілуді жасайтын аппараты айтады. Техника қауіпсіздігінің шарты бойынша қондырғыларда жұмыс жүргізу кезінде көрінетін тізбек үзілу болу керек, одан кернеу берілу мүмкін. Берілген шарт айырғыштармен қамтамасыз етіледі, олардың доғаны сөндіру құрылғылары жоқ және жүктемеде ауыстыруды болдырмайды. Сондықтан оларды жүктеме тоқтың айыруын болдырмайтын бұғаттаумен жабдықтайды. Электр қондырғылардың құрылғылар ережелерімен ашық орнатылған трансформаторлардың бос тогын айырғыштармен айыруға жол береді: кернеуі 10 кВ - қуаты 630 кВ-А дейін; кернеуі 20 кВ - қуаты 6300 кВ – А дейін; кернеуі 35 кВ - қуаты 20 000 кВ-А дейін; кернеуі 110 кВ - қуаты 40 500 кВ – А дейін; кернеу айырмашылығы 2 %-дан көп емес кезіндегі тізбектің теңестіруші тогы, трансформатор нейтральдерін және доға сөндіруші катушкаларды жерлеу (35 кВ және 10 кВ кернеуде 5 А аспайтын), сонымен қатар кішігірім тізбектің зарядтық тогы.

Конструктивті айырғыштар ішкі және сыртқы қондырғыларда болуы мүмкін.

Айырғыштар жетекті қолма қол немесе дистанционды (бірақ автоматы түрде емес) басқарылады.

Бөлгіш деп кернеуі 35 кВ және одан жоғары аппаратты айтады, оның контакттардың сенімді конструкциясы бар және бөлгіштің жылжымалы бөлімін автоматты сөндіруді іске асыру мүмкіндігін беретін арнайы жетекпен жабдықталған. Кернеуі 35...220 кВ бөлгіштер трансформаторлардың бос жүріс тогын, қорғау әрекетімен және автоматты қайта сөндірумен шартталған токсyz пауза кезінде кез келген ұзындықты әуе электр беру тізбектерінің зарядтық тогын сөндіруге жол береді. Бөлгіштерді іске қосу қолма қол жүргізіледі.

Қысқа тұйықтағыш деп кернеуі 35 кВ-тан жоғары аппараттарды айтады, оның контакттардың сенімді конструкциясы бар және қысқа тұйықтағыш пышағының автоматты сөндіруін іске асыруға мүмкіндік беретін арнайы жетекпен жабдықталған.

Қысқа тұйықтағыштың пышағын іске қосқанда сөндіргіші жоқ қосымша станцияларда металдық қысқа тұйықталу пайда болады. Жерленген нейтральмен желілерде қысқа тұйықтағыштар бірплюсты болады және жерге бір фазалы КЗ жасайды. Оқшаулағышланған нейтральмен желілерде тұйықтағыштардың екі плюсы бар және екі фазалы КЗ жасайды.

4.4 Кернеуі 1 кВ-дан жоғары таратушы құрылғылардың оқшаулағыштары мен шиналары

Электр қондырғылардың ток жүргізуші бөліктері оқшаулағыштың көмегімен бекітіледі және бір бірінен және жерге қатысты оқшаулағышланады. Кернеуі 1 кВ-тан жоғары электр қондырғылар үшін оқшаулағыштар фарфордан жасалады.

Оқшаулағыш тізбектік, станциялық және аппаратты болып бөлінеді.

Желілік тізбектер әуе тізбектерінің сымдарын бекіту үшін; аппараттық - аппараттардың ток жүргізуші бөліктерін бекіту үшін; станциялық – үлестіргіш құрылғыларда шиналарды бекіту үшін арналады.

Станциялық оқшаулағыштар өз кезегінде тірек және өткізетін деп бөлінеді.

Кернеуі 6..35 кВ ішкі қондырғылар үшін тірек оқшаулағыштар ОА, ОБ, ОВ, ОТ, ОД, ОЕ (механикалық беріктікпен А, Б, В, Т, Д, Е) шиналарды және үлестіргіш құрылғылар аппаратурасын бекіту үшін қызмет етеді. Олар овалды, дөңгелек және квадраттық негізбен жасалады; оқшаулағыштарды бекіту үшін металдық бөлшектері

(арматура) фарфордық корпусының сыртына бітеледі.

Сыртқы қондырғылар үшін тірек оқшаулағыштар бұдыр (ШТ-35) және өзекшемен (СО-35, СТ-110) жасалады. Электрлік беріктікті ұлғайту үшін осы оқшаулағыштар ішкі қондырғыға қарағанда көбірек дамыған бетімен (ойлы қырлы) жасалады.

Өткізгіш оқшаулағыштар (ішкі және сыртқы қондырғылар үшін) ток жүргізетін бөліктерді ғимараттардан шығару үшін және қабырғалар мен жабындардан шиналарды өткізу үшін арналған.

Па және ПБ оқшаулағыштар тік төртбұрышты қимасы ток жүргізетін өзекшенің кернеуі 6...10 кВ және ток күші 600...1500 А өткізетін оқшаулағыштар кеңінен таралған.

Кернеуі 35 кВ-тан және одан жоғары өткізетін изоляторлар дөңгелек ток жүргізетін өзекшемен жасалады.

Кернеуі 1кВ-тан жоғары үлестіргіш құрылғыларда шиналар мыс және алюминийден жасалады және дөңгелек, тіктөртбұрышты және қорапты қимасы бар.

Жабық қондырғыларды мыс шиналар тек ерекше жағдайларда қолданылады, ашық қондырғыларда – агрессивті ортада (теңіз жағалауында, химиялық зауыттардың территориясында).

Әдеттегідей үлестіргіш қондырғыларда алюминийдік шиналар қолданылады. Кернеуі 35 кВ-қа дейін жабық қондырғыларда тіктөртбұрышты қимасымен (тегіс) шиналар орнатылады. Ашық қондырғыларда шиналар дөңгелек көп сымды болаталюминийдік сымдармен орындалады.

Токтың мәніне байланысты шиналар фазаға бір пакетте бір, екі, үш және одан көп жолақтан жинайды.

3000 А-ден үлкен ток күші үшін қораптық қима шиналар қолданылады.

А фазалы шина сары түске, В – жасыл түске, С – қызыл түске боялады.

Қатты тегіс және қораптық шиналардың монтажи кезінде (егер шиналау ұзындығы 15 м үлкен болса) әр фазаның шиналары иілгіш маңдайша-компенсаторлармен қосылатын бөлек бөліктерге бөлінеді. Әр аралықтың орта нүктесін сәйкес оқшаулағышпен берік бекітеді. Басқа оқшаулағыштарға шиналардың олардың температурасының өзгеруінен болатын бойлық орын ауыстыру үшін құрылғылар орнатады. Контактты қосылуларды тотығудан сақтау үшін шиналар 70°C жоғары температурада жұмыс істемеу керек.

4.5. Кернеуі 1 кВ-қа дейінгі коммутациялық аппараттар

4.5.1. Кернеуі 1 кВ-қа дейінгі сақтандырғыштар

Сақтандырғыштар электр қондырғыларды КЗ токтарынан қорғау үшін қолданылады. Сақтандырғыш көмегімен қорғауды жүзеге асыру тек қана ерімталендірменің номиналды тогынан өткізу қабілеті бойынша 25%-ға артатын қорымен қорғанылатын қондырғы элементтері таңдалатын болса ғана орындалады. Сақтандырғыштардың ерімтал ендірмеленттер оның номиналды токтарын 30...50 %-ға артатын токтарды бір сағат және одан көп төзеді. Ерімтал ендірменің номиналды токтарын 60...100 %-ға артатын токтар кезінде олар бір сағаттан кем уақытта ериді.

Кернеуі 1 кВ-қа дейін электр қондырғылардың қорғауы үшін қолданылатын сақтандырғыштардың келесі түрлері кеңінен таралған:

ПР – құрастырмалы сақтандырғыш;

НПН – үйінді сақтандырғыш, құрастырылмайтын;

ПНР-2 - үйінді сақтандырғыш, құрастырмалы.

Сақтандырғыштардың номиналды токтарының шкаласы 5... 1000 А.

Толтырғыш кварцтік ұсақ түйіршікті құм болады. Ерітін сақтандырғыштарды инерционды – үлкен жылу инерциясымен, яғни қысқа мерзімді едәуір ток бойынша асқын жүктелуге төзу мүмкіндігімен; инерциясыз – кіші жылу инерциясымен, яғни асқын жүктелулерге шектелген мүмкіндікпен. Біріншілерге винтті бұрандасы мен қорғасын ток өткізуші көпірі бар сақтандырғыштар жатады, екіншілерге – құбырлы мыс көпірі бар сақтандырғыштар жатады.

4.5.2. Автоматты ажыратқыштар

Автоматты ажыратқыштар (автоматтар), сақтандырғыштардың кемшіліктеріне ие емес, желі кабельдері мен сымдарын токтың шамадан тыс жүктелуден де, қысқа тұйықталу токтарынан да тез және сенімді қорғанысты қамтамасыз етеді. Осылайша, автоматты ажыратқыштар қорғау және басқару функцияларын қиыстырады.

Қорғаныс функцияларын атқару үшін автоматтар тек қана жылулық немесе тек қана электромагниттік ыдыратушымен, немесе комбинацияланған ыдыратушымен (жылулық және электромагниттік) қамтамасыз етіледі. Жылулық ыдыратушылар токтың шамадан тыс жүктелуден, ал электромагниттік қысқа тұйықталу токтарынан қорғауды іске асырады.

Жылулық ыдыратушы автоматтардың жұмысы жылулық кеңейтілу

коэффициенттері әртүрлі екі металдың қорытпасынан жасалған биметалды пласинтканы жылытуды пайдалануға негізделген. Ыдыратушыда тандалған токтың мәнінен үлкен ток болғанда пластинаның біреуі жылытқанда көбірек ұзарады және оның ұзару салдарынан ажыратқыш серіппелі механизмге әсер етеді. Осының нәтижесінде автоматтың коммуникациялық құрылғысы ажыратылады.

Автоматтың жылулық ыдыратушы қуат беретін тізбекті немесе асинхронды қозғалтқышты қысқа тұйықталу токтарынан қорғамайды. Бұл жылулық ыдыратушы үлкен жылулық инерцияға ие болғандықтан, КЗ токтың өмір сүрудің кішкентай уақыты ішінде жылынбайтынымен түсіндіріледі.

4.3-кесте

Кернеуі 1 кВ-қа дейінгі автоматты ажыратқыштардың сипаттамасы

Тип	Номиналды ток, А	Орындалуы	Ыдыратушының түрі	Селективтілік
Э	1000...6300	Стационарлы, Жылжымалы	Полупроводниковый	+
ВА62	1600	»	»	+
A3710Б... A3740Б	160...630	Ток шектеуші	Жартылай өткізгіштік, Электромагнитті	—
A3730С, A3740С	400, 630	»	Жартылай өткізгіштік	+
A3710Ф... A3730Ф	160...630	Ток шектемеуші	Электромагнитті, термобиметаллдый	—
АЕ20	10...100	»	Комбинацияланған	—
АП50Б	1,6... 63	»	»	—

Электромагниттік ыдыратушы ажырататын серіппелі механизмге әсер ететін электромагнит болып табылады. Егер катушкадағы ток алдын ала бекітілген мәнінен (қозғалу тогы немесе іске қосылу тогы) артық болса, онда электромагниттік ыдыратушы тізбекті тез ажыратады. Ыдыратушыны берілген іске қосылу тогына икемдеуді токты орнату деп атайды. Электромагниттік ағытқыштың ток орнатуының кенеттен іске қосылуын қиылу деп атайды. Электромагниттік ыдыратушылар егер олар іске қосылу тағайындамасынан кем болса токтың асқын жүктелуіне әсер етпейді.

Ағытқыштардың іске асыру уақытын басқаратын механизмдердің бар болуына байланысты автоматтар іске қосылу уақыты 0,02... 0,1 с селективті емес, іске қосылу уақыты 0,05 с аспайтын ток шектеуші және

уақыт ұстауды басқаратын селективті болып бөлінеді. 4.3-кестеде автоматты ажыратқыштардың кейбір сипаттамалары берілген.

4.5.3. Түйістіргіштер және магниттік қосқыштар

Түйістіргіш – бұл күштік электр тізбектер қуатымен жиі қосулар мен ажыратуларға дистанциондық әрекет ету аппараты. Түйістіргіштер оларда қорғау элементтері жол болғандықтан, қалыпты емес режимдерден электр тізбектерін қорғамайды. Түйістіргіш дистанциондық басқаруды; күштік тізбектердің басты түйісулерін; доға сөндіргіш құрылғыларды; блок-түйісулерді қамтамасыз ететін, автоматика және дабыл тізбектеріне қосылатын, электр магнитті жүйелерден тұрады. Тізбектер ауыспалы және тұрақты тоқтың күштік тізбектерінде кең қолданыс тапты.

Тұрақты ток тізбектерінде 63... 1000 А номиналдық тоқтарымен сериясы КТ көбінесе үш полюстік түйістіргіштер қолданады. Түйістіргіштер екі немесе үш полюстер саны кезінде сағатына 600... 1200 қосуларды рұқсат етеді.

Тұрақты ток желілерінде 80...630 А номиналдық тоғымен сериясы КТП түйістіргіштер қолданады.

Магниттік қосқыш - бұл дәйекті түрде қозғалғыштың басты тізбегінің екі фазасына қосылған, екі жылулық қорғау релесі қосымша іштетілген, ауыспалы тоқтың үш полюстік түйістіргіші. Магниттік қосқыштар қуаты 75 кВт дейінгі қысқа тұйықталған ротормен үш фазалық асинхрондық қозғалғыштарды басқаруға (іске қосу, тоқтату, реверс) үшін, сондай-ақ оларды жүктелімнен қорғауға арналған. Кейбір жағдайларда магниттік қосқыштарды дистанциондық басқаруды (сыртқы және ішкі жарықтандыру, автоматтандырылған электр жетектері және т.б.) талап ететін, кейбір электр құрылғыларын қосу және ағыту үшін қолданады. Электр қозғалтқышты қайта жүктеуден қорғау РТ жылыту релесімен жүзеге асырылады. Жылулық реле электр қозғалтқышын қайта жүктеуден сенімді қорғайды, алайда қысқа тұйықталудан қорғауды қамтамасыз етпейді.

Бұл жылулық реледе үлкен жылулық инерциясының болуымен түсіндіріледі. Қысқа тұйықталу барысында ток жылулық реле іске қосылғанша, тізбекті ерте зақымдауы мүмкін. Сонымен бірге, магниттік қосқыштардың түйісулері қысқа тұйықталу тоқтарының ағытылуына есептелмеген. Сол себепті магниттік қосқыштарды (асқын жүктелуден қорғау үшін жылулық релемен) қолданған жағдайда дәйекті түрде жылулық релемен ерімтал сақтандырғыштар немесе электр магнитті

ағытқышы бар автоматтар орнату қажет.

Магниттік қосқыш қозғалтқышты кернеулік жоғалуы немесе оның номиналдық мәнінен 50...70% дейін төмендеуі кезінде желіден ағытады.

Соңғы уақытқа дейін электр желілерінде сериялары ПМЕ, ПАЕ, ПМА магниттік қосқыштары көбірек қолданылды, алайда қазіргі уақытта сериялары ПМЛ и ПКЛ қосқыштармен 4-тен 200 А дейінгі номиналдық жұмыс токтарына ауыстырылады.

Желіде көрсетілген аппараттардан басқа кернеуі 1 кВ дейін басқару түймешігінің коммутациясы үшін, басқару аппараты, ауыстырып-қосқыштар және түймешікті басқару орындары қолданылады.

5 Тарау

ЭЛЕКТРМЕН ЖАБДЫҚТАУ ЖҮЙЕСІНДЕ ЭЛЕКТРЛІК ЖАЛҒАУ СЫЗБАЛАРЫ

5.1. Жалпы мәліметтер

Объектіні электрмен жабдықтау жүйесі қоректендіруші, үлестіргіш, трансформаторлық және түрлендіргіш шағын станциядан және оларды байланыстыратын кәбілдік және ауа желілерінен, сондай-ақ ток өткізгішінен тұрады.

Электр қондырғыларды электрлік жалғау сұлбалары бірінші және екінші тізбектер үшін қолданылады.

Бірінші тізбектерге электр энергиясы тұтынушыларға берілетін, электр қондырғылардың басты тізбектері жатады; олардың сұлбалары бір сызықпен және үш сызықпен орындалады.

Бір сызықты сұлбаларда құрылғының үш фазасы және оның жабдығы бір фаза үшін бейнеленеді.

Үш сызықты сұлбаларда барлық үш фазалар, сондай-ақ екінші тізбектер үшін жалғасу көрсетіледі. Толық сұлбасы қолайсыз болып келеді, сол себепті ол тек қондырғылардың жеке элементтері үшін орындалады.

Екінші тізбектерге екінші электр жабдығын-өлшеу құралдарын, басқару және дабыл беру құралдары мен аппараттарын, релелік қорғау және автоматика қондырғыларын жалғау үшін қызмет ететін тізбектер жатады.

Аталған бөлімде бір сызықты бейнелеуде бірінші тізбектер қарастырылады.

5.2. Номинальдық кернеулерді таңдау

Объектінің электр желілерінің учаскелерінің кернеулерін таңдау нұсқаларды техникалық-экономикалық салыстыру жолымен анықталады. Нұсқаларды салыстыру негізінде қабылданған ақырғы жобалық шешімді таңдау барысында аса жоғары кернеуі бар нұсқаға артықшылық беру қажет. Көптеген жағдайда жобалаушы нұсқаларға салыстыру жүргізілетін кернеудің номиналдық мәндерінің шкаласы бойынша екі жақын шамасындағы кернеуді анықтайды. Кездейсоқ қатарда жобалау үшін бастапқы деректер толық техникалық-экономикалық есептеулерсіз номиналдық кернеуді бір мәнді анықтауға әкеледі.

Желінің сыртқы учаскесінің номиналдық кернеуін таңдау барысында назарға энергия жүйесін қоректендірудің болуы мүмкін көздерінің қолда бар кернеуі, осы көздерден кәсіпорынға дейінгі қашықтық және толық кәсіпорын жүктемесі назарға алынады.

Шағын және орта кәсіпорындар мен қалалардың қоректендіру және тарату желілерінде 6 и 10 кВ номиналдық кернеу қолданылады.

Әдеттегідей, аса үнемдеу ретінде 6 кВ кернеуден қарағанда 10 кВ кернеуін қолданған жөн. 6 кВ кернеуі электр қабылдағыш объектілерінде артық болу барысында 6 кВ кернеумен қолданылады.

Кездейсоқ қатарда 6 кВ кернеуімен электр қабылдағышын электрмен жабдықтау тікелей электр қабылдағыш деректері үшін 6 кВ кернеуіне кейінгі түрлендірумен 10 кВ кернеуімен қоректендіру желілері бойынша жүзеге асырылады.

660 В кернеуі цех ішінде сияқты цехтық технологиялық жабдықтың орналасу және қоршаған орта жағдайлары бойынша цехтық трансформаторлық подстанцияларды олармен қоректендірілетін электр қабылдағыштарына жақындатуға болмайтын немесе қиындық тудыратын кәсіпорындарда мақсатқа сәйкес.

660 В кернеуі сондай-ақ электр қуатының үлкен меншікті тығыздығымен, қуат концентрациясымен және қуаты 200... 600 кВт қозғалтқыштардың үлкен санымен кәсіпорындарда мақсатқа сәйкес. 10 кВ алғашқы кернеуімен 660 В кернеуінің үйлесуі аса мақсатқа сәйкес. 660 В кернеуін қолдану барысында шағын электр қозғалтқыштарын және жарық техникалық құрылғыларды қоректендіру үшін кернеуі 380 В желілерде де қажеттілік туындайтынын ескеру қажет. 380/220 В кернеуі аса кең қолданылады және негізгі болып табылады.

5.3. Қуат көздері және 1 кВ жоғары кернеуде объектілердің электр энергияны қабылдау пункттері

5.3.1. Қуат көздері және электрмен жабдықтау сенімділігіне талаптар

Объектіні электрмен жабдықтау жеке электр станцияларына (ЖЭО), энергетика жүйелерінен, сондай-ақ жеке электр станциясы болуы кезінде энергетикалық жүйелерден жүзеге асырылады.

Қуат көздерінен электрмен жабдықтау сенімділігіне ұсынылатын талаптар объектінің тұтынылатын қуатымен және оның түрімен анықталады.

Электрмен жабдықтау сенімділігін қамтамасыз етуге қатысты электр энергияларын қабылдағыштары бірнеше категорияларға бөлінеді.

Бірінші категория – электрмен жабдықтау үзілісі адам өміріне үшін қауіптілік, маңызды экономикалық шығынға, қымбат тұратын жабдықты зақымдауға, қиын технологиялық процестің бұзылуына, өнімдердің жаппай ақаулығына соқтыру мүмкін электр қабылдағыштар, өнеркәсіптік құрылғыларда бірінші категориялы электр қабылдағыштарының мысалы өртке қарсы құрылғылардың сорғы станцияларының электр қабылдағыштары, химиялық қауіпті цехтардағы желдеткіш жүйелері, шахталардағы сутөккі және көрегіш қондырғылары және т.б. болуы мүмкін. Қала желілерінде бірінші категорияға орталық канализациялық және сүкұбырлық станциялар, АТС, радио және теледидар, сондай-ақ биік ғимараттардың лифт қондырғылары жатады. Бірінші категориялы электр қабылдағыштар үшін электрмен жабдықтаудың бұзылу ұзақтығының рұқсат етілетін интервалы 1 минуттан астам.

Бірінші категориялы электр қабылдағыштар құрамынан үздіксіз жұмыс адам өмірі үшін қауіп-қатерлерді, жарылыстарды, өрттерді және қымбат тұратын жабдықтардың зақымдалуын болдырмау мақсатында өндірісті апатсыз тоқтату үшін қажет электр қабылдағыштардың ерекше тобы (нөлдік категория) бөлінеді. Мысалы, нөлдік категориялы электр қабылдағыштарға ауруханалардың операциялық бөлмелері, апатты жарықтандыру жатады.

Екінші категория - электрмен жабдықтау үзілісі өнімдердің жаппай кемістігіне, жұмыскерлердің, механизмдердің жаппай тоқтап қалуына әкеп соқтыратын электр қабылдағыштар. Екінші категориялы электр қабылдағыштар үшін электрмен жабдықтаудың бұзылу ұзақтығының рұқсат етілетін интервалы 30 минуттан астам.

Өнеркәсіптік қондырғыларда екінші категориялы электр

қабылдағыштардың мысалы болып метал прокат цехының, машина жасаудың негізгі цехтарының, тоқыма және целлюза-қағаз өнеркәсібінің қабылдағыштары болып табылады. Мектептер, балалар мекемелері және бесінші қабатқа дейінгі тұрғын үйлер және т.б. әдетте екінші категориялы қабылдағыштарға жатады.

Үшінші категория – бірінші және екінші категориялы анықтамаға жатпайтын барлық қалған электр қабылдағыштар. Бұл категорияға шағын өндірістің қондырғылары, жауапсыз мақсаттағы қоймалар жатады. Бірінші категориялы электр қабылдағыштар екі тәуелсіз қуат көзінен электр энергиямен қамтамасыз ету қажет, олардың біреуі ағытылған кезінде резервке ажыратып қосу автоматты түрде жүзеге асырылады. ПУЭ анықтауға келісті қоректендірудің тәуелсіз көздері осы электр қабылдағыштарын қоректендіретін, оны өзге қуаттарда жоғалуы кезінде кернеу сақталатындар болып табылады. ПУЭ келісті тәуелсіз қоректендірулерге екі секция немесе бір немесе екі электр станциясы шинасының жүйелері немесе келесі талаптарды сақтау кезінде шағын станциялар жатады:

осы секциялардың әрқайсысы немесе шина жүйелері тәуелсіз қуаттардан қоректендіріледі;

шина секциялары бір бірімен байланысты емес шина секцияларының біреуінің қалыпты жұмысы бұзылуы кезінде автоматты түрде ағытылатын немесе байланысы бар.

Ерекше топтағы электр қабылдағыштарын электрмен жабдықтау үшін қуаты процестің апатсыз тоқтатылуын қамтамасыз ететін, қоректендірудің қосымша үшінші қуатын қарастырады.

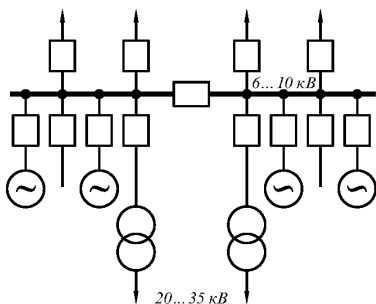
Екінші категориялы электр қабылдағыштар екі тәуелсіз қуат көзінен қамтамасыз ету ұсынылады, ажыратып қосуды автоматты түрде жүзеге асыруға болады.

Үшінші категориялы электр қабылдағыштарын электрмен жабдықтау электрмен жабдықтау үзілістері зақымдалған жабдықты жөндеу және ауыстыру үшін қажетті бір тәулікті асырмау жағдайында бір қуаттан орындалуы мүмкін.

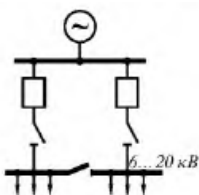
5.3.2. Қуат көздерін қосу сызбалары

Жеке меншік электр станциясынан электрмен жабдықтау (5.1 - сурет). Жеке меншік электр станциясының объектілерден жақын орналасуы кезінде және тарату желісінің қуатының және электр станциясы генераторларының сәйкестігі кезінде трансформаторлар электр станциялардың тарату құрылғыларының (ТҚ) шиналарына немесе тікелей, немесе электр тарату желілерінің көмегімен қосылады.

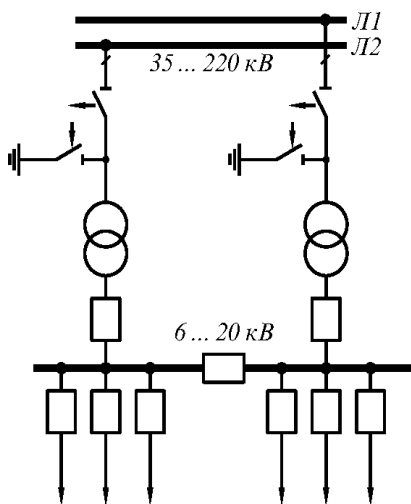
Жеке меншік электр станциялардың болмауы кезінде энергетикалық жүйеден электрмен жабдықтау (5.2 және 5.3 -сурет).



5.2- сурет. 6...20 кВ кернеуі кезінде электр жүйесінен электрмен жабдықтау сызбасы.



5.1 - сурет. Жеке меншік электростанциясынан электрмен жабдықтау сызбасы.



электр жүйесінен электрмен жабдықтау сызбасы.

Электрмен жабдықтаудың қоректендіру қуатының кернеуі екі тәсілмен жүзеге асырылады: 5.2- суретте ұсынылған сызбасы бойынша, 6... 20 кВ кернеуі кезінде, 5.3-суретте ұсынылған сызбасы бойынша, 35 ... 330 кВ кернеуі кезінде. Көрсетілген және бұдан әрі келтірілген сызбаларда ажыратқыштар және реакторлар көрсетілмеген. 5.2 және 5.3- суретте ұсынылған сызбалар егер кәсіпорын жүйенің шағын станциясынан 5...10 км астам қашықтықта тұрса қолданылады.

5.3- сурет. 35...220 кВ кернеуі кезінде

5.3.3. Шағын электр станциясының типтері

Электр энергияны (шағын станцияны) қабылдау орындарының саны және типі объектімен тұтынылатын электрмен жабдықтау қуатынан және электр тұтынушыларын объекті аумағына орналастыру сипатынан байланысты. Тұтынушылардың салыстырып компактiлi орналасуы кезінде және электрмен жабдықтау сенiмдiлiгiне ерекше талаптардың

болмауы кезінде қоректендіру қуатынан барлық электр энергиясы бір трансформаторлық (ТС) немесе тарату шағын станциясына (ҚС) жинақтаған жөн. Тұтынушылардың бытыраңқылығы және электрмен жабдықтаудың үздіксіздігіне жоғарлатылған талаптар кезінде қоректендіруді екі және одан да көп шағын станцияларға жинақтаған жөн.

Қоректендіру қуатының объектіге жақын кезінде және 6 и 10 кВ кернеуімен желілерді өткізу қабілеті шегінде олармен тұтынылатын электр энергия қуаты тарату станциясына (ТС) немесе басты тарату шағын станциясына (БҚС) шығарылады ТҚС оны түрлендірусіз немесе трансформациялаусыз қабылдау және тарату үшін қызмет етеді.

ТҚС-нан электр энергия ТС және электр қабылдағыштарға 1 кВ жоғары кернеумен шығарылады, яғни бұндай жағдайда қоректендіруші және таратушы желісінің кернеуі бірдей болады.

Егер объект маңызды (40 МВ ■ А астам) қуатты тұтынса, ал қоректендіру қуаты жойылса, онда электр энергияны қабылдау тораптық тарату шағын станцияларында немесе басты төмендетілетін шағын станцияларда жүргізіледі.

Тораптық тарату шағын станциясы (ТТШС) қоректенуді энергия жүйесінен алатын және оны объекті аумағында терең сырттан кірген жерінің шағын станциялары бойынша тарататын, кернеуі 35 ...220 кВ объектінің орталық шағын станциясы аталады.

Басты төмендетілетін шағын станциясы (БТШС) қоректенуді тікелей аудандық энергия жүйесінен алатын және энергияны объекті бойынша аса төмен кернеуде (6 немесе 10 кВ) тарататын шағын станция аталады.

Терең іске қосу шағын станциясымен (ТШС) қоректендіруді тікелей энергия жүйесінен немесе ТТҚС-нан қабылдайтын бастапқы кернеуде коммутацияның оңайлатылған сызбалары бойынша орындалатын 35...220 кВ кернеуіне арналған шағын станция аталады. ТҚС әдетте жеке объектіні (ірі цехты) немесе кәсіпорын ауданын қоректендіруге арналады.

5.4. Электр энергияны тарату сұлбасын таңдау принциптері

Электрмен жабдықтау жүйесі оңтайлы нұсқасы таңдалатын, бірнеше нұсқаларда орындалуы мүмкін. Оны таңдау кезінде сенімділік деңгейі, электр энергиясы сапасының қамтамасыз етілуі, пайдаланудың қолайлылығы және қауіпсіздігі, электрмонтаждау жұмыстарының үдемелі әдістерін қолдану мүмкіндігі ескеріледі.

Объектілердің сұлбаларын салудың негізгі принциптері:
35... 220 кВ жоғары кернеулі қуаттарды энергияны көп қажет ететін

өндірістік корпустармен жақын таратылатын, терең іске қосу шағын станцияларымен тұтынушылардың электр қондырғыларына барынша жақындату;

тұтынушылардың жеке категориялары үшін қоректендіруді сақтық қорда сақтау сұлбада және электрмен жабдықтау жүйелерінің элементтеріне орналасу қажет. Осы желілер үшін, трансформаторлар және коммутациялық қондырғылар тұрақты жүктемені қалыпты режимде ұстау қажет, ал апаттан кейінгі режимде зақымдалған учаскелерді ағытқаннан кейін өзіне асқын жүктелудің осы элементтері үшін рұқсат етілетіндерді ескерумен тұтынушылар жұмысында қалған қоректенуді қабылдау;

энергия тарату жүйелерінің барлық топтық шиналарын секциялау, ал бірінші және екінші категориялы тұтынушылардың басым болуы кезінде оларға АВР құрылғысын қондыру.

Сызбалар деңгейлі принцип бойынша құрылады. Әдетте екі-үш деңгей қолданылады. Электр энергияны таратудың бірінші деңгейі егер тарату 110...220 кВ кернеуі кезінде, объектіні қоректендіру қуаты және БТҚС арасында немесе егер тарату 6 ... 10 кВ кернеуінде жүргізілсе, 6 ... 10 кВ кернеуімен БТҚС және ТҚС арасындағы желі болып табылады.

Электр энергияны таратудың екінші деңгейі ТҚС (немесе БТҚС екінші кернеулі ТҚ) және ТҚС (немесе жоғарғы кернеулі жеке электр қабылдағыштарымен) арасындағы желі.

Шағын және кейбір орташа объектілерде тек жүйеден қоректендіру орталығы және энергияны (ТҚС немесе жоғағы вольтты электр қабылдағыштармен) қабылдау орны арасында энергияны таратудың бір деңгейі қолданылады.

5.5. 6...10 кВ кернеуінде объекті ішіндегі электр желілерінің сызбалары

Объекті ішіндегі электр желілері магистральдық, тарамдалған немесе аралас сұлбалар бойынша орындалады.

Радиалды сызбалар электр энергияның таратылуы қабылдау орындары қуат көзі орталығынан әр түрлі бағыттарда орналасқан жағдайда ғана қолданылады. Олар екі немесе бір сатылы болуы мүмкін. Шағын объектілерде және ірі шоғырландырылған тұтынушыларды қоректендіру үшін бір сатылы сұлбалар қолданылады. Аралық ТҚС-мен екі сатылы тарамдалған сұлбалар үлкен аумақта орналасқан бөлімшелері бар ірі және орташа объектілер үшін орындалады. Бірінші және екінші категориялы тұтынушылар болуы кезінде ТҚС және ТҚС кемінде екі жеке жұмыс жасайтын желілерге қарағанда қоректенеді. Кемінде екі кәбілден тұратын бір желі бойынша екінші категориялы электр қабылдағыштарын

қоректендіру рұқсат етіледі.

Екі трансформаторлық шағын станциялар кезінде әр трансформатор желі- трансформатор блоктық сызба бойынша жеке желімен қоректенеді. Апаттан кейінгі режимде блоктың өткізу мүмкіндігі қоректендірілетін тұтынушылардың категориясынан есептеледі.

Бір трансформаторлық шағын станциялар кезінде бірінші категориялы қабылдағыштардың шағын топтарын қоректендірудің өзара сақтық қорда сақтау көршілес шағын станциялар арасындағы екінші кернеуде кәбілдік немесе шиналық қосқыш көмегі барысында жүзеге асырылады.

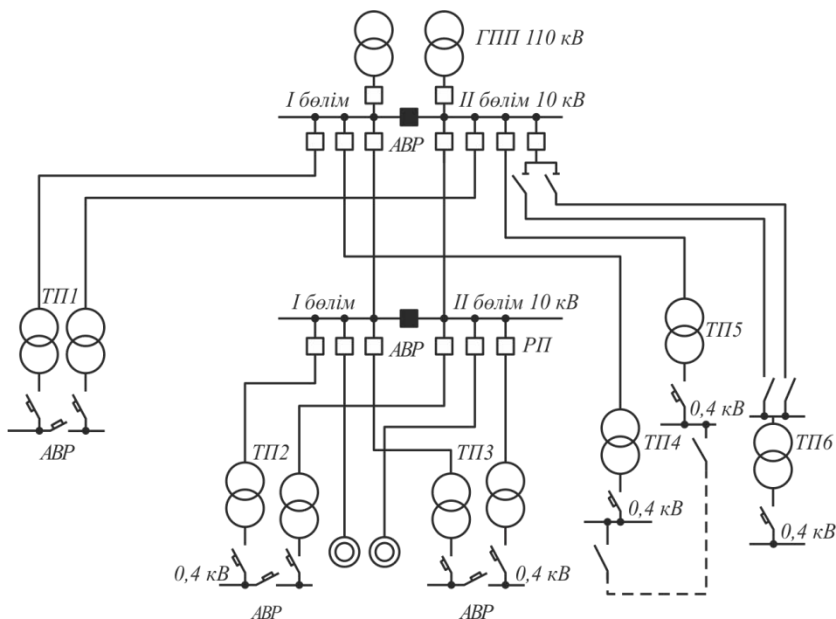
Барлық коммутациялық аппаратура ТҚС-на және БТҚС-на орнатылады, ал олардан қоректендірілетін ТҚС трансформаторлардың басымды керең қосылу қарастырылады. Кейде ТҚС трансформаторлары қуат ағытқышы және ажыратқышы арқылы қосылады.

Жоғарыда көрсетілген шарттарда орындалған аралық ТҚС тарамдалған сұлбасы 5.4-суретте көрсетілген.

Тарамдалған қорек көзінің сұлбасы бір желінің зақымдалуы немесе жөнделуі тек бір тұтынушының жұмысында көрсетілгендіктен, үлкен икемділікке және пайдаланудағы қолайлылыққа ие.

Кернеуі 6...10 кВ магистральные сұлбалар қорек көзі орталығынан қабылдау орнына дейінгі желілер айтарлықтай кері бағытсыз төселген кезде, объекті аумағына шағын станцияларды желілік («ретке келтіріліп») орналастыру кезінде қолданылады.

Магистралдық сызбалардың келесі артықшылықтары бар: қалыпты режим кезінде кәбілдерді өте жақсы жүктеу, ТҚС камералардың аз саны. Магистралдық сызбалардың жетіспеушілігіне ТҚС қосу кезінде коммутация сызбаларының күрделенуі және оның зақымдалуы кезінде магистралдан қоректендірілетін бірнеше тұтынушылардың бір уақытта ағытылуы.



5.4-сурет. Электрмен жабдықтаудың радиалды сызбасы

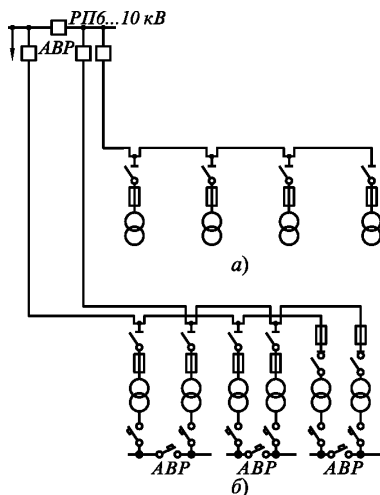
Бір магистралға жалғанатын трансформаторлар саны, әдетте 1000...2500 кВ-А қуаты кезінде екі-үш және 250...630 кВА қуаты кезінде төрт-бес трансформатордан жоғарламайды.

Магистралдық сызбалар бір жақты және екі жақты қоректендірумен дара және екі есемен орындалады.

Сақтық қорда сақталусыз дара магистралдар (5.5., а - сурет) бір тұтынушыны ағытылған жағдайда барлық қалған тұтынушылардың ағытылуын жүргізу технологиясының шарттары бойынша қажеттілік туындайды (мысалы, үздіксіз технологиялық желілер). Кабелдік магистралдар кезінде олардың жолдары жылдың кез келген уақытында ашық болу қажет, каналдарда, үңгіржолдарда және т.б. салу кезінде мүмкін. Дара магистралдармен сызба сенімділігі егер олармен қоректендірілетін бір трансформаторлық шағын станциялар жақын шағын станциялар арасында төменгі кернеудің байланыстары бойынша ішінара сақтық қорды жүзеге асыру мүмкін болған жағдайда орналастырылса, оларды жоғарлатуға болады.

5.6- суретте жақын орналасқан трансформаторлық станциялар төменгі кернеудегі байланыстар бойынша сақтық қорда сақталумен әр түрлі дара магистралдардан қоректендірілетін сызба көрсетілген. Бұндай магистралдық сызбаларды егер олардың қуаты трансформаторлардың

жалпы қуатынан 15... 20% жоғарламаса, бірінші категориялы тұтынушылар үшін де қолдануға болады. Трансформаторлар ТҚС немесе ТҚ әр түрлі секцияларына жалғанған, әр түрлі магистралдарға қосылады.



5.5. сурет. Бір жақты қуаты бар магистралдык сызбалар: а - дара; б - нн екі есе резервтеумен

Қатаң отпайкалары бар дара магистралдар, яғни магистралдың кіре берісінде және шыға берісінде ажыратусыз магистралдар басты түрде әуе жолдарында қолданылады. Кәбіл желілерінде қатаң қосу тек қуаты 400 кВА жоғары емес жауапсыз шағын станцияларды қоректендіру үшін қолданылуы мүмкін.

Екі есе магистралдары бар («толассыз») сызбалар (5.5, 6 -суретін қараңыз) жауапты және бір объектінің тұтынушылары өзара бір бірімен технологиялық әлсіз қуаты үшін қолданылады.

Магистрал желілерінің кіре берісінде және шыға берісінде ажыратқыштарды ортану талап етілмейді.

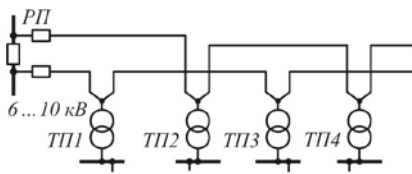
Ірі кәсіпорындарда негізі электр қуаттарын орналастыру аймағы арқылы әр түрлі жолдар бойынша тартылған екі немесе үш магистралдық тоқ сымы қолданылады (5.7 - сурет).

Ірі кәсіпорындардадара екі тізбекті тоқ сымдары бар сызбалар қолданылады. Тоқ сымдарынан тарату шағын станцияларына ВМП типті ажыратылатын қуат көлеміне дейін қысқа тұйықталу қуатын шектеу үшін реакторлар орнатылады.

Әр трансформатордан екі тоғыспалы тоқ сымы қоректендіреді, яғни әр тоқ сымдарының әр түрлі тізбектері әр түрлі трансформаторлардан қоректендіреді.

Екі жақты қоректендірумен дара және қос магистралдер (5.8 -сурет) («қарсы келген» магистралдар) бірінші және екінші категориялы тұтынушылар үшін электрмен жабдықтау сенімділігін қамтамасыз ету шарттары бойынша талап етілетін, екі тәуелсіз көздерінен қоректендіру кезінде қолданылады. Қалыпты режимде қос қуаттарды қолдану кезінде магистралдардың бөлінуі аралық шағын станциялардың біреуіне орта-

6 сында жүргізіледі. Секциондық ажыратқыштар қалыпты түрде ажыратылған және АВР құрылғысымен жабдықталған.



5.6. сурет. Екінші кернеулі байланыстар бойынша ішінара резервтелумен дара магистралдар сызбасы

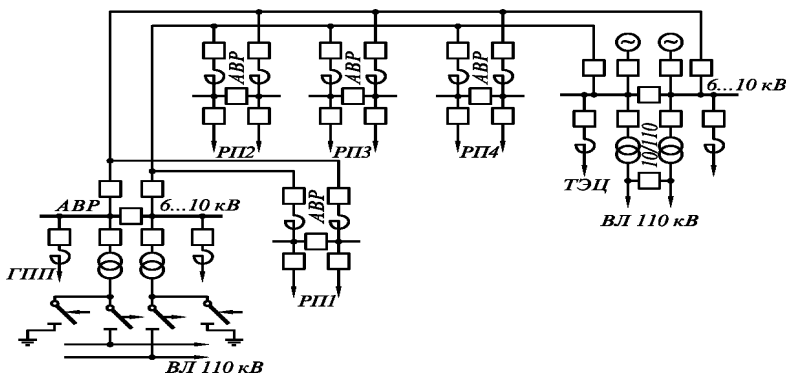
Электр энергияны таратудың тарамдалған және магистралдық жүйелерін үйлестіретін, қоректендірудің аралас сызбалары ірі объектілерде ең көп энергия таратуға ие. Сонымен, мысалы, бірінші деңгейде әдетте тарамдалған сызбалар қолданылады.

ТҚС-дан цехтық ТҚС және бұндай объектілерде.

Жоғары кернеулі қозғалтқыштарға энергияны одан әрі тарату тарамдалғандар сияқты, магистралдық сызбаларға да жүргізіледі.

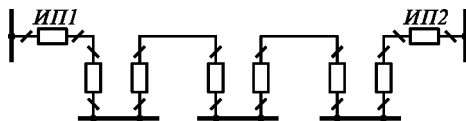
Резервтеу деңгейі тұтынушылар категориялығымен анықталады. Сонымен, бірінші категориялы тұтынушылар екі тәуелсіз қуаттардан қоректенумен қамтамасыз етілуі қажет. Екінші қоректендіру қуаты ретінде тек қана электр станциялардың немесе шағын станциялардың секцияланған жиналатын шиналар, алайда сондай-ақ егер олар АВР тәуелсіз қуаты бар, жақын тарату орнынан қоректенуге түссе, төменгі қуаттағы желілерде қосқыштар қолданылуы мүмкін.

Бірінші категорияның ерекше тобына жататын ерекше жауапты тұтынушылар үшін электрмен жабдықтауды үш тәуелсіз қуаттардан қарастырылу қажет. Әр екі негізгі қуаттардан тұтынушы қоректендірілуін толық қамтамасыз ету қажет, ал үшінші тәуелсіз көздің өндірісті апатсыз тоқтатылуы үшін минималдық қуаты болу қажет. Үшінші тәуелсіз қуат беру көзі мысалы, екі тәуелсіз қуат беру көзінен біреуі ағытылған кезінде бос жүріске қосылатын және «қызуды» резерв режимінде тұратын дизелдік станция болуы мүмкін.



5.7. сурет. Қуатты тоқ өткізгіштерді қолданумен электр энергияларды таратудың магистралдық сызбасы

Үшінші қуат беру көзінің жүктелуін болдырмау үшін үшінші қуат беру көзін іске қосу алдында қалған тұтынушыларды ажырату қарастырылады. Ірі



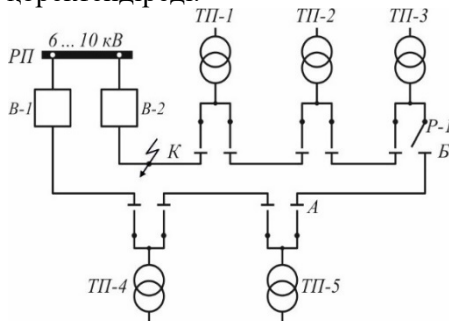
5.8. сурет. Екі жақты қарсы қоректендіруі бар магистральдық сызба

қалаларда энергияның көп таратылуы ілмекті сызба бойынша орындалған, кернеуі 6...10 кВ тарату жүйесі алды.

5.9- суретте бір ТҚС-нан ілмекті желі бейнеленген. Қалыпты режимде ілмекті желі Р-1 ажыратқышымен ажыратылған және әр магистралдық желі ТҚС-дан тәуелсіз қоректендіріледі. Желілердің біріндегі қандай да бір учаскенің зақымдалуы кезінде В-1 немесе В-2 бас учаскесінде ажыратқыш автоматты түрде ағытылады және зақымдалған желіге қосылған, барлық тұтынушылардың қуат көзі тоқтатылады.

Зақымдалу орнын таба отырып, бұл учаскені қолмен ажыратқыштармен ағытады, А – В қосқышын тұйықтап, Р-1 ажыратқышымен тұтынушылар қуат көзін қалпына келтіреді. Осындай желілер үшін ең қиын жағдай апаттан кейінгі режимде барлық жүктелімнің қуат көзі бір желі бойынша жүзеге асырылатын болғандықтан, К нүктесінде зақымдалу болады. Электр жабдығы апаттан кейінгі режимде қызуға тексерілу қажет. Сонымен бірге, осы жағдайларда кернеу жоғалуы бойынша желіні тексеру қажет. Бір желіге қосылатын трансформаторлар саны бес-алтыдан астам болмау қажет. Резервтік қосқыш кернеуде және ажыратылған сызбада болу қажет.

Ілеспе желілерінің екі ТҚС-на қосылудың принциптілік сызбасы 5.10. сызбасында бейнеленген. Желілердің ажыратылу орны өз бетімен таңдалуы мүмкін, алайда қуаттың минималдық жоғалуын алу үшін ол тоқ бөлу нүктесінде болған жөн. Әр желі өзінің бас учаскелерімен екі ТҚС қосылған. ТҚС-нан тоқ бөлуге дейінгі әр желі ТҚС белгілі санын қоректендіреді.

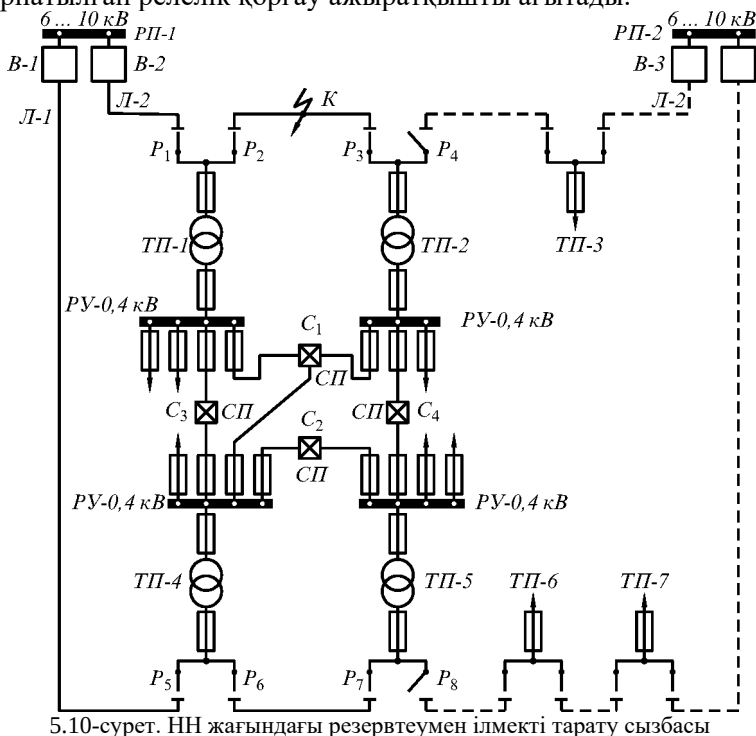


5.9. сурет. 6...10 кВ кернеуімен ілмекті тарату сызбасы

Сызбада көрінгендей, РП-1-дан дейінгі Р4 тоқ бөлуге дейінгі Л-2 желі бөлігі ТП-1 және ТП-2 қосылған, ал РП-2-дан Р4 тоқ бөлуге дейінгі Л-2 желі бөлігіне ТП-3 қосылған.

Бұл ретте, Л-2 желінің қос бөлігі үнемі кернеуде тұрады. Л-2 желісінің кез келген учаскесінде апат кезінде, мысалы К нүктесінде,

РП-1 орнатылған релелік қорғау ажыратқышты ағытады.



5.10-сурет. НН жағындағы резервтеумен ілмекті тарату сызбасы

В-2 және РП-1-дан Р4 тоқ бөлуге дейінгі желілерге қосылған шағын станциялар, яғни ТП-1 және ТП-2 тұтынушыларға электр энергияны беруді тоқтатады. ТП-1 және ТП-2 қуат көзін қалпына келтіру үшін қалалық электр желісінің кезеші персоналы Р2 и Р3 ажыратқыштарымен желілердің апатты учаскелерін ағытады және содан соң Р4 ажыратқышын қосады, сол ТП-2 2-ТҚС-нан қуат көзіне ауысады. ТП-2 желісінде апатты жойғаннан кейін 1-ТҚС-нан қуат көзін алатын болады.

Сызбада көрінгендей, Л-1 және Л-2 желілері 6... 10 кВ кернеуімен желі жағынан трансформаторлық шағын станцияларды сақтық қорда сақтайды. Алайда қандай да бір ТҚС трансформатордың зақымдалуы кезінде (бұл жағдайда 6...10 кВ кернеуімен желілер бойынша ТҚС сақтық қордан сақтаудан тәуелсіз) осы шағын станцияға қосылған тұтынушылардың электрмен жабдықталуы тоқтатылады.

Осы жағдайда ескере отырып, сызбада (ЖО) С1, С2, С3 және С4 жалғау орындары көмегімен кернеуі 0,4 кВ электр желісі арқылы төменгі кернеудің тарату құрылғыларын сақтық қорда сақтау қарастырылады. Қалыпты режимде кернеуі 0,4 кВ барлық келіп кететін желілер ЖО бір-

бірінен ажыратылған және әр шағын станция бір-бірінен жекеленген тұтынушылардың белгілі ауданын қуат көзімен қоректендіреді.

Істен шыққан жағдайда, мысалы, 2-ТҚС трансформаторлар жеткілікті, С және С2 жалғау желілері тұйықталған және 2-ТҚС қосылған тұтынушылар 1-ТҚС-нан және 5-ТҚС-нан қуат көзін алады. Бұндай сақтық қорда сақтау трансформаторлар қуаты апаттан кейінгі режимде олардың асқын жүктемелік қабілетінің ескерілумен таңдалуы жағдайында мүмкін.

Ілмекті желі тұтынушыларды үздіксіз қуат көзін қамтамасыз етпейтінін есте сақтаған жөн: ілмекті желінің кез келген учаскесі зақымдалуы кезінде тұтынушылар бөлігі зақымдалған учаскені ағыту және зақымдалмаған желі учаскелерінен қуат көзін ауыстыру үшін қажетті уақытқа ағытылады.

Электрмен жабдықтаудың сенімділігін арттыру үшін көп таралу тарату құрылғысының секциялық ажыратқышына АВР құрылғысы бар желі алды.

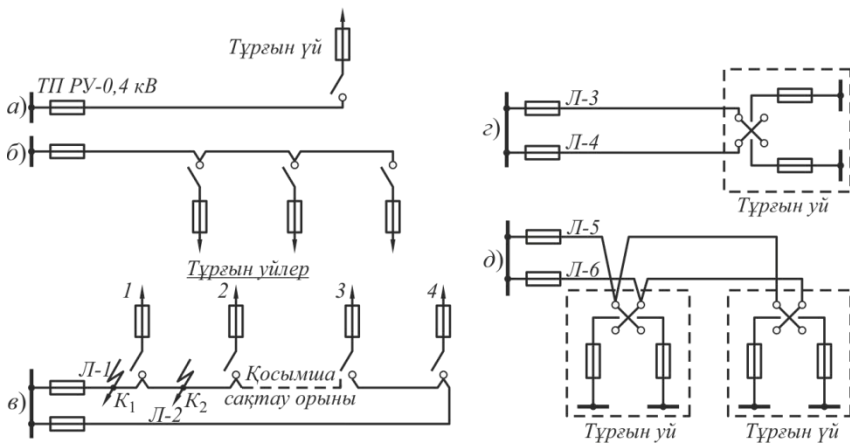
5.6. 1 кВ дейінгі кернеумен қалалық тарату желілерінің сызбасы

Үшінші категориялы тұтынушыларды қоректендіру үшін бір жақты қуат көзімен резервтік және магистралдық сызбалар емес радиалдық сызбалар қолданылады. Магистралдық сызбаны тұрғын үйлерді және олардың шағын қуаты кезінде өзге тұтынушыларды қуаттандыру үшін қолдануға болады.

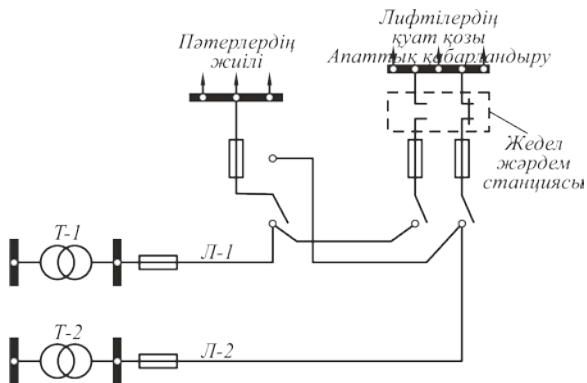
5.11 -суретінде 1 кВ дейінгі кернеумен тарату желілерінің ең таратылған сызбалары берілген.

5.11, а және 5.11, б сызбаларынан тарату желілері радиалдық және магистралдық сызбалар бойынша құрылғаны көрініп тұр, тұтынушыларды қуат көзімен қоректендіру тек қалыпты режимде қамтасыз етеді.

Желіні кез келген учаскеде зақымдау кезінде немесе желіге қосылған барлық тұтынушылардың қысқа тұйықталуы кезінде электрмен жабдықталуы тоқтатылады.



5.11-сурет. 1 кВ дейінгі кернеумен тұрғын үйлердің тарату желісінің сызбасы.



5.12. сурет. 16 қабатты жоғары тұрғын үйді 1 кВ дейінгі кернеумен қоректендіру сызбасы

Қуат көзі тек желінің зақымдалған элементі жөнделгеннен кейін ғана қалпына келтірілуі мүмкін.

Қалалық желілерде ең көп таратылатын екінші категориялы тұтынушыларды электрмен жабдықтау үшін кең қолданылатын ілмекті сызба алды. 5.11 - суретте зақымдалған жағдайда желінің бір учаскелерінде қосылатын, резервтік қосқышы бар ілмекті сызба келтірілген.

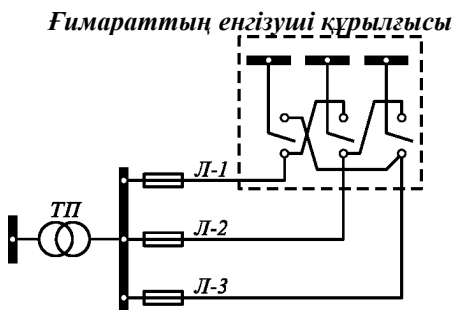
Биіктігі 9...14 қабат ғимараттардың электр қабылдағыштарын қуат көзі радиалдық ілмекті сызба бойынша (5.11, г -сурет) жүзеге асырылады.

Тұтынушылардың ендіруде ауыстырып-қосқышымен екі өзара резервтелген кәбілдік желілермен ілмекті магистралдық сызба 5.11, д-суретінде көрсетілген.

Бірінші категориялы электр қабылдағыштары бар биіктігі 16 қабаттан жоғары ғимараттарды, лифталар, өрт сорғылары, кезекшілік жарықтандыру және т.б. сияқтыларды электрмен жабдықтау кезінде, оларды автоматты түрде резервтеумен сызба қолданылады (5.12- сурет).

Қалыпты жағдайда бірінші категориялы электр қабылдағыштар қуаттанады, мысалы, Т-2 трансформаторынан Л-2 желісі бойынша қуаттанады. Л-2 желісінің немесе Т-2 трансформаторның істен шығуы кезінде электр қабылдағыштар автоматты түрде олардың үздіксіз қуат беру көзі қамтамасыз етілгенше, Л-1 желісінен және Т-2 трансформаторынан қуат беруге қосылады.

Көп қабатты және көп секциялы тұрғын үйлерді электрмен жабдықтау, сондай-ақ ірі жеке тұрған мейрамханаларға және дүкендерге қуат беру үшін үш резервті кәбілдері бар сызба қолданылады (5.13-сурет). Сызбада көрінгендей, әр кәбіл тек бір қуат беретін желіні резервтейді.



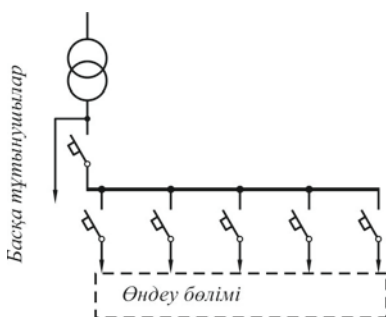
5.13. сурет. Ірі дүкендерді, асханаларды, мейрамханаларды 1 кВ дейінгі кернеумен қуат беру сызбасы

5.7. 1 кВ дейінгі кернеумен цехтық электр желілерінің сызбалары

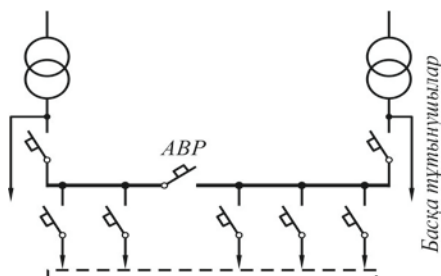
Өнеркәсіптік объектіні электрмен жабдықтау желісін ұтымды жобалаудың негізгі шарты қуат беру желілерінің (барлық аппараттармен) бірдей сенімділігінің және осы желіден қуат көзін алатын технологиялық агрегаттың бір электр қабылдағышының принципі болып табылады.

Сол себепті мысалы, бір технологиялық агрегаттың электр қозғалтқышы екі өзара резервтелген желілер бойынша қуат беру мәнсіз. Егер технологиялық агрегат машиналарының тобымен байланысты, бірыңғай технологиялық процесті жүзеге асыратын бірнеше электр қабылдағыштары бар және осы кез келген электр қабылдағыштарынан қуат беруді тоқтату барлық агрегат жұмысын тоқтату қажеттілігі туындайды, онда бұндай жағдайда электрмен жабдықтау сенімділігі магистралдық қуат беру кезінде толық қамтамасыз етіледі (5.14 - сурет). Кейбір жағдайларда, үздіксіз технологиялық процесте электр қабылдағыштарының қуат беру сенімділігінің жоғары деңгейі талап етілсе, магистралдық желілерді екі жақты қуат беру қолданылады (5.15 - сурет).

Магистралдық қуат беру сызбалары тек қана бір технологиялық агрегаттың көптеген электр қабылдағыштарына қуат беру үшін ғана емес, алайда сондай-ақ бірыңғай технологиялық процесспен байланысты емес салыстырмалы ұсақ қабылдағыштардың көптеген саны кең қолданыс табады. Бұндай тұтынушыларға металдарды механикалық өңдеу цехтарында металл кесетін станоктар және цех ауданы бойынша бірдей бөлінген өзге тұтынушылар жатады.



5.14. сурет. Цех электр қабылдағыштарының цехтық



5.15. сурет. Екі жақты қуат берумен магистралдық сызбасы магистралдық қуат беру сызбасы

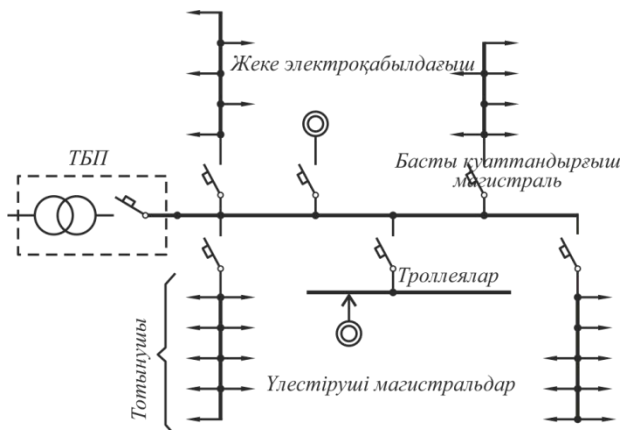
Магистралдық сызбалар абажадай және қымбат тарату құрылғысынан немесе қалқанын қолданудан бас тартуға мүмкіндік береді. Бұндай жағдайда трансформатор-магистраль блогының сызбасын қолдануға болады, қуат беру желісі ретінде өнеркәсіппен әзірленетін ток сымдары, (шина сымдары) қолданылады. Шина сымдармен орындалатын магистралдық сызбалар жоғары сенімділікті, икемділікті және цех желілерінің әмбебаптығын қамтамасыз етеді, бұл технологтарға жабдықты электр желілерінің маңызсыз қайта жасаусыз орналастыруға мүмкіндік береді. Цех аудандары бойынша бірдей бөлінуге қатысты салыстырмалы шағын қуаттың электр қабылдағыштарының көптеген санына қуат беру үшін магистралдық желілердің екі түрі ба сызбалар қолданылады: қуат беруші және таратушы (5.16 - сурет).

Қуат беруші, немесе басты магистралдар арнайы магистралдық сызбалар үшін құрастырылған трансформаторлық шағын станциялар шкафтарының шиналарына қосылады.

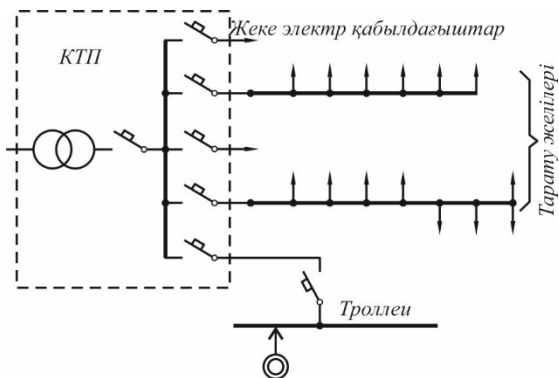
Тікелей электр қабылдағыштар қосылатын таратушы магистралдар басты қуат беруші магистралдардан немесе тікелей егер басты магистралдар қолданылмаса толымды трансформаторлық шағын станциялар (ТТКС) шиналарынан қуат алады (5.17 - сурет).

Басты қуат беруші магистралдарға жеке электр қабылдағыштардың аз саны қосылуы мүмкін.

Магистралдар зақымдалуы кезінде бір уақытта одан қуат алатын барлық электр қабылдағыштар ажыратылуы магистралдық сызбалардың жетіспеушілігінен екенін ескерген жөн. Бұл жетіспеушілік цехта бірыңғай үздіксіз технологиялық процеспен байланысты емес, жеке ірі тұтынушылардың болуы кезінде елеулі.



5.16- сурет. Цехтағы қуат беруші және таратушы желілер сызбасы.



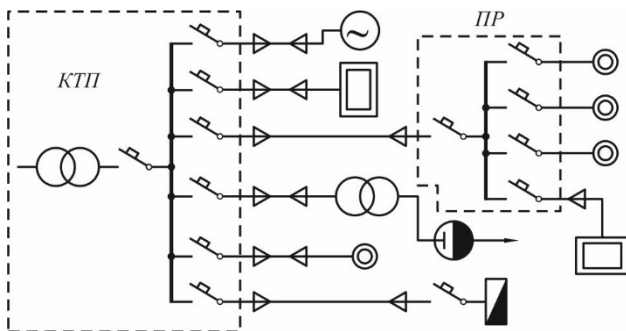
5.17-сурет

Радияльдық қуат беру сызбалары қуат беру көзінен, мысалы ТТҚС-нан тікелей қуатты электр қабылдағыштары немесе дербес желілермен аса ұсақ электр қабылдағыштары қуат алатын, жеке таратушы орындары қуат алатын желілер бөлінуімен сипатталады. (5.18- сурет).

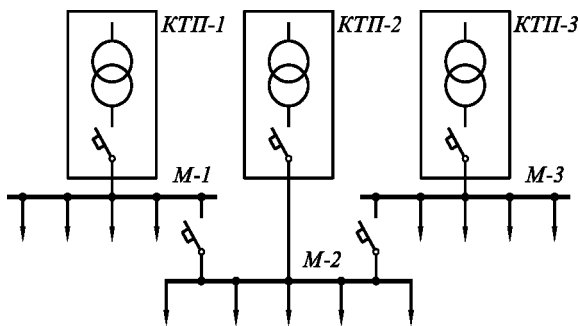
Радияльдық сызбалар апат зақымдалған желілердің автоматты түрде қосқышының ажыратылуымен таратылмағандықтан және өзге желілерге тимегендіктен, жеке тұтынушылардың жоғары қуат беру сенімділігін қамтамасыз етеді.

Барлық тұтынушылар тек ТТҚС құрастыру шиналарында зақымдалу кезінде қуатты жоғалтуы мүмкін, бұл осы ТТҚС шкафтарын жеткілікті сенімді құрастыру салдарынан сену қиын.

Басқару аппараттарының ТТҚС топтану және жеке қосуларды қорғау магистралдық жүйеде орны бар аппараттардың бытырап орналасуына қарағанда, 1 кВ дейінгі кернеуге электр энергияны тарату жүйесінде автоматтандыру міндетін оңай шешуге мүмкіндік береді.



5.18-сурет Цех тұтынушыларына радиалдық қуат беру кезінде резервтеу сызбасы



5.19-сурет. Цехтың қуат беруші магистралдарын өзара резервтеу сызбасы

Тарату құралдары немесе қалқандары бар қуат беруші желілердің радиалдық сызбаларын цехта бірыңғай технологиялық процеспен немесе олардың магистралдық қуат беруі соншама мақсатқа сай емес бір-бірімен байланысты емес, бірнеше жеткілікті қуатты тұтынушылардың болуы кезінде қолданған жөн.

Бұндай тұтынушылар санына автоматтық ажыратқыштарды 400 А номиналдық тоғына және аса дистанциондық басқаруға қолдануды талап ететін электр қабылдағыштар жатуы мүмкін.

Таза түрінде радиалдық және магистралдық сызбалар сирек қолданылады.

Практикада радиалдық және магистралдық сызбалардың элементтерін үйлестіретін аралас сызбалар барынша таратылу орын алады. Металлургиялық зауыттардың ірі цехтарында, машина жасау зауыттарының құю, темір соғатын және механикалық құрастыратын цехтарда, жасанды талшық және өзге кәсіпорындарда әрдайым тұтынушылардың әр түрлі топтарының радиалдық және магистралдық қуат беру сызбалары бар.

Машина жасау және металлургиялық зауыттар цехтарында жеке магистралдардың қуат беруін өзара резервтеумен магистралдық қуат беру сызбалары қолданыс табады.

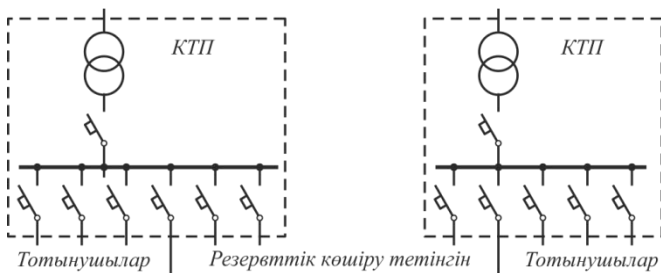
5.17-суреттігі сызба трансформаторлардың біреуін жөндеуге немесе тексеруге шығаруға мүмкіндік береді және асқын жүктемелік қабілетті қолдана отырып, трансформатор жұмысында қалған біреуден бірнеше магистралдарға қуат беруді қамтамасыз етеді. Бұндай қуат беру сызбасы технологиялық жабдықты жөндеу уақытында трансформаторлардың біреуін жөндеуге немесе тексеруге ауыртпалықсыз шығаруға мүмкіндік береді.

Тәулік аралығында технологиялық жабдықты тең өлшемсіз жүктеу кезінде (мысалы, түнгі немесе жөндеу ауысымдардың төмендетілген жүктеме) магистралдарға қуат берудің өзара резервтеу сызбасы

жүктелмеген трансформаторларды ағыту мүмкіндігін қамтамасыз етеді.

Қуат беру сенімділігін арттыру үшін үлкен маңыз жеке магистралдар немесе радиалдық қуат беру кезінде- көршілес КТҚС арасында қосқышқа ие

(5.18 - сурет).Бұндай қосқыштар, ішінара немесе толық өзара резервтеуді қамтамасыз ете отырып, пайдалану үшін, әсіресе жөндеу жұмыстарын жүргізу кезінде ыңғайлы.



5.20- сурет. Цех тұтынушыларына радиалдық қуат беру кезінде резервтеу сызбасы

Барлық жағдайларда желілерді жобалау жобаланатын кәсіпорын технологиясын жобалаушы-электрикпен жақсы білу, технологиялық процесте жеке электр қабылдағыштарының жауапкершілік дәрежесі негізінде орындалуы қажет.

Қабылданатын шешімдерге көп ықпал ету жобаланатын цехте қоршаған орта жағдайын көрсетеді.

Өрт-жарылыс қауіпті немесе шаң орынжайларда электр жабдығы өзге шешімдер оңтайлы емес немесе аса қиын көрінген кезде, тек қатты қажеттілік жағдайда орналастырылған жөн. Бұл ретте бұндай қолайсыз орталарда, арнайы құрастырылған жабдық қолданылатын есте сақтаған жөн.

Қолайсыз орта жағдайында магистралдық сызбалар оларды қолдану кезінде коммутациялық аппараттар цех ауданы бойынша сөзсіз бытырап орналасқандықтан және агрессиялық ортаға әсер етуге тап болғандықтан орынсыз.

Бұндай цехтарда барлық коммутациялық аппараттар қолайсыз агрессиялық және жарылыс қауіпті ортадан оқшауланған, жеке орынжайларда орналасқан кезінде радиалдық қуат беру сызбалары көп қолданыс табады.

5.8. Жарық беретін желілердің сызбалары

Жарық беретін желілер кернеуі. Жалпы жарықтандыру шырақтары үшін келесі кернеуді қолдануға рұқсат етіледі:

ауыспалы тоқтың 380/220 В жоғары емес – жерлендірілген бейтараптама кезінде; ажыралтылған бейтараптама кезінде 220 В.

Шамдары бар жергілікті стационарлық жарықтандыру шырақтары үшін қыздыру 220 В жоғары емес қауіптілігі жоғары емес орынжайларда; 40 В жоғары емес жоғары қауіптілігі бар орынжайларда кернеу қолдану қажет.

Жоғарғы қауіптілігі бар орынжайларда ауыспалы қол шырақтары үшін 42 В жоғары емес кернеу қолданылуы қажет.

Аса қолайсыз жағдайлар кезінде, оқпен зақымдалған қауіптілік тығыздықпен, жұмыс істеушінің ыңғайсыз жағдайымен, қол шырақтары үшін жерге тұйықталған металды бетімен жанасумен күшейтілгенде 12 В жоғары емес кернеу қолданылуы қажет.

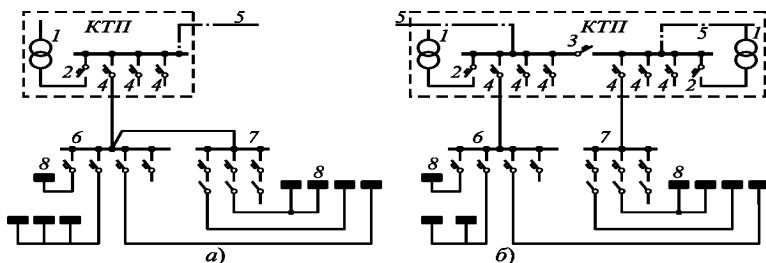
Ғимараттарды жарықтандыруға қуат беру сызбасы. Жарық беретін қондырғыларға қуат беру әдетте 380/220 В кернеуде трансформаторлардың күш беретін және жарық беретін қабылдағыштардан жүргізіледі. Өнеркәсіптік кәсіпорындар желілерінде өз бетінше жарық беретін трансформаторларды қолдану саласы күш беретін қуат сипаты (қуатты дәнекерлеу аппараты, қысқа тұйықталған ротормен қуатты электр қозғалқыштарын жиі іске қосу) бірге қуат беру кезінде шамдарда талап етілетін кернеу сапасын қамтамасыз етуге мүмкіндік бермеу жағдайларымен шектеледі.

Егер күш беретін қабылдағыштар жерлендірілген бейтараптамамен кернеуі 660/380 В желіден қуат алса, онда осы желіге 380 В кернеуге есептелген шырақтар қосылуы мүмкін (газ разрядты шамдар). Барлық қалған жарық беретін қабылдағыштарға қуат беру 660/380 ...220 В кернеуімен аралық трансформаторлардан немесе 6... 10/0,38... 0,22 кВ кернеуімен жеке трансформаторлардан жүргізіледі.

Жарық беретін желілер күш беретін желілермен беттеспейді. Жарық беретін қондырғылардың қуат беру аса сипатты сызбалары 5.21, 5.22, 5.23, 5.24- суреттерде келтірілген. Қуат беру желілерінің желілерін қорғау және басқару аппараты ретінде автоматтық ажыратқыштар (автоматтар) көрсетілген. Шағын станция қалқандарында және магистралдық қалқаншаларда (орындарда) сақтандырыштар және ажыратқыштар қолданылуы мүмкін.

Бір және екі трансформаторлық кіріктіріме толымды трансформаторлық шағын станциялардан қуат беру (5.19 - суретке

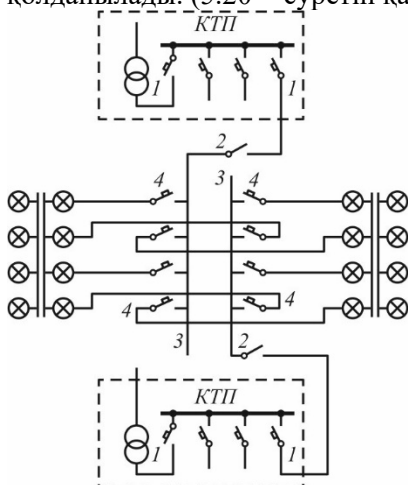
қараңыз). Жарықтандыруды қуаттау үшін көп жағдайда автоматтары бары 6 магистралдық қалқан орнатылады.



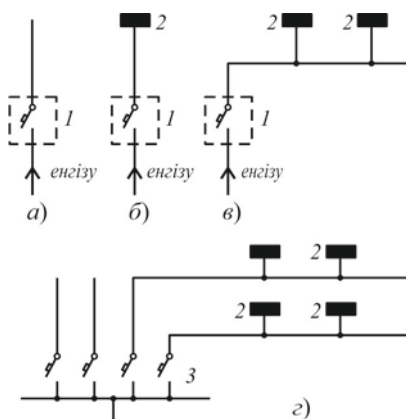
5.21- сурет. КТҚС-дан жұмыс жарықтандыруды қуаттау сызбасы: а – бір трансформаторлық КТҚС; б – екі трансформаторлық КТҚС; 1 - трансформатор; 2 - енгізуші автоматтық ажыратқыш; 3 - секциялық автоматтық ажыратқыш; 4 - желілік автоматтық ажыратқыш; 5 – күш беретін магистралдық шинасы; 6 - магистралдық қалқанша; 7 – басқару станциясының қалқаны; 8 – жұмыс жарықтандырудың топтық қалқаншасы

Дистанциондық басқаруды жарықтандырумен құру кезінде автоматтары және магниттік қосқышы немесе контакторлары бар басқару станциясының қалқандары (БСК) 7 орнатылады. Магистралдық қалқаншалардан немесе БСК-нан топтық қалқаншаларға қуат беру желілерінің желілері бөлінеді 8; магистралдық қалқаншалар және БСК тікелей КТҚС-нан қуат алады.

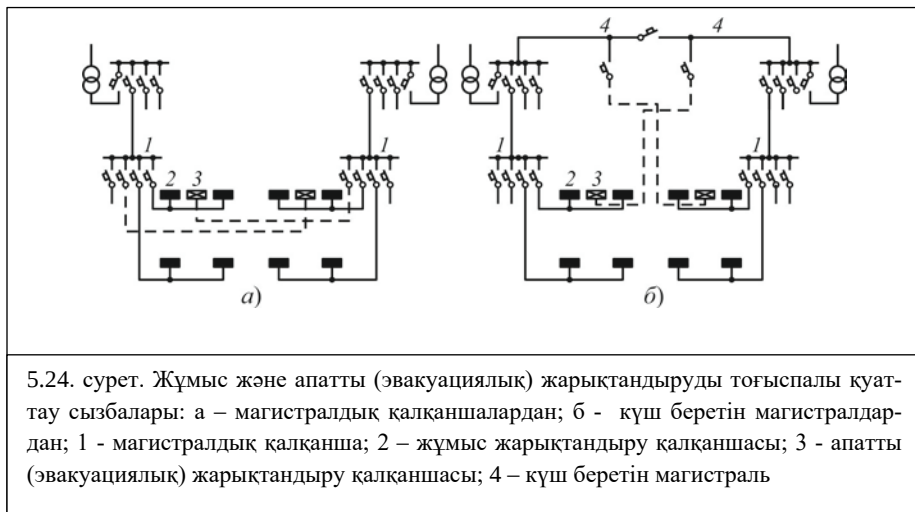
Шырақтар арнайы мінбелерде орналасатын цехтарда 250, 400 және 630 А тоқ күшіне ШОС типті тарату шинасымдарын қуаттау сызбасы қолданылады. (5.20 - суретін қараңыз).



5.22. сурет



5.23. сурет



Шырақтар шинасымдарында орнатылған 4 автоматтар арқылы қуат алады; бұл ретте топтық қалқаншаларда қажеттілік жоғалады. Жарықтандыруды басқару дистанциондық басқаруды құру кезінде жарықтандырумен магниттік қосқыштар және контакторлар ауыстырылатын, 2 ажыратқыш жүргізіледі.

Бұндай сызбаны шырақтар маңызды жалпы қуаты және үлкен учаскелерді жалпы жарықтандыруға бір уақытта қосу қол жетімдігі кезінде қалыпты орта жағдайлары бар орынжайларда қолдану мақсатқа сай.

Жеке тұрған шағын станциялардан қуаттану. Кіріктіріме шағын станциялары жоқ ғимараттарды жарықтандыру, жақын шағын станциялардан кәбілдік немесе әуе желілерімен қуаттанады. Үлкен қуаты бар ғимараттарда жарықтандыру бір немесе екі желі енгізіледі, ал шағын қуат кезінде бір желімен бірнеше ғимараттарды жарықтандыру қуаттанады. Ғимаратқа әр желіні енгізуде автоматтары бар енгізуші құрылғы орнатылады (5.20 - суретін қараңыз). Бірнеше шырақтары, топтық желілері, қуаттаушы шырақтары баршағын ғимараттар үшін енгізу автоматына қосылады (5.20, а - суретін қараңыз). Жарықтандырудың үлкен қуаты кезінде ғимаратқа бір (5.20, б - суретін қараңыз) желімен қуаттанатын бір немесе бірнеше қалқаншалар (5.20, в - суретін қараңыз) орнатылады. Егер бір желі жеткіліксіз болса, енгізуге магистралдық қалқанша орнатылады (5.20, г - суретін қараңыз).

Апатты және эвакуациялық жарықтандыруды қуаттау. Апатты

және эвакуациялық жарықтандыруды қуаттау сызбасын белгілей отырып, олардың әрекетін сенімділігіне талаптарды сақтау қажет. Жарықтандырудың бұл түрлерінің топтық қалқаншалары жұмыс жарықтандыру қалқаншалары сияқты шағын станция қалқаншаларынан (5.19 - суретін қараңыз), ғимаратқа ендіруден (5.20- суретін қараңыз) немесе күш беретін желілерден (5.20 - суретін қараңыз) магистралдық қалқаншалар арқылы жеке желілермен қуат беріледі.

Егер ғимаратта тәуелсіз қуат беру көздерінен қуат алатын бірнеше бір трансформаторлық шағын станциялар орналасқан, апатты жарықтандыру тоғыспалы сызба бойынша қуат алуы мүмкін. Бұл жағдайда әр ғимараттың жұмыс және апатты жарықтандырылуы әр түрлі шағын станциялардан қуат алады.

6 Тарау

ШАҒЫН СТАНЦИЯЛАРДЫҢ ЭЛЕКТРЛІК ЖАЛҒАУЛАРЫНЫҢ СЫЗБАЛАРЫ

6.1. Шағын электр станциялардың сызбаларын таңдау принциптері

Шағын станциялардың сызбалары электрмен жабдықтаудың жалпы сызбасы есебінен таңдалады, яғни желілер сызбасының түрі (радиалдық немесе магистралдық) электрмен жабдықтаудың жалпы жүйесіне кіретін шағын станциялар сызбасының түріне айтарлықтай әсер етеді.

Барлық кернеудің қосылқы станцияларының сызбалары келесі негізгі ережелерден әзірленеді:

ең аз ажыратқыштар санымен ең қарапайым сызбаларды қолдану;
гпп және РП жиынтық шиналарының бір жүйесімен оны секцияларға бөле отырып, айрықша қолдану;

желілердің жеке жұмысын және трансформаторлардың жеке жұмысын әдеттегідей қолдану;

блок сызбаларын және 110... 220 кВ кернеулі терең енгізудің шинасыз шағын станцияларын қолдану.

6...10 кВ кернеулі бөліп тартатын шағын станцияларды енгізуде және гпп и пгВ қосымша кернеуді енгізуде, әдетте, резервті автоматты түрде сөндіру үшін ажыратқыштарды орнатқан жөн.

6...10 кВ кернеулі шиналарды ажыртақыштарды секциялау кезінде

сөндірілген секцияда персоналдың қауіпсіз жұмысы үшін екі ажыратқышты дәйекті орнату ұсынылады.

6...10 кВ кернеулі желілерде КЗ тоқтарын азайту үшін ажыратылған екінші орам сыммен трансформаторларды қолданған жөн. Реакторлау кезінде трансформаторлардың екінші кернеуін тізбектеуде немесе жабдықтаушы желілерді енгізуде топтық реакторлармен сызбалар болғаны жөн. Тоқтың трансформаторларын және реакторларды сөндіргеннен кейін орнатқан дұрыс.

Жерлендірілген шаппаларды орнату. Ажыратқыштардағы жерлендірілген шаппаларды (ЖШ) орнату электр жабдықтары элементтерін жерлендіру үшін, оларды ревизиялау және жөндеу кезінде келесідей орындалады:

Ревизия кезінде сөндіргіш екі жағынан жерлену керек, сондықтан оның ек жағында орналасқан ажыратқыштар сөндіргішке қаратылған жағынан ЖШ орналастырады;

Желілерді ревизиялау үшін ЖШ желі жағынан желілік ажыратқыштан орналастырылады;

Жиынтық шиналарды ревизиялау үшін ЖШ кернеулі трансформаторлар ажыратқыштарында жиынтық шиналар жағынан орналастырылады, осы ажыратқыштардың қарама-қарсы жағынан да ЖШ кернеулі трансформаторлар үшін орналастырылады.

Демек, ажыратқыштар бөлігі ЖШ екі жағынан (бұл кернеулі трансформаторлар тізбектеуде желілік ажыратқыштар мен шиналық ажыратқыштар), ал ажыратқыштардың бөлігі – екінші жағынан (сөндіргішке қаратылған жағына шиналық ажыратқыштар) жабдыкталады.

Ажыратқыштар мен де, ЖШ-мен де қате операцияларды тоқтатын толық бұғаттау қарастырылады, яғни бұғаттау шиналарға немесе ЖШ жолымен жерленген шиналардың учаскелеріне сөндіргіштермен немесе ажыратқыштармен кернеуді беру мүмкіндігін жояды, сонымен қатар бұғаттау Кернеулі тоқты беретін бөліктерден барлық жағынан ажыратқыштармен сөндірілген шиналар учаскесінде ғана ЖШ сөнуіне рұқсат етеді.

6.2. Негізгі түсіруші шағын станциялардың және терең енгізу шағын станцияларының сызбалары

6.2.1. Негізгі түсіруші шағын станциялар мен терең енгізу шағын станцияларын 35 ...220 кВ кернеулі желілерге қосу

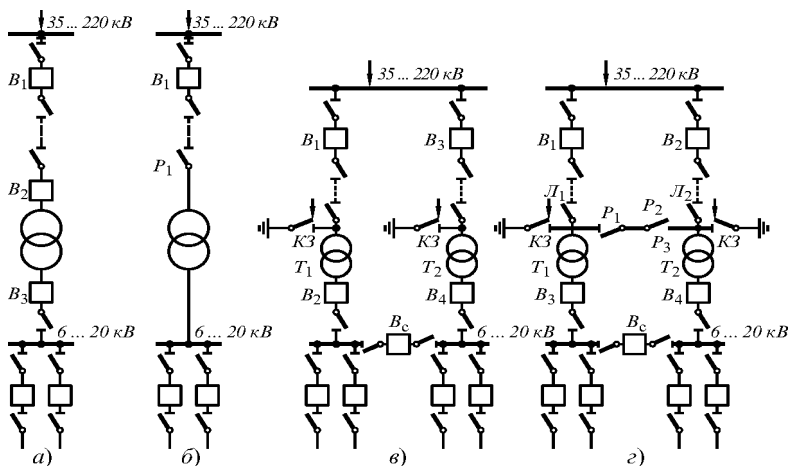
Блоктық принципте негізделген 35...220 кВ бастапқы кернеулі

жиынтық шиналарынсыз шағын станциялар коректену кезінде тікелей энергия жүйесінің аудандық жүйесінен де, сондай-ақ түйіндік шағын станциялардан да қолданылады.

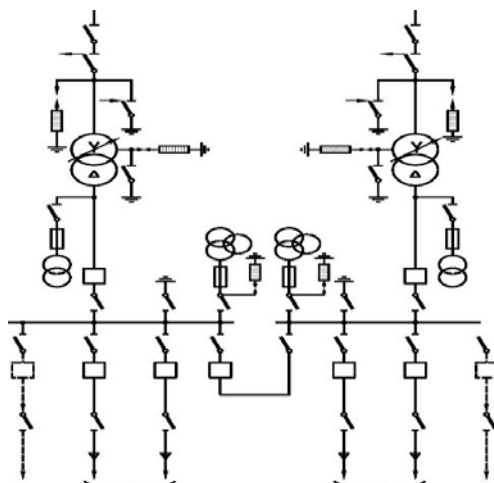
Сөндіргішті трансформатордың жоғары кернеуі жағында орналастыру дұрыс деп саналады, себебі трансформаторды (жөндеуге енгізу қажеттілігі туындағанда) аудандық шағын станцияда және ГПП немесе ПГВ трансформаторының Ру ажыратқышымен сөндіруге болады.

Трансформаторлардың көбісін олардан екінші кернеуде сөндіргішпен қуаты түсірілгеннен кейін кернеуден ажыратқышпен немесе аудандық шағын станциядағы сөндіргішпен сөндірмей-ақ бөлігішпен бөлуге болады.

Ең оңтайлы және айтарлықтай сенімді болып шағын станцияның жоғарғы жағында қысқа тұйықтағыштарды қолданатын сызба саналады (6.1- сурет в,г). Трансформатор іштей бұзылған кезде қысқа тұйықтағыш жетегінің тізбегін тұйықтайтын релелік қорғаныс істейді және қысқа тұйықтағыш шаппалары қосылады.



6.1-сурет. Бастапқы кернеудегі жиынтық шиналарсыз шағын станциялар сызбалары 35...220 кВ

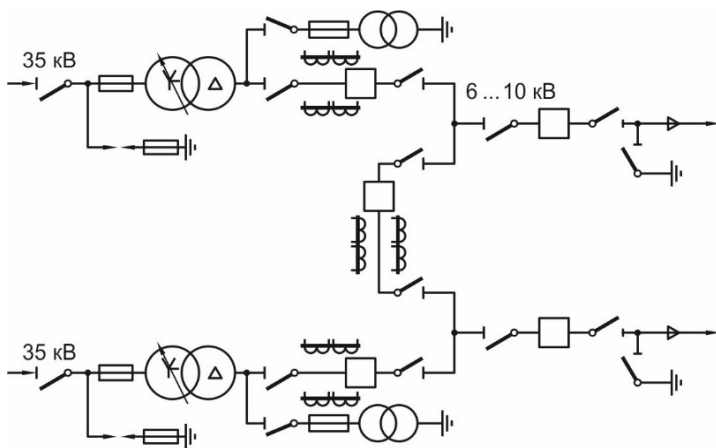


6.2- сурет. 16 МВ - А дейін қуатты екі трансформаторлармен 35... 220 кВ кернеулі магистралдық желіден аралық шықпаларында шағын станцияларды электрлік қосу сызбасы

Желіде қысқа тұйықталу туындайды, ол желінің жеткізу соңында орналастырылған қорғаныс әрекетіне әкеледі, ал аудандық шағын станциядағы сөндіргіш трансформатормен бірге желіні сөндіреді.

6.1-суретте бейнеленген сызда, трансформаторлардың жоғарғы кернеулі жағында бөлгіштермен қосқыш қолданылған. Бір желі бүлінген және оны жеткізу соңында сөндіргішпен сөндіріген және трансформаторлардың жоғарғы кернеулі жағында бөлгіштермен ажыратқан жағдайда бөлгіштерден қосқышты сөндіруге болады. Сөйтіп, бір желіден екі трансформаторларды қоректендіруге болады.

Аралық шықпалардағы ГПП немесе ПГВ қоректендіру кезінде 35... 220 кВ кернеулі екі тізбекті магистралдық желіден қысқа тұйықтағыштармен сызбалар қолданылады (6.2-сурет).



6.3. Сурет Тізбекті магистралдық желіден қысқа тұйықтағыштармен сызбалар

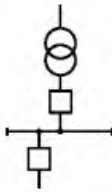
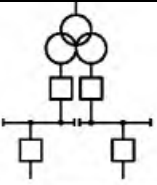
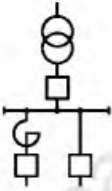
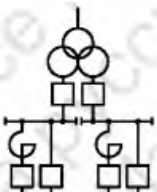
Алайда мұнда ажыратқыштармен қоса бөлгіш қосылған. Трансформатордың ішін бүлінген кезде қысқа тұйықтағышты қосатын релелік қорғаныс істейді. Аудындық шағын станциядағы сөндіргіш магистралдық желіні оған барлық қосылған трансформаторлармен қоса сөндіреді. Кейін бөлгіш жетегі әрекетке тартылады және бөлгіш бүлінген трансформаторды магистралдық желіден ажыратады. Бұдан әрі тоқсыз кідірістен кейін магистральдің бас учаскесінде сөндіргіштің автоматты түрде қайтадан сөнуі іске қосылады және жеткізуші желі барлық бүлінбеген жалғасулармен кернеумен сөндіріледі.

6.2-суретте қуаттылығы 3200 кВ-А. дейін трансформаторлармен 35/6... 10 кВ кернеулі шағын станциялар сызбасы келтірілген. Оқсыз трансформатордың тоғын сөндіру үшін 35 кВ кернеуге ажыратқышты пайдаланады. Ажыратқышты сөндіретін алдында трансформатор екінші кернеу жағынан сөндіргішпен жүктеме тоғынан сөндіріледі.

6.2.2. 6...10 кВ кернеулі айырғыш құрылғыларды төмендейтін трансформаторларға қосу

6...10 кВ кернеулі айырғыш құралдары төмендейтін шағын станциялар үшін трансформатордың екінші кернеуінің орамына қосылады, іс жүзінде барлық сызбалар (6.1. кесте) төменде келтірілген сызбалардың қиыстыруымен орындалуы мүмкін. Жиынтық шиналардың секциялары бөлек жұмыс істейді.

**Жиынтық шиналардың секцияларын 6... 10 кВ
кернеулі трансформатордың орамына қосу сызбасы**

Сызба	Сызбаны бейнелеу	Сызбаның сипаттамасы
	Жиынтық шиналардың бір секциясын трансформаторға немесе бөліну желілерінің реакциялауынсыз 6... 10 кВ кернеулі тарамдалған орамамен трансформатордың қатарлас қосылған тармақтарына қосу	Қыстырма, секция аралық және желелік сөндіргіштер ретінде күші 20 немесе 31,5 кА сөндіріс тоғымен сөндіргіштер пайдаланылады.
	Жиынтық шиналардың екі секциясын бөліну желілерінің реакциялауынсыз 6... 10 кВ кернеулі тарамдалған орамамен трансформаторға қосу	Сызба кернеу тербелісінде бір тармақтың басқа кенеттен ауыспалы жүктемелерінде теріс әсерді азайтады.
	Жиынтық шиналардың бір секциясын трансформаторға немесе бөліну желілерінің реакциялауынсыз 6... 10 кВ кернеулі тарамдалған орамамен трансформатордың қатарлас қосылған	ТҚ құрама шиналарынан бөліну желісіне, әрбіріне бірден төрт-бес желілерге дейін жалғайтын, топтық реакторлар орнатады.
	Жиынтық шиналардың екі секциясын бөліну желілерінің реакциялауынсыз 6... 10 кВ кернеулі тарамдалған орамамен трансформаторға қосу	Қуат беруші желіде электр энергиясының сапасын төмендететін электр қабылдағыштар болған кезде олардың әсері азаяды.

6.2.3. Шиналардың екі жүйесі бар сызбалар

Жиынтық шиналардың екі жүйесі бар сызба икемділігі және жан-жақтылығы бар, ол:

жиынтық шиналарды тұтынушыларды қуат көзінен үзбеу жөндеуге;

шиналардың бір жүйесі бұзылған кезде тұтынушылардың қуат көзін тез қалпына келтіруге;

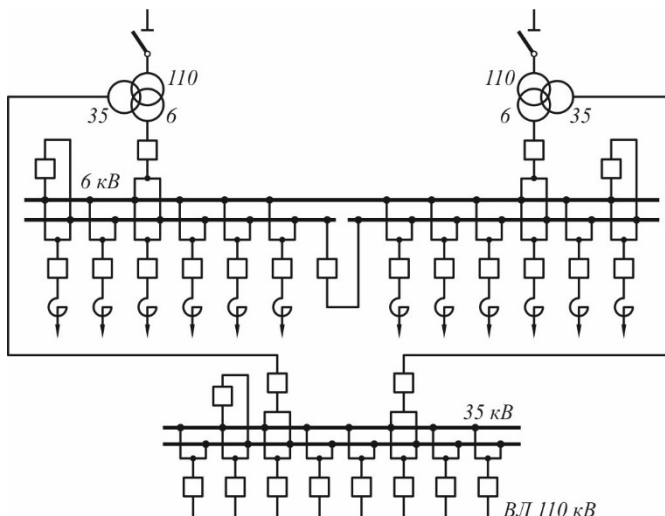
жабдықтар мен желілерді сынауды жүргізу үшін шиналардың жүйесінен біреуін бөлуге;

тізбектер мен қосқыштардың әртүрлі топтауын жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Әр сөндіргішті шиналық ажыратқыштармен шиналардың кез келген жүйесіне қосуға болады. Өнеркәсіп кәсіпорындарында шиналардың екі жүйесі бар сызба жауапты мақсаттың қуатты шағын станцияларда, мысалы, дамыған электрлік желісі бар, көп қосқыштарымен және байланыс және транзиттік желілері бар үлкен зауыттардың ірі негізгі шағын станцияларында қолданылады. Сонымен қатар олар пайдалану режимі бойынша талап етілетін жағдайларда, мысалы, қуат көздерін бөлу немесе жеке тұтынушыларды бөлу қажеттілігі кезінде қолданылады. 6...10 кВ кернеулі шиналардың екі жүйесін қолдану кезінде олардың біреуін енгізу саны немесе төмендетілген трансформаторлар бойынша секцияға бөлінеді, ал басқасы секцияланбаған түрде орындайды.

6.4. суретте екінші кернеуде шиналардың екі жүйесімен қуатты ГПП сызбас келтірілген. Сызбада 6 кВ кернеулі желілерде жеке реакторлар көрсетілген.

Жол шиналарының екі жүйесі бар бөлгіш құрылғы пайдалануға қиын және күрделі блоктауды талап етеді. Кешенді бөлгіш құрылғыларды (КБҚ) кең қолдану кезінде сондай-ақ шиналардың екі жүйесін қолданудың мақсаты шектеледі, себебі зауыттық КБҚ көбіне шиналардың бір жүйесімен әзірленеді. Сондықтан тіпті ірі шағын станцияларда бір автоматикалы бір секцияланған жүйе қолданылады.

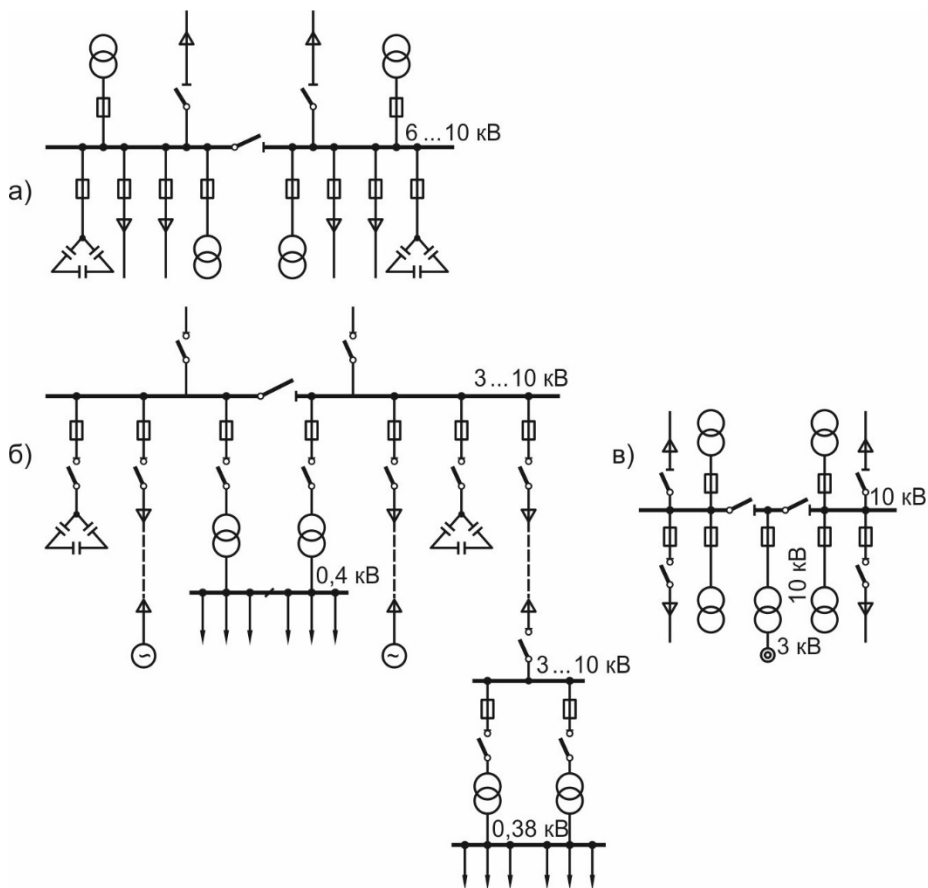


6.4. сурет. Екінші кернеудегі шиналардың екі жүйесі бар қауатты ГПП сызбасы

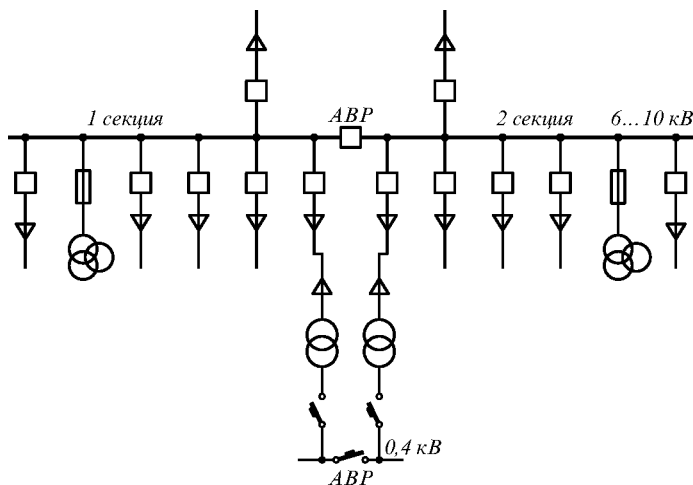
6... 10 кВ кернеулі таратқыш шағын станцияларда ТҚ шиналардың бір жүйесі бар коммутация сызбасы ең көп таралған. ТҚ-дан трансформаторлар, 1 кВ артық кернеулі электр қозғалтқыштар, электрлік пештер және 1 кВ артық кернеулі электр қабылдағыштары бар басқа дақондырғылар қуат алады.

Шиналардың бір жүйесінде қуат көзінің сенімділігі коммутациялық операциялардың саны азайғанда және ондағы болуы мүмкін қателер салдарынан артады. Ажыратқыштар бұл жерде шұғыл болып табылмайды және оны тексеру және жөндеу уақытында сөндіргішпен кернеуді алу үшін ғана қызмет етеді. Сондықтан операциялау кезінде болған қателерден олармен маңызды зардаптар болмайды, себебі олар сенімді және қарапайым блокпен сөндіргіштермен жабдықталған.

Шиналардың жеке жүйелері секцияланған және секцияланбаған болады.



6.5. сурет. Жиынтық шиналардың бір жүйесі бар таратқыш шағын станциялардың сызбасы: а - таратқыштармен; б – жүктемені сөндіргіштермен; в – үш секциямен



6.6-сурет. орта қуатты, секцияланған сөндіргіші бар жауапты ажыратқыш шағын станцияның сызбасы

Бірінші және екінші санатты тұтынушылар үшін ажыратқыш немесе сөндіргіш көмегімен секцияланған сызба ғана қолданылады. Секциялардың саны электр жабдықтау сызбасымен бір жағынан және қосылған электр қабылдағыштар сипатымен басқа жағынан анықталады. ТҚ әр секциясы жеке желімен қуатталады. Егер қуатталатын желінің біреуі сөндірілсе және оған қуат беретін секция тоқсызданса, онда оның қуаты секциялық аппаратты сөндіру жолымен қалпына келтіріледі.

Желілердің қатар жұмысы жиі ерекшелік ретінде қолданылады.

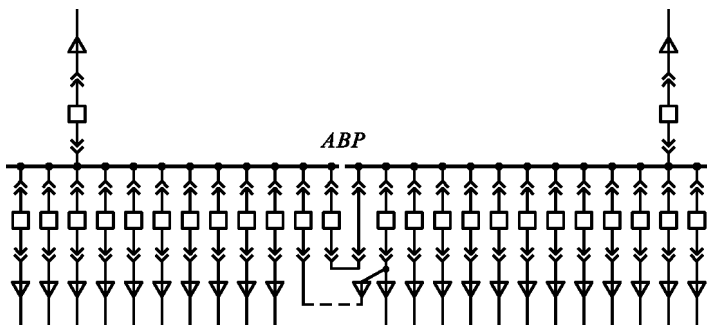
6.5. суретте ажыратқыштар көмегімен секцияланған шағын ТҚ сызбалары келтірілген. 6.5. суреттегі ірі жауапты қозғалтқыш орта секцияға белгіленген, ол оның ТҚ жұмысының кез келген режимінде үздіксіз қуаттануын қамтамасыз етеді.

Секциялық сөндіргіштерді қолдану кезінде резервті автоматты түрде сөндіруге болады. Кей кезде РАС енгізу сөндіргіштерінде қолданылады. 6.6. және 6.7. суреттерде сөндіргіштер көмегімен секцияланатын шиналардың бір жүйесімен ажыратқыш шағын станциялардың сызбасын орындау мысалдары берілген.

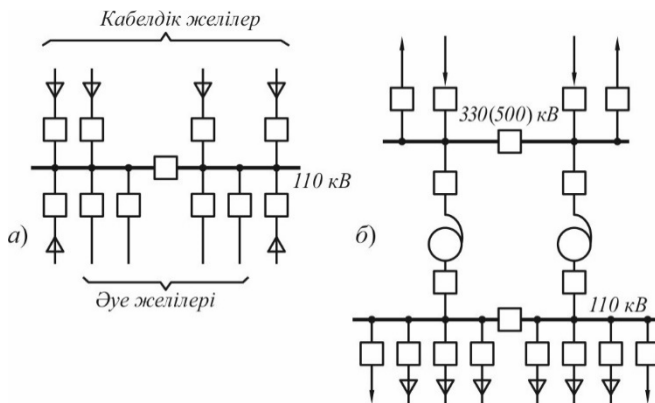
6.6. суретте сөндіргіштің көмегімен секцияланған, 6.10 кВ кернеулі секциялық сөндіргіштегі және ТҚ берілген әртүрлі секциялардан қуат алатын екі трансформаторлы шағын станцияның екінші жағынан 0,4 кВ

кернеулі секциялық автоматтағы РАС орта қуатты жауапты ажыратқыш шағын станциялар сызбасы берілген.

6.7. суретте КБҚ қолданып, жылжымалы сөндіргіштермен секциялық сөндіргіштегі РАС бар ірі шағын станция сызбасы келтірілген (7.3-тарауды қараңыз).



6.7- сурет. КБҚ қолданып, секциялық сөндіргіште РАС бар ірі ажыратқыш шағын станцияның сызбасы



6.8. сурет. электрлік жүйеден қуат алатын тораптық ажыратқыш шағын станциялар сызбалары: а – шағын қуатты, таза ажыратқыш; б – бірінші кернеуде жиынтық шиналары

бар ірі ТҚ 1 кВ артық кернеулі электр қозғалтқышының қуат алуына арналған. 6.8. суретте 110...330 кВ кернеулі тораптық ажыратқыш шағын станциялар сызбалары көрсетілген. Бұл шағын станциялар энергия жүйесінен электр энергиясын алады және оны кәсіпорындар бойынша терең енгізулердің көмегімен бөледі. Қуат алатын, сондай-ақ

кәсіпорынның ластанған аймақтарынан тыс өтетін желілер – ауа; ластанған аймақтарда орналасқан терең енгізулердің шағын станциялары қуат алушы желілер – кабельдік.

6.8. суретте келтірілген сызбадағы шағын станция өте ірі кәсіпорынға арналған. Оның автотрансформаторы бар.

6.4. 6...10/0,4...0,66 кВ кернеулі трансформаторлық шағын станциялардың сызбасы

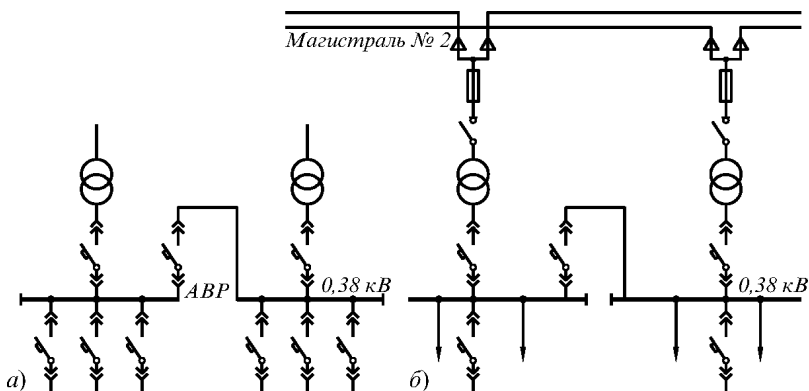
6.4.1. Цехтық трансформаторлық шағын станцияларды 6... 10 кВ кернеулі желілерге қосу

6... 10 кВ кернеулі цехтық трансформаторлық шағын станцияларда жиынтық шиналарсыз сызбалар қолданылады (6.9. сурет). желі блогының сызбасы бойынша радиалдық қуаттандыру кезінде – трансформатор әдетте жоғары кернеулі жағында трансформаторларды тікелей қосу қолданылады (6.9. *a* суретті қар.). Магистраль бойынша қуаттандыру кезінде трансформаторға енгізуде көп жағдайда жүктемелерді сөндіргіштер немесе ажыратқыштар орналастырылады (6.9 *a* суретті қар.). Егер трансформаторды ол бұзылған немесе жосықсыз қайта жүктеу кезінде іріктемелі сөндіруді қамтамасыз ету қажет болса, онда біртіндеп жүктеме сөндіргішімен немесе ажыратқышпен сақтандырғыш орналастырылады.

Номиналды қуаттылығы $S_{ном.т}$ трансформаторға енгізуде ТҚ магистралды қуаттандыру кезінде тоқтың бағыттары бойынша келесі тәртіпте аппараттар орналастырылады:

сақтандырғыш және жүктемені сөндіргіш ($S_{ном.т} \geq 630 \text{ кВ} \blacksquare A$ кезінде);

ажыратқыш және сақтандырғыш ($S_{ном.т} \leq 400 \text{ кВ} \blacksquare A_k$ кезінде).



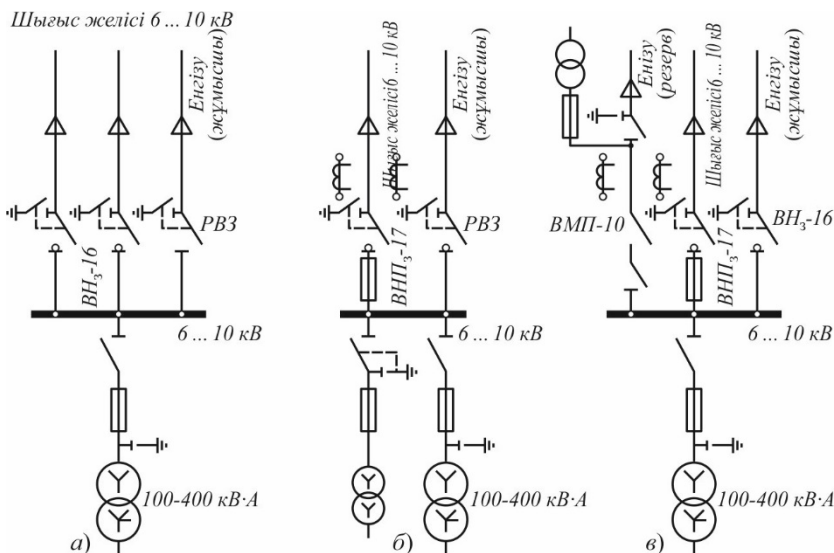
6.9- сурет. 6... 10 кВ кернеулі жиынтық шиналарсыз цехтық шағын станциялар сызбасы:
а – радиалдық қуаттандыру кезінде; б – магистралдық қуаттандыру кезінде

Кешенді трансформаторлық шағын станциялар сызбалары келесі негізгі элементтерден тұрады: бастапқы кернеуді енгізулер, трансформаторлар, әртүрлі модификацияда екінші кернеудің желісінен бұрылатын желілердің трансформаторларынан екінші кернеуді енгізулер, екінші кернеулі шиналардағы секциялық аппараттар. 6...10 кВ кернеулі КБҚ енгізулер негізінен электр жабдықтау сызбасына байланысты 6.9. а және б суретте келтірілген сызбалар бойынша орындалады.

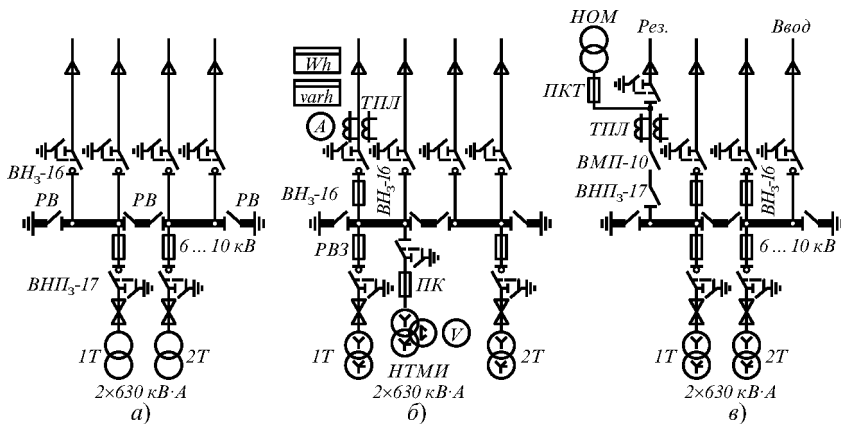
6.4.2. Трансформаторлық шағын станцияларды қала тұтынушыларын қуаттандыру үшін 6... 10 кВ кернеулі желілерге қосу

Бір трансформаторлы шағын станцияларды қуаттылығы 630 кВ ■ А дейін трансформаторлармен электрлік қосу сызбалары ең қарапайым болып табылады және қиын емес коммутациялау және қорғаныс аппараттарының ең аз санын құрайды.

6.10 суретте қуаттылығы 400 кВ·А дейін трансформаторлары бар трансформаторлық шағын станцияларды кабельдік енгізумен электрлік қосу сызбасы келтірілген. Шағын станция сызбасын таңдау 6. 10 кВ. кернеулі бөлгіш желіні құру сызбасымен анықталады. 6.10, а суретте келтірілген сызбадағы шағын станция тұзақты сызбада пайдаланылады, 6.10, б, в, суретте келтірілген сызбадағы шағын станция – бір радиалдық желіден қуаттану кезінде, ал бөліну радиалдық жүйесі жеке тұтынушыларды қуаттандырады. 6.11. суретте қуаттылығы әрқайсысы 630 кВ ■ А дейін трансформаторлары бар екі трансформаторлық шағын станцияның кабельдік енгізумен қосылу сызбасы келтірілген. Шағын станцияның ажыратқыштар көмегімен екі секцияға секцияланған жиынтық шиналардың бір жүйесі бар. Әр шиналардың секциясына бір-екі желінің және бір трансформатор бойынша қосылуы қарастырылған.



6.10. сурет



6.11 - сурет. Қуаттылығы әрқайсысы 630 кВ - А дейін екі трансформаторы бар шағын станциялардың электрлік қосылу сызбасы.

Шиналардың әр секциясына жерлендіруші ажыратқыш қарастырылған. 6...10 кВ кернеулі бөлгіш құрылғыда жүктемесі ВНЗ-16 и ВНПЗ-17 сөндіргіштер мен тек резервтік қосу үшін ВМП-10 майлы сөндіргіш орнатылады.

6.11. а, суретте келтірілген сызбада автоматика мен өлшем жоқ. 6.11. б, суретте келтірілген сызбада өлшегіш трансформаторлары (тоқ – ТПЛ және қуат - HTMI) мен есепке алу құралдары: амперметр, активтік және реактивтік энергия орнатылған энергияны коммерциялық есепке алу қарастырылған. 6.11. в, суретте келтірілген сызбада резервтік енгізуге ВМП-10 сөндіргіші бар АВР орнатылған.

6.5. 1 кВ дейін кернеулі бөлгіш шағын станцияның сызбасы

Бөлгіш шағын станциялар сызбасы (бөлгіш пункт, күштік пункт, бөлгіш қалқан, шкаф және т.б.) оның белгілеумен, оның санымен және бөліну желісінің қуаттылығымен, қысқа тұйықталу тоғының деңгейімен анықталады.

Тұрғын үйлерге және қоғамдық ғимараттарға жылуды енгізу үшін енгізу бөлгіш құрылғылары (ЕБҚ) қолданылады. ЕБҚ панелінің сызбасы бір желілі бейнеде 6.12. суретте берілген.

1 кВ дейін кернеулі РП орындау кезінде автоматты қорғағыштары немесе ажыратқыштары, кей кезде контакторлары бар ажыратқыштардан жинақтар орнатылатын стандартты панельдер пайдаланылады. РПС-2 ажыратқыштары мен қорғағыштары және ТК-20 тоқтың

Күштік және жарықтандырғыш желілер үшін бөлгіш шағын станциялар сызбаларында бір магистралдан қуатталатын қалған РП жұмысын бұзбай, барлық РП сөндіру қамтамасыз етілуі тиіс.

Ең сенімді электр жабдықтарын талап ететін тұтынушылар үшін екі ажыратқышты немесе тәуелсіз қуаттандыру көзіне қосуға арналған енгізудегі контакторлары бар РП қолданылады.

106

7 Тарау

ТРАНСФОРМАТОРЛАРДЫ ЖӘНЕ БӨЛГІШ ШАҒЫН СТАНЦИЯЛАРДЫ КОНСТРУКТИВТІ ОРЫНДАУ

7.1. Трансформаторларды және бөлгіш шағын станцияларды құрастыру және орналастыру принциптері

7.1.1. Жалпы мәліметтер

Трансформаторларды және бөлгіш шағын станцияларды құрастыру және конструктивті орындау электрлік қосылудың бас сызбасы негізінде жүргізіледі.

Шағын станцияларды құрастыру электр жабдықтау объектісінің бас жоспарымен келісілуі тиіс, қолданыстағы құрылыс нормаларын, ғимараттардың типтік элементтерінің стандарттары мен мөлшерлері ескерілуі қажет.

1 кВ кернеулі шағын станциялардың орналасуы автомобильдік, талап етілсе теміржол оңтайлы көліктерін, оңтайлы тәсілдерін және талап етілетін бағыттарда электр берудің ауа желілерінің және кабельдік құрылыстың шығыстары ескерілуі және қайта қаралуы тиіс.

Электр жабдықтарын құрастыру, конструктивті орындау, тоқ жүргізетін бөліктерді монтаждау, салмақ түсетін конструкцияны таңдау, оқшауланған немесе басқа да минималды арақашықтықтар мынадай жолдармен:

құрылғы жұмысының қалыпты режимінде жабдықтардың қауіпсіз қызмет көрсетуін;

сөндіргіштер мен ажыратқыштардың жай-күйінің, трансформаторла мен аппараттарда май деңгейінің көрсеткіштерін оңтайлы бақылауды; имекті қысқа тұйықталу әрекеттерімен негізделген қондырғы жұмысының қалыпты жағдайы бұзылған кезде бұзылудың шектелуі қажет деңгейін;

қауіпсіз қарауды, ауысымды, аппараттарды және кернеулі көрші тізбектердің қалыпты жұмысын бұзбай одан кернеуді алу кезінде кез келген тізбектердің конструкцияларын жөндеу;

электр жабдықтарының демеу конструкцияларының қажетті механикалық тұрақтылығын;

жабдықтарды оңтайлы тасымалдау мүмкіндігін;

шағын станциялар алаңын максималды үнемдеуді қамтамасыз етеді.

Шағын станция аумағының сыртқы қоршауы болуы тиіс, алайда

қоршау жабық шағын жабық шағын станциялар үшін қаралмауы мүмкін.

Май саны 60 кг. асатын май толтырылған жабдығы бар электр қондырғыларын жобалау кезінде нормативтік құжаттарға сәйкес өрт қауіпсіздігі талаптарын қамтамасыз етуге тиіс.

Әрбір трансформаторлық шағын станция үш негізгі блоктан тұрады: жоғарғы кернеулі бөлгіш құрылғылар, трансформатор, төменгі кернеулі бөлгіш құрылғылар.

Бөлгіш құрылғылар коммутациялық аппараттардан, қорғау және автоматика қорғаныстарынан, өлшегіш құралдардан, жиынтық және қосу шиналарынан, шағын құралдардан тұрады.

Трансформаторлық және бөлгіш шағын станциялардың РУ конструктивті орындау бойынша ішкі – жабық (ЗРУ) – электр жабдықтарын ғимараттарда және сыртында орналастырумен – ашық (ОРУ) – ашық ауада электр жабдықтарын орналастырумен мүмкін.

Шағын станциялар кешенді және жиынтық болы мүмкін.

Кешенді шағын станциялар зауыттарда жасалады және жабдықтарға демонтаж жасамай тораптармен және блоктармен орналастырылған жерге тасымалданады. Монтаждау орнында тораптармен және блоктармен орналастыру және олардың арасындағы және электр жабдықтау желілеріне қосу жүргізіледі.

Кешенді бөлгіш құрылғы – толық және жартылай жабық шкафтардан немесе қоса орналасқан аппараттары, қорғаныс және автоматика құрылғылары, өлшегіш құралдары және шағын құралдары бар блоктардан тұратын, жинақталған немесе жинау үшін толық дайындалған түрде берілетін және ішкі қондырғыға арналған бөлгіш құрылғы.

Сыртқы қондырғының кешенді бөлгіш құрылғы (СҚКБ) – бұл сыртқы (ашық) құрылғыға арналған КБҚ).

Кешенді трансформаторлық шағын станция (КТҚ – ішке және КТПН сыртқы құрылғыға арналған) - жинақталған немесе жинау үшін толық дайындалған түрде берілетін КБҚ или СҚКБ трансформаторлары мен блоктарынан тұратын шағын станция.

Жиынтық шағын станцияларда жеке элементтер зауыттарда және электр монтаждау ұйымдарында дайындалады, жинау үшін монтаждау орнына жеткізіледі.

Камера (ұяшық) – аппараттар мен шиналарды орнатуға арналған үй-жай. Жабық камера барлық жағынан жабық және тұтас (торсыз) есіктері бар. Қоршалған камера толық және жартылай тұтас емес (торлы немесе аралас) қоршаулармен қорғалған ойықтары бар.

7.1.2. Шағын станцияларды орналастыру

Объект аумағындағы келесі шағын станцияларды орналасқан жері бойынша ажыратады:

ғимараттан қашықтықта жеке тұратын;

негізгі ғимаратқа сыртынан тікелей жалғасып салынған;

ғимараттың ішіндегі жеке үй-жайларда орналасқан, бірақ трансформаторларды сыртқа тартып шығарумен құрамдасқан; цехқа электр жабдықтарын тартып шығарумен тікелей өндірістік немесе жеке жабық үй-жайларда электр жабдықтарын орнатумен өндірістік ғимараттардың ішінде орналасқан ішкі цехтар.

6...10 кВ кернеулі қалалық желілерде ауа немесе кабельдік енгізулер әрқайсысы 6... 10 кВ бастапқы кернеулі және 0,4/0,23 кВ екінші кернеулі қуаттылығы 100...630 кВ-А бір немесе екі трансформаторлармен жабдықталған жабық шағын станцияларды қолданады. Шағын кенттерде және ауылдық жерлерде көбіне қуаттылығы 400 кВ – А дейін бір трансформатормен шағын станциялар ашық ағаш немесе бетондық конструкцияларда орнатылады. Құрылысы шағын тығыз қалаларда жеке тұратын шағын станциялар кең қолданылады. Құрылысы үлкен тығыз қалаларда екі трансформаторлы шағын станциялар қолданылады. Шағын станциялардың құрылыс бөлігі темір бетоннан және кірпіштен жасалады.

6...10 кВ кернеулі өнеркәсіп желілерде электр қабылдағыштарға барынша жақындау мақсатында ғимаратқа жапсырлас ішкі немесе олармен құрамдасқан шағын станцияны қолдану ұсынылады. Жапсырлас және жалғасқан шағын станциялар әдетте цехтың ұзын жағынан жағалай, қуат көзіне жақын немесе цехтың шағын енінде оның екі жағынан жағалай шахматтық тәртіпте орналасады. Әртүрлі цех ішіндегі шағын станцияларының көршілес камераларының арасындағы ең аз, сондай-ақ КТП арасындағы арақашықтық 10 м рұқсат етіледі.

Цех ішіндегі шағын станциялар ғимараттарды өртке төзімді бірінші және екінші дәрежемен және өртке қарсы нормаларға сәйкес Г және Д санаттарына жататын өндірістермен ғана орналастыра алады. Цех ішіндегі шағын станциялардағы майлы трансформаторлардың саны үштен артық болмауы тиіс.

Бұл шектеулер құрғақ немесе жанбайтын сұйықтықпен толтырылған трансформаторларға таратылмайды.

Жеке тұратын ТП мысалы, бір шағын станциядан бірнеше цехтар қуатталғанда, цехтарда өртке қауіпті немесе жарылуға қауіпті өндірістер болған кезде өндірістік немесе сәулеттік сипаттағы түсініктер бойынша цехтардың ішінде немесе олардың қабырғаларының сыртында орналасу мүмкіндігі болмаған кезде қолданылады.

Бас төмендеткіш шағын станциялардың орналасқан жері, типі, қуаттылығы және басқа да параметрлері электрлік қуаттың үлкендігі мен сипатымен және олардың бас жоспарда және өндірістік, сәулет-құрылыс және пайдалану талаптарында орналасуымен ескертіледі. ГПП оның күшімен қуатталатын орталыққа қарай жақын орналасуы маңызды. Белгіленген орналасқан жер кәсіпорынның, шағын станцияның шамаланған габаритінің және типінің жоспарының шарттары бойынша, ГПП электр жүйесінен ЛЭП енгізу орнынан жоғарғы вольттік желілердің жеткізу мүмкіндігі бойынша айқындалады.

Шағын станцияның орналасқан жерін таңдау кезінде қабылдағыштардың жұмыс ұзатығын ескерген жөн. Әлбетте, бірдей есептік жүктемеде, бірақ зауыт бөлімшелерінің жұмыс сағаттары әртүрлі болған кезде шағын станция жұмыстың көп ұзақтылығымен тұтынушылар тобына жақын орналасуы тиіс (пайдаланудың үлкен коэффициентімен).

Шағын станцияны онымен қуатталатын жүктемелердің геометриялық ортасынан энергия жүйесінен енгізу жағына кейбір арақашықтыққа жылжытуға болады.

6...10 кВ кернеулі бөлгіш шағын станциялары өндірістік ғимараттарға орнатылған немесе жанама салынған және ТП оның жүктемелерінің ортасынан айрықша жылжытуға жол бермейтін барлық жағдайларда жақын трансформаторлық шағын станциялармен біріктіру ұсынылады. РП орнын таңдау бірінше кезекте 1 кВ артық кернеулі қозғалтқыштың және трансформаторлары бар электр пештерінің болуымен анықталады. Электрмен жабдықтау объектісінде ТП қуатталатын тек 1 кВ дейін кернеулі тұтынушылар болса, онда бас бөлгіш шағын станцияның орны жүктеме ортасынан қуат көзіне жақын жылжытылған бас жоспарда таңдалады.

7.2. 1 кВ дейін кернеулі кешенді бөлгіш құрылғылар

1 кВ дейін кернеулі кешенді бөлгіш құрылғылар толық немесе жартылай жабық шкафтардан және оларға жанама салынған аппараттары, қорғаныш құралдары және автоматикасы, өлшегіш құралдары және шағын құралғылары бар блоктардан тұрады.

Жылжымалы блоктары бар кешенді электрлік техникалық принцип электр жабдықтарын пайдалануды жақсартады. Қысылған және қолайсыз жағдайларда орнату орнында электрлік аппаратты тексеру және жөндеудің орнына аппаратты сызбадан және жөндеуден шеберхана жағдайларында жылдам ажырату мүмкін болды. Жылжымайтын блоктары бар кешенді құрылғыларын жасау пайдалану сенімділігін

арттырды: запастағы жөнделетін блокты ауыстыру арқасында осы қосылуда блокты жөндеу уақытында жұмыс істеу мүмкіндігі пайда болды.

Штепсельдік ажыратқыштар болған кезде мұндай ауыстыру қызмет көрсетілетін персоналдың толық қауіпсіздігі кезінде осы тораптан кернеуді алмай, қысқа уақыт ішінде жүргізіледі.

1 кВ кернеулі кешенді бөлгіш құрылғыларға бөлгіш қалқандар, басқару посттары, күш беретін пункттер, басқару станцияларының қалқандары және т.б. жатады.

Бөлгіш қалқандар. Бөлгіш қалқандар 1 кВ дейін кернеулі ауыспалы және тұрақты тоқтың электр энергиясын қабылдауға және бөлуге арналған. Оларды трансформаторлық және өндегіш шағын станцияларда, машиналық залдарда және электр станцияларында орнатады. Қалқандар ашық және жабық (шкафтық) түрде орындалып әзірленеді.

Ашық түрдегі орындалған қалқандар арнайы электрлік техникалық үй-жайларда орнатылған панельдерден тұрады. Жабық түрдегі орындалған қалқандар өнеркәсіп кәсіпорындарының цехтарында шкафтарда орнатылады.

Қалқандардың қызмет көрсету шарттары бойынша екі жақты және бір жақты қызмет көрсететін болады. Екі жақты қызмет көрсететін қалқандар еркін тұратын деп аталады, себебі олар құрылғының қызмет көрсетуі үшін екі жақтан – бет және артқы жағынан жолдар талап етеді, сондықтан олар қабырғалардан алыс орнатылады. Бір жақты қызмет көрсететін қалқандарды сүйегіштер деп атауға болады, себебі оларды әдетте үй-жай қабырғасында орнатады, бет жағынан қызмет көрсетеді. Панельдер қарқастары қалқандардың заманауи конструкцияларында табак темірден әртүрлі профильдерді қолданумен орындалады.

Қалқандардағы коммутациялық және қорғаныш аппараттары ретінде ажыратқыштар, қорғаныштар, блоктар сөндіргіш – қорғаныш, сөндіргіштер. АВР сызбасы бойынша автоматты түрде қалқандардағы жұмысты қамтамасыз ету үшін релейлік аппаратура орнатылады.

ЩО- 7 0 сериялы бөлгіш қалқандар 380 В кернеулі үш фазалы тоқтың электр энергиясын бөлуге арналған. Қалқандар бір жақты қызмет көрсетуге есептелген, жоғарыдан және артынан қорғаныш қоршаулары жоқ. Қалқандар енгізу, желілік, секциялық және қапталды модельдерден жинақталады.

Аппаратураның қорғаныштарын ауыстыру, қарау және жөндеу үшін, секциялықтан басқа әр панельде, қасбетті жақта ажыратқыш сымдары немесе сөндірушілерді басқару түймелері орналасқан жармады есік көзделген.

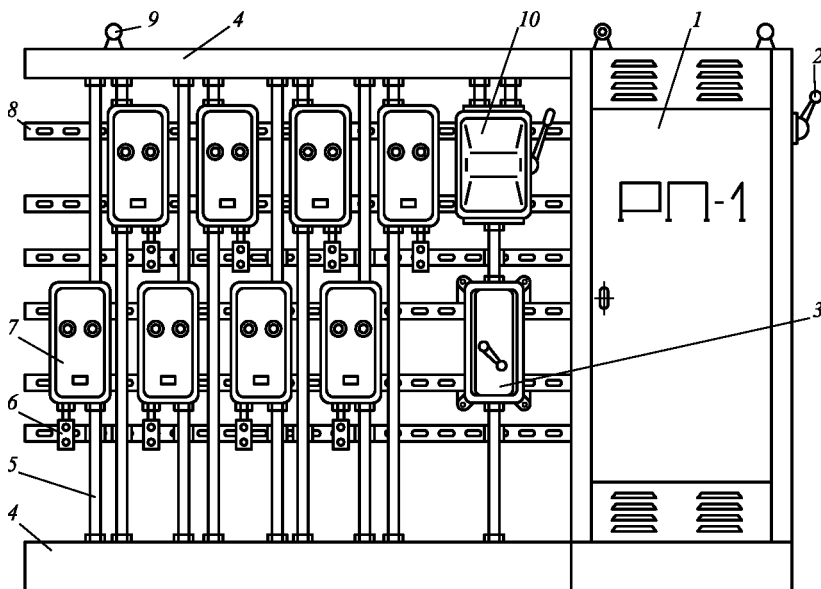
Үш және төрт кабельдерді 630 и 1000 А номиналды тоқтарға

аппараттарды қосу үшін панельдерде шиналық жиынтықтар көзделген. Басқару посттары жалпы технологиялық процеспен өзара байланысты механизмдер топтарының электр өткізгіштермен басқаруға арналған.

Күш беретін пункттер мен шкафтар. Күш беретін бөлгіш пункттер электрлік энергияны бөлуге және 220 В дейін кернеулі тұрақты тоқтың немесе артық жүктелу және қысқа тұйықталу кезінде 660 дейін кернеулі ауыспалы тоқтың электрлік құрылғыларын қорғауға арналған. Пунктер (7.1-сурет) жеке стандартты элементтерден: қосушы шиналары бар жәшіктерден және әртүрлі аппараттары бар жәшіктерден жиналатын шкафтар мен құрылғылар түрінде дайындалады. Бұл құрылғының артықшылығы стандартты жәшіктердің шағын жиынтығынан әртүрлі сызбаларды алу мүмкіндігінде болады.

ШР-11 күш беретін бөлгіш шкафтар 400 А дейін номиналды токқа өнеркәсіп құрылғыларда электр энергиясын қабылдау және бөлу үшін қолданылады. Шкафтың типіне байланысты енгізген кезде ажыратқыш, екі көзден шкафты қуаттандырғанда екі ажыратқыш немесе қорғанышы бар ажыратқыш орнатылады. Шкафтар 60, 100, 250 А номиналды токтарға ПН2 или НПН2 сериялы қорғаныштармен жинақталған 5...8 шығарылатын топтары бар.

Шкафтар енгізу ажыратқыштарымен рама тәріздес ішінде алынбалы жиынтық орнатылған металды есікті және шығарылатын желілердің қорғаныштарын білдіреді.



7.1- сурет. Магниттік іске қосқыштары, түймешекті станциялары және жәшіктері бар

күш беру пункті:

1 – күш беру шкафы; 2 – шкафтың енгізу ажыратқышының тұтқышы; 3 – автоматы бар жәшік; 4 – сымдарға арналған қорап; 5 – күш беру желілерінің сымдарына арналған құбырлар (или қорап); 6 – түймешекті станция; 7 – магниттік іске қосқыш; 8 - швеллер перфорирленген; 9 - көз; 10 – ажыратқыштары мен қорғағыштары бар жәшік

ПР сериялы бөлгіш пунктер батырмалы, аспалы және едендік орындалатын, 700 А дейін тоқ күшіне АЗ700 типті және 100 А дейін тоқ күшіне АЕ типті автоматты сөндіргіштері бар шкафтар түрінде әзірленеді.

СПМ-75 күштік бөлгіш шкафтар қорғағыштардың шығарылатын желілерінің қорғаумен 380 В номиналды кернеу кезінде 50 Гц жиілігімен үш фазалық айнымалы тоқтың электр энергиясын қабылдау және тарату үшін өнеркәсіп кәсіпорындарының цехтық электр құрылғыларында қолданылады. Шкафтардың үш фазалы топты құрып, тік бірінің астына бірі орналасқан енгізу ажыратқышы мен қорғағыштары бар.

СПА-77 бөлгіш шкафтары СПМ-75 қолданған жағдайлардағыдай қолданылады. Шкафтардың енгізу ажыратқышы мен шығарылатын желілерде сөндіргіштері бар. СУ-9500 сериялы күштік бөлгіш құрылғылар оларға орнатылған автоматика құрылғыларымен бірге 380 В кернеулі 50 Гц жиілігімен үш фазалы тоқты бөлудің төрт сымды жүйелерімен күштік құрылғыларда, сондай-ақ 220 В кернеулі тұрақты тоқтың екі сымды жүйесінде қолданылады. Бас шиналарға мең көп жүктеме – 4000А, нөлдік шинаға – 2000 А.

ЕБҚ сериялы енгізу бөлгіш құрылғылар тікелей жерлендірілген бейтараптамамен желілерде 380/220 В кернеулі үш фазалы тоқ жүйелерінде шығарылатын желілер қорғанышын және электр энергиясын қабылдауға, бөлуге және есепке алуға арналған (6.12.суретті қар.).

ЕБҚ қоғамдық ғимараттарда және жоғары қабатты тұрғын үйлерде қолданылады. ЕБҚ сериясына енгізу және бөлу панельдері кіреді. Бөлгіш панельдердің баспалдақты алаңды сырттай жарықтандыруды автоматты түрде басқару үшін аппараты бар. Енгізу қысқышына қосылған желі сымдары мен кабельдерінің ең көп саны мен қимасы: 400 А - 4 x 150 мм²; 250 А - 4 x 95 мм²; 200 А - 2 x 95 мм². ВРУ қорғалатын орындаумен жасалған. Габариттік өлшемдері 1700 x 800 x 450 мм.

ЕБҚ сериялы шкафтардың құрылғысы бір жақты қызмет көрсететін шкафтық типтің панельдерінен жинақтауды білдіреді. Олардың корпустарында бүйірлік қабырғалары жоқ, жинақтың шеткі панельдерінің қапталдары алынбалы металл табақтармен жабылады.

Алынбалы рамада корпусының ішінде қорғау-коммутиациялық аппараттар орнатылған. Бір панельге орнатылған, бірақ әртүрлі енгізулерден қуатталатын аппараттар қалқандармен бөлінген. Сымдар мен кабельдерді

енгізу астынан, ал шығару – астынан да үстінен де жоғарғы алмалы қақпақ арқылы жасалады.

Панельдердің корпустары барлық панельдер үшін жалпы нөлдік шинаға қуатталатын желі кабельдерін қосумен жерге тұйықталады.

Басқару станцияларының қалқандары. Өндірістік машиналар мен механизмдердің электр жетектерінің заманауи жүйелері контакторлық аппараттар мен реттеуші элементтердің үлкен санымен басқарудың қиын жүйесі болады.

Электр жетегін жіберу, екпіндету, айналу жиілігін реттеу, тежеу және орнату режимдерінің талаптары, қозғалтқыш пен құрылғылардың жұмысын қорғау және бақылаудың әртүрлі нысандары электр жетектерін басқару станцияларының кең номенклатурасын анықтады.

Басқару станцияларының қалқандары өнеркәсіп кәсіпорындарда машина залдарындағы ірі трансформаторлық қослақы станцияларды орнатылады. Қалқандар бір және екі қатарда орындалады. БСҚ блоктар мен басқару панельдерінен толымданады.

7.3. Кернеуі 1кВ-дан жоғары жиынтықты тарату құрылғылар

Отандық электр аппаратура шығарушы зауыттар 6...10 және 35 кВ кернеулер үшін ЖТҚ-ны ішкі және сыртқы құрылғыларға арналған құрама шиналардың бір жүйесімен жасайды. Олар түрлі мақсаттағы электр құрылғыларында кең қолданыс тапты.

ЖТҚ-ны қолдану электр құрылғыларын құрастыруда біршама жеңілдік тудырады. ЖТҚ-ны қолдану тәжірибесі қарапайым құрама тарату құрылғыларымен салыстырғанда әлдеқайда сенімді жұмыс көрсетті.

Кернеуі 35 кВ дейінгі жиынтықты тарату құрылғыларында ауамен оқшаулағыш бар; кернеуі 110 кВ дейінгі және одан жоғары ЖТҚ элегазбен оқшауланады.

Кернеуі 6...10 кВ болатын жиынтықты тарату құрылғыларының аппаратты орнату әдісіне сәйкес екі түбегейлі айырмашылықты құрылымдық орындалуы бар, олар: тегістеуші (ЖТҚ, ҚТҚК типті), мұнда кернеуі 1 кВ жоғары жетекті аппарат тегістеуші арбаға орналастырылады, сондай-ақ стационарлы (БҚК, ЖТҚК типті), мұнда аппараттар, жетектер және барлық құрылғылар стационарлы түрде құрылады.

Тегістеуші ЖТҚ-ның негізгі қасиеттері:

Сөндіргішті арбада орнатылған резервті сөндіргішпен жылдам ауыстыру мүмкіндігі;

Құрылғылардың тұтастығы, себебі ажыратқыштардың орнына

штепсель типті арнайы сырғымалы түйіспелер қолданылады;

Жанасудан және шаң басудан қорғау үшін тоқ өткізгіш бөліктерді берік жабу.

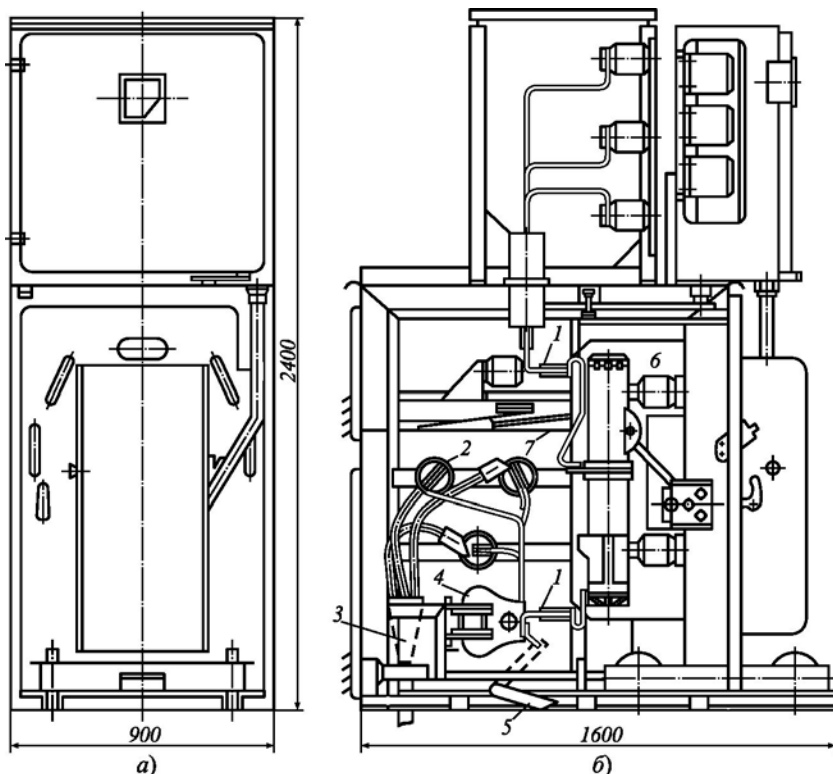
Стационарлы жиынтықты тарату құрылғысының құрылысы жеткілікті және қауіпсіз шолуды, сондай-ақ құрама шиналарда кернеуді алмай ақ қолжетімділікті қамтамасыз етеді. ЖТҚ-ның тегістеуші камераларымен салыстырғанда БҚК-ның стационарлы камералары аса қарапайым. Қызмет көрсету талаптары бойынша жиынтықты тарату құрылғылары мынадай болуы мүмкін:

Біржақты қызмет көрсететін (жантайтылған типте) – қасбеттік қызмет көрсете отыра қабырғаға жантайта орнатылады;

Екі жақты қызмет көрсететін (еркін тұрған) – қасбеттегі және артқы жақтағы өткелдермен еркін орнатылады.

Стационарлы БҚК камераларын біржақты қызмет көрсету түрінде, ал ЖТҚК мен тегістегіш ЖТҚ-ны екі жақты қызмет көрсету түрінде орнатқан жөні.

Тегістегіш жиынтықты тарату құрылғылары. 7.2-суретте ШМС-10 сөндіргішімен және қадамалы штепсельді ажыратқыштармен жабдықталған ішкі құрылғысының К-ХІІ сериялы сызықты камерасы көрсетілген. Олар келесі бөліктерден тұрады: артқы бетінде ажыратқыштардың жоғарғы және төменгі контакттары 1 орналасқан қозғалмайтын корпус, 2 шеттері тұйықталған 3 кабельдік жинақ, 4 тоқ трансформаторы және 5 жерлендіргіш пышақтар;



7.2-сурет. Жылжымалы сөндіргіші бар ЖТҚ ұяшығы: *а* – алдыңғы жақ көрінісі; *б* – көлденең қимасы

өшіргіші және жетегі *б* бар сырғытпалы арба;

құрама шиналар бөлігі;

өлшеуге, релелік қорғанысқа, басқаруға және дабылға арналған аспаптар бөлігі.

Камера корпусы 7 көлденең болат аралықпен екі бөлікке бөлінген: жоғарғы – шина ажыратқыштарының түйісулері және төменгі – ток трансформаторлары мен кабельдерін құрастыру. Сонымен қатар арбаны шығарған кезде абайсызда тиіп кетпес үшін кернеулі аппараттар тұрған камераның артқы жағын жауып тұратын қозғалмалы тік метал перделер қарастырылған.

Сөндіргіші бар арба үш қалыпта бола алады:

жұмыс қалпында, арба камерада болғанда, ал қадамалы ажыртқыштар, дабылдың шағын шынжырларының түйісуі мен кернеу алшақ тұрғанда; сынау қалпында, арба қадамалы ажыратқыштар алшақ, ал басқару шынжырларының түйісулері тұйық болатындай алға жылжытылғанда;

жөндеу қалпында, арба камерадан тыс болғанда.

Сөндіргіш желісін сынап көру үшін арбаны сынау қалпына қою жеткілікті. Сөндіргішті жөндеу үшін арба камерадан толық шығарылуы тиіс. Сонымен қатар дабылды басқару шынжырын иілгіш құбыршекпен және көп түйіспелі ашалық қосылыспен біріктірілген релелік бөліктен ажырату қажет. Сөндіргіш қосулы болғанда арбаны алға жылжытуға, сондай-ақ жерлендіруші ажыратқыш қосулы болғанда жылжытып кіргізуге жол бермейтін бұғат қарастырылған. Ақырғысы арбаның жұмыс қалпында қосыла алмайды.

Стационарлы жиынтықты тарату құрылғылары. БҚК типті камералар жиынтықты тарату құрылғыларының негізгі стационарлы типтері болып табылады, олар ашық түрде атқарылады және біржақты қызмет көрсетуге арналған. Камералар үш бөлікке бөлінеді. Камераның жоғарғы бөлігінде жинақталған шиналар мен шиналық ажыратқыш ашық орнатылған, ортаңғы бөлікте – ТМС типті сөндіргіш немесе қуат сөндіргіші, сақтандырғыштар мен ажыратқыштар, төменгі бөлікте – желілік ажыратқыш, кабельдік шұңқыр және ТЗ типті тоқ трансформаторлары. Камераның қасбетінде жоғарғы және төменгі есіктер бар.

Сыртқа қолданылатын сырғытпалы және стационарлы жиынтықты тарату құрылғылары. Қайтару желілерін, кернеу трансформаторлары мен сырғытпалы ЖТҚК электр тоғын ажыратушыларды енгізу шкафы келесідей екі негізгі бөліктен тұрады: корпуста және арба. Шкаф корпусы табактық болаттың арнайы қалыпталған пішіндерінен жасалған қаңқалық металл құрастырылымы болып келеді. Ол металл аралықтармен бес бөлікке бөлінген: құрама шина, арбалар, қорғау өлшеу аспаптары, кабельдік немесе әуелік кірмесі және жоғарғы қозғалыссыз ажыратқыш түйісулері бар тоқ трансформаторлары. Құрама шиналар бөлігі шкафтың басқа бөліктерінен метал аралықтармен және өтпелі оқшаулағыштармен оқшауланған, бұл бір электрлік қосылыс шегінде апаттың туындауына жол бермейді және қауіпсіздіктің жоғарғы дәрежесін қамтамасыз етеді. Олар 600, 1000 және 500 А тоқ күшіне ШМС-10К немесе ШМС-10П типті сөндіргіштер түрінде топтасады.

Стационарлық ЖТҚК 1500 А тоқ күшінен асатын жүктеме кезінде тарату құрылғыларына енгізу және бөлшектеуге арналған. Олар МГТ-10-3200 сөндіргіштерімен топтасады.

7.4. Ішкі тарату құрылғылары

Кернеуі 6...10 кВ болған кезде электр аппараттарының қомақты өлшемі ғимарат көлемі мен оның бағасы жоғары болмайтындай болады. Бұл жағдайларда аппараттар жайсыз ауа райы мен шаңнан қорғалған, ал қызмет көрсету жайлы болатын ішкі тарату құрылғылары дұрысырақ. Кернеудің жоғарылауына қарай ғимарат көлемі мен құрылыс бөлігінің бағасы жылдам ұлғаяды. Кернеуі 110...220 кВ ішкі ТҚ-ны ауада зиянды химиялық ластану шаңы болғанда, қатаң климаттық жағдайда қыстырылу кезінде ғана құрастырылады.

ТҚ үшін әдетте өлшемдері құрылғының электрлік сызбасы мен аумақтарына сәйкес таңдалатын ерекше ғимараттар салынады. Кейбір жағдайларда ТҚ өндірістік бөлме бөлімдеріне орналастырылуы мүмкін. ТҚ ғимаратын өлшемі стандартталған дайын типтік темірбетонды элементтер құрамаларынан салады. Сол себепті ғимарат ұзындығы 6 м, ені – 3 м, биіктігі – 0,6 м тең болуы керек.

Ішкі ТҚ-ны табиғи жарықтандыру қажетсіз, себебі терезелер құрылымы ғимарат құрылысын күрделендіреді, терезелер олар арқылы шаң және т.б. кіретіндіктен жиі тазалап отыруды талап етеді. ТҚ ғимараты жылытылмайды (от жағылмайды), бірақ аппараттар мен өткізгіштер біршама жылу шығаратындықтан желдетуді қажет етеді. Әдетте табиғи желдету қолданылады, алайда тоқ шектегіш реакторлары мен күштік трансформаторлары бар камераларда желдеткіштер орнатылады.

Қызмет көрсетудің жайлылық пен қауіпсіздік талаптарын басшылыққа ала отырып қосылған аппараттары қызмет көрсету дәлізінің бойында орналасқан қоршалған камераларға орналастырылады. Қоршалған камера деп қызмет көрсету дәлізіне айналдырылған жағынан басқа жақтарының барлығы қабырғалар және жабындармен оқшауланған камераны атайды. Бұл жағынан камераға кернеу жоқ кезде кіруге арналған есігі бар 1,9 м төмен емес торлы қоршауы ғана қарастырылған. Құрылғының мұндай орналасуында аппараттардың шолуы жақсы, ыңғайлы және қауіпсіз жөндеу, сондай-ақ ақауларды локалдай, яғни олардың таралу аймағын шектеу қамтамасыз етіледі.

Жабық камера деп қызмет көрсету дәлізінен немесе сыртқы тұтас есіктен кіруге болатын, барлық жағынан қабырғалар және жабындармен шектелген камераларды атайды. Камералардың өлшемі жөндеу кезінде оларға кіру шарттарымен, сондай-ақ номиналды кернеудің әрбір класына арналған минималды оқшаулағышлық қашықтықтарының электр аппараттарының аумақты өлшемдерімен анықталады.

Біріктірулер санына сәйкес камераларды ір, екі және одан да көп

қатарлы олардың арасында қызмет көрсетуге арналған дәліздерге орналастырады. Кернеуі 6...10 кВ ТҚ құрама шиналардың және аз аумақты аппараттардың бір жүйесімен бір камераға бірігуі бір аппараттардың барлығы орналастырыла алады. Құрама шиналардың және үлкен аумақты аппараттардың қос жүйеслі құрылғыларында бірігуі бір аппараттарды орналастыру үшін бір немесе екі қабатта орналасқан екі немесе үш камера қажет.

Үлкен көлемдегі сөндіргіштері және реакторлары бар қуатты станциялардың кернеуі 6...10 кВ болатын тарату құрылғыларын әдетте құрама ретінде жасайды. Аз тоқты, яғни кіші аппаратты бірігулерде зауытта дайындалған жиынтықты камералар – ЖТҚ қолданылады.

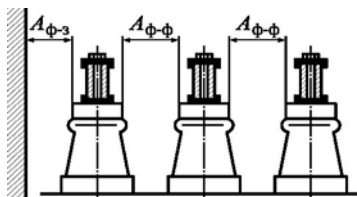
Қызмет көрсету дәлізінің ені құрылғыға қауіпсіз, ыңғайлы қызмет көрсетуді және құрылғының орнын ауыстыруды қамтамасыз етуі тиіс. Қоршаулар арасындағы жарықтың қашықтығы 1 м кем болмауы тиіс. ТҚ бөлмесінен шығу саны келесі талаптарға сай орындалуы қажет: ТҚ соңы бойынша ұзындығы 7 м дейін болғанда бір шығуға, ұзындығы 7...60 м болғанда екі шығуға жол беріледі.

7.1-кесте

Кернеуі 6... 220 кВ ішкі ТҚ арналған ауадағы аса кіші оқшаулағыш қашықтық

Қашықтықтар атауы	Белгіленуі	Қашықтық атауы, мм, мына кернеулерде				
		6 кВ	10 кВ	35 кВ	110 кВ	220 кВ
Тоқ өткізгіш бөліктерден ғимараттың жерлендіруші құрылыстары мен қабырғалапына лейін әртүрлі фазалар өткізгіштерінің арасында	Аф-з	90	120	290	700	1700
	Аф-ф	100	130	320	800	1800

Қауіпсіздік жағдайы мен ыңғайлы қызмет көрсетуді қамтамасыз ететін, кернеуі 6-дан 220 кВ дейінгі ішкі ТҚ арналған ауадағы аса кіші оқшаулағыш қашықтық ЭҚКЕ-де орналасқан (7.1 кесте). Олардың негізгілері тоқ өткізгіш бөліктерден Лф-ж жерлендірілген құрылыстарға дейінгі минималды арақашықтық, сондай-ақ Лф-ф әртүрлі атаудағы фазалардың тоқ өткізгіш бөліктерінің арасындағы минималды қашықтық болып табылды



7.3-сурет. Әртүрлі атаулы фазалардың және олардың арасындағы жерлендірілген және ішкі ТҚ арналған бөліктерінің жерлендірілмеген тоқ өткізу бөліктері арасындағы жарықтың аса кіші қашықтықтары

(7.3 сурет).

ЭҚКЕ-де тоқ өткізгіш бөліктерден түрлі тізбектердің қоршалмаған тоқ өткізгіш бөліктерінің арасындағы тұтас және торланған қоршауларға дейінгі, сондай-ақ қоршалмаған тоқ өткізгіш бөліктерден еден белгісіне және т.б. дейінгі аса кіші қашықтық мөлшерленеді.

7.5. Кернеуі 220 кВ дейінгі ашық тарату құрылғылары

Шағын станциялардағы ашық тарату құрылғыларын ерекше оңтайлы тұтастыру электр құрылғысы нөлдік белгіде орналасқан кезде құрылғының бір жазықтықта орналасу тұтастығы болып табылады.

Кез келген АТҚ ортақ шиналарға қосылатын үйлесімді және үйлесімсіз біріктірулерден тұрады.

Шағын станцияларды тұтастыру кезінде АТҚ-ға үйлесетін ауалық және кабелдік желілердің бағытын, шағын станцияларға апаратын кірмежолдардың орналасуын және ол жолдар бойынша ауыр салмақты құралдарды жеткізу мүмкіндігін, климаттық жағдайын, төңірек бедері мен геологиясын, қоршаған орта жағдайын (оның ластану дәрежесін) ескерген жөн.

Шиналау мен жабдықтауға арналған тіректердің құрылымы оларға иілмелі және қатты шиналау мен жабдықтауды бекітуге және орнатуға арналған.

7.2 –кесте

Кернеуі 35... 220 кВ типтік АТҚ өлшемдерінің негізгі көрсеткіштері, м.

АТҚ элементтері	Кернеу, кВ		
	35	110	220
Ұяшық адымы	6	9	15,4
Ұяшық ұзындығы	30	37	86,5
Ұяшық порталының	7,85	11,35	17
Шиналық портал биіктігі	6,1	7,85	11,35

Шиналау ілмесіне арналған порталдық құрылымдар металдан немесе құрамалы темір бетоннан жасалуы мүмкін. Жабдықтың астына қойылатын тіректер біріңғайланған темір бетонды бағандар мен аппаратты бекітуге арналған үстінде метал құрылымы бар қадалардан жасалады. Блоктық және көпірлік сызбалар бойынша кернеуі 35... 220 кВ болатын АТҚ сөндіргіштері бірқатар орналасқанда оның габариттер бойынша негізгі көрсеткіштері 7.2 кестеде көрсетілген.

ЭҚКЕ-де отқа төзімділік дәрежесіне сәйкес майлы трансформатордан

өндіріс ғимаратының қабырғасына дейінгі мүмкіндігі төмен қашықтықтар қалыптасады. 10 м қашықтықта ғимараттың отқа төзімділігіне арнайы талаптар қойылмайды.

7.6. Жиынтықты трансформаторлық шағын станциялар

7.6.1. Міндеттері мен жіктелуі

Жиынтықты трансформаторлық шағын станцияларды жиілігі 50 Гц үш фазалық тоғының электр энергиясын қабылдау, тарату және түрлендіру үшін қолданады.

ЖТШС трансформаторлар саны бойынша бір трансформаторлы, екі трансформаторлы және үш трансформаторлы бола алады.

ЖТШС құру түрі бойынша мынадай бола алады:

майлық, құрғақ немесе жанбайтын сұйықтықтармен толтырылған трансформаторлардың ішкі құрылысы;

сыртқы құрылысы (тек майлық трансформаторлармен);

жоғары кернеулі ТҚ –ны және трансформаторды сыртқа, ал төмен кернеулі ТҚ-ны ғимарат ішіне орналастыру арқылы аралас құрылыс.

ЖТШС-ны төрт негізгі топқа бөлуге болады:.

Ауыл шаруашылығына арналған нысандарды электрмен қамтамасыз етуге арналған қуаты 25... 400 кВ, кернеуі 6... 35/0,4 кВ сыртқы құрылыс ЖТШС. Ол негізінен дінгектік шағын станциялар. Бұл топ ЖТШС ЖК енгізу шкафынан, трансформатор мен үйлеспейтін желілерде автоматты сөндіргіштермен қамтылған ТК шкафынан тұрады.

Негізінен өнеркәсіптік кәсіпорындарды электрмен қамтамасыз етуге арналған 10 кВ дейінгі 160...2500 кВ шағын қуатты ішкі және сыртқы ЖТШС. Бұл топ ЖТШС 10 кВ кернеуге енгізу шкафынан және кернеуі 1 кВ дейінгі ТҚ-дан тұрады. ЖТШС үшін бұйырлық шығуы бар арнайы тағайындағы майлық, жанбайтын сұйықтықпен толтырылған немесе құрғақ трансформаторларды қолданса, сыртқы құрылыс ЖТШС үшін – тек майлық трансформатор ғана қолданылады.

Кернеуі 35...110/6...10 кВ құрамалы және жиынтықты трансформаторлық шағын станциялар. Жоғарғы кернеу тарапынан шағын станциялар кернеуі 35...110 кВ АТҚ-мен, 6...10 кВ тарапынан сыртқы құрылыстың СЖТҚ шкафтарымен жиынтықталады.

Ішкі құрылымға арналған міндеттері бір, кернеуі 6... 10 кВ ЖТШС-ның техника-лық сипаты

Түрі	Трансформатор қуаты, кВ • А	Трансформатор түрі	Жинақтаушы құрылғы	
			ЖК шкафтар	ТК шафтар
ЖТШС 250/6 және 10/0,4	250	УМЕ-250/10	—	—
2 ЖТШС 250/6 және 10/0,4	2 x 250	УМЕ-250/10	—	—
ЖТШС 400/6 және 10/0,4	400	УМЕ-400/10	ЖК-1	КРН-5
2 ЖТШС 400/6 және 10/0,4	2 x 400	УМЕ-400/10	ЖК-1	КРН-5
ЖТШС 630/6 және 10/0,4	630	УМЕ-630/10	ЖК-4	КРН-6
2 ЖТШС 630/6 және 10/0,4	2 x 630	УМЕ-630/10	ЖК-4	КРН-6
ЖТШС 630/6 және 10/0,4	630	УМЕ-630/10	ЖК-4	КРН-6
2СЖТШС 630/6 және 10/0,4	2 x 630	УМЕ-630/10	ЖК-4	КРН-9
ЖТШС 630	630	УМҚ-630/10	ЖК-2	КН-2
2 ЖТШС 630	2 x 630	ТҚҚ-630/10	ЖК-2, ЖК-3	КН-2, КН-3, КН-4
ЖТШС 1000	1000	УМҚ-1000/10	ЖК-2, ЖК-3	КН-2, КН-3, КН-4
2 ЖТШС 1000	2 x 1000	ТҚҚ-1000/10	ЖК-2, ЖК-3	КН-5, КН-6, КН-17, КН-20
ДЖТШС 1000	1000	ТҚҚ-1000/10	ЖЕШ-3	ТВШ-1М, ШНЛ-1М
2ДЖТШС 1000	2 x 1000	ТҚҚ-1000/10	ЖЕШ-3	ТВШ-1М, ШНЛ-1М
ДЖТШС 1600	1600	ТҚҚ-1600/10	ЖЕШ-3	ШНС-1М
2ДЖТШС 1600	2 x 1600	ТҚҚ-1600/10	ЖЕШ-3	ТВШ-2М, ШНС-2М
2 КЖТШС 1000	2 x 1000	ТНЗ-1000/10	ЖЕШ-3	ШН-10
КЖТШС 1600	1600	УМҚ-1600/10	ЖЕШ-3	ШН-9
2 КЖТШС 1600	2 x 1600	ТНЗ-1600/10	ЖЕШ-3	ШН-9

Түрі	Трансформатор қуаты, кВ • А	Трансформатор түрі	Жинақтаушы құрылғы	
			ЖК шкафтар	ТК шкафтар
ДЖТШС 1000	1000	ҮМҚ, ТНЗ-1000/10	ЖЕШ-5	ТВШ-1М, ТВШ-2М
2ДЖТШС 1000-6/0,4	2 x 1000	ҮМҚ, ТНЗ-1000/10	ЖЕШ-5	ШНЛ-1М, ШНЛ-2М
2ДЖТШС 1000-6/0,69	2 x 1000	ҮМҚ, ТНЗ-1000/10	ВН-11	ШНС-1М, ШНС-2М
ДЖТШС 1600/10	1600	ҮМҚ, ТНЗ-1600/10	ВН-11	ТВШ-2М, ТВШ-3М
2ДЖТШС 1600/10	2 x 1600	ҮМҚ, ТНЗ-1600/10	ВН-11	ШНЛ-2М, ШНС-2М
ДЖТШС 2500-10/0,4	2500	ТНЗ-2500/10	ЖЕШ-3	ШНЛ-2К, ШНЛ-3К
2ДЖТШС 2500-10/0,69	2 x 2500	ТНЗ-2500/10	ЖЕШ-3	ШНС-3К, ТВШ-2К

Ескерту: 1. Жоғары вольтты енгізу блогы үш түрде орындалады: ЖК-1 – кабельді тұйық жалғау; ЖК-2 – кабельді ажыратқыш арқылы жалғау; ЖК-3 – кабельді сақтандырғыш және ажыратқыш арқылы жалғау. ЖТШС түрлерін белгілегенде Т және Б екі әріпін белгілейді, яғни түрлендірілген және біріңғайланған.

Құрылыс алаңдарын, кеніштерді, шахталарды, карьерларды электрмен қамтамасыз ету үшін шығарылатын кернеуі 6... 10 кВ, қуаты 160...630 кВ•А, жылжымамен тасымалданатын арнайы міндеті бар ЖТШС.

Ішкі құрылыс шағын станцияларының техникалық деректері 7.3 кестеде, сыртқы құрылыс – 7.4 кестеде көрсетілген.

Кесте 7.4

Кернеуі 6... 10 кВ СЖТШС-72М сыртқы құрылымды жиынтықты трансформаторлық шағын станциялардың техникалық сипаттары

Көрсеткіш	СЖТШС-72М-160	СЖТШС-72М-250	СЖТШС-72М-400
Трансформатор қуаты, кВ – А	160	250	400
Ажыратқыш	АСЖ-10-400	АСЖ-10-400	АСЖ-10-400
Жетек	ИЖ-10	ИЖ-10	ИЖ-10
Сыртқа шығарылған өткізгіш	Кабельдік	Кабельдік	Кабельдік

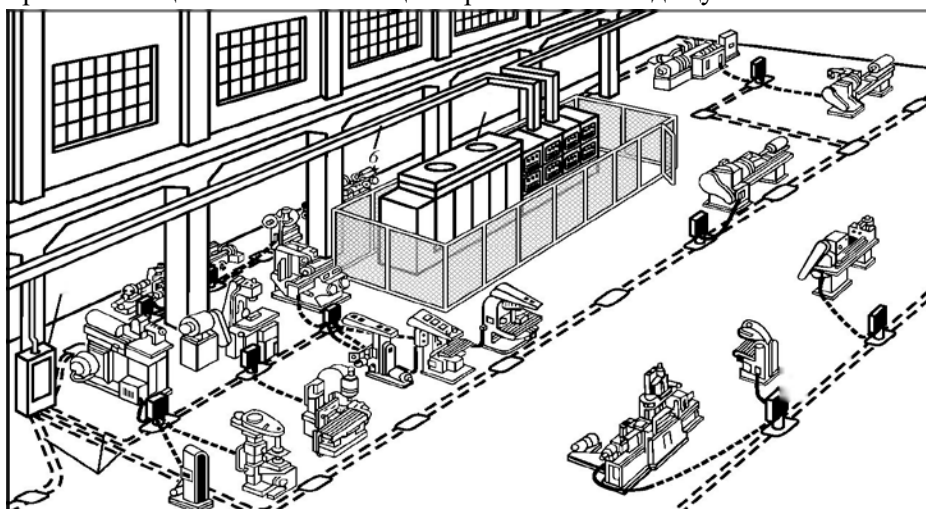
Ескерту. СЖТШС күштік трансформаторсыз жеткізіледі

7.6.2. Жиынтықты трансформаторлық шағын станцияларды конструкциялық орындау

Кернеуі 6..10 кВ жиынтықты трансформаторлық шағын станциялар. Тұтынушыларға көбірек жақындау мақсатында ішкі, ғимаратқа орнатылған немесе оған жанаса салынған шағын станцияларды қолдану ұсынылады. Ғимаратқа жабыса немесе жанаса салынған трансформаторлық шағын станциялардың майлық тарнсформаторлы және міндетті түрде сыртқа шығып тұратын жоғары вольтты аппараты бар. Цех ішіндегі шағын станциялар кәсіпорындардың бірінші және екінші қабаттарында орналаса алады, олар өртке қарсы талаптарға сәйкес өртке төзімділіктің бірінші мен дәрежесі Г және Д санаттарына жатқызылады. Цех ішіндегі шағын станциялар ашық түрде де жее ғимараттарда да орналас береді (7.4-сурет).

Цех ішіндегі шағын станцияларды электр құрылғыларының сенімді жұмыс атқаруын қамтамасыз ететін шараларды қолданған жағдайда шаң ғимаратта және химиялық белсенді ортада орналастыруға жол беріледі.

Өндірістік ғимараттардағы трансформаторлар мен ТҚ ашық түрде, камераларда және жеке ғимараттарда да орнатыла алады. Әрбір ашық орнатылған цехтік шағын станциялар мен ЖТШС-да қуаты 1600 кВ-А



7.4-сурет. Механикалық цехтың электр қабылдағыштарына күштік электр жүйесін модульдік тарту:

1 – жиынтықты трансформаторлық шағын станция; 2 – автоматты сөндіргішті колонка; 3 – тармақтаушы қорап; 4 – модульді магистраль; 5 – күшітк шкаф; 6 – магистральді шинасым

Майлық трансформаторлар қолданыла алады. Майлы трансформаторлар арасындағы жарық қашықтығы 10 м кем болмауы тиіс.

Цех ішіндегі шағын станциялар мен құрғақ трансформаторлы немесе соның қуатындай жанбайтын бейөткізгішті ЖТШС үшін олардың арасындағы қашықтық шектелмейді.

ЖТҚ мен ЖТШС-ны көтерме-көліктік механизмдердің «өлі аймағының» шегінде орналастырған жөн. Зауыт ішіндегі көліктердің интенсивті қозғалысты цехтарында ЖТҚ мен ЖТШС-ны оқшаулау қажет.

Сырғымалы типтегі ЖТҚ мен ЖТШС-ны басқару және жөндеу үшін кіре беріс ені қызмет көрсету мен жөндеуге ыңғайлылық тудыруы тиіс (0,6...0,8 м).

Трансформатордан қалқанға енгізу екі түрлі әдіспен орындалуы мүмкін: кабельдік енгізуге арналған енгізу панелдеріне кабельдермен төменгі жақтан; енгізу панелдерінің көмегімен жоғарғы жақтан шиналармен немесе қабырғада орнатылған ажыратқыш арқылы тікелей құрамалы шиналарға.

7.5- суретте құрылғылардың бір қатарда орналастыра отыра ішкі құрылысқа арналған, қуаты 630... 1000 кВ жиынтықты екі трансформаторлы шағын станция көрсетілген. Сырғытпалы орындаудағы автоматты сөндіргіштер қауіпсіз-коммутациялық аппарат түрінде қызмет етеді, әрбір автомат есікпен жабылған, басқару шкаф есіктерінде орналасқан тұтқа және кілттермен жүргізіледі, ал қашықтықтан басқару үшін сымның соңы қысқышы бар тақтайға әкелінген. Жоғары кернеуді енгізуге қосылу тұйық.

Кернеуі 35/6...10 кВ жиынтықты трансформаторлық шағын станциялар. Кернеуі 35/6...10 кВ ЖТШС-ны кішігірім өнеркәсіптік кәсіпорындар мен ауыл шаруашылық аудандарды электрмен қамтамасыз ету үшін қолданады. ЖТШС (7.6-сурет) кернеуі 35 кВ АТҚ-дан, күштік трансформатор мен кернеуі 6... 10 кВ сыртқы құрылғының СЖТҚ-нан, жерлендіру контурымен біріктірілген шағын станцияның металл қоршауынан тұрады.

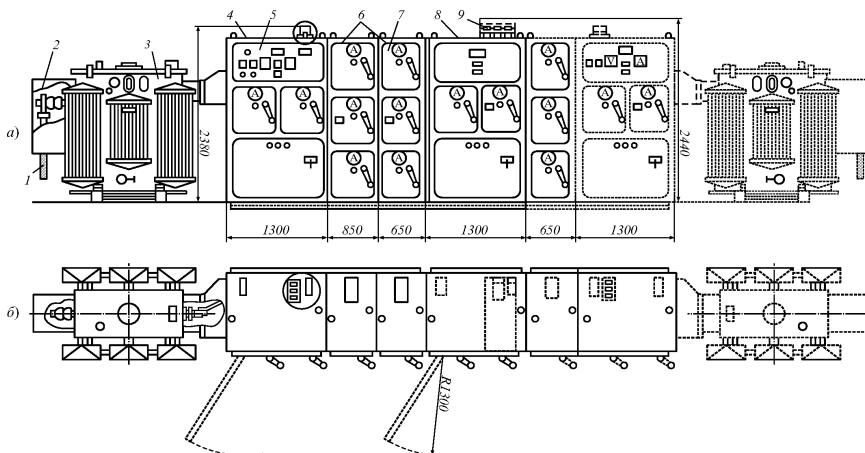
Жиынтықты шағын станция құрылымы қуаты 630...3200 кВ-А бір немесе екі күштік трансформаторды құруға мүмкіндік береді.

Кернеуі 35 кВ бір трансформаторлы шағын орталы АТҚ-сы шағын станция жағынан қос жерлендіргіш пышақтары бар сызықтық ажыратқышпен жабдықталған, ал желі жағынан жоғары кернеулі атқыш сақтандырғыштары, электр тогын ажыратушы және резонансты бөгеушілері орналасқан портал болып табылады.

35 кВ тарапында келесідей негізгі сызбалар қолданылады: тұйыққа

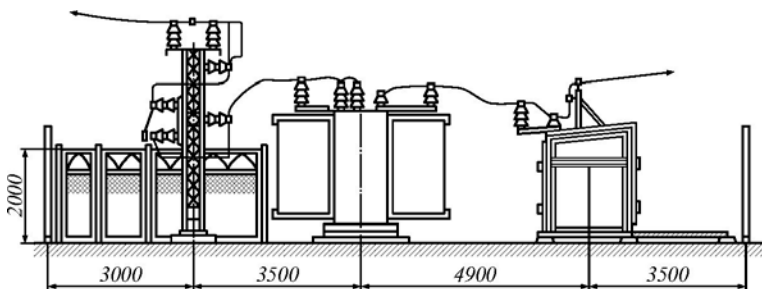
тірелген, өтетін, тораптық, «көпір».

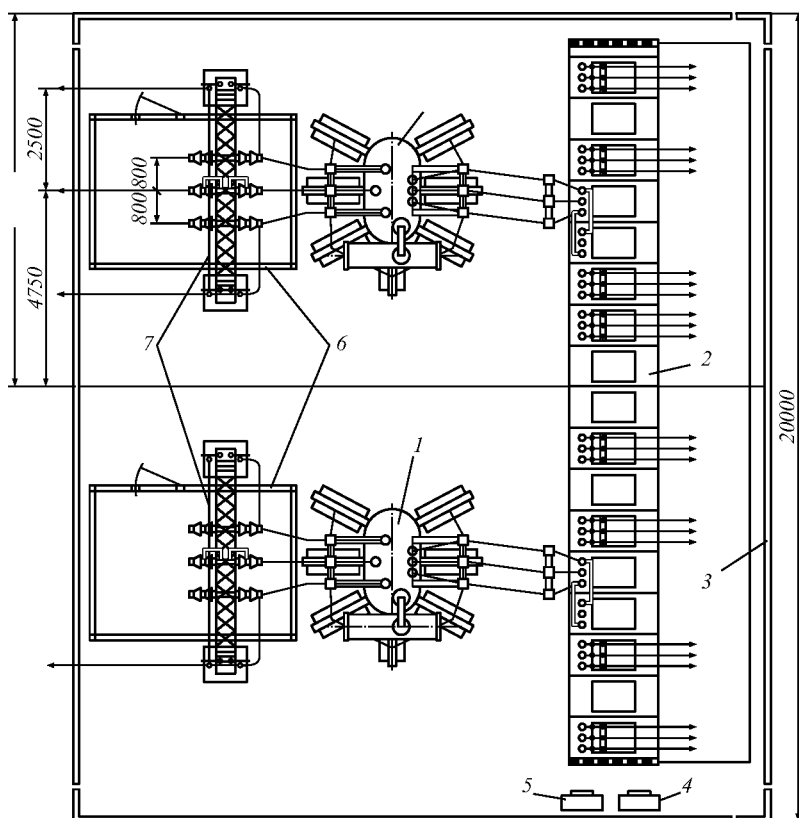
АТҚ енгізу ұяшығының ататын ӨПҚ-35 сақтандырғышының пайдасыз заттар аймағымен және порталдың төменгі бөлігінде орналасқан аппаратурадан ұйғарынды қашықтықта анықталатын, ұзындығы 2 м қосымша ішкі қоршауы бар.



7.5-сурет. Құрылғылардың бір қатарда орналастыра отыра ішкі құрылысқа арналған, қуаты 630... 1000 кВ жиынтықты екі трансформаторлы шағын станция:

a – алдыңғы көрінісі; *б* - жоспар; 1 - ВВІ кабелі; 2 – ВВІ енгізу шкаф ; 3 - күштік трансформатор; 4 – ТК енгізу шкафы; 5 – аспаптар бөлігі; 6 – ТК шегінуші желісінің шкафы; 7 – ТК секциялық шкафы немесе шегінуші желі шкафы; 8 – шиалық қорап; 9 – кабелді жоғары шығару кабелі





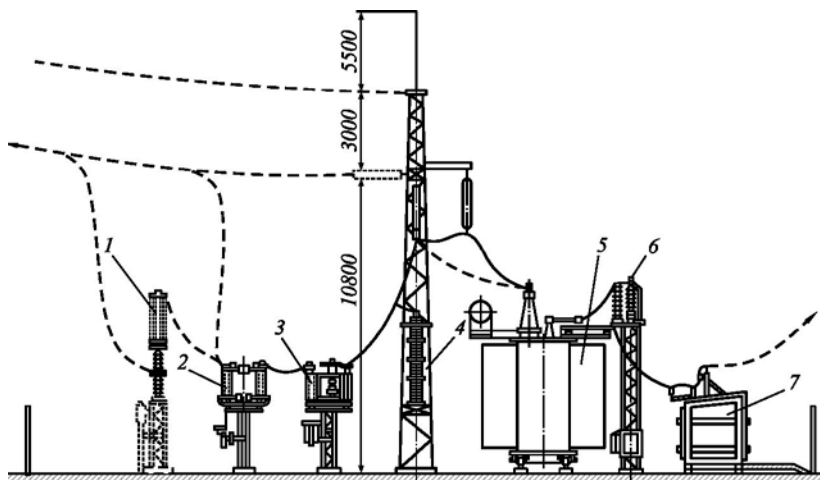
7.6-сурет. Кернеуі 35 кВ, қуаты 3200 кВ-А 2КТП-35/6-10П кВ типті жиынтықты трансформаторлық шағын станция: а – алдыңғы көрініс; 6 - жоспар: 1 - трансформатор; 2 – кернеуі 6... 10 кВ СЖТҚ; 3 – сыртқы қоршау; 4 – өртке қарсы құрылғы шкафы; 5 - түгендеу кафы; 6 – сақтандырғыштардың ішкі қоршауы; 7 – кернеуі 35 кВ АТҚ

Екі трансформаторлы шағын станция кернеуі 6...10 кВ секциялық шкафымен жинақталған екі жиынтықты бір трансформаторлық шағын станциялардың бірігуі болып келеді. 35 кВ тарапынан енгізу бір трансформаторлы шағын станцияныкіндей орындалды, алайда желілік сақтандырғышы, ажыратқышы мен разрядтағышы бар екі порталдан тұрады.

Кернеуі 110/6...10 кВ жиынтықты трансформаторлық шағын станциялар. Кернеуі 110/6...10 кВ ЖТШС (7.7-сурет) кернеуі 110 кВ АТҚ-дан, 5 күштік трансформатордан және кернеуі 6... 10 кВ сыртқы құрылымның 7 СТЖҚ-нан құралады.

Кернеуі 110 кВ бір трансформаторлы шағын станцияның АТҚ желілік ажыратқыштан, бөлгіштен, ажыратқышты жерлендіретін қысқа тұйықтандырғыштан, желілік порталдан, жоғары жиілікті байланыс орнатуға арналған металл құрылысынан тұрады. 2 желілік ажыратқыш түйіні портал типті метал құрылысы болып табылады, онда АССЕ-2-110/600 типті ажыратқыштар полюсі орнатылған. Полюстер өзара тартылыспен бірігеді. САЖ жетекті ажыратқыш біліктермен біріктірілген, САЖ жетегі траверстегі ажыратқыштың орталық полюстерінің астына орнатылады және ажыратқыштың қосулы басты пышақтарының жерлендіргіш пышақтарының қосылуына мүмкіндік бермейтін ішкі бұғатпен қамтамасыз етіледі.

3 оқшаулағыш және қысқа тұйықтағыш түйіні - үш бағанды металл құрылымы, онда БМС-110 бөлгішінің үш полюсі және КЗ-110 қысқа тұйықтағышы орнатылған. Бөлгіш бағандардың біріне орнатылатын ЖАШ жетегімен басқарылады. Қысқа тұйықтағыш металл құрылымынан төрт оқшаулағышпен оқшауланады. Қысқа тұйықтағышты жерлендіру өтпелі түрдегі ТШҚ-0,5 трансформаторлық тоғы арқылы өтетін шина арқылы жүзеге асырылады.



7.7-сурет. Кернеуі 110 кВ АТҚ-мен кернеуі 110/6... 10 кВ сыртқы құрылымның жиынтықты трансформаторлық шағын станциясы

Жерлендіруші ажыратқыш түйіні – ЗОН жерлендіруші ажыратқышы орнатылған бір бағанды метал құрылымы болып табылады. Күштік трансформатор биіктігіне сәйкес зауыт биіктігі 3 және 5 м жерлендіруші ажыратқыштың құрылымын жеткізеді. Жерлендіруші ажыратқыштың металл құрылымында басқару шынжырларының қысқыштарымен қорап орнатылады.

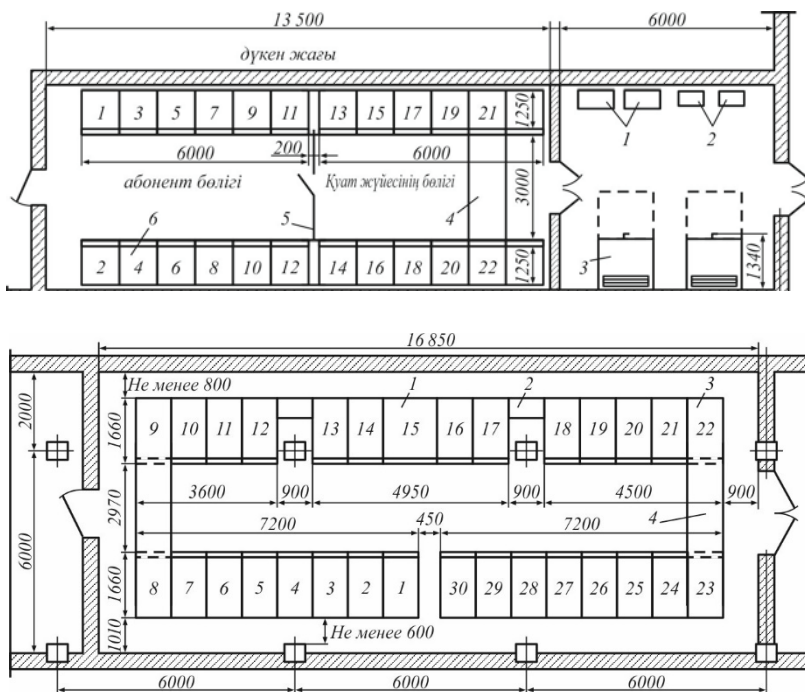
Желілік портал 4 – екі траверсті бір бағанды порталдық құрылым. Портал желілерді қабылдау үшін қызмет атқарады, портал бағандарына жайдан қорғаушы арқансым жалғанады, портал бағандарының біріне жайтартқыш орнатылады. Сымдар арасындағы қашықтық 2500 мм, ал жайдан қорғаушы арқансымдардың арасында – 8000 м. Үстіңгі траверс оқшаулағыштар тізбегін ілу үшін қызмет атқарады. Төменгі траверсте ажырату тіркегіштерімен АБС-110 электр тоғын ажыратушылар орнатылады.

Жоғары жиілікті байланыс түйіні 1 Узел высокочастотной связи 1 рассчитан на совместную установку заградителя и конденсатора связи. Кернеуі 6...10 кВ СЖТҚ 7 – өзара біріктірілген күштік және шағын аппаратуралар орнатылған шкафтардан тұратын металдық құрылым. Сыртқа шығарылған өткізгіш жанындағы кернеуі 6...10 кВ күштік трансформаторда кернеуі 6...10 кВ ПУР бұрандалы электр тоғын ажыратушы орнатылады.

Жедел тізбектер мен релелік қорғау мен автоматика құрылымдарының қуат көзі өзіндік қажеттіліктер трансформаторы болып табылады.

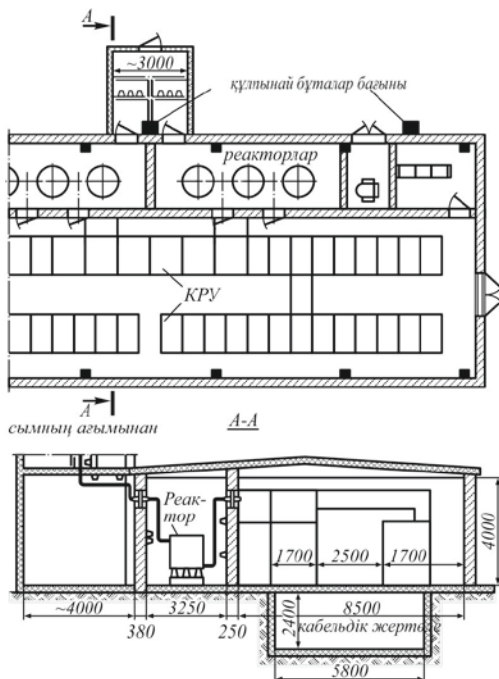
7.7. Кернеуі 6...10 кВ тарату шағын орталықтарын жиынтықты орындау

7.8 суретте цех ғимаратына қосымша салынған екі шығуы бар тарату шағын станциясының жиынтығы көрсетілген. Энергиямен жабдықтаушы ұйымның басқаруындағы РП бөлігі құлыпталатын есігі бар аралықпен бөлінген.



7.9.-сурет. Цехтағы колонналар арасындағы жеке бөлмелердегі кернеуі 10 кВ тарату шағын станцияларын құрастыру нұсқасы:

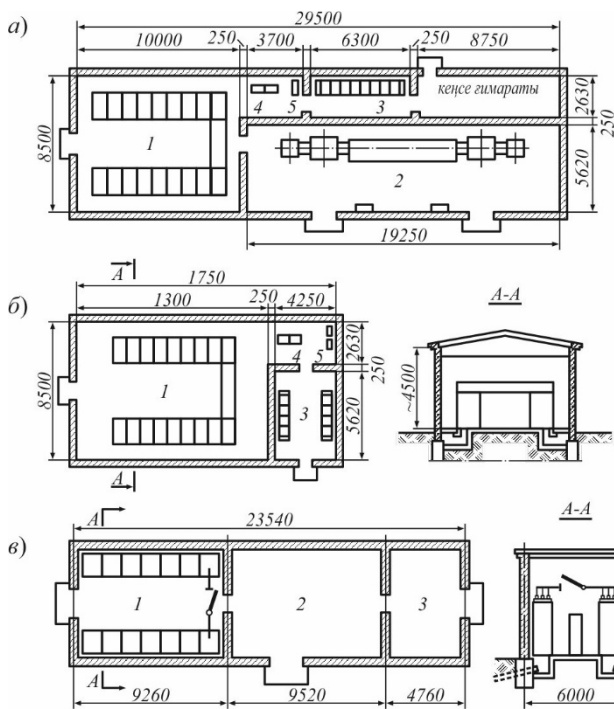
1 – өлшемі 1350 мм ЖТҚ шкафы; 2 – шкафтар арасындағы тоқ сымы; 3 - өлшемі 900 мм Қ шкафы; 4 – ЖТҚ секциялары арасындағы тоқ сымы



7.10-сурет. Сырғымалы ЖТҚ және иілмелі тоқ сымдарының арнайы шахтасы арқылы қуатты әкелінген реакторлары бар тарату шағын станцияларын құрастыру
Коллоны эстакады токопроводов – Токөткізгіш эстакаданың бағаналары

7.8 суреті. БҚК камераларының қос қатарлы орналасуында абонент пен энергожүйеге бөлінуі кезінде 10 кВ кернеулі таратқыш шағын станцияның құрылғыларының орналасуы:

1 – қуат беру блогы; 2 – қорғау қалқандары; 3 – ЖТБШ типті жедел тоқ шкафы; 4 – 3000 мм ұзындықтағы шиналық көпір; 5 – есігі бар тор қоршау; 6 - БҚК-272 типті камера



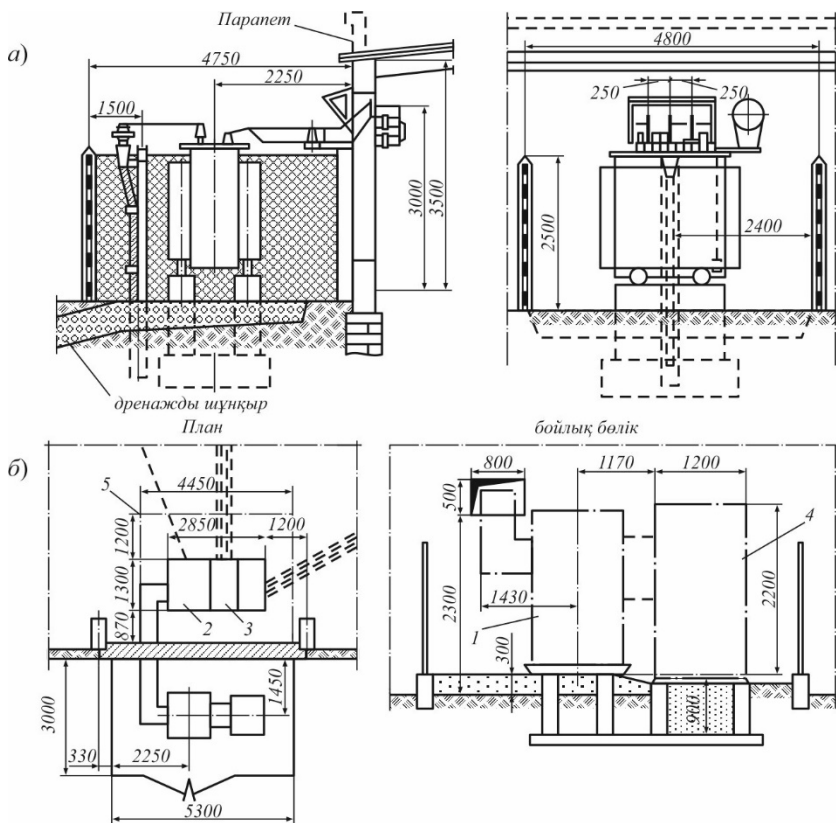
7.9 суретте цехтағы колонналар арасындағы жеке бөлмелерде орналасқан тарату шағын станцияларын құрастыру көрсетілген.

7.10 суретте Сырғымалы ЖТҚ және иілмелі тоқ сымдарының арнайы шахтасы арқылы қуатты әкелінген реакторлары бар тарату шағын станцияларын құрастыру көрсетілген.

7.11 суретте тарату шағын құралдарының бірнеше мысалдары көрсетілген, олардың кейбірі трансформаторлық шағын станциялармен қатар қолданылған. Сонымен қатар ТП жиынтықтары оларға конденсаторлық құрылғыларды (КҚ) орналастыру мүмкіндігін қарастырады.

7.8. Кернеуі 6... 10/0,4... 0,66 кВ шағын станцияларды орындау мысалдары

Кернеуі 6... 10/0,4... 0,66 кВ шағын станцияларды орындау типтері айтарлықтай әр түрлі, сол себепті олардың бірнешеуін ғана қарастырамыз.



7.12.-сурет. Трансформаторларды цех жанына ашық орнату: а – қуаты 1000 кВ ■ А ашық орнатылған трансформаторлы цехтік шағын; б – қуаты 630 кВ А трансформатордың сыртқы құрылымымен цехтік бір трансформаторлық ЖТШС; 1 - трансформатор; 2 - кернеуі 1 кВ дейінгі енгізу шкафы; 3 – бөліну желілерінің шкафы; 4 – кернеуі 1 кВ жоғары жүктеме сөндіргіші бар енгізу шкафы; 5 – қызмет көрсету аймағы

Мекемелердің кәсіпорындық ғимараттарының жанында трансформаторларды ашық орналастыратын және осы ғимараттар ішіне шағын кернеудің тарату құрылғысын орналастыратын жиынтықты шағын станциялар кеңінен қолданылады. Трансформаторда өрттің шығуы өндірістік корпусты істен шығару мүмкін болғандықтан бірқатар талаптарды сақтау қажет.

8 Тарау

ЭЛЕКТРМЕН ЖАБДЫҚТАУ ЖҮЙЕЛЕРІ ЭЛЕМЕНТТЕРІНІҢ ЖҮКТЕМЕ ТӘРТІБІНІҢ СИПАТЫ

Электр жүйелерінің барлық сатыларындағы болжалды электр жүктемесін анықтау нысанды электрмен жабдықтау жобасының алғашқы негізін қалаушы бөліктерінің бірі болып табылады. Электр желілері элементтерінің, өткізгіштің жолақтары мен маркаларының қимасының, трансформаторлардың, электр аппараттары мен басқа да электрлік құрылғылардың қуаты мен түрлерінің қажетті техникалық сипаттарын нақты жүктемелер анықтайды. Жобалау кезінде болжалды жүктемені асыра сілтеу нысанды пайдалану кезінде туындайтын шынайы жүктемелермен салыстырғанда өткізгіштердің шығынына және электр құрылғысының таусылмайтын қуатына салынған қаражаттардың ақталмайтын шығынына әкеледі. Азайту – желілердегі қуатты асыра жоғалтуға, қызып кетуге, электр құрылғыларының қызмет мерзімінің тез қысқаруына және аяқталуына әкеледі.

Электр жүктемелерін дұрыс анықтау реактивті қуатты қалпына келтіру амалдарын, кернеуді реттеу құрылғысын, сондай-ақ электр желілерінің релелік желісі мен автоматикасын дұрыс таңдауды қамтамасыз етеді.

Көрсетілген себептер бойынша болжалды электр жүктемелерін жобалау кезінде мүмкіндігінше дәл анықтаған дұрыс. Алайда жүктемені құрайтын барлық көптеген кездейсоқ факторлардың бастапқы ақпараттарының тиісті деңгейде толық, дәл және шындыққа жанаспауынан ақырғылар жоғары дәлдікпен анықтала алмайды.

Әдетте болжалды жүктемені анықтау кезінде ұйғарынды қателіктер ± 10 пайызбен саналады.

8.1. Электрлік жүктемелер кестесі

8.1.1. Жүктемелердің жеке кестесі

Күштік электр қабылдағыштардың үш түрі ажыратылады: ұзақ, қысқа мерзімді және қайталама-қысқа мерзімді.

Ұзақ тәртіпте жұмыс істеген кезде жылулық тепе-теңдік орын алады және электр қабылдағыштың белгілі температурасы белгіленеді. Қысқа мерзімдік тәртіп электр қабылдағышты қысқа мерзімге қосқаннан және қыздырғаннан кейін оның температурасы кейінгі кідірістен кейін қоршаған орта температурасына дейін төмендейді деп сипатталады.

Соңында, қайталама-қысқа мерзімді тәртіп (ҚҚМ), оның барысында ұзақтығы белгісіз қосылу кезеңі ұзақтығы та кідіріспен алмасады және ұзақ тәртіптегідей электр қабылдағышты қалыптасқан температураға дейін біртіндеп қыздыруға әкеледі. Алайда бұл жағдайдағы қыздыру процесі сол температурадағы ұзақ тәртіппен салыстырғанда баяулайды, орныққан қыздыру төмендейді. Қосылу ұзақтығы (ҚҰ) ТКҚС-ды сипаттайтын шама болып табылады:

$$ҚҰ = t_b / (t_b + t_n); ҚҰ < 1.$$

Көбіне ҚҰ-ны пайызбен анықтайды, яғни. $ҚҰ\% = ҚҰ \cdot 100$. ҚҰ-ның төрт стандартты мәні анықталған, оларға мынадар электр құрылғылары шығарылады: 15, 25, 40, 60%. ТКҚС кезіндегі цикл ұзақтығы 10 минуттан аспауы тиіс.

ҚҰ мәні = 1 (немесе 100%) ұзақ тәртіпке сәйкес келеді.

Электр қабылдағыштардың кесімді (құрылымдық) қуаты әдетте белгілі болатын электр жүктемелерін есептеу үшін анық бастапқы шама болып табылады. Қозғалтқыштардың кесімді белсенді қуаты ркес деген кесімді кернеу кезіндегі білікте қозғалтқышпен үдейтін қуат болса, ал басқа қабылдағыштардың кесімді белсенді қуаты деген кесімді кернеу кезіндегі олармен желіден тұтынылатын қуат болып келеді.

ТКҚС қабылдағыштарының паспорттық қуаты $P_{пасп}$ $ҚҰ = 1$ жағдайындағы кесімді ұзақ қуатқа келтіріледі:

$$P_{кес} = P_{пасп} \sqrt{ҚҰ}. \quad (8.1)$$

Кесімді реактивті қуат деп кесімді белсенді қуат пен кесімді кернеу кезінде желіден тұтынылатын реактивті қуат айтылады.

Электр энергиясын қабылдағыштардың ұзақ тәртіпті жұмысының түрлері келесідей:

- 1) жиілікті;
- 2) циклді;
- 3) циклсіз;
- 4) тұрақты емес.

Бірінші тип қатты бағдарлама бойынша ағымдық және автоматтандырылған t_{η} периодты өндіріс қатаң бірқалыпты процеске жауап береді.

Екінші түрі ағымсыз және автоматтандырылмаған, бірақ циклдік өндіріс жағдайына жауап береді. Мұндағы жиілік негізінен жеке циклдердің тұрақсыз кідірістерінің ұзақтығынан тк бұзылған, алайда жүктеме тәртіптерінің сәйкес аймақтарындағы циклді мен сипаттарының

жұмыс аралықтарының ұзақтығы tn өзгеріссіз қалады. Сол себепті бұл жерде бір циклдің орташа ұзақтығы туралы айтуға болады.

Үшінші түрі агрегатпен орындалатын қайталама операциялар қатаң реттелмеген жағдайға жауап береді, оның салдарынан тәртіп сипаты жұмыс орындарында да айтарлықтай өзгереді. Алайда циклдік емес кестелер жиілік және циклдік сияқты электр энергиясын циклдің орташа уақытында пайдалану тұрақтылығымен сипатталады.

Төртінші түрі электр энергиясын тұтыну тұрақтылығының шарттары сақталмаған жағдайдағы тұрақсыз жұмыс кестесіне жауап береді. Бұл техноогиялық процестің орнатылмаған сипатының бар екенін білдіреді.

8.2. Электрлік жүктемелердің топтық кестесі

Электрлік жүктемелердің топтық кестесі бір жеткізу желісімен біріктірілген электр қабылдағыштар тобына жатады. Жеке кестенің топтық кестеден айырмашылығы қатаң түрде жиіліксіз. Алайда егер қайта-қайта қайталанатын тұтынушылар тобының бірнеше кестелері үшін қайталанатын уақыт кезеңінде электр энергиясының шығыны Эц бірдей болып шығады, сондай-ақ Эц жалпыланған циклдік ұғымды енгізуге болады. Қалыптасқан циклдегі өндірістің қалыптасқан қарқынында ауысым ұзақтығы қабылданады.

Электр қабылдағыш жүктемесі кестесінің сипаты мен формасы технологиялық процесспен анықталады. Топтық кесте топқа кіретін жеке электр қабылдағыштар кестелерінің қосындылау нәтижесін көрсетеді. Алайда тіпті электр қабылдағыштары бірдей болған жағдайда олардың топтық кестесі жеке электр қабылдағыштардың жұмыс уақытынан ауытқуын шарттайтын кез келген факторлар қатарына тәуелді әртүрлі реңк қабылдай алады. Мұндай жылжытулардың мүмкіндігі мен кейбір жеке кестелер сипатының өзгеруін ескеру, сондай-ақ топтық кесте жүктемесінің максималды шамасына әсер етуін бағалауды ықтималдылық теориясы мен математикалық статистика әдістерін осы мақсат үшін пайдалану арқылы жүзеге асыруға болады.

Топқа кіретін электр қабылдағыштардың аса көп санында тәуліктік кесте тұрақты сипатты қабылдайды. Жұмыс жасап тұрған нысандарды ұзақ бақылау өнеркәсіп пен ауылшаруашылықтың түрлі салаларына, сондай-ақ қалалар мен елді-мекендерге арналған өзіндік кестелер құруға мүмкіндік берді. Мұндай кестелерді типтік деп атайды және оларды 100% қабылданатын максималды жүктеме пайызынан тәуліктің түрлі сағаттарында жүктемелерді өрнектей отыра қатыстық бірліктерде (қат. бірл.) құрастырады. Тәуліктік топтық кесте ординатасын кему тәртібінде орналастыра және әртүрлі жүктемедегі жұмыс ұзақтығын абсцисса осі

бойынша қойып шыға топтық кестенің ретке келтірілген диаграммасын аламыз.

8.3. Электрлік жүктемелердің математикалық сипаты

8.3.1. Жүктемені кездейсоқ процесспен ұсыну

Кездейсоқ процестің математикалық ұғымында жүктеме кестесінің табиғаты өте жақын және толық көрініс береді. Егер біз t_0 белгілі уақыт кезеңін белгілесек (8.1-сурет) электр энергиясы қабылдағыштары тобының жүктемесі $P(t_0)$ түрлі тәулік кезеңіне арналған осы уақыт кезеңінде түрлі мәндерді қабылдайды, яғни $P(t_0)$ – кездейсоқ шама. Сол себепті кез келген $P_w(t)$ кесте жазбасы $P(t)$ уақыт жүктемесінің өзгеру процесін жеке жүзеге асыруды білдіреді. Басқаша айтқанда бұл жазба P_t кездейсоқ шамаларының жиынтығының уақыттық тізбегін береді, мұндағы t - кестенің зертеу аралығының кез-келген уақыт моменті.

8.1 суретінде кездейсоқ кестенің екі іске асырылған мәндері көрсетілген: $P_w(t)$ және $P_{w1}(t)$; сонымен қатар t және t_+ т екі уақыт моменті үшін жүктеменің мүмкін мәндері көрсетілген: $P_w(t_0)$ және $P_w(t_0 + m)$ $P_w(t)$; $P_{wh}(t_0)$ және $P_{wf}(t_0 + m)$ жүзеге асырылуына қатысты- $P_{wh}(t)$ және $P_{wf}(t)$ жүзеге асырылуының кейбіреуіне жатады.

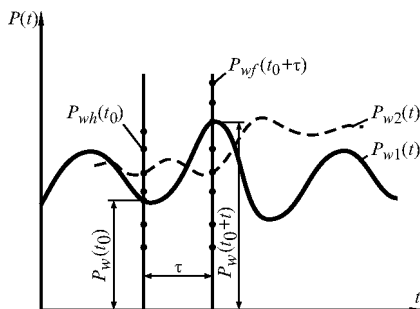
Сонымен кездейсоқ процесс ұғымын бір-бірін толықтыратын қос анықтамамен сипаттауға болады: оның барлық мүмкін P_w жеке іске асырылуының жиынтығы ретінде және уақыттың кез-келген моменті үшін кездейсоқ барлық мүмкін P_t мәндерінің жиынтығы ретінде.

Жүктеме кестесінің процесс ретінде зерттелуінің екі жолы бар:

«вдоль» - t уақыттың түрлі моменттерінде бекітілген $P_w(t)$ іске асырылу қасиеттері бойынша;

«көлденең» – t уақыттың бекітілген моменттері, бірақ іске асырылудың түрлі орындалулары үшін P_t кездейсоқ шамаларының қасиеттері бойынша.

Қолданыстағы электр желілерінде зерттеулер кезінде бірінші ретте



8.1-сурет. $P(t)$ кездейсоқ процесті $P_w(t)$ жүзеге асыру

бірінші жолы қарастырылады, себебі кестенің орындалуы тіркеуші құралдың қайталама жазбалары болып табылады, мысалы түрлі түрлі тәуліктер үшін. Теория мен есептеулерде бірінші ретте екінші жолы қарастырылады.

0 жүйелі уақыт аралығындағы $P_w(t)$ бастапқы кестені ортalandыру арқылы алынған сатылық кесте $P_{01}, P_{02}, \dots, P_{0h}, \dots$ кездейсоқ шамалардың дискреттік жүйелілігінің жеке мәндерін білдіреді. P_{0h} мәндер тізбегі кездейсоқ жүйелілікті білдіретіні белгілі. Кездейсоқ жүйелілік ұғымының кездейсоқ процесс ұғымынан барлық айырмашылығы P_{0h} сатысының h индексі t индексіне қарағанда мәндердің дискреттік жүйелілігін білдіретіндігіне байланысты.

Кездейсоқ процесті көлденең игеру кезінде қалыпты сұрақ туындайды: P_t барлық кездейсоқ шамалардың кездейсоқ процестердің бір жалпы ұғымына физикалық орынды бірігуіне негіз беретін не? Мұндай негіздеме болып белгіленген уақыт моментері аралығының жылжуына сай осы тип процесі үшін P_t және P_t мен $P(t + \tau)$ аралығының кез-келген мәнінің арасындағы болжалды қатынастары болып табылады. Нақты осы байланыстар кездейсоқ процесті, яғни өткізгішті қыздыру эффекті, кездейсоқ жүктеменің биік шегінің түрін және оның басқа да қасиеттерін $P_w(t)$ жүзеге асыру формасын анықтайды. Жүктеменің топтық кестесінде көрсетілген байланыстар олардың электр энергияларын қабылдаудың жеке кестелерінде болуымен шартталады; мұнда олар ақырғы шотта технологиялық процесспен анықталады.

Кездейсоқ процесс «көлденең» (қималар бойынша) табылған MP_t , орташа мәнмен (математикалық болжаммен), DP_t , дисперсиямен, сондай-ақ $R_t(\tau)$ корреляциялық функциямен сипатталады:

$$R_t(\tilde{\tau}) = M [(P_t - MP_t)(P(t + m) - MP(t + m))].$$

Бұл теңдік олардың арасындағы $\tilde{\tau}$ уақыт жылжуындағы P_t және $P(t + \tau)$ екі кездейсоқ шамалардың өзара корреляциялық сәтіндегі тәуелділікті білдіреді. Егер технологиялық процесспен жүктеме кестесі орныққан сипатталса, онда келтірілген барлық үш сипаттама t уақыт сәтін, т.б. таңдауға тәуелсіз

$$MP_1 = \text{const} = MP; DP_1 = \text{const} = DP;$$

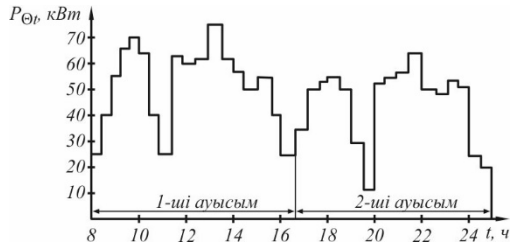
$$R_1\tilde{\tau} = R(\tilde{\tau}),$$

Ал процестің өзі уақыттың стационарлығы немесе біртектілігі деп аталады. Бұл ретте корреляциялық функция бір айнымалы шама функциясы болып қалады. Сонымен қатар $\tilde{\tau} = 0$ болғанда дисперсия тек $R^{\wedge}$ жеке мәні болып табылатындығын айта кеткен жөн, себебі

$$R(0) = M[(Pt - MPt)]^2 = DP.$$

Жүктемелердің нақты кестелері шынын айтқанда стационарлы болып табылмайды. Механикалық цехтың электр жетектерінің топтары үшін жарты сағатты қорталандыру ($t = 0,5$ ч) кезіндегі жүктемелердің $MP(t)$ математикалық болжамдарының сатылы кестесі (сур 8.2) мысал бола алады.

Көрініп тұрғандай $MP(t) = \text{const}$ шарты бұл жерде бақылаудың барлық кезеңінде сақталмаған. Алайда кейбір аумақтарда стационарлық талаптар сақталған, әдеттегідей стационарлы аумақтар максималды жүктемелерге сәйкес келеді.



Кездейсоқ процестер теориясының дәлеліндегідей, кездейсоқ стационарлы процестің корреляциялық функциясы $R(m) = 0$ болса, онда ол эргодикалық қасиеттерге ие; бұл қасиет көлденең сипаттардың олардың көлденең аналогтарымен, яғни процесті тіркей отыра жүзеге асыру бойынша уақытта орталаңдыру жолымен шығарылған сипаттамалармен сәйкес келуін білдіреді.

$$MP = [V_m] J P_w(t) dt; DP = [1/T] J [P_w(t) d(t) - MP]^2 dt; \quad (8.2)$$

$$R(m) = [1/T] J [(P_w(t) - MP) [P_w(t+m) - MP] dt. \quad (8.3)$$

Сонымен стационарлы эргодикалық процесті (немесе аумақты) зерделеу үшін жүктемені бір рет жүзеге асырумен шектелуге болады. Бұл қасиет бұл типтегі жүктеменің кездейсоқ кестесінің сипатының эксперименталды анықталуын біршама жеңілдетуге мүмкіндік береді, нақты айтқанда уақытқа мән берместен жүктемені кездейсоқ шама ретінде зерделеу.

8.3.2. Жүктемелерді кездейсоқ шама ретінде көрсету

Топтық жүктемелер дегеніміз жеке сомалар қосындысы; Ляпуновтың теоремасына сәйкес тәуелсіз электр қабылдағыштардың жеке кестесі үшін (топта қабылдағыштар 10-нан көп болған жағдайда) әрқашан қанағаттандырылатын бірнеше талаптарында топтық жүктеменің кездейсоқ шамасы қалыпты бөлу заңдарына бағынады. MP математикалық болжам және DP дисперсия қалыпты заңның негізгі

сандық сипаттары болып табылады. Дисперсиялы түбір квадраты орта квадраттық ауытқу немесе жүктеме стандарты деп аталады:

$$\sigma_p = \sqrt{DP}. \quad (8.4.)$$

Кездейсоқ шаманы сипаттау үшін келесі вариациялар жиі қолданылады

$$v_p = \sigma_p / (MP). \quad (8.5.)$$

Вариация аз болған сайын математикалық болжам (орта мәндегі) маңындағы жүктемелердің мәндері бір жерге жинақы орналасады. $DP = 0$ мәнінде жүктеменің кездейсоқ шамасы анық және тұрақты болып келеді.

Кездейсоқ шама дисперсиясын мына мән бойынша анықтауға болады

$$DP = M[P^2] - M^2[P], \quad (8.6)$$

мұндағы $M[P^2]$ – жүктеме квадратының математикалық болжамы немесе тиімді жүктеме P^2

Жүктеме мәнінің математикалық болжамнан ауытқуын бағалау үшін қалыпты ауытқу ұғымын қолданған ыңғайлы

$$\beta = (P - MP) / \beta_P \quad (8.7)$$

бұдан шығатыны

$$P = MP \pm \beta \sigma_p.$$

Таратудың қалыпты заңы үшін жүктеменің $MP \pm 3\sigma_P$ шегінен шығу мүмкіндігі 0,003 тең, сол себепті көрсетілген шектен шығып кеткен мәндер еленбейді.

Электрмен қамтамасыз ету жүйесі элементтерінің электрлік жүктемесі электр желісімен байланысқан элементтердің кездейсоқ шамасының сомасын білдіреді. Сол себепті қосылатын жүктемелер сипаты белгілі болатын болса, сома сипатын анықтау маңызды.

Кез келген кездейсоқ шамалар сомасын математикалық болжау олардың математикалық болжамдарының сомасына тең:

$$MP_\Sigma = \sum MP_i \quad (8.8)$$

Екі кездейсоқ шамалар сомасының дисперсиясы дисперсияға қосылған екі еселенген корреляциялық сәт сомасына тең:

$$D[P_1 + P_2] = DP_1 + DP_2 + 2K_{1,2}. \quad (8.9)$$

Тәуелсіз кездейсоқ шамалар үшін $K_{1,2}$ корреляциялық сәті нөлге тең. Басқа да тең жағдайларда қос қабылдағыштар жүктемелірінің арасындағы корреляциялық байланыстардың болуы бұл байланыстың оң немесе терістігіне сәйкес сомалық жүктеменің кішіреюіне немесе ұлғаюына алып келеді.

Корреляциялық сәт шамалар тәуелділігін ғана емес олардың сейілуін де сипаттайды. Сол себепті шамалар арасындағы байланыс сипаттары үшін таза түрде сәттен өлшемсіз сипаттамаға ауысады

$$r_{1,2} = (K_{1,2})/(\sigma_{P1}\sigma_{P2}) \quad (8.10)$$

мұндағы σ_{P1} , σ_{P2} – шамалардың P_1 және P_2 орташа квадраттық ауытқулары. Бұл сипат $r_{1,2}$ корреляция коэффициенті деп аталады.

Тәуелсіз кездейсоқ шамалар үшін корреляция коэффициенті нөлге айналатыны анық. Корреляция коэффициенті барлық тәуелділіктерді сипаттай бермейді, тек сызықтық тәуелділікті ғана, нақты кездейсоқ шамалар арасындағы сызықтық тәуелділіктің толық дәрежесін егер кездейсоқ шамалар нақты функционалдық сызықтық тәуелділікпен байланысты болса, онда $r_{1,2} = \pm 1$. Кездейсоқ шамалар ерікті болжалдық тәуелсіздікпен байланысты болған жағдайда корреляция коэффициентінің мәндері келесідей болуы мүмкін:

$$-1 < r_{1,2} < 1.$$

$r_{1,2} > 0$ жағдайы шамалардың оң корреляциясын, $r_{1,2} < 0$ – жағдайында теріс корреляциясын білдіреді. Кездейсоқ шаралар арасындағы оң корреляция олардың біреуі ұлғайған кезде екіншісінде де ұлғаю тенденциясы болатынын білдірсе, теріс корреляция кездейсоқ шамалардың бірі ұлғайған кезде екіншісінің орташа азаю тенденциясы болатынын білдіреді.

Кез келген санды қосылғыштар сомасының дисперсиясы

$$D[\sum P_i] = \sum D[P_i] + 2\sum K_{ij} \quad (8.11)$$

мұндағы K_{ij} - P_i және P_j шамаларының корреляциялық сәті, соммалау кездейсоқ шамалардың болуы мүмкін барлық қосарлы үйлесімдерге

тарайды.

8.4. Электрлік жүктеме кестелерінің көрсеткіштері

Жалпы ескертулер. Жалпыланған зерттеулермен жүктемелерді есептеу кезінде электрэнергиясы қабылдағыштарының жұмысының тәртібін сипаттайтын кейбір өлшемсіз коэффициенттерді қолдану қажет, мысалы оларды уақыты және қуатына байланысты пайдалану дәрежесі бойынша.

Кез келген типтегі көрсеткіштер жеке және топтық кесте үшін белсенді, реактивті қуатты немесе тоқты болып белгіленеді. Осыған орай келесі белгілеулер жүйесі қабылданды:

Жеке немесе топтық кестелер көрсеткіштері бас әріп немесе кіші әріпті қолдану арқылы ажыратылады.

Белсенді жүктеме көрсеткіштерінің барлығы K , k белгіленеді; реактивті жүктеме - L , l ; тоқ жүктемесі - G , g .

Көрсеткіштер түрі оның атауының орыс тіліндегі басқы әріптер түріндегі индекспен белгіленеді. Мысалы, белсенді қуат кестесі (K әрпі) K и пайдаланудың топтық коэффициентін білдіреді.

8.4.1. Пайдалану коэффициенттері

Бір немесе топтық электрқабылдағыштарының жұмыс тәртібінің негізгі көрсеткіші ретінде бастапқыға ($P_{ном}$, $P_{ном}$) орташа ауысымды жүктеменің қатынасын ($P_{см}$, $P_{см}$) көрсететін өрнекті пайдалану коэффициенті қызмет атқарады. Жүктемелердің үш ұсынымына қолданылатын белсенді қуат, реактивті қуат және тоқ бойынша пайдалану коэффициенттерін анықтайды.

$$K_p = P_{см}/P_{ном}; \quad (8.12)$$

$$K_p = P_{см}P_{ном} = \left[\sum^k w P_{ном} \right] / \left[\sum P_{ном} \right] = \left[\sum^k w P_{ном} \right] / \left[\sum P_{ном} \right]$$

$$K_p \leq 1 \quad (8.13)$$

Ауысым үшін белсенді қуатты пайдалану коэффициенті ауысымда қабылдағышпен қолднылған энергия қатынасы сияқты анықталуы мүмкін.

$$K_p = \Delta\alpha / \Delta\alpha_{\text{алюм}} \quad (8.14)$$

8.4.2. Қосу коэффициенті

k_B электр қабылдағышты қосу коэффициенті электр қабылдағышты уақыт бойынша өолдану дәрежесі сипатталады:

$$k_B = t_B / t_{\text{ц}}, k_B \leq 1, \quad (8.15)$$

мұндағы t_B электр энергиясын қабылдағышты $t_{\text{ц}}$ циклде жұмыс уақытынан және құралатын t_{xx} : $t_B = t_P + t_{\text{xx}}$ бос жүріс уақытынан құралады.

Электр қабылдағышты қосу коэффициентінің ара қатынасы қабылдағышты сол немесе басқа уақыт кезеңінде қосу ықтималдылығымен белгіленеді. Қосу коэффициенті әртүрлі уақыт кезеңдері үшін ажыратылған және оның технологиялық процестегі міндеті мен қатысу сипаты анықталады.

K_B қосудың топтық коэффициенті 1, 2, ..., i , ... тұратын n электр қабылдағыштар тобына кіретін электр қабылдағыштарын қосудың жеке коэффициент мәнінің белсенді бастапқы қуаты бойынша орташа безбенделген деп аталады:

$$K_B = [\sum k_{BГ} P_{\text{ном}}] / [\sum P_{\text{ном}}] = [\sum k_{BГ} P_{\text{ном}i}] / [P_{\text{ном}}]; K_B \leq 1. \quad (8.16)$$

Оған кіретін жеке $k_{BГ}$ сияқты циклге $K_{\text{ц}}$ сандық мәні жатқызылғаны анық.

Қосудың топтық коэффициенті ұғымы жеке ұғымнан қарағанда анық физикалық мағынадан ажыратылған және есептік шама түрінде ғана қолданылады.

8.4.3. Жүктеме коэффициенті

Жеке электр қабылдағышты жүктеу коэффициенті белсенді, реактивті қуат немес тоқтың олардың бастапқы шамасына қосылу уақытында орташалар қатынасы ретінде анықталады.

Орташа белсенді қуат $P_{\text{с.в}}$ қосылу уақытында циклдік орташа қуаттан $P_{\text{ц}}$ үлкен және циклдің жалпы ұзақтығына қосылу уақытына кері пропорционалды:

$$\rho_{\text{с.в.}} = \rho_{\text{с.ц}} / [t_B / t_{\text{ц}}] = \rho_{\text{с.ц}} / [K_B] \quad (8'17)$$

Онда белсенді қуат бойынша жүктеме коэффициенті

$$K_3 = \rho_{c.b} / \rho_{ном} = \rho_{c.ц} / [\rho_{ном} K_B] \quad (8.18)$$

егере периодтық, циклдік және циклсіз кестелерге тән циклдің орташа жүктемесін $\rho_{c.ц}$ орта ауысымдыққа тең деп жақындата санасақ

$$K_3 = \rho_{cm} / [\rho_{ном} K_B] = K_{и} / K_B \quad (8.19)$$

Соңғы өрнектер топтық кестелер үшін ұқсас формулаларды жазуға мүмкіндік береді:

$$K_3 = K_{и} / K_B \text{ или } K_{и} = K_3 / K_B \quad (8.20)$$

8.4.4. Жүктеме кестесінің формасының коэффициенті

Жүктеме кестесінің формасының коэффициенті – орташа квадраттық (тиімді) жүктеменің $\rho_э$, $P_э$ берілген уақыт кезеңіндегі орташасына ρ_c , P қатысты:

$$K_\phi = \frac{\rho_э}{\rho_c}; K_\phi = \rho_э / \rho_c; \quad (8.21)$$

$$K = \frac{\sqrt{(\rho_c)^2 + DP}}{\rho_c} \quad (8.22)$$

Қабылдағыштары тобынан жүктеме кестесінің формасының коэффициенті былайша анықталады:

$$K_\phi = \sqrt{1 + \frac{\sum[(K_\phi)^2 - 1][\sum(\rho_{номi}^2)]}{[\sum \rho_{номi}]^2}} \quad (8.23)$$

Шаманы енгіземіз

$$n_э = [\sum(\rho_{номi})^2] / [\sum \rho_{номi}]^2 \quad (8.24)$$

Онда форма коэффициенті

$$K_\phi = \sqrt{1 + \frac{\sum(K_{\phi i}^2 - 1)}{n_э}} \quad (8.25)$$

Жүктеменің сомалық кестесінің өрнегі мынадай

$$\gamma_\Sigma = \sum(\gamma_i) / \sqrt{n_э} \quad (8.26)$$

Егер барлық қабылдағыштардың бастапқы қуаты бірдей болса

$$n_{\Sigma} = [(n\rho_{\text{ном}})^2] / [n\rho_{\text{ном}}] = n \quad (8-27)$$

Жалпы жағдайда $n_{\Sigma} \leq n$.

Егер топтың барлық қабылдағыштарының біртекті жұмыс кестесі болса, яғни $k_{\phi 1} = k_{\phi}$, онда

$$K_{\phi} = k_{\phi} \quad (8.28)$$

$n_{\Sigma} \rightarrow \infty$ жағдайында $K_{\phi} \rightarrow 1$ форма коэффициенті болса, ол қабылдағыштар санының шексіз өсуі кезінде стационарлық тәртіпке арналған топтық кесте минималды өрнекпен тұрақты болады, яғни $u_{\Sigma} \rightarrow 0$. Стационарлық аралықтарындағы нақты кестелер үшін, мысалы жүктеменің максимумдық кезеңінде $K_{\phi} = 1,02... 1,25$, алайда жеткілікті бірқалыпты процесс нысаны үшін $K_{\phi} = 1,05... 1,15$. Бұл нәтижелер біршама қабылдағыштар санын біріктіретін топтар жүктемелерінің кестесіне тура, мысалы трансформаторлық шағын станциялар шиналары.

8.4.5. Кестені толтыру коэффициенті

Белсенді қуаттың жүктеме кестесін толтыру коэффициенті деп зерттелген уақыт аралығындағы қуаттың орта мәнінің максимал мәніне қатынасын атайды:

$$K_{3.г} = \frac{P_c}{P_{max}}.$$

Максималды жүктеме 0,5 сағатқа тең жүктеме кестесін ораталандыру кезеңінен шаға анықталады, яғни негіз ретінде жарты сағаттық максимум жүктеме алынады. Тәжірибелік есептер үшін жарты сағаттық максимум ықтималдығының артуы 0,005 көп емес, яғни $P_{max} = P_c + 2,5\gamma_p$. Онда

$$K_{3.г} = \frac{P_c}{P_c + 2,5\gamma_p} = \frac{1}{1 + 2,5\gamma_p} \quad (8.29)$$

Сайып келгенде жүктеме өрнегі v_p аз болған сайын кестені толтыру коэффициенті ұлғая түседі және $K_{3.г} \rightarrow 1$ кестесін толтыру коэффициенті $v_p \rightarrow 0$ тең. $K_{\phi} = 1,1$ ($v_p \approx 0,5$) $K_{3.г} \approx 0,45$ жағдайда.

Жүктеме кестесінің толтырылуын сипаттау үшін максималды жүктемені қолдану сағаттарының сандары ұғымы қолданылады.

$$T_{max} = \frac{\mathcal{E}_r}{P_{max}} \quad (8.30)$$

мұндағы $\mathcal{E}_r$ - нысанның белсенді электр энергиясының жылдық шығыны.

8.4.6. Энергия пайдалану коэффициенті

Жүктеменің ауысым бойынша біркелкі еместігін, мерекелік күндерде жұмыс және де жүктеменің маусымдық ауытқуларын P_c ауысымдағы орта белсенді жүктеме мен $P_{c,r}$ орта жылдық жүктеме арасындағы байланысты анықтайтын энергия пайдаланудың $K_{3,r}$ жылдық коэффициенті ескереді:

$$K_{3,r} = \frac{\rho_{cg}}{\rho_c} \quad (8.31)$$

мұндағы $P_{c,r}$ – орташа жылдық жүктеме, $\frac{\mathcal{E}_r}{T_r}$; T_r жұмыс сағаттарына тең.

$$T_r = (365 - m)nT_{cm}K_p - T_{пр} \quad (8.32)$$

мұндағы T_{cm} – ауысым ұзақты; $T_{пр}$ – демалыс алдындағы (демалыс) күндердегі жұмыс ұзақтығына қысқартылған сағаттың жылдық саны; m - жылдағы демалыс күндерінің саны; n - ауысым саны; K_p – жөндеу уақыты мен басқа да 0,96... 0,98 тең жұмыссыз тұрған уақытты есепке алатын коэффициент.

Өндірісі үздіксіз цехтарды қоспағандағы кәсіпорын жұмысының жылдық ұзақтығын ауысым саны мен ұзақтығына сәйкес 8.1 кестесінің деректері бойынша қабылдауға болады.

Кесте 8.1

Кәсіпорын жұмысының сағаттарының жылдық саны

Ауысым ұзақтығы, сағ	Ауысымдарды ауыстырудағы жұмыс сағатының жылдық		
	Бір	екі	үш
8	2250	4500	6400
7	2000	3950	5870

Өндірісі үздіксіз кәсіпорындар мен цехтар үшін жұмыс сағаттарының жылдық саны сәйкесінше ұлғаяды.

$K_{э,р}$ энергияны пайдалану коэффициенті 0,55 ...0,95 шамасында өзгереді. .

8.4.7. Жүктеме максимумдарының бір мезеттілік коэффициенті

Электр желілерінің элементтері түрлі тұтынуларды бірлескен қуат көзі үшін қолданылады. Мұндай элементтердің қорытушы максималды жүктемесі жеке тұтынулардың максималды жүктемесін қарапайым сомалау арқылы анықтала алмайды, себебі тұтынудың максимум жүктемесі бірдей уақытта болуы мүмкін. Мысалы өнеркәсіптік тұтынудың максимум жүктемесі таңертең сағат 10-нан 12 дейін белгіленеді, максимум тұрмыстық тұтынулар кешкі сағат 20 шамасына келеді. Өнеркәсіптік кәсіпорындардың түрлі бөлімдерінің тұтынуларының уақыты сәйкес келмейтін максималды жүктемесі бар, осылайша желінің бір элементінен қуат алатын тұтынулар жүктемесінің максимумы бір мезетте орын алмайды және олардың орын алу уақыты осы элементтің сомалық жүктемесі максимумының орын алу уақытымен сәйкес келмейді.

Сол себепті максимал сомалық жүктемесін анықтау әдетте жүктеме біруақытылымдылық максимумы коэффициентін пайдалану арқылы жүзеге асырылады. Әдебиетте басқа атаулар кездеседі, мысалы максимумға қатынас коэффициенті, әруақыттылық коэффициенті, максимумдардың сәйкессіздік коэффициенті және т.б.

$K_{о\ max}$ жүктеменің максимумдарының біруақыттылық коэффициенті жүктеменің нәтижелі кестесінің максимум сәтіндегі желінің ортақ элементін құрайтын жеке тұтынушылардың тұтыну жүктемесін ескереді. Жүктемелер максимумының бір уақыттылық коэффициенті $K_{о\ max} \leq 1$. Жүктеме максимумдарының бір уақыттылығының коэффициентінің мәндері тұтыну жүктемелерінің сипаттарымен анықталады және белгілі шекте өзгере алады. Әдетте максимумдардың бір уақыттылығының коэффициенттерінің мәндері таңғы және кешкі максимумдар үшін анықталады. Өнеркәсіптік нысандардың жүктік күштемелерінің таңғы максимумы үшін $K_{о\ max} = 0,7... 0,95$, жарық беретін жүктемелер үшін $K_{о\ max} = 0,8... 1,0$.

9 Тарау

ӨНЕРКӘСІПТІК ЭЛЕКТР ЖЕЛІЛЕРІНІҢ ЕСЕПТІК ЭЛЕКТРЛІК ЖҮКТЕМЕЛЕРІ

9.1. Электр құрылғыларының жүктемелік қабілеттілігі

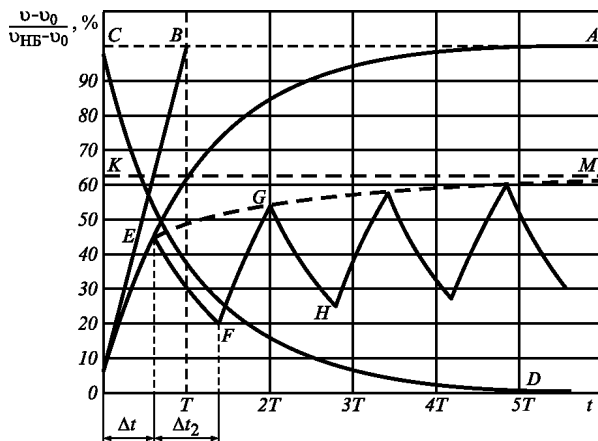
9.1.1. Жалпы мәліметтер

Электр құрылғыларының бастапқы тоғы деп қоршаған ортаның бастапқы температурасында электр құрылғылары арқылы шектеусіз ұзақ уақыт өте алатын тоқты айтады, дегенмен оның көбірек қызыған бөліктерінің температурасы ұзақ уақыт рұқсат етілген мәндерден аспайды.

Құрылғыларды асыра жүктеу оның номинал қуатынан (тоқ) жоғары қуатта жұмысы қарастырылады. Бұл апаттық та, қалыпты да режимдерде болуы мүмкін, мысалы жүктеменің мәні жобалық мәнінен жоғары болған кезде істен шыққан құрылғыны алмастыру.

Асыра жүктеудің ұйғарымды мәндерінің техникалық критериялары ретінде құрылғының берілген температурасын немесе оқшаулағыштың ұйғарымды тозуын қарастыруға болады. Шектік температура критеріі бойынша асыра жүктеу ұзақ және қысқа мерзімді болуы мүмкін. Ұзақ мерзімді асыра жүктеулер суыту шарттары номинал мәнінен өзге болғанда немесе құрылғының сипаты немесе күйі ұзақ мерзімге шектік температурадан ауытқуға мүмкіндік беретін жағдайда рұқсат етіледі. Қысқа мерзімді асыра жүктеулер апаттық шарттарда номинал жүктемемен салыстырғанда төмен жүктемеден асыра жүктеу режиміне өткенде іске асырылады.

Тоқ өткенде электрмен қамтамасыз ету жүйесі элементтерінің қызуы. Электр желілерін пайдалану барысында өткізгіштер электр тоғымен қыздырылады. Тоқты алғаш қосу кезінде өткізгіштің барлық қабылдаған жылуы оның суытусыз өзгерісі сызықтық заңдылықпен өзгеретін температурасын жоғарылатуға жұмсалады (9.1 суретіндегі В түзуі). Шындығында қызумен қатар өткізгіштің қоршаған ортаға жылу берілісі болады. Әзірше өткізгіш бетінің температурасы қоршаған орта температурасынан айырмашылығы аз, қоршаған ортаға берілетін жылу мөлшері көп емес. Ол қоршаған орта және өткізгіш бетінің температуралар айырмасының өсуімен қатар жоғарлайды. Сым талшығының температурасының жоғарлау жылдамдығы бәсеңдейді, температура жылулық тепе-теңдік орындалатын ең жоғары мәніне ұмтылады: өткізгіштен бөлінетін жылудың барлығы қоршаған ортаға беріледі.



9.1 суреті. Тоқ күшінің және суыту шарттарының тұрақты мәндерінде өткізгіштің уақыт барысында температурасының өзгеріс заңдылығы мына теңдеумен берілген:

$$v-v_0 = (v_{ин}-v_0)(1 - e^{v/T^0}), \quad (9.1)$$

мұндағы e - натураллогарифмдердің негізі; t - тоқтың өту уақыты, с; T^0 – қыздыру уақытының тұрақтысы, с; t - уақытындағы сым температурасы, °C; 0 – қоршаған орта температурасы, °C; $v_{ин}$ – жылулық тепе-теңділік кезінде орнатылған өткізгіштің ең жоғары температурасы, °C.

Қыздыру кезіндегі өткізгіштің температурасының уақыт бойынша өзгерісі 9.1 суретінде А қисығымен көрсетілген. Абсцисса өсіне параллель СА түзуі өткізгішпен қоршаған орта температураларының айырмаларының ең жоғары мәні болып табылады (аса қызудың ең жоғары температурасы).

СВ кесіндісі қызу уақытының тұрақтысы ретінде қарастырылады, яғни жылудың қоршаған ортаға берілмеуі шартында өткізгіштің жоғары температураға жету уақыты.

Тоқтық жүктемені өшіру кезінде өткізгі суытылады, оның температурасының өзгеріс заңдылығы мына түрде берілуі мүмкін:

$$v-v_0 = (v_{ин}-v_0)^{(v/T_0)}. \quad (9.2)$$

Жылудың өткізгіштен қоршаған ортаға берілуі үш түрлі орындалады: жылу өткізгіштік, сәуле шығару және конвекция арқылы. Қыздырылған дененің температурасына және қоршаған орта сипатына байланысты жылу берілісінің қандай да бір әдісінің басымдылығы байқалады.

9.1.2 Сымдар мен кабельдердің қыздырылуы

Электр тасымалдау әуе желілерінің оқшауланбаған сымдары үшін жылу берілісі негізінде конвекция арқылы жүзеге асады, яғни сымның қозғалыстағы ауа ағынымен суытылуы. Сәуле шағару арқылы жылу берілуі бұл жағдайда аз, себебі әуе желілері сымдарының температурасы қалыпты жағдайда 70 °C аспайды. Қарастырылған жағдайда ауаның төмен жылуөткізгіштігі салдарынан жылу берілісінің үлесі жоқ деуге болады.

Әуеде оқшауланған сымдар мен кабельдерді салғанда олардың бетінен шығатын жылудың берілуі оқшауланбаған сымдардарда жүретін заңдылық бойынша орындалады. Бірақ оқшауланған сымдар мен кабельдердің қыздырылуы кезінде жылулық ағын оның беткі қабатына жетер алдында оқшаулағыш және қорғаушы қабаттың жылулық кедергісінен өтуі керек. Бұл жағдай оқшауланған сымдардың оқшауланбағандармен салыстырғанда суыту шарттарын нашарлатады.

Әуеде сымдар мен кабельдерді салғанда жиі резеңке немесе полихлорвинилді оқшаулағыштар қолданылады. Шектік температура оқшаулағыштың төзімділігімен анықталады. Ұзақ мерзімді пайдалану резеңке оқшаулағышта + 65°C-тен аспайтын, ал полихлорвинилді оқшаулағышта + 70°C-тен аспайтын температурада орындалады. Бұдан жоғары температураларда резеңке оқшаулағыш морт сынғыш келеді, ал полихлорвинилді оқшаулағыш жұмсақтанады және оқшаулағыш қабат қойылған талаптарға сай қасиеттерін жоғалтады.

Оқшаулағышы қағаздан орындалған кабельдер қалалар мен өндірістік кәсіпорындарда сыртқы электр желілерін салғанда кең қолданыс тапты. Мұндай желілер үшін көбіне жер траншеялары арқылы салу әдісі пайдаланылады. Жердің жылуөткізгіштігінің жоғары болу нәтижесінде жер астында салынған сымдардың жылу алмасу шарттары әуеде тартылған сымдардан өзгеше болады. Кабельдер жер астында 0,7... 1,0 м тереңдікте орналасады, ол жерде температура ауадағыдан анағұрлым өзгеше болып табылады. Ресейдің орта ендігінің көптеген аудандары үшін жердің ең жоғары орта айлық температурасы + 15°C жақын. Қалыпты жағдай ретінде жер астында тепературасы + 15 °C меншікті кедергісі 120 Ом-см орташа топыраққа бір кабелді салу қарастырылған.

Қағаз оқшаулағышты қорғасын немесе алюминий өзекті кабелдер үшін шектік тепература қағаздың қыздыруға төзімділігі және кабель ішінде бос қуыстардың болмау шарттары негізінде анықталған. Қағаз оқшаулағышты сым тарамының шектік температурасы есептелген кернеуге тәуелді болады. Жоғарылаған сайын шектік температура мәні төмендейді. Қағаз оқшаулағышты кабелдер үшін 3 кВ кернеуде шектік температура мәні +80°C, 6 кВ кернеуде шектік температура +65°C, 10 кВ кернеуде шектік температура +60 °C тең.

Салу әдісі және өткізгіш массасы қыздыру уақытының тұрақтысын анықтайды:

$$T_0 = C / L, \quad (9.3)$$

мұндағы C – температуралардың нақты мәндерінде іс жүзінде өзгермейтін өткізгіштің жылу сыйымдылығы; A_0 – жылуөткізгіштік, сәуле шығару және конвекция арқылы қоршаған ортаға жылу берілісін

ескеретін коэффициент.

Әуеде салынған желілер өткізгіштерінің қыздырылу уақытының тұрақтысын уақытқа тәуелсіз деп қарастыруға болады. Әуеде салынған сымдар мен кабельдердің Т0 қыздыру уақыты тұрақтысының мәндері қимасы мен номинал кернеуіне байданысты 3... 60 мин аралығында өзгереді.

Жер астында салынған кабельдердің қызу уақыты тұрақтысы қызу уақытына тәуелді. Сынақтар мәліметтері бойынша 2-ден 5 сағ дейін максимум жүктемеде жер астында салынған кабелдердің қызу уақыты тұрақтысы 3 ...4 сағ тең.

Сонымен әуеде салынған өткізгіштердің ор қазып салынғандардан қызу уақыты тұрақтысы әлдеқайда төмен.

Оқшауланған өткізгіштерді құбыр ішінде салғанды суыту шарттары нашарлайды. Аз өзгертін 2-ден 5 сағ дейін жүктемеде құбыр ішінде салынған кабелдердің қызу уақытының тұрақтысын 1...2 сағ деп қарастыруға болады.

9.2. Есептік электр жүктемесі ұғымы

Электрмен камсыздандыру жүйесінің элементінің техникалық мәліметтерінде уақыт барысында өзгеріссіз және қызу шарттары бойынша рұқсат тоқ жүктемесі көрсетілетіні белгілі. Жүктемелер I_c айнымалыларының кестесіндегі рұқсат етілген тоқ жүктемелерінің кестелік мәндері бойынша элемент таңдау үшін ең алдымен соңғысын қызу эффектісі бойынша сәйкес $I = I_{расч}$ кестесімен алмастыру қажеттігі айқын. Өте жиі есептік жүктемені элементтің максимал қызу тепературасына сай анықтайды. Сонымен температура шегі бойынша есептік жүктеме деп I_t орнатылған айнымалы жүктемемен белгіленген максимал қызып кетуді қамтамасыз ететін $I_{расч}$ уақыт барысындағы өзгеріссіз жүктемені атайды.

Тәжірибе жүзінде қарапайым түрде тым болмаса белгілі ауытқумен берілген кесте үшін есептік жүктемені анықтай білген жөн.

Екі қызып кету бірдей болатын уақыт барысында өзгермейтін жүктмеден басқа жағдайда жүктеменің тиімді мәндері өткізгіштегі қуат жоғалтуының орта мәнін, яғни элементтің орта қызып кетуін анықтайды. $I_{расч}$ есептік тоқ әрқашан I_3 тиідіден және де I_c орта тоқ мәндерінен жоғары. Осыдан теңсіздік шығады:

$$I_{max} \geq I_{расч} \geq I_3 \geq I_c \quad (9.4)$$

мұндағы I_{max} - берілген кестедегі токтың ең жоғары (максимал) мәні.

Бұл теңсіздік $I_{расч}$ есептік жүктеменің көрнекі бірақ нобайлы есептеуін береді. Есептеуде жоғары дәлділік 0 сырғымалы уақыт аралығындағы I_{max0} орта (немесе тиімді) жүктеменің максимумы ұғымы арқылы іске асырылады.

Шыңында өткізгіштің қызуы оған белгілі уақытта жүктеме әсерінің нәтижесінде болғандықтан 0 уақыт аралығындағы I_0 орта жүктемесі дәл

сол аралықтағы $I_{\max}$ максимал жедел жүктемемен салыстырғанда өткізгіштің қызуын дәлірек сипаттайды.

$t + 0_{\text{опт}}$ уақытында I_0 орта жүктеме өзге бірдей шарттарда өткізгіш қызуын әлдеқайда дәлірек сипаттайтын орталау аралығының $0_{\text{опт}}$ тиімді ұзақтығы бар екендігіне көз жеткізу қиын емес. Өткізгіштің қызуына жүктеменің интегралдық әсерін ескере отырып орталау аралығының ұзақтығы аз болмау қажеттігі айқын байқалады. Бірақ орталау аралығының ұзақтығы тым жоғары болмауы тиіс, себебі ұзақ аралықта төмен жүктемеде де өткізгішті едәуір қыздырып үлгеретін графиктің елеулі шыңы болуы мүмкін. Басқа сөзбен айтқанда орталаудың өте үлкен 0 аралығында орта жүктеме мен ең жоғары қызуының мәндерінің арасындағы байланыс жоғалады.

Демек $0_{\text{опт}}$ тиімді мәні аз болуы тиіс, бірақ өткізгіштің ең жоғары қызып кетуі орталау аралық соңында болатындай жеткілікті мән болуы қажет. Орталаудың тиімді аралығын қызу уақытының үш еселенген мәніне тең етіп алған жөн екендігі дәлелденген, яғни $0_{\text{опт}} = 3T_0$.

Ең жоғары мән $I_{\max}/0_{\text{опт}}$ анықталған соң есептік жүктеменің сәйкес $I_{\text{расч}}$ мәнін анықтау қалады. Іс жүзінде жоғары дәлдікпен мынаны ескеруге болады:

$$I_{\text{расч}} \approx I_{\max} 0_{\text{опт}} \quad (9.5)$$

Сонымен $0_{\text{опт}} = 3 T_0$ уақыт аралығында максимал орта жүктеме $I_{\text{расч}}$ есептік жүктемеге тең деп алынады, орта жүктеменің максимум принципі осыған негізделген.

Өркелкілігі жоғары (жоғары вариация), мысалы жедел айнымалы жүктемелер, кестелер үшін есептік жүктемені орташа емес тиімділік максимумына тең етіп алу қажет.

Қабылдағыштар тобының есептік жүктемелерін анықтау үшін барлық қабылдағыштардың орнатылған қуатын (номинал қуаттарының қосындысы) және технологиялық процестің сипатын білу қажет.

Есептік жүктеме ЭҚ-электр қабылдағыштарының берілген тобының, цех немесе кәсіпорынның сәйкес тәуліктеріндегі ең жоғары тұтынатын ауысымы үшін анықталады. Әдетте ең жоғары тұтыным ең көп агрегат пайдаланылатын ауысымда (күндіз) болады.

«Электрмен жабдықтау жүйелерінің электр жүктемелерін есептеу ережелері» (РТМ 36.18.32.0.1 - 89) есептік жүктемені анықтаудың келесі әдістерін рұқсат етеді.

1. Электр қуатының меншікті шығыны және жүктеме тығыздығы бойынша:

$$P_{\text{расч}} = \frac{\Delta_{\text{уд}} M}{T_{\max}} \quad (9.6)$$

- а) натурал түрде өнімнің бірлігіне жұмсалатын $\Delta_{\text{уд}}$ электр қуатының

меншікті шығыны және M жылына шығарылатын өнім туралы мәліметтер болған жағдайда формула бойынша мұндағы $7m_{ax}$ – белсенді қуаттың максимумын пайдалану сағаттарының жылдық мәні.

$\Delta_{уд}$ шамасы өндірістің қосалқы қажеттілігі және цехтарды жарықтандыруды ескере өнім бірлігіне жұмсалатын электр қуатының интеграл көрсеткіші болып табылады. Өнімнің жеке түрлері бойынша меншікті шығындар шектерінің мәндері сәйкес анықтамаларда көрсетілген.

б) цехтың $p_{уд}$ шаршы метр ауданының максимал жүктемелерінің меншікті тығыздықтары туралы ақпарат болғанда және сол ауданның F_n берілген шамасында формула бойынша

$$P_{расч} = p_{уд} F_{ц}. \quad (9.7)$$

Есептік меншікті шығындар $p_{уд}$ өндіріс түріне тәуелді және статистикалық мәліметтер бойынша анықталады. Бұл әдіс өндірістік аудан бойынша шығыны салыстырмалы түрде бірқалыпты бөлінген өндіріс (механикалық цехтар, жарықтандырғыш құрылғылар). Жарықтандыру жүктемесінде $p_{уд\text{ он}} = 8... 25 \text{ Вт/м}^2$, ал күш беретін жүктемелер үшін $p_{уд\text{ сн}}$ әдетте $0,3 \text{ кВт/м}^2$ аспайды.

2. K_c сұраныс коэффициенті бойынша.

Есептік жүктемені сұраныс коэффициенті бойынша анықтау электр қабылдағыштар саны және қуаты, өнім бірлігіне немесе 1 м^2 цех ауданына қажет меншікті жүктемелер туралы ақпарат болмаған жағдайда іске асырылады. Сұраныс коэффициенті әдісі бойынша (жобалық тапсырма барысында және басқа да есептеулер кезінде) өнеркәсіп жүктемесін сұраныс коэффициенттерінің орта мәндері арқылы формула бойынша анықтау рұқсат етілген:

$$P_{расч} = K_c P_{ном}. \quad (9.8)$$

Сұраныс коэффициенттерінің мәндері өндіріс технологиясына тәуелді және салалық ережелер мен анықтамаларда көрсетілген.

3. Кр қуаттың есептік белсенділік коэффициенті бойынша.

Есептік жүктемені қуаттың есептік белсенділік коэффициенті бойынша анықтау ЭҚ саны, қуаты және жұмыс тәртібі туралы ақпарат бойынша үлестіргіш және қоректендіруші желілердің (трансформаторлар мен түрлендіргіштерді қоса алғанда) барлық қадамдарында жүктемені анықтау үшін қолданылады.

9.3. Қуаттың есептік белсенділік коэффициенті бойынша электр жүктемелерін есептеу

1 кВ кернеуге дейін жүктемені қоректендіретін электрмен қамтамасыз ету жүйе элементінің (кабель, сым, шиналық сым, трансформатор, аппарат және т.б.) есептік жүктеме максимумы $P_{расч\ нн}$ қуаттың есептік белсенділік коэффициенті бойынша анықталады:

$$P_{расч\ нн} = K_p \sum_{j=1}^m P_{cj} \quad (9.9)$$

мұндағы K - қуаттың есептік белсенділік коэффициенті; j - бірдей жұмыс түріндегі, яғни $k_{\underline{м}}$ - жеке пайдалану коэффициенттері бірдей, ЭҚ тобының топшасы; m - бірдей жұмыс түріндегі ЭҚ тобының топшаларының саны; P_j - j -ші топшаның ЭҚ тобының орта жұмыс қуаты.

Жұмыс тәртібі бірдей қуаттық ЭҚ-ның орта қуаты кәсіпорынды зерттеу ақпараттарынан алынатын ЭҚ-ның $p_{номj}$ орнатылған қуаттарын $k_{\underline{м}}$ - пайдалану коэффициенттеріне көбейту арқылы анықталады:

$$P_{cj} = \sum k_{иiP_{номi}} \quad (9.10)$$

Орта реактивті жүктеме

$$Q_{cj} = \sum k_{иiP_{номi}} tg\varphi_i \quad (9.11)$$

мұндағы $tg\varphi_r$ – берілген жұмыс тәртібінің ЭҚ үшін $\cos\varphi_r$ орта қуат коэффициентіне сәйкес реактивті қуат коэффициенті.

Белсенді қуаттың есептік K_p коэффициентінің шамасы топтық пайдалану $K_{\underline{и}}$ коэффициентінің шамасына және желінің таңдалған элементінің қызу уақытының Γ_0 тұрақтысына байланысты анықтамалық ақпарат (9.1 және 9.2 кестелері) арқылы табылады.

Белсенді қуатты пайдаланудың топтық коэффициенті $K_{\underline{и}}$ формула арқылы анықталады:

$$K_{и} = \frac{(\sum P_{cj})}{(\sum_{j=1}^m P_{номj})} \quad (9.12)$$

ЭҚ тобының тиімді саны:

$$n_3 = \frac{(\sum p_{\text{ном}i})^2}{\sum (p_{\text{ном}i})^2} \quad (9.13)$$

мұндағы $p_{\text{ном}i}$ - жеке ЭҚ номинал қуаты.

Көп қозғалтқышты жетектер үшін p_3 анықтау үшін берілген жетектің бір уақытта істеп тұратын барлық электр қозғалтқыштары ескеріледі. Егер осы қозғалтқыштар ішінде бір уақытта іске қосылатындары бодса, олар есептеуде номинал қуаты бірге істеп тұрған қозғалтқыштар қуаттарының қосындысына тең бір ЭҚ ретінде қарастырылады.

Кернеуі 1 кВ дейін, тарату пункттері мен шинасымдарды, құрылымдарды, қалқандарды (Т0= 10 мин) қуаттандыратын желілерге арналған белсенді қуаттың есептік коэффициентінің мәні $K_p=f(p_z; K_i)$

пэ	$K_i=0,1$	$K_i=0,1$	$K_i=0,2$	$K_i=0,3$	$K_i=0,4$	$K_i=0,5$	$K_i=0,6$	$K_i=0,7$
2	8,00	5,30	4,00	2,66	2,00	1,60	1,33	1,14
3	4,52	3,20	2,55	1,90	1,56	1,41	1,28	1,12
4	3,42	2,47	2,00	1,53	1,30	1,24	1,14	1,08
5	2,84	2,10	1,78	1,34	1,16	1,15	1,08	1,03
6	2,64	1,96	1,62	1,28	1,14	1,12	1,06	1,01
7	2,50	1,86	1,54	1,25	1,12	1,10	1,04	1,00
8	2,37	1,78	1,48	1,19	1,10	1,08	1,02	1,00
9	2,26	1,70	1,43	1,16	1,08	1,07	1,01	1,00
10	2,18	1,65	1,39	1,13	1,06	1,05	1,00	1,00
11	2,10	1,60	1,35	1,10	1,05	1,04	1,00	1,00
12	2,04	1,56	1,32	1,08	1,04	1,03	1,00	1,00
13	1,98	1,52	1,29	1,06	1,03	1,02	1,00	1,00
14	1,93	1,49	1,27	1,05	1,02	1,01	1,00	1,00
15	1,90	1,46	1,25	1,03	1,01	1,00	1,00	1,00
16	1,85	1,43	1,23	1,02	1,00	1,00	1,00	1,00
17	1,81	1,40	1,20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
18	1,78	1,38	1,19	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
19	1,75	1,36	1,17	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
20	1,72	1,34	1,16	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
21	1,70	1,33	1,15	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
22	1,66	1,31	1,13	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
23	1,65	1,29	1,12	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
24	1,62	1,28	1,11	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
25	1,60	1,27	1,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30	1,51	1,21	1,05	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
35	1,44	1,16	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
40	1,40	1,13	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
45	1,35	1,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
50	1,30	1,07	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
60	1,25	1,03	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
70	1,20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
80	1,16	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
90	1,13	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
100	1,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Цехтік трансформаторлар мен магистральдік шинасымдардың төмен жүктеме-лерінің шиналарындағы Кр есептік жүктеме коэффициентінің мәні (қыздырудың тұрақты уақыты үшін $T_0 = 2,5...3$ сағ)

Қабылдағыштардың тиімді саныПЭ	Есептік жүктеме коэффициенті Кр	
	Ки< 0,5 болғанда	Ки> 0,5 болғанда
10...25	0,8	0,9
25...50	0,75	0,85
50 аса	0,7	0,8

Бүкіл цех қабылдағыштарының тиімді санын қысқартылған формула арқылы анықтау рұқсат етілген

$$n_{\Sigma} = \frac{(2 \sum p_{номi})^2}{p_{ном max}} \quad (9.14)$$

мұндағы $p_{номmax}$ - цехтың ең қуатты ЭҚ-ның номинал қуаты. Қызу уақытының тұрақтыларының келесі мәндері қабылданады: $T = 10$ мин – үлестіргіш пункттер мен шиналы сымдарды, жинақтар, қалқандарды қоректендіретін кернеуі 1 кВ дейін желілер үшін. Бұл желілер үшін Кр белсенді қуат коэффициенттерінің мәндері 9.1 кестесі бойынша табылады. $T_0 = 2,5$ сағ. – магистралды шинасымдар мен цехтік трансформаторлар үшін Кр мәні 9.2 кесте бойынша қабылданады.

$T_0 > 30$ мин – цехтік трансформаторларды, тарату шағын станцияларын және жоғары вольтты электр қабылдағыштарды қуаттандыратын, кернеуі 6... 10 кВ кабельдер үшін. Бұл ретте есептік қуат орташаға тең қабылданады, яғни $K_p=1$.

Жүктеме түйіндерінің есептік белсенді қуаты X_p түйіні мен Кр сәйкес мәнінің орташа қуаты бойынша анықталады:

$$p_{расч\ HH} = K_p \sum P_c \quad (9.15)$$

Есептік реактивті жүктеме былайша анықталады:

$$Q_{расч\ HH} = L_p \sum Q_c \quad (9.16)$$

мұндағы B_p реактивті жүктемелер үшін келесілермен қабылданады:

кернеуі 1 кВ дейінгі қуаттандыру желілері үшін

$$L_p = 1,1 \text{ при } n_3 \leq 10, L_p = 1,0 \text{ при } n_3 > 10;$$

Магистралды шинасымдар мен цехтік трансформаторлар үшін цехтік трансформаторларды, тарату шағын станцияларын және жоғары вольтты электр қабылдағыштарды қуаттандыратын кернеуі 6... 10 кВ кабельдер үшін

$$L_p=1$$

Ең аз кернеулі күштік жүктеменің толық есептік қуаты:

$$S_{\text{расч НН}} = \sqrt{(P_{\text{расч НН}})^2 + (Q_{\text{расч НН}})^2} \quad (9.17)$$

9.4. Электрлік жарық беру жүктемесін есептеу

Өндірістік кәсіпорында электрлік жарық көзі ретінде газ қуатсыздану шамы мен қызу шамы қолданылады.

Цехтің жарық беру қабылдағыштарының белсенді есептік жүктемесі меншікті жүктеме және сұраныс коэффициенті бойынша анықталады.

$$P_{\text{расч ОН}} = K_{\text{сОН}} p_{\text{уд ОН}} F_{\text{ц}}, \quad (9.18)$$

мұндағы руд он – жарық беру құрылғыларының (шам) меншікті жүктемесі; $R_{\text{ц}}$ – басжоспар бойынша анықталатын цех еденінің ауданы; $K_{\text{с он}}$ – жарық беру жүктемесінің сұраныс коэффициенті.

Кәсіпорындардағы қыздыру шамы негізінен апаттық жарықтандыру ретінде қолданылады, ол жұмыстың уақытша жалғасуы үшін және жұмыс істеу жарығын аяқ асты сөндіру кезінде адамдарды ғимараттан эвакуациялау үшін арналған. Қыздыру шамдары үшін $\text{tg}\varphi_{\text{л.н}} = 0$.

Кәсіпорындағы газ қуатсыздану шамы кәсіпорынның қалыпты жұмыс жасауын қамтамасыз ететін негізгі жарық көзі (сжарық беру жүктемесінің жалпы қуатының шамамен 75% құрайды) ретінде пайдаланылады, олар үшін реактивті қуат келесі формуламен анықталады

$$Q_{\text{расч ОН}} = 0.75 P_{\text{расч ОН}} \text{tg}\varphi_{\text{ОН}} \quad (9.19)$$

мұндағы $\text{tg фон} = 0,33$.

9.5. Электр қабылдағыштар тобын 1 кВ дейінгі кернеумен қуаттандыратын желі элементінің есептік жүктемесін анықтау тәртібі

Кернеуі 1 кВ дейінгі күштік және жарық беру электр қабылдағыштарының белгілі бір тобын қуаттандыратын таңдалған j элементі (кабель, провод, шинопровод, трансформатор, аппарат и т.д.) жүктемесінің есептік максимумы есептік күштік және жарықтық жүктеменің есептік сомасы ретінде беріледі:

$$P_{\text{расч } j} = P_{\text{расч НН}j} + P_{\text{расч ОН}j}$$

$$Q_{\text{расч } j} = Q_{\text{расч НН}j} + Q_{\text{расч ОН}j} \quad (9.20)$$

$$S_{\text{расч } j} = \sqrt{(P_{\text{расч } j})^2 + (Q_{\text{расч } j})^2}$$

1.Топқа кіретін электр қабылдағыштардың номиналды параметрлері сондай-ақ, олардың пайдалану коэффициенті анықталады. Резервті және ауық-ауық жұмыс істейтін қабылдағыштар есептелмейді. Сонымен қатар олардың қуаты жиынтықты ЭҚ сомалық номиналды қуатынан 5 % кем болса аз қуатты электр қабылдағыштарын елемеуге болады. TV-ның таңдалатын j элементін қыздыру уақытының тұрақты шамасы анықталады.

2.Осы элемент электр энергиясының жұмыс істейтін күшті қабылдағыштарының орташа белсенді және реактивті жүктемелері анықталады және жинақталады. Пайдаланудың топтық коэффициенті $K_{\text{ж}}$ және электр қабылдағыштардың пә тиімді саны анықталады. Анықтама-лық деректер бойынша таңдалатын элемент j үшін белсенді $K/$ және реактивті $L_{\text{ж}}$ жүктемелердің есептік коэффициенті бар. $P_{\text{расч НН}}$ және $P_{\text{расч.НН}}$ максималды күштік есептік жүктеме есептеледі.

3.элементінен қуат алатын жарық қабылдағыштардың белсенді $P_{\text{расч ОН/}}$ және реактивті $Q_{\text{расч ОН}}$ есептеулер анықталады.

4.элементінің есептік күштік және жарық беру жүктемелері жинақталады және толық есептік қуат $S_{\text{расч}}$ анықталады.

9.6. Шындық жүктемені анықтау

Шындық немесе соққы жүктемесі бірнеше секундқа созылатын бір немесе топтық электр қабылдағыштардың болуы мүмкін максималды жүктеме деп аталады. Мұндай жүктемелер электр дәнекерлеу мен

доғалық пештерге сәйкес келетін крандық, тартымдық, илемдік жетектерде жұмыс жасайтын үш фазалы және тұрақты ток, сондай-ақ пайдаланудан болатын қысқа тұйықталулардың іске қосылуы немесе өздігінен іске қосылуы кезінде пайда болады.

Шындық ток шамасын қорғау құралдары мен олардың тағайындамасын таңдауда, кернеудің ауытқуларын есептеуде және қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылуын тексеруге пайдаланады. Тәжірибелік есептеу үшін жеткілікті топтық, шындық дәлдік

$$I_{\text{пик}} = I_{\text{пуск.нб}} + (I_{\text{раб max}} - k_{\text{и}} I_{\text{ном.дв.нб}}) \quad (9.21)$$

мұндағы /пуск.нб – топтағы қозғалтқыштың ең үлкен іске қосу тоғы; /раб max- осы элементтен қуат алатын барлық электр қабылдағыштардың есептік максималды тоғы;/НОм.дв.нб - ең үлкен іске қосу тоғы бар қозғалтқыштың номиналды тоғы; ки – осы қозғалтқыш жүктемесінің кестесіне арналған пайдалану коэффициенті.

Кернеуі 1 кВ жоғары электр қабылдағыштарының жүктемелерін есептеу

Кернеуі 1 кВ жоғары (жоғары кернеу-ЖК) электр қабылдағыштарының есептік жүктемесі, яғни синхронды қозғалтқыштың (СК) және асинхронды қозғалтқыштың (АҚ) белсенді жүктемесі, сондай-ақ кернеуі 6... 10 кВ тарату шағын станциясына қосылған АҚ-ның реактивті жүктемесі орташа қуатқа тең болып қабыланады. Онда цехтың G күштік қабылдағыштарынан тұратын топтардың есептік жүктемесі (белсенді Pрасч ВН және реактивті Qрасч ВН) мына қатынастардан анықталады

$$P_{\text{расч ВН}} = \sum_I^G k_{\text{иг}} p_{\text{номг}}$$

$$Q_{\text{расч ВН}} = \sum_I^G k_{\text{иг}} p_{\text{номг}} \operatorname{tg} \varphi_g \quad (9.22)$$

мұндағы рнощ – алғашқы деректер бойынша қабылданатын жоғарғы кернеулі g электр қабылдағыштың белсенді құрылымдық (номиналды) қуат; tgφg осы топ қабылдағыштарының сипатына сәйкес келетін қуат коэффициентінің орташа өлшемінің мәні; kag- кернеуі 1 кВ жоғары g электр қабылдағышын пайдалану коэффициенті.

СК үшін СК генерациялай алатын максималды реактивті қуат анықталады. СК-дан алуға болатын реактивті қуат мәні оның белсенді

қуаты мен қозғалтқыш қысқыштарындағы қатыстық кернеуін жүктеуге сәйкес:

$$Q_{\text{сд}} = \frac{K_{\text{зQсд}} P_{\text{ном}} \sum \text{сд} \text{tg} \varphi_{\text{сд}}}{\eta_{\text{сд}}} \quad (9.23)$$

мұндағы $P_{\text{номхсд}}$ – СҚ тобының сомалық құрылымдық қуат; $\text{tg} \varphi_{\text{сд}}$, $P_{\text{сд}}$ – СҚ номиналды параметрлері: белсенді қуат бойынша қозғалқыштың, қатыстық кернеудің және жүктеу коэффициентінің түріне сәйкес келетін реактивті қуат бойынша СҚ-ның ең үлкен ұйғарынды жүктемесінің коэффициенті (кесте 9.3). Қалыпты сериялардың синхрондық қозғалтқыштары кәсіпорындар пайдалануы мүмкін реактивті қуатқа қарамастан $\cos \varphi_{\text{сд}} = 0,9$ «озық». Тұтынудың сомалық реактивті жүктемесін есептеуде «озық» қуат коэффициентімен жұмыс жасайтын СҚ үшін шамасы 0, СҚ минус белгісімен алынады.

Реактивті қуат бойынша СД ең үлкен ұйғарынды жүктеменің коэффициенттерінің орташа мәні, $K_{\text{сд}}$

Сериясы, бастапқы кернеуі	Қозғалтқыштың айналу жиілігі, айн/мин	Қозғалтқыш қысқышта-рындағы кернеу, катыст. бірл.	Белсенді қуат бойынша қозғалтқышты жүктеу коэффициенті		
			0,9	0,8	0,7
сдн, 6 и 10 кВ	Бүкіл жиіліктер үшін	0,95	1,31	1,39	1,45
		1,0	1,21	1,27	1,33
		1,05	1,06	1,12	1,17
СДн, 6 кВ	600...1000	1,1	0,89	0,94	0,96
		375... 500	1,1	0,88	0,92
		187...300	1,1	0,86	0,88
		100...167	1,1	0,81	0,85
сдн, 10 кВ	1000	1,1	0,90	0,98	1,0
		250... 750	1,1	0,86	0,90
СТД, 6 и 10 кВ	3000	0,95	1,30	1,42	1,52
		1,0	1,23	1,34	1,43
		1,05	1,12	1,23	1,31
		1,1	0,90	1,08	1,16
СДЗ и СД, 380 В	Бүкіл жиіліктер үшін	0,95	1,16	1,26	1,36
		1,0	1,15	1,24	1,32
		1,05	1,10	1,18	1,25
		1,1	0,90	1,06	1,15

Кәсіпорынның есептік электрлік жүйесі

Өндірістік кәсіпорынның (ӨК) цехтардың шағын станцияларындағы трансформаторларындағы және кернеуі 1кВ дейін цех желілеріндегі (ЛРц, АҚР) қуатын жоғалтуды және K_o тах қуаттық жүктеменің максимумдарының біруақыттылық коэффициентін ескере отырып басты төмендеткіш шағын станциясының шағын кернеу шиналарына қатысты есептік толық, белсенді және реактивті қуаттары $S_p^{\wedge}$ пп, $P_{\text{расч}}$ пп, $Q_{\text{расч}}$ пп цехтардың есептік белсенді және реактивті жүктемелері (қуаттық - 1кВ дейін және кейін нн, $P_{\text{расч}}$ вн, $Q_{\text{расч}}$ нн, жарықтандырғыш - $P_{\text{расч}}$ он, $Q_{\text{расч}}$ он) бойынша анықталады:

$$P_{\text{расч ПП}} = \left(\sum P_{\text{расч НН}} + \sum P_{\text{расч ВН}} \right) K_o \text{ тах} + \sum P_{\text{расч ОН}} + \Delta P_{\text{ц}};$$

$$Q_{\text{расч ПП}} = \left(\sum Q_{\text{расч НН}} + \sum Q_{\text{расч ВН}} - \sum Q_{\text{СД}} \right) K_o \text{ тах} + \sum Q_{\text{расч ОН}} + \Delta Q_{\text{ц}};$$

$$S_{\text{расч ПП}} = \sqrt{(P_{\text{расч ПП}})^2 + (Q_{\text{расч ПП}})^2}. \quad (9.24)$$

трансформаторлық цехтік шағын станцияларда және кернеуі 1 кВ дейінгі цехтік желілерде болатын белсенді және реактивті қуаттарды

ГПП трансформаторларының шиналарындағы (6...10 кВ) бір уақыттылықтың коэффициенттерінің Комах мәндері

Бір уақыттылықтың коэффициенттері Комах		
Ки < 0,3 болғанда	0,3 < Ки < 0,5	Ки > 0,5 болғанда
0,75	0,8	0,85

сомалық жоғалту $\Sigma P_{\text{расч Хн}}$ толық трансформацияланатын қуаттан 3 және 10 пайызға тең болып қабылданады:

$$\Delta P_{\text{ц}} = 0,03 S_{\text{расч } \Sigma \text{н}}; \quad \Delta Q_{\text{ц}} = 0,1 S_{\text{расч } \Sigma \text{н}}, \quad (9.25)$$

$$S_{\text{расч } \Sigma \text{н}} = \sqrt{(P_{\text{расч } \Sigma \text{н}})^2 + (Q_{\text{расч } \Sigma \text{н}})^2}. \quad (9.26)$$

$$P_{\text{расч } \Sigma \text{н}} = \sum P_{\text{расч НН}} + \sum P_{\text{расч ОН}}; \quad (9.27)$$

$$Q_{\text{расч } \Sigma \text{н}} = \sum Q_{\text{расч НН}} + \sum Q_{\text{расч ОН}}; \quad (9.28)$$

Алдын ала есептеу кезінде жоғары кернеулі кабельдерде болатын белсенді және реактивті қуатты жоғалту олардың мәнінің аздығы салдарынан есепке алынбайды.

ГПП шиналарына арналған максимумдардың бір уақыттылығының коэффициентінің мәні Комах ГПП шинасына қосылған ЭП барлық тобын пайдаланудың орташа өлшемді коэффициентінің шамасына сәйкес анықтамалық деректер бойынша (кесте 9.4) қабылданады.

10 Тарау

ҚАЛАЛЫҚ ЭЛЕКТР ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ ЕСЕПТІК ЭЛЕКТРЛІК ЖҮКТЕМЕЛЕРІ

10.1. Тұрғын үйлердің есептік электрлік жүктемелері

Тұрғын үйге енгізуге келтірілген пәтерлердің есептік электрлік жүктемесі,

$$P_{\text{кв}} = p_{\text{кв.уд}} n \quad (10.1)$$

мұндағы $p_{\text{кв.уд}}$ - пәтерлердің (үйлердің) электр қабылдағыштарының салыстырмалы есептік жүктемесі (10.1 кесте), кВт/кв.; n - пәтерлер саны.

Тұрғын үйге енгізуге келтірілген күштік электр қабылдағыштардың есептік жүктемесі P_c :

Тұрғын үй пәтерлерінің электр қабылдағыштарының салыстырмалы есептік жүктемесі

10.1 кесте

Пештер	Пәтерлер саны				
	12	40	100	400	1000
Табиғи газбен	1,45	0,8	0,6	0,45	0,4
Сығылған газбен немесе қатты отынмен	1,65	1	0,8	0,7	0,5
Электрлік	2,4	1,5	1,15	0,9	0,8

$$P_c = P_{\text{рлф}} + P_{\text{с-т}} \quad (10.2)$$

Лифт құрылымының қуаты $P_{\text{рлф}}$ мына формула бойынша анықталады

$$P_{\text{рлф}} = K_{\text{слф}} \sum_I^m P_{\text{рлф}} \quad (10.3)$$

мұндағы $K_{\text{слф}}$ – лифт құрылымдарының сұраныс коэффициенті коэффициенті (кесте 10.2); m - лифт құрылымдарының саны; $\wedge_{\text{лфг}}$ - лифтің электр қозғалтқыштарының құрылымдық қуаты.

Сумен қамту сорғыларының, желдеткіштердің және басқа да санитарлық техникалық құрылғылардың электр қозғалтқыштарының қуаты $P_{\text{с-т}}$ олардың олардың орнатылған қуаты $P_{\text{с-ту}}$ және сұраныс коэффициенті $K_{\text{сс-т}}$ бойынша анықталады (кесте 10.3):

$$P_{c-т} = K_{c.c-т} \sum_I^m P_{c-т.у}. \quad (10.4)$$

Электр жүктемелерін есептеу кезінде өртке қарсы құралдардың электр қозғалтқыштарының, сондай-ақ электр қабылдағыштарының қуаты есептелмейді.

Тұрғын үйдің есептік электрлік жүктемесі $P_{рж}$ мына формуламен анықталады

$$P_{р.ж.д} = P_{кв} + K_y (P_{рлф} + P_{c-т}) \quad (10.5)$$

K_y - 0,9 максимумына қатысу коэффициенті.

10.2-кесте

Лифт құрылғыларының сұраныс коэффициенті $K_{слф}$

Лифт құрылымдарының саны	Тұрғын үй қабатының саны	
	12 дейін	12 аса
4...5	0,7	0,8
10	0,5	0,6
25 және одан көп	0,35	0,4

Санитарлық-техникалық құрылғылардың

Электр қозғалтқыштарының саны	$K_{c.c-т}$	Электр қозғалтқыш-	$K_{c.c-т}$
2	1	20	0,65
5	0,8	30	0,6
10	0,7	50	0,55

электр қозғалтқыштарына сұраныс коэффициенті $K_{сс-т}$

0,4 кВ ТП шиналық кернеуге келтірілген шағын аудан (квартал) тұрғын үйлерінің есептік электрлік жүктемесі $P_{рмр}$, кВт шамамен формула бойынша анықталады

$$P_{р.м.р} = P_{р.ж.д.уд} F_{мр} \cdot 10^{-3}, \quad (10.6)$$

мұндағы $P_{р.ж.д.уя}$ – тұрғын үйлердің салыстырмалы есептік жүктемесі (кесте 10.4), Вт/м²; $F_{мр}$ – шағын аудан (квартал) тұрғын үйлерінің жалпы

ауданы, м2.

Кесте 10.4

**Кернеуі 0,4 кВ ТП шиналардағы тұрғын үйлердің салыстырмалы
есептік электрлік жүктемелері Рр.ж.д.уд, Вт/м2**

Қабат саны		Пештер		
		Табиғи газбен	Сығылған газбен немесе қатты отын- мен	электрлік
1...2		9,5/0,96	14,2/0,96	20,0/0,98
3... 5		9,3/0,96	12,3/0,96	10,2/0,98
6 қабаттан жоғары пәтерлер үлесімен	20%	10,2/0,94	13,3/0,94	19,8/0,97
5-тен аса	50%	10,9/0,93	14,0/0,93	20,4/0,97
	100%	12,0/0,92	15,1/0,92	21,5/0,96

Ескерту: 1. Кестеде жылу беру, ыстық сумен қамту, лифт және шағын аудан аумақтарына сыртқы жарық беру жүйелерінің сорғыларының жүктемелері ескерілген.

Салыстырмалы жүктемелер пәтерлердің орташа жалпы ауданынан 55 м2 дейін баратындығын ескере отырып анықталды.

Бөлгіштерде қуат коэффициентінің мәні келтірілген.

10.2. Қоғамдық ғимараттардың есептік электрлік жүктемелері

Қоғамдық ғимараттардың (бөлмелердің) есептік электрлік жүкте-

Кесте 10.5

Қоғамдық ғимараттардың салыстырмалы есептік электрлік жүктемелері

Қоғамдық ғимараттар	Өлшем бірлік- тері	Салыстырмалы жүктеме	Қуаттылық коэф- фициенті
Қоғамдық тамақтану кәсіпорындары	кВт/орын	0,65... 0,9	0,98
Азық-түлік дүкендері	кВт/м2	0,22	0,8
Өнеркәсіп тауарларының дүкені	кВт/м2	0,14	0,9
Мектептер	кВт/оқушы	0,13...0,22	0,92
Балабақшалар, яслилер	кВт/ орын	0,4	0,97
Кинотеатрлар	кВт/ орын	0,12	0,95
Басқару мекемелерінің ғимараттары	кВт/м2	0,045	0,87
Қонақүйлер	кВт/ орын	0,4	0,85
Химиялық тазалау фабрикалары	кВт/заттардың	0,065	0,8

мелерін осы ғимараттардың электр құрылғыларының жобалары бойынша қабылдаған жөн. Әдетте бұл ғимараттардың есептік электрлік жүктемелері орындардың ауданына немесе санына жатқызылған меншікті есептік электрлік жүктемесі Робщ.зд.уд және т.б. бойынша анықталады (кесте 10.5).

10.3. Кернеуі 1 кВ дейінгі тарату желілерінің электрлік жүктемелері

Кернеуі 1 кВ дейінгі тарату желілерінің есептік электрлік жүктемесі Рр тұрғын үйлер мен қоғамдық ғимараттардың (бөлмелердің) тұтынуын аралас қуаттандыру кезінде:

$$P_{p.l} = P_{зд max} + \sum_i^m K_{yi} P_{зdi}, \quad (10.7)$$

мұндағы Рздтах- желі бойынша қуаттандырылатын ғимараттар санынан ғимаратқа түсетін көп жүктеме; Рзд; - желі бойынша қуаттандырылатын басқа ғимараттардың есептік жүктемелері; Ку1 – қоғамдық ғимараттар мен тұрғын үйлердің электрлік жүктемелерінің максимумына қатысу коэффициенті, Куг- = 0,2... 0,9.

Кернеуі 0,4 кВ ТП шиналарға әкелінген шағын ауданның (кварталдың) үлкейтілген есептік электрлік жүктемесі мына формула бойынша анықталады

$$P_{p.m.p} = (P_{p.ж.д.уд} + P_{общ.зд.уд})F, \quad (10.8)$$

мұндағы робщ.зд.уд- 2,6 Вт/м² электрлік пештері, 2,3 Вт/м² қатты немесе газ тәрізді отынмен жанатын пештері бар үйлер үшін қолданылатын шағын аудандық маңызы бар қоғамдық ғимараттардың салыстырмалы жүктемесі; F- шағын аудандағы тұрғын үйлердің жалпы ауданы, м² шағын аудандық маңызы бар қоғамдық ғимараттардың ұлғайтылған жүктемелерінде сауда мен қоғамдық тамақтану кәсіпорындары, балабақшалар мен яслилер, мектептер, дәріханалар, қабылдау және жөндеу пункттері және басқа да мекемелер қалалық, ауылдық елді мекендердің салыну жоспары бойынша құрылыс нормалары мен ережелеріне (ҚНМЕ) сәйкес қарастырылған.

10.4. Кернеуі 6... 10 кВ қалалық электр желілері мен қуат беру орталықтарының есептік электрлік жүктемелері

Кернеуі 6... 10 кВ қалалық электр желілерінің есептік электрлік жүктемелер 10.6 кесте бойынша олардың қабылданатын жүктемелерінің максимумдарын үйлестіруді есепке алатын коэффициентіне (максимумға қатысу коэффициенті, бір мезеттілік коэффициенті) желі элементтерінің деректеріне (куат беру орталығына (ҚО), тарату шағын станциясына, желілерге және т.б.) қосылған жеке ТП трансформаторларының есептік жүктемелерінің сомасын көбейте отыра анықталады.

Жүктеме максимумының кезеңіндегі ернеуі 6...10 кВ желіге арналған қуат коэффициенті 0,92 тең болып қабылданады (0,43 реактивті қуат коэффициенті).

Кернеуі 6... 10 кВ шиналардағы есептік жүктемелер қалалық тарату желілері мен 10.7 кесте бойынша қабылданатын максимумдарды үйлестіру коэффициентіне есептік жүктеме сомасын ұлғайту жолымен өнеркәсіптік кәсіпорындар желілері коэффициенттерге тұтынушыларының жүктеме максимумдарының сәйкессіздіктерін есепке ала отыра анықталады.

10.6-кесте

Трансформаторлар жүктемесінің максимумдарын біріктіру коэффициенті

Жүктеме сипаты	Трансформаторлар саны				
	2	3... 5	6... 10	11 ...20	20 аса
Тұрғын үй құрылысы (70 % және одан да көп тұрғын үйлер жүктемесі мен 30 % дейінгі қоғамдық ғимараттар жүктемесі)	0,9	0,85	0,8	0,75	,7
Қоғамдық құрылыс (70 % және одан да көп қоғамдық құрылыстар жүктемесі мен 30 % дейінгі тұрғын үйлер жүктемесі)	0,9	0,75	0,7	0,65	0,6
Коммуналдық-өнеркәсіптік аймақтар (65 % және одан да көп коммуналдық-өнеркәсіптік аймақтар жүктемесі мен 35 % дейінгі тұрғын үйлердің жүктемесі)	0,9	0,7	0,65	0,6	0,55

**Қалалық желілер мен өнеркәсіптік кәсіпорындардың жүктемелерінің максимумда-
рын үйлестіру коэффициенті**

**Максимум Кәсіпорын жүктемесінің қалалық желі жүктемесіне есептік
жүктеме қатынасы**

	0,2	0,6	1	1,5	3
Таңғы	0,75/0,6	0,8/0,7	0,85/0,75	0,88 /0,8	0,92/0,87
Кешкі	0,85...0,9	0,65... 0,85	0,55...0,8	0,45... 0,76	0,3...0,7

Ескерту: 1. Алымдағы таңғы максимумға арналған жолақта электр пеші, бөлгіштердегі газдық немесе қатты отыны бар пеші бар тұрғын үйлерге арналған коэффициенттер келтірілген; 2. кешкі максимумға арналған жолақта коэффициенттердің кіші мәні өнеркәсіптік әсіпорындардың бір ауысымда жұмыс тәртібінде, үлкен мәні – барлық кәсіпорындар екі немесе үш ауысымды жұмыс тәртібінде жұмыс жасағанда.

11 Тарау

ЭЛЕКТРОҚУАТТЫҢ ШЫҒЫНЫ МЕН ЖОҒАЛТЫЛУЫ

11.1. Қуатпен жабдықтау объектісінің электр қуатын белсенді тұтынуын анықтау

Есептеудің мақсатына байланысты белсенді электр қуатын тұтыну жыл, ай немесе е ауысым бойынша жиі анықталады.

Меншікті электр қуатының $\mathcal{E}_{уд}$ тұтыну мөлшері болған жағдайда цехтар мен кәсіпорындардың өнім бірлігінің M заттай көрінісін тұтастай алғанда электрокуаттың жылдық тұтынуы мына өрнек арқылы анықталады:

$$\mathcal{E}_{Г} = \mathcal{E}_{уд} M \quad (11.1)$$

Меншікті шығын бойынша деректер болмаған жағдайда, жекелеген цехтар мен кәсіпорындар үшін белсенді электр энергиясын жыл сайын тұтыну мына қатынастардан тұрады:

$$\mathcal{E}_{Г} = P_{сг} T_{Г} = K_{и.г} P_{ном} T_{Г} = K_{э.г} P_{см} T_{Г} \quad (11.2)$$

мұнда $P_{сг}$, $P_{см}$ - орташа жылдық және орта ауысымды белсенді жүктеме; $K_{и.г}$, $K_{э.г}$ - жыл бойынша пайдалану және қуатты пайдалану коэффициенттері;

$K_{и.г} = K_{э.г} K_{и}$, $K_{и}$ - ауысымда пайдалану коэффициенттері;

$T_{Г}$ - электр қуатын қабылдағыштардың жұмысының жылдық ұзақтығы.

Шамамен есептеулер үшін

$$\mathcal{E}_{Г} = P_{max} T_{max}. \quad (11.3)$$

мұндағы $P_{\max}$ белсенді жүктеменің жарты сағаттық максимумы; $T_{\max}$ – максималды жүктемені пайдалану сағаттарының саны.

Жарықтандыру үшін жыл сайын электр қуатын тұтыну:

$$\mathcal{E}_{г.о} = P_{\max} T_{\max} \quad (11.4)$$

белсенді жарықтандыру жүктемесі; $T_{\max}$ - кәсіпорынның ауысуына және оның орналасқан жерінің географиялық еніне тәуелді және төмендегі шектеулерге сәйкес жарықтандыру жүктемесінің максималды пайдалану сағаттарының жыл сайынғы шамасы.

Географиялық ендік үшін ішкі жарықтандыру 40-тан 60 ° - дейін, с

Бір ауысымдық жұмыс барысында 150...450
 Екі ауысымдық жұмыс барысында 1750... 2300
 Үш ауысымдық жұмыс барысында 3800 ...5000
 Барлық ендік үшін сыртқы жарықтандыру, с, оның ішінде:

түні бойы..... 3000... 3600
 24 сағатқа дейін..... 1750...2100

11.2. Электр желілерінде берілетін белсенді электр қуатының жоғалуы

Электр желілерінің элементтеріндегі белсенді электр қуатының жоғалуы, әдетте, оларды техникалық және экономикалық есептерде пайдалану, сондай-ақ электр желілері арқылы электр қуатын беру және бөлу құнын анықтау мақсатында анықталады.

Желілердегі қуаттың жоғалуын анықтау үшін элементтердегі қуат күшінің жоғалуы ғана емес, сондай-ақ уақыттың есептік кезеңіндегі элементтің ағымдағы ток жүктемесінің өзгеруі туралы заңдарды білу қажет. Желі элементінің жүктеме кестесіне сәйкес, қуаттың жоғалуын есептеу жүктеме кестесін бірнеше кезеңге бөлу арқылы жүзеге асырылады, олардың әрқайсысында жүктемені өзгеріссіз деп санауға болады.

Мәселенің күрделілігі графиктің пішіні белгісіз болғанда және оның максималды немесе орташа жүктемесі, жүктеме коэффициенті, активті және реактивті энергия шығыны (немесе максималды пайдаланудың тиісті ұзақтығы) сияқты белгілі бір шамаларға ие болған кезде пайда болады.

Элементтерді ауыстыру тізбегінің өткізгіштік тізбектеріне қосылуға байланысты туындаған жүктеме тогы және жұмыс істемейтін шығындар

(тұрақты) болған кезде өткізгіштердің қызуына байланысты белсенді қуат пен энергия жоғалуы бар.

11.3 Желілердегі электр қуатының жүктемесінің жоғалуын есептеу

11.3.1. Орташа жүктеме бойынша желілердегі электр энергиясының жүктемесінің жоғалуын есептеу

Жүктеме графигінің формалық коэффициенті бірлікке жақын болса, яғни орташа квадратты жүктеме орта есепке тең болса, мына формулаға сәйкес электр энергиясының жыл сайынғы белсенді жүктемесін есептеуге ұсынылады

$$\Delta \mathcal{E}_{г.л} = n(I_{с.г})^2 R T_{г} \quad (11.5)$$

мұнда n - ток түріне байланысты фазалардың немесе полюстердің саны; R - фазаның немесе полюстің кедергісі; $I_{с.г}$ - ағымдағы фаза кезіндегі жылдық орташа мән.

11.3.2. Шығын уақытында электр энергиясының жүктемесінің жоғалуын есептеу

Жүктің сипаты бойынша жүктеме графигінің пішін коэффициенті бірліктен ерекшеленеді немесе жүктің максимумы ғана көрсетілген кезде, $n =$

фазаларының санына арналған жүктеме жоғалуы келесі өрнек бойынша анық

$$\Delta \mathcal{E}_{г.л} = 3(I_{max})^2 R \tau_{max} = \frac{(S_{max})^2}{(U_{ном})^2} R \tau_{max} \quad (11.6)$$

$$\tau_{max} = \left(0,124 + \frac{T_{max}}{10000} \right)^2 8760, \text{ ч} \quad (11.7)$$

11.4 Трансформаторларда белсенді электр қуатының жоғалуы

Мұнда S_{max} - желі бойынша берілетін жалпы максималды күш; U_{nom} – желінің номиналды кернеуі; T_{max} – төмендегі өрнекпен анықталатын жылдық максималды жоғалу уақыты. Ең көп электр жоғалудың жыл сайынғы уақыты - жыл бойы толық (тоқтағы) жүктемелі кестесінде істегендегі S_{max} (немесе I_{max}) максималды жүктемесімен жұмыс жасайтын желі элементінде бірдей белсенді энергия жоғалуы пайда болатын шартты уақыт.

(11.6) қолдану (11.7) $T_{max} > 3000h$ және $\cos \varphi = 0.6 \dots 0.95$ аралығында өте дәл нәтижелер береді. Осы шамалардың мұндай шектеулері көбінесе іс жүзінде кездеседі.

Жыл бойы жұмыс істейтін номиналды қуаты $S_{ном.т}$ бар екі орамдық трансформатордағы белсенді электр қуатының жоғалуы келесі формула бойынша анықталады

$$\Delta \mathcal{E}_{г.л} = \Delta P_{xx} 8760 + \Delta P_{к.з} \left(\frac{S_{max}}{S_{ном.т}} \right)^2 \tau_{max} \quad \text{жоғалуы;} \quad \Delta P_{к.з} \Delta - \text{трэ}$$

Егер қосалқы станцияда $S_{ном.т}$ номиналды қуаты бар екі ұқсас трансформатор орнатылған болса, онда S_{max} қосалқы станциясының жалпы жүктемесі және трансформаторлар арасында тең бөлінсе, онда

$$\Delta \mathcal{E}_{г.л} = \Delta P_{xx} 8760 + \frac{1}{2} \Delta P_{к.з} \left(\frac{S_{max} \Sigma}{S_{ном.т}} \right)^2 \tau_{max} \quad (11.9)$$

Егер трансформатордағы кез-келген есептік кезеңге (бір жыл емес) қуат шығынын анықтайтын болсақ, онда екі еселенген

трансформаторда есептік кезеңде белсенді электр энергиясының жоғалуы мына формуламен анықталады

$$\Delta \mathcal{E}_T = T_3 \Delta P_{xx} \left(\frac{S_c}{S_{ном.т}} \right)^2 T_{p.a} \quad (11.10)$$

мұнда S_c - есептік кезеңдегі трансформатордың орташа жүктемесі; T_B - трансформатордың электр желісіне қосылудың сағаттарының саны; $T_{p.v}$ - есеп беру кезеңінде трансформатор жұмысының сағаттарының саны.

Қосалқы станцияда екі трансформатор бар болса, қуаттың толық жоғалуын төмендету үшін бір трансформаторды пайдалану кезінде қандай жүктеме жүктемесі бар екендігін білу қажет:

$$S_{\text{напр}\Sigma} = S_{\text{ном.т}} \sqrt{\frac{2 \Delta P_{x.x}}{\Delta P_{\text{к.з}}}} \quad (11.11)$$

12 Тарау

ЭЛЕКТР ЖЕЛІЛЕРІНІҢ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ҚАЛЫПТЫ РЕЖИМДЕРІНІҢ ПАРАМЕТРЛЕРІ

12.1. Желілердің электрлік параметрлері

Желінің жұмысын талдай отырып (талдаған кезде) желі элементтерінің параметрлері мен оның жұмыс режимінің параметрлерін ажырата білу керек. Желілік (желі) элементтерінің параметрлеріне: трансформация коэффициенттері, (өткізгіштер мен кедергілер жатады.) қарсылық және өткізгіштігі. Желі параметрлеріне кейде эмфді және берілетін токтар мен жүктеменің қуаттылығы кіргізуге болады. Жұмыс жасау режимнің параметрлеріне мыналар тұрады (кіреді): жиілік мәндері, салалық токтар, түйін кернеулері, электр берудің толық, белсенді және реактивті қуаттары, сондай-ақ кернеулер мен токтардың үш фазалық жүйесінің асимметриясын сипаттайтын мәндер және негізгі жиілік кезеңінде кернеулер мен токтардың синусоидальды емес өзгеруі.

Желінің жұмыс режимі оның электрлік күйін түсінеді. Іс жүзінде, ол электр қабылдағыштарды өшіру мен қосу, олардың жұмыс істеу режимдерінің өзгеруі және т.б. байланысты үнемі өзгереді. Әдетте желілерді есептеу кезінде, оның жұмысының кейбір идеалдандырылған сипаттамалы режимі қарастырылады. Бұл жағдайда тұрақты жұмыс режимдері қарастырылады, яғни ұзақ, тұрақты параметрлері бар, баяу өзгертін. Уақыттың өзгеру сипаты жиі кездейсоқ болып кездеседі.

Режимнің параметрлері ерікті болуы мүмкін емес. Әр элемент жұмыс істейтін қалыпты реакцияның рұқсат етілген параметрлерін анықтайтын номиналды деректерге ие. Қалыпты режимдерден басқа, жабдықты өшіруге байланысты желілік сызбаның өзгеруі кезінде орын алған, апаттан кейінгі режимді қарастыру қажет. Апаттан кейінгі режимдерде параметрлер қалыпты режимдерден сәл үлкен болуы мүмкін, бірақ әлі де қолайлы шектерде.

Қалыптыдан басқа, XIV және XIX тарауда қарастырылатын жылдам,

апаттық және апаттық емес режимдер бар.

Желілерді пайдалану барысында кернеулер мен токтардың симметриялары, сондай-ақ уақыт бойынша олардың өзгеруінің синусоидальдығында бұзушылық болуы мүмкін (ХІХ тарауды қараңыз).

Режимдерді есептеулер желілерді жобалау кезінде де, пайдалану кезінде де жүзеге асырылады. Желінің жұмыс режимін есептеудің мақсаты әдетте техникалық жағдайлар, яғни ағымдардың жекелеген элементтерге сәйкес келуі және желі түйіндеріндегі кернеулердің рұқсат етілген мәндерге сәйкестігін тексеру болып табылады. Желінің үнемді жұмыс істеуі белсенді және реактивті қуат шығындарының мәндерін, сондай-ақ бір жыл ішінде электр энергия шығынының мәндерін сипаттайды.

Ұсынылған талаптар мен қойылған тапсырмаларға байланысты жұмыс режимін есептеу, әртүрлі дәрежелі дәлдікпен және әртүрлі факторлардың ықпалын ескере отырып, көп немесе азырақ толық шығарылады. Мысалы, мемлекетті электрлендіруді дамыту жоспарын әзірлеу кезінде, электр станцияларының қуатын және орналасуын таңдаумен бір мезгілде 220 кВ кернеумен және одан жоғары негізгі желілердің режимдеріне есептеулер жасалады. Бұл есептеулер бағалау сипатына көп ие бола бермейді, өйткені тұтынушылардың жүктемелері әдетте шамамен ғана белгілі. Сондықтан, желілердің жұмыс режимдерін есептеу нәтижелерінің дәлдігіне қарай, талаптарды азайтады.

Бірқатар элементтер, мысалы, үлестіру желілері бұндай есептеулерде белгілі бір іріленген көрсеткіштерді есепке алынады.

Жұмыс режимін алдын-ала есептеу негізінде электрлік жүйелер мен түрлі кернеулер желілерін жобалау кезінде электрстанцияларының жабдықтарын, қорғау құрылғыларының сипаттамаларын және автоматтандыруды таңдайды. Бұл есептер неғұрлым егжей-тегжейлі және дәлірек дәрежеде жүзеге асырылады.

Пайдалану жағдайларында тұтынушылардың жүктемелері нақты белгілі, сондықтан желі режимдерінің параметрлері жобалауға қарағанда дәлірек дәлдікпен шығарылады.

Режимдерді оңтайландыру үшін есептеулер жоюалық есептеулерде ескерілмейтін салыстырмалы аз әсер ететін факторларды ескере отырып жүргізіледі. Электр жүйелерінде режимдерді оңтайландыру үшін есептеулер ЭЕМ (Электронды есептеуіш машина) көмегімен жүзеге асырылады.

12.2. Симметриялық синусоидалы жұмыс режимдеріне сипаттама

Жалпы жағдайда режимдер симметриялық емес те, синусоидалы

емес те болады. Симметриялық синусоидалы режим жиі кездесетін жағдай. Іс жүзінде, бұл негізгі жиіліктің тікелей тізбектелген режимі. Егер симметриялық емес те, синусоидты емес те дәреже (ХІХтарауды қараңыз) салыстырмалы түрде аз болса, желі режимінің параметрлерін анықтау үшін негізгі жиіліктің тікелей тізбектерінің параметрлерін білу жеткілікті.

Үш фазалы желілердің симметриялық синусоидальды режимдері жеке фазалар режимінің параметрлерінің бірдей мәнімен (ток модулі, кернеу, қуат) және кернеу мен қисық токтардың синусоидальдық пішінімен сипатталады. Осы жағдайларда үш фазалы тізбек үшін жалпы қуаты S кешенді санымен анықталады

$$S = \sqrt{3}UI = P + jQ \quad (12.1)$$

мұнда I - желідегі тиісті тармақтағы ағымның кешенді мәні; U - желі түйініндегі желілік кернеудің кешенді мәні; P мен Q белсенді және реактивті күштер.

Айта кету керек, есептеулер кезінде әдетте, фазалық токтар, желілік кернеулер және үш фазалық күштерді пайдаланады.

Режим параметрлерінің арасындағы тәуелділік масштабтық коэффициентпен орындалады, оған кіретін шаманың көлеміне белгілі бір шектеулер енгізеді.

Келесі бірлік жүйесі ұсынылады: кернеу - Ом, өткізгіштігі - см, ток күші - кА, кернеу - кВ, белсенді қуат - MW, реактивті қуат - Mvar, жалпы қуат –MB А. Осындай жүйеде барлық формулаларда масштабты коэффициенттер бірге тең.

Осындай нәтижені мына жүйені қолдану арқылы алуға болады: Om, Sm, B, W, Var, B-A. Бірақ мұндай жүйе тым үлкен шамаларға байланысты ыңғайсыз.

12.3 . Желіні ауыстыру жүйесі

Желініауыстырусызбасыэлектржелісініңқасиеттерінсандық бағалауға және оның режимдерінің есептеулерін орындауға арналған. Онда желінің электр жағдайын анықтайтын барлық параметрлер көрсетіледі. Алмастыру сызбалары оның жеке элементтерінің ауыстыру сызбаларынан тұрады. Ауыстыру сызбалары осы элементтерді қосудың қағидалық сызбадан өзгеше болуы мүмкін.

Әр элемент белгілі бір физикалық құбылысты көрсететін бірнеше

параметрлермен ұсынылған. Симметриялық режимдерді есептегенде, ауыстыру сызбасы үш фазалы желінің бір фазасынан тұрады, тізбектің бейтараптығы ортақ болады.

Белсенді қуаттың жоғалуы белсенді қарсылықтар мен өткізгіштіктерден көрінеді. Реактивті қуаттың жоғалуы реактивті қарсылықтар мен өткізгіштігінен көрінеді. Реактивтік қуаттың генерациясы теріс реактивті, яғни, қарсылықты сыйымдылықтар мен өткізгіштіктермен көрінеді.

Ауыстыру сызбаларының бойлық және көлденең тармақтары өзгешеленеді. Ток күші өтетін тармақтар *бойлықтар* деп аталады. Бойлық тармақтарда қуат шығыны ток күшімен анықталады. Толық кернеуге қосылған тармақтарды *көлденең* (бейтарап сызбаға тікелей қосылған) деп атайды. Көлденең тармақтардағы қуат шығыны қолданылған кернеулердің мәндерімен анықталады.

Егер желілер әртүрлі кернеу бөлімдерінен тұратын болса, бірге қарастырғанда, онда ауыстыру тізбегіне кернеу мен токтардың өзгеруін көрсететін трансформациялық элемент ауыстыру енгізіледі. Толық қуат мәндері бұл уақытта өзгермейді (трансформатордағы қуат шығыны сызбаның басқа элементтерімен көрсетіледі).

Ерекше элементтер – қуат көздерінің және тұтынушылардың жұмысын көрсететін элементтер. Олар қуаттылықты тұтыну мен генерациялау фактілерін көрсететіндіктен, оларды белсенді сызба элементтері – жүктемелер ретінде мақсатты түрде ұсынады. Бұл жағдайда қуаттылық генерациясы болымсыздық жүктемесі ретінде қарастырылады.

12.4. Желілердің есептеу параметрлері

Белсендікедергі. 50 Гц жиіліктегі l өн бойымен өлшенетін белсенді қарсыласу (ұзындық бірлігіне тең) және алюминий немесе мыс сымдар мен кабельдердің әдетте қолданылатын көлденең қималары Омдық ұзындық кедергіге теңестіріледі. Беткей әсерінің көрінісі тек 500 мм² бөлімдерінде ғана байқалады.

Өткізгіш материалдың температурасы қоршаған ортаға және температураға байланысты қосымша өткізгіштердің қыздыруына байланысты үлкен әсерге ие. Өткізгіш материалдың температурасы 100 °С өзгеруі мүмкін. Өткізгіштің біркелкі қима мен ұзындығындағы 2 ... 3% кедергісі арқан сымның ұзындығының артуына байланысты біржақты сымның қарсылығын жоғарылатады.

Электр желілерін есептеу кезінде орташа меншікті кедергі мәндері: алюминий сымдар мен кабельдер үшін, 1 км-ге $p = 31,5$ Ом-мм²;

мыс сымдар мен кабельдер үшін $p = 18.9 \text{ ohms} \cdot \text{мм}^2 \cdot \text{км}$

Қалыпты $+20^\circ \text{C}$ температурадағы Омдық ұзындық кедергі анықтамалық кестелерде көрсетілген. Егер өткізгіш сым температурасы белгілі болса, онда қарсылықты қайта есептеуге болады:

$$r_u = r_0 [1 + \alpha(u - u_0)] \quad (12.2)$$

мұнда r_u – өткізгіш сымның $u, ^\circ \text{C}$ температурасындағы қарсылық; r_0 – өткізгіш сымның $u_0, ^\circ \text{C}$ температурасындағы қарсылық; α – температура коэффициенті, алюминий үшін $\alpha = 0.0044 (1 / ^\circ \text{C})$, мыс үшін $\alpha = 0.0041 (1 / ^\circ \text{C})$ үшін.

Болат сымдардың белсенді кедергісі омдық кедергілерден айтарлықтай ерекшеленеді. Бұл болаттың магниттік өткізгіштігінің жоғары болуы қасиетінің арқасында болат сымның ішінде магнит ағынының пайда болуына тікелей байланысты. Анықтамаларда өзінен өтетін электр токтарынан болатын болат сымдардың белсенді кедергісінің эксперименттік тәуелділігі кестелермен берілген.

Реактивті (индукциялық) кедергі. Электр тізбегінің желісі арқылы өтетін электр тогы сымдардың ішінде және сымдар арасындағы өздігінен магнит өрісін жасайды. Тұрақты ток кезінде бұл өріс тұрақты және қарсылықтың ағымына әсер етпейді. Ауыстырылатын ток айнымалы магнит өрісінің пайда болуына және оның туындаған реактивтік (индуктивті) қарсыласуына әкеледі.

Сым арасындағы кеңістіктегі магнит өрісінен туындаған үш фазалы ток желісінің кедергісі сыртқы реактивті кедергі деп аталады және мына формула бойынша анықталады:

$$x' = 2\pi f \cdot 4,6 \lg(2D_{cp}/d) \quad (12.3)$$

мұнда f – айнымалы ток жиілігі, Гц; d – сыртқы конструкциялы сым диаметрі, мм; P_{sr} – сымдар арасындағы орташа геометриялық қашықтық, мм.

$$D_{cp} = (D_{ab} D_{bc} D_{ac})^{0,33}$$

онда D_{ab}, D_{bc}, D_{ac} фазалық өткізгіштер арасындағы қашықтық А, В, С,

$$A_p - (D_{ab} D_{bc} A_{ac})^{0,33},$$

Магнит өрісінен туындаған сымның ішкі реактивті кедергісі ішкі реактивті кедергі деп аталады және формула бойынша анықталады:

$$x^n = 2\pi f \cdot 0,5\mu \quad (12.4)$$

мұндағы—сымматериалыныңмагнитөткізгіштігі.

Болаттан жасалған сымдардың ішкі реактивті кедергісі магниттік емес материалдан болатын ішкі кедергіге қарағанда бірнеше есе көп. Себебі, өтіп жатқан токтардың күшінен магнит өткізгіштік қасиет жоғарылайды.

Әуе желісінің жалпы реактивті кедергісі сыртқы және ішкі кедергілердің жиынтығы ретінде анықталады:

$$x_0 = x' + x^n \quad (12.5)$$

50 Гц айнымалы токтың стандартты жиілігі үшін болат-алюминий сымдары бар желілердің реактивтілігі анықтамалық деректер немесе формула бойынша анықталады:

$$x_0 = 0,145 \lg(2D_{cp} / d) \quad (12.6)$$

Кәбіл желілерінің реактивті кедергісі әуе желілерінің реактивті кедергісіне қарағанда бірнеше есе аз, себебі кабельдік тарамдар бір-біріне жақын орналасқан.

Желілердің реактивті кедергісі сымдар мен кабельдердің шамасына қатты байланысты емес. 12.1. кестеде іс-жүзінде қолданылатын конструкциялар мен әртүрлі номиналды кернеулердің сызықтары үшін желілік реактивті кедергінің орташа мәндерін көрсетеді.

Желілік желілердің реактивті кедергісінің орташа мәндері

Желілер сипаттамасы	x_0 , Ом/км
Кабель желісінің кедергісі: до 1 кВ	0,06
6...10 кВ	0,08
Оқшауланған ішкі сым	0,11
Әуе желілері кернеуі: 1 кВ дейін	0,31
6...10 кВ	0,38
35...220 кВ	0,4
500 кВ Фазадағы үш желі	0,29

Реактивті (сыйымдылық) өткізгіштік. Желінің (сыйымдылық) өткізгіштігі әр өткізгіштердің сыйымдылығымен басқа өткізгіштерге және жерге қатысты.

Болат-алюминий сымдары бар желілер үшін, 50 Гц айнымалы ток стандартты жиілігінде сыйымдылық өткізгіштігі келесі формула бойынша анықталуы мүмкін

$$b_0 = \{7.58 / [\lg (2DC_p / d)]\} 10^{-6}. \quad (12.7)$$

Тұтастай алғанда, формула жердің ықпалы болмаған кездегі өткізгіштің нақты мәнін теңдестірілген үшбұрыштың бұрыштарындағы сымдардың орналасуында немесе сызықта транслазацияның толық циклін орындағанда береді. Мұндай жағдайлар болмаған кезде, тіпті ең қолайсыз жағдайларда да, тарату желілерін есептеу кезінде қолайлы бірнеше пайыздан аспайтын шамасы бар.

Орташа алғанда, 220 кВ-қа дейін электржелілері үшін желілік сыйымдылықты өткізгіштердің орташа мәні 2,7-10-6 км / км-де қабылданады.

Кабель желілерінің өткізгіштігі кабельдің ядросының көлденең қимасына және оның конструкциясына байланысты және зауыттық деректер бойынша (50 ... 185) -10-6С / км-ге дейін өзгереді.

Реактивті өткізгіштігі кернеулердің тиісті фазасы 90 ° -дан асатын, сыйымдылық тогының сызығына қарай ағымды тудырады. Сыйымдылық токтары сызық бойымен және бос тұрғанда өтеді, яғни сызық ешқандай өзіне жүк түсірмейді. Тұрақты кернеуде сызық бойынша (ұзындығы L), оның басында сыйымдылықты ток

$$I_c = Ub_0L \quad (12.8)$$

Реактивті қуат желінің сыйымдылығына байланысты,

$$Q_c = U^2 b_0 L \quad (12.9)$$

Барлық әуежелілері үшін – қуаттылық токтар 110 кВ және одан жоғары желінің жұмысына айтарлықтай әсер етеді; кернеуі 20 кВ және одан жоғары–кабельді желілер үшін.

Активті өткізгіштігі. Белсенді өткізгіштігі ауаның иондалуы (әуежелілерінің «тәжденуі») және диэлектрлік шығындар (кәбілжелілері) нәтижесінде туындаған ЛРК (формула қате жалыған) белсенді қуатын жоғалтумен байланысты. Әуежелілерінде тәждің арқасында белсенді қуаттың жоғалуы ауа райы жағдайларына және кернеудің мәніне байланысты, сондықтан желінің белсенді өткізгіштігі ауыспалы және сызықты емес параметр болып табылады. Тәждеу үшін белсенді қуаттың жоғалуы 1 кВт / км-ден жақсы ауа райында 130 кВт / км дейін нашар (ылғалды) ауа райы үшін өзгереді.

Желілерді үлестіру үшін желінің белсенді өткізгіштігін қабылдауға болады, ол нөлге тең.

12.5. Желіні ауыстыру схемасы

Әдетте ұзын желі тең бөлінген параметрлерге ие тізбек ретінде қарастырылады. Ұзындығы L желілері үшін (әуежелілері үшін - 150 ... 250 км дейін және кәбіл желілері үшін - 30 ... 50 км) бөлінген сипаты бар, желі болып есептелмейді. Бұл ретте П-пішінді схема мүмкін болып келеді. (12.1-сурет).

L жолының ұзындығы бөлігінің қарсылығы бір жерде шоғырланған:

$$Z_L = (r_0 + jx_0)L = R_L + jX_L \quad (12.10)$$

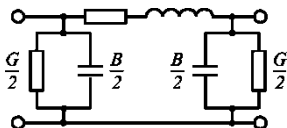
және өткізгіштігі желінің басы мен соңы арасында тең бөлінеді:

$$0,5Y_L = 0,5(g_0 - jb_0) = 0,5(G_L - jB_L) \quad (12-11)$$

Электр желілерін есептеу кезінде көптеген жағдайларда өткізгіштігі қосылған электр тізбегіндегі номиналды кернеуінде электр қуатын жоғалтудың сәйкес мәнімен ауыстыру ыңғайлы:

Көптеген жағдайларда ауыстыру схемасы одан әрі оңайлатылады. Іс жүзінде сыйымдылықтың ток шамасының аздығына байланысты 35 кВ дейінгі кернеулердегі әуе желілері үшін өткізгіштігінің әсеріне және 10 кВ дейінгі қоса алғанда кернеулердегі кабельдік желілерге назар аудармауға болады.

$$0,5(\Delta P_k - jQ_c) \quad (12-12)$$



12.1. сурет П-тәрізді желіні ауыстыру схемасы

12.6. Трансформаторлардың кедергісі және өткізгіштігі

Екі орамдық трансформаторлар. Екі орамдағы май трансформаторлары мынадай түрлерде бар: ТМ 25-6300 / 10-35; ТМН 1000-6 300/35-110; ТДН-10000-16000 / 110; ТРДН 25000-40000 / 110; TRDTSN 63000-80000 / 110; TRDTSN 63000-160000 / 220.

Ауыстыру схемасында трансформаторлардың параметрлерін анықтаудың бастапқы номиналды деректері болып: трансформатордың $S_{\text{ном.т}}$ номиналды қуаты, орамалардың номиналды кернеуі $U_{\text{ном1}}$ және $U_{\text{ном11}}$, схема және орамдық қосылыстар тобы табылады.

Сонымен қатар, келесі төлқұжат деректері қажет:

номиналды токтың пайыздық көрсеткіші ретінде жүктемелік ток, ол іс жүзінде индуктивті болып табылады;

Трансформаторлы болатпен (гистерезис және Фуко токтарымен) іс жүзінде байланысты ΔP_{xx} бос жүріс кезінде белсенді қуаттың жоғалуы,

номиналды пайызбен, $U_{\text{кз}}$ қысқа тұйықталу кернеуі, яғни, толық салыстырмалы қарсылық;

қысқа тұйықталу және номиналды токпен трансформатор жүктемесі кезіндегі ΔP белсенді қуатын жоғалту ;

Номиналды кернеуге берілген трансформатордың толық қарсылығы және оған қатысты қарсылық анықталады:

$$Z_{\text{л}} = (u_{\text{к.з}}/100)(U_{\text{ном}})^2 / (S_{\text{ном}}) \quad (12.13)$$

$$R = \Delta P_{к.з} (U_{ном})^2 / (S_{ном.т})^2, \quad (12.14)$$

Трансформатордың реактивті қарсылығы:

$$X_o = \sqrt{(Z_o)^2 - (R_o)^2} \quad (12.15)$$

Жоғары қуаттың трансформаторлары үшін - 2500 кВА-ден астам $R_t < X_t$ және $Z_t \sim X_t$ - белсенді қарсылық ескерілмейді.

Ауыстыру схемасында трансформатордың белсенді және реактивті өткізгіштері, әдетте, трансформатордың жоғары вольтты жағына жалғанатын бос жүріс (болаттың жоғалуы) түрінде ұсынылады:

$$\Delta S_{X.X} = \Delta P_{X.X} + j \Delta Q_{XX}$$

Мұнда шамамен

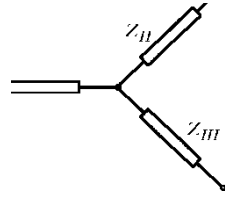
$$\Delta Q_{X.X} = (1_{X.X} \wedge_{ном.т}) / 100. \quad (12.16)$$

Трансформаторлардың орамасының реактивтік кедергісі (ТРДН) төменгі кернеудің бөлінген орамасы бар қатынастардан анықталады:

$$X_{ВН} = X_{ВН-НН} \left(1 - \frac{K_p}{4} \right); \quad X_{В1} = X_{Н2} = X_{ВН-НН} \frac{K_p}{2} \quad (12.17)$$

мұнда $X_{ВН-НН} = (X_{к.з.ВН-НН} / 100) (U_{ном})^2 / (X_{ном.т} X_{к.з.ВН-НН} - кедергі трансформатордың қысқа тұйықталуы; K_p - үш фазалы трансформаторларға арналған бөлу коэффициенті .K_p=3,5.$

Үш орамдық трансформаторлар. Үшорамдық майлы трансформаторлар мынандай түрде шығарылады: ТМТН 6300 / 35-110; ТДТН 10000-80000 / 110. бастапқы деректер екі-оралатын үшін бірдей болып табылады, бірақ кейбір номиналды деректер барлық үш орамасында көрсетілуі тиіс. Осылайша, ораманың түрлі күшінің қатынасымен өндіріліп шығарылады: егер жоғарғы кернеу (ЖК) орамасы 100% номиналды күшке сәйкес болса, онда ораманың орташа және төмен кернеуі 100% және 67% болуы мүмкін. Трансформатордың толық қуаты үшін арналған белсенді қарсылық орамасының:



12.2 сурет. Үшорама трансформаторының ауыстырудың қағидалы схемасы;
I - жоғары кернеулі орамасы - ЖК; II - орам орташа кернеу - ОК; III - төменгі орам кернеу – ТК

$$R_{T(100)} = \Delta P_{к.з} (U_{ном})^2 / (S_{ном.т})^2 \quad (12.18)$$

ал орамның кедергісі, трансформатордың қуатының 67% -ында есептелген, 1,5 есе артық болады:

$$R_{T(67)} = 1,5 R_{T(100)} \quad (12.19)$$

Қысқа тұйықталу кернеуі барлық үш ықтимал комбинацияда көрсетіледі: ЖК-ОК, ЖК-ТК және ОК-ЖК. Әр орамның реактивтеріндегі кернеудің жоғалуын салыстырмалы мәндері формулалармен анықталады:

$$U_{ВН} 0,5(U_{ВН-НН} + U_{ВН-СН} - U_{СН-НН});$$

$$U_{СН} = U_{ВН-СН} - U_{ВН}; \quad (12.20)$$

$$U_{НН} = U_{ВН-НН} - U_{ВН} = U_{СН-НН} - U_{СН}.$$

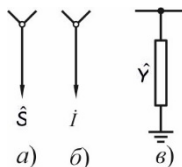
Үш орамдық трансформатордың ауыстыру контуры әдеттегідей үш сәуле түрінде жасалады (12.2-сурет). Үш кернеудің кез-келгеніне қарсылық жоғарыда көрсетілген формулалармен анықталады.

Жүктеме шығындарына бос жүріске сәйкес келетін жүктеме ΔS_{xx} жоғары кернеу орамасына байланысты.

12.7. Ауыстыру схемаларының жүктемелері

Электр желісінің кез-келген жұмыс режимін талдай отырып, электр қуатын тұтынушылар көрсетілген мәндермен жүктеме ретінде қарастырылады.

12.3. Сурет. Тұтынушылардың қуат желісінің жүктемесі: а – толық күш S ; б – берілген ток I ; в – көлденең өткізгіштік Y



Электр желісінің кез-келген жұмыс режимін талдай отырып, электр энергиясын тұтынушылар S (12.3, а) суретте көрсетілгендей электр қуатын тұтыну шамалары көрсетілген жүктеме ретінде қарастырылады. Бұл жағдайда тапсырманың энергетикалық жағын бағалау үшін схема бейімделген- желінің жұмысын тұтынушыларға электрмен жабдықтау тұрғысынан сипаттау.

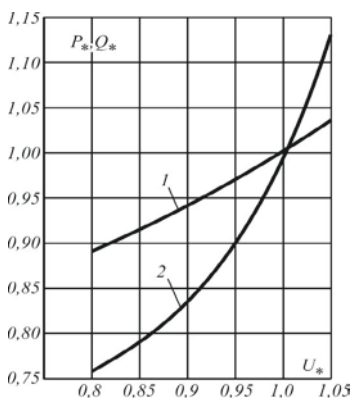
Осындай ауыстыру схемасының кемшілігі – бұл тізбектің желілі еместігі болып табылады, өйткені түйіндердегі кернеулер белгісіз. Жұмыс жағдайын жеңілдетілген есептеулер үшін ауыстырудың желілік схемасын пайдалану ұсынылады.

Бұл үшін, атап айтқанда, жүктемені ауыстыру тізбегі берілген ток түрінде қолданылады (12.3-сурет, б). Себебі қозғалыс тогы түйінге оң бағытты болады, бұл жағдайда

$$-I = \frac{S}{\sqrt{3}U}, \quad (12.21)$$

мұнда S және U - берілген түйіндегі күш пен кернеудің күрделі мәндері. Үлестіруші желілерде желі түйіндерінің кернеуі номиналдан аз ерекшеленеді, сондықтан олар үшін:

$$-I = \frac{S}{\sqrt{3}U_{\text{ном}}}$$



Кейбір жағдайларда тұрақты өткізгіштігі бар көлденең пассивті тармағын білдіретін жүктемені ауыстыру жүйесі қолданылады (Сурет 12.3, в):

$$Y = \frac{S}{U^2} \quad (12.23)$$

12.4. Сурет. Жүктеменің статикалық сипаттамасы:

1 – белсенді қуат; 2 – реактив қуаты

Шын мәнінде, қабылдағыштардың кез-келген жұмыс режимінде

тұтынатын жалпы қуаты кіріс кернеуінің көлеміне байланысты. Электр қабылдағыштың электр энергиясын тұтынуының (жүктің) кернеуге тәуелділігі кернеу жүктемесінің статикалық сипаттамасы (СС) деп аталад

Бұл тәуелділік жалпы жағдайда желілік емес. Кернеудің номиналды жиіліктен аз ауытқуы үшін жиі желілік немесе квадраттық тәуелділік ретінде көрсетеді және жүктің реттеуші әсерінің шамасы сипатталады.

Топтық жүктемелердің статикалық сипаттамаларының коэффициенттері

12.2. Кесте

Топтық жүктеменің статикалық сипаттамасының коэффициенті

Түрі СХ	Коэффициент мағыналары СХ						
	Активті күш		Реактивті күш			Реактивті сызықты	
	A_0	A_1	B_0	B_1	B_2	$B_{0Л}$	$B_{1Л}$
Ұзындық	0,6	0,4	9	-18	10	-2	3
Орат	0,1	0,9	6,7	-15,3	9,6	-3,9	4,9
	-0,5	1,5	5,4	-14,4	10	-5,6	6,6

Топтық жүктемелердің статикалық сипаттамаларының коэффициенті кернеудің өзгеруімен пайызбен пайызбен 1%. Мысалы, 2-ге тең реттеу әсері, кернеу 1% -ға өзгергенде, электр энергиясының қабылдағышының тұтынылатын қуаты бір бағытта 2% өзгереді. Реттейтін әсері -0,5-ке тең, кернеу 1% -ға көтерілгенде, қабылдағыштың тұтынылатын қуаты 0,5% төмендейді.

$$P_*(U_*) = A_0 + A_1 U_*$$

$$Q_*(U_*) = B_0 + B_1 U_* + B_2 (U_*)^2 = B_{0Л} + B_{1Л} U_* \quad (12.24)$$

мұнда U^* - берілген түйіннің тұтынушы шинасының кернеуі. бірлік номиналды қатынаста; $P^*(U^*)$; $Q^*(U^*)$ - U^* кернеуінде тұтынушының жүктемесінің белсенді және реактивті қуаты. бірлік электр энергиясын алушыларда номиналды кернеуде жүктеменің белсенді қуатына

(немесе 2-ші сатыдағы жүктің реактивті қуатына); A_0 ; A_1 ; B_0 ; B_1 ; B_2 - тұтынушылардың белсенді және реактивті жүктемелерінің топтық статикалық сипаттамаларының коэффициенттері; A_1 және B_{11} - белсенді және реактивті жүктемелердің реттелетін әсері. Жүктемелік түйіндердің статикалық сипаттамалары реттелетін әсерлердің шамасына байланысты жұмсақ, орта және күрделі түрлерге бөлінеді.

12.2 кестеде статистикалық сипаттамалардың осы түрлерінің коэффициенттерінің мәндерін және белсенді және реактивті күштерді реттейтін әсерлерін көрсетеді.

Статикалық сипаттамасы $A_2=0$, демек, белсенді күштің реттеу әсері A_1 тең. Реактивтік жүктеменің статикалық сипаттамалары кестеде 0.95...1.05-ге дейін өзгерсе, шарт бойынша сызықты түрде болуы мүмкін:

$$B_0 + B_1 U_{\Pi*} + B_2 U_{\Pi*}^2 = B_{0л} + B_{1л} U_{\Pi*}$$

B_0 , B_1 мәндері 12.2. кестеде келтірілген, реактивті қуаттың реттеуші әсері B_{11} -ге тең.

12.8. Өнеркәсіптік кәсіпорындардың электрмен жабдықтау жүйесінің электр желілері элементтерінің параметрлері

12.8.1. Жалпы ақпарат

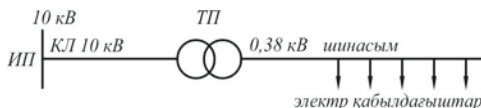
Бұл бөлімнің мақсаты өнеркәсіптік кәсіпорындардың электрлік элементтерінің негізгі параметрлерінің өзгеріс шамасын анықтау, және де S цех трансформаторының төмендеген номиналды күшіне тәуелді болатын сипаттамалар.

10 кВ кабельдік желіден, 10 / 0,4 кВ кернеу төмендету трансформаторынан және 0,38 кВ шиналық трассалықтан тұратын өнеркәсіптік кәсіпорынның электр желісінің типтік бөлігін қарастырайық. Электрмен қамтамасыз ету схемасы 12.5 суретте көрсетілген және ауыстыру схемасы 12.6. суретте көрсетілген.

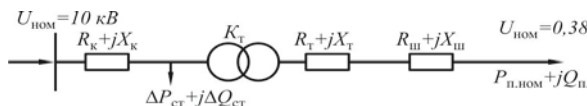
Электр желісінің зерттелген бөлігінің ауыстыру тізбегінің параметрлері 12,5 суретте көрсетілген, номиналды қуатты таңдау алдын ала анықталған жүктеме факторы K_s және кабельді қиылған бөлімінде және белгілері тиісті таңдауы бойынша трансформатор төмен $S_{ном.т}$ табылатын анықталады жүктеме мәні.

Кестеде. 12.3 тармағында көрсетілгендей, қысқа тұйықталу токтарының жылу кедергісіне қатысты 0,3 кВ кернеуі бар шиналар маркалы, $S_{н.м.} = 160 \dots 2500$ кВ-А трансформаторларға сәйкес келетін 10

кВ кабелдің алюминий корпусы бар қимасы, сондай-ақ белсенді трансформаторлардың реактивтік резисторлары, кабельдер мен шиналар белсенді және реактивті кедергісі және трансформаторлардың басқа параметрлері.



Сурет. 12.5. Электр аумағының электрмен қамту схемасы берілген.



Сурет. 12.6. Электр желісінің орнына ауыстыру схемасы: $U_{\text{НОМ}}$ – желі аумағының номиналды кернеуі; $P_{\text{П.НОМ}}$, $Q_{\text{П.НОМ}}$ – номиналды кернеудегі немесе басқа да электр қабылдағыштардағы трансформаторлық қосалқы станцияның есептік белсенді және реактивті жүктемесінің мәндері; R_K , R_T , $R_{\text{Ш}}$ – кабельдің, трансформатордың және шиналардағы баламалы кедергісінің белсенді және реактивті кедергісі; K_T – трансформацияның номиналды коэффициенті; $\Delta P_{\text{СТ}}$, $\Delta Q_{\text{СТ}}$ – трансформатордың болатындағы белсенді және реактивті бос жүрісті жоғалту

12.3. Кесте

**Өнеркәсіптік кәсіпорындардың электр желісінің сипаттамалары
(трансформаторлардың кедергісі 10 кВ-ға дейін жеткізілген)**

Параметр	Номинальная мощность трансформатора, $S_{\text{НОМ.Т}}$, кВ·А						
	160	250	400	630	1000	1600	2500
R_T , Ом	11,4	6,5	3,4	2,36	1,22	0,7	0,4
X_T , Ом	25,7	16,8	10,7	9,33	5,36	3,36	2,16
$\Delta P_{\text{КЗ}}$, кВт	2,65	3,7	5,5	8,5	12,02	18	25
$\Delta P_{\text{СТ}}$, кВт	0,73	0,945	1,2	1,56	2,45	3,3	4,6
$\Delta Q_{\text{СТ}}$, квар	3,84	5,75	8,4	12,6	14	20,8	25
F_K , мм ²	35	35	35	35	50	70	120
$r_{0\text{К}}$, Ом/км	0,92	0,92	0,92	0,92	0,64	0,46	0,26
$x_{0\text{К}}$, Ом/км	0,088	0,088	0,088	0,088	0,082	0,079	0,076
Шинопровод	ШРА-73	ШРА-73	ШРА-74	ШМА-73	ШМА-73	ШМА-68Н	ШМА-68Н
$r_{0\text{Ш}}$, Ом/км	125	81,25	53,13	37,5	19,38	16,88	8,13
$x_{0\text{Ш}}$, Ом/км	93,75	62,5	46,9	43,75	26,88	14,38	12,5

Трансформатордың белсенді және реактивті кедергісі оның номиналды қуатына тәуелділігі сипаты оларды азаятын қуат функциясы арқылы аппроксимациялауға мүмкіндік береді (12.4-кесте).

Кабельдердің меншікті реакциясы $x_{0k} = 0.088 \dots 0.076$ шегінде өзгереді, яғни, трансформатордың номиналды қуатына өте аз байланысты. Трансформатордың номиналды қуатына байланысты шинасымның нақты белсенді және реакциялық кедергісі оның артуымен азаяды.

$A_{ном-т}$ от 160 до 2500 кВ-А өзгеру кезінде қуат беру жүйесінің электр желісінің элементтері параметрлерінің тәуелділіктерін аппроксимациялау үшін теңдеулер
 $A_{ном-т}$ от 160 до 2500 кВ-А

Параметр	Нақты өрнек
$G_{0k}, \text{ОМ/км}$	304 АНГТ
$x_{0k}, \text{ОМ/км}$	$0,1209 A_{ном}^{0.06} T$
$G_{0ш}, \text{ОМ/км}$	16552 СТТ
$x_{0ш}, \text{ОМ/км}$	$4112 A_{ном}^{0.74} T$
$R_T, \text{ОМ}$	$5109 A_{ном}^{1.1} T$
$X_T, \text{ОМ}$	$2270 S^{-0.88} I \setminus J O_{ном.T}$
$ДР_{к.з}, \text{кВТ}$	$0,0096 S_{ном.T} + 1,78$
$ДР_{ст}, \text{кВТ}$	$0,0017 A_{ном.T} + 0,56$

12.9. Ашық тарату желісін есептеудің негізгі ұғымдары

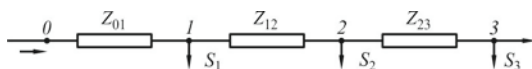
12.7 суретте электр қуатын беру схемасы көрсетіледі.



Сурет. 12.7. Электр қуатын беру схемасы

Бұл схемада түйін 0- электр станциясының генераторлық шинасы, тармақ 0-1 – көтергіш трансформаторлық қосалқы станция, тармақ 1-2 – кернеуі 35 кВ асатын жіберу әуе желісі, тармақ 2-3 – төмендеткіш трансформаторлық қосалқы станция, түйін 3 – S жүктілігі бар төмендеткіш қосалқы станциясының екінші шинасы.

Жіберілудің ауыстыру схемасы 12.8. суретте көрсетілген

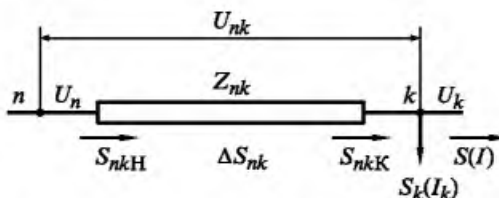


Сурет. 12.8. Блоктық электр қуатын беруді ауыстыру схемасын бұғаттау

Мұнда Z_{01} - көтергіш қосалқы станция трансформаторының орамдарының кедергісі; Z_{12} - бірдей электр жеткізу желісі; Z_{23} төмендету қосалқы станцияның трансформаторы; ΔS_1 - трансформаторлық қосалқы станция бос жүрісінің күш жоғалуы және желі күшінің жартылай жоғалу сомасы; ΔS_2 - трансформаторлық қосалқы станция бос жүрісінің күш төмендеуі және желі күшінің жартылай жоғалу сомасы; ΔS_3 - шиналар орта кернеу төмендеткіш қосалқы жиынтық қуаты жүктеме. Төмендету қосалқы станциясының екінші кернеуінің толық күш жүктемесі.

Ауыстыру схемасы үш бірдей элементтерден тұрады: тармақ және жүктеме түйіні. Мұндай стандартты элемент 12.9. суретте көрсетілген.

Әлбетте, мұндай стандартты элемент үшін электрлік шамалар арасындағы қатынастарды орнатудың жалпы жолында, бұл тәуелділік желінің кез-келген элементі үшін жарамды болып қалады.



Сурет. 12.9. Стандартты электр қуатын жіберу элементі үшін ауыстыру схемасы

Режимнің есептеу оның барлық тармақтарының жүктемелерін, барлық түйіндердің кернеулерін және түйіндегі жүктеме үшін барлық элементтеріндегі қуаттың жоғалу шамасын және желідегі нүктелердің бірінде кернеудің берілген мәнін анықтауға арналған.

12.10. Желілік элемент үшін электрлік шамалар арасындағы тәуелділік

Электрлік шамалардың желілік элементтің арасындағы тәуелділігін анықтайтын формулалар, 12.9 суретте көрсетілген формулалар электро-техника курстарынан белгілі.

12.9 суретінде көрсетілген желілік элементтің электрлік шамалары, мыналар:

Z_{nk} - n-k тармағының бір фазасының жалпы қарсыласуының күрделі өрнегі;

S_k, I_k - жалпы фазалы үшфазалы қуат немесе ток бір фазасындағы комплекстік мәнімен сәйкес келетін түйіннің бастапқы жүктемесі;

S, I - желінің kv іргелес тармағынан (немесе көршілес тармақтарынан) туындайтын жүктеме;

S_{nkH} - n - k тармағының басында n түйінінен келетін жүктеме;

S_{nkK} - бұл түйін n -дан (тармақ соңы) тармағынан келетін жүктеме;

U_k және ψ_k - түйіндердің k сызықты және фазалық кернеулерінің күрделі өрнектері;

U_n , n - тораптағы сызықтық және фазалық кернеулердің тиісінше күрделі өрнектері;

U_{nk} , иф « k - n - k тармағында сызықтық және фазалық кернеу төмендеуі;

A_{Snk} - n - k филиалындағы қуат шығындарының күрделі өрнегі.

$I_{nkH} = I_{nkK} = I_{nk} = I_k + I$ - филиалдардың басында және соңында ағымдар n - k .

Осы сандардың арасында электротехникадан белгілі келесі тәуелділіктер бар:

$$S_{nkK} = S_k + S; \quad S_{nkH} = S_{nkK} + \Delta S_{nk}; \quad (12.25)$$

$$U_{nk} = \sqrt{3} I_{nk} Z_{nk}; \quad U_{\phi nk} = I_{nk} Z_{nk}; \quad U_{\phi n} = U_{\phi k} + U_{\phi nk}. \quad (12.26)$$

Электрикалық шама белгісінің үстіне қойылған штрих немесе жақша шама күрделі сан немесе күрделі түйіндес сан болып табылады.

Кернеудің төмендеуін анықтау және электр қуатының жоғалуы тек қана тораптағы кернеу орнатылған жағдайда ғана мүмкін болғандықтан, барлық осы мәндердің нақты есептеуі дәйекті жақындаулар әдісімен (Итерация әдісі) мүмкін болады. Сондай-ақ, кернеу мәнін мүлдем басқа желінің түйінінде орнатуға болады, мысалы генераторлық шиналарда. Желі режимін есептеу проблемасын шешуге n түйінінен басталмайды, себебі осы түйіннен желіге түсетін жүктің мәні белгісіз.

Сәйкес жуықтау әдісі келесідей. Есептеуді жүзеге асыратын адамның шамамен есептелуіне немесе тәжірибесіне сүйене отырып, тораптағы кернеудің шамасы есептеледі және желінің режимін есептеу шамамен қабылданған кернеудің шамасына қарай орындалады. Есептеу нәтижесінде n түйініндегі кернеу анықталады және осы түйінде көрсетілген кернеумен салыстырылады. Алынған қателік сәйкес, k түйінінде кернеу мәні түзетіледі және есептеу қайталанады (есептеудің келесі итерациясы орындалады). Қайталанатын есептеулер n түйініндегі кернеуді анықтаудағы қателік рұқсат етілгеннен аз болғанша орындалады. Бұл әдіс қолмен есептеуге қолайлы емес, сонымен қатар компьютерлік есептеулерде кеңінен қолданылады.

12.11. Режим параметрлерін есептеудің жеңілдетілген әдісі

Фазалық кернеулердің векторлық диаграммасы және токтардың элемент ауыстыру схемасы 12.9-суретте көрсетілген. 12.10.

Нақты өлшемдер бар тураланған осі түйінінде кернеу векторының, мынадай теңдік :

Қарсылық, қуат пен ток көздерінің күрделі өрнектері нақты және жалған компоненттер тұрғысынан көрінуі мүмкін:

мұндағы R_{nk} , jX_{nk} - n -к саласының белсенді және реакциялық кедергісі; R_{pk} , jQ_{pk} - белсенді және реактивті күш түйінге салалық n - түсетін; S_{ia} - толық ток ағынының модулі; f_{pk} - толық ток ағынының фазалық бұрышы.

$$U_{\phi n} = U_{\phi k} + U_{\phi nk} = U_{\phi k} + I_{nk} Z_{nk} = U_{\phi k} + U_{\phi nk} + j \Delta U_{\phi nk} \quad (12.29)$$

191

онда іфпк - кернеудің төмендеу векторы - кернеудің төмендеуінің нақты (бойлық) компоненті; $\Delta U_{\phi nk} = I_{nk}(X_{nk}) \cos \varphi_{nk} - R_{nk} \sin \varphi_{nk}$ - бұл кернеудің төмендеуінің көлденең (көлденең) компоненті.

Кернеудің төмендеуі компоненттерін үшбұрыштың «adc» катеттерінің ұзындығы анықтамасынан алуға болады.

Сол сияқты, U_{nk} желілік кернеуіндегі төмендеудің құрамдас бөлігі S_{nkK} күштің құрамдас бөлігі арқылы берілу мүмкін.

$$\Delta U_{nk} = (P_{nkK} R_{nk} + Q_{nkK} X_{nk}) / U_k \quad (12.30)$$

$$\Delta U_{\phi nk} = (P_{nkK} X_{nk} + Q_{nkK} R_{nk}) / U_k \quad (12.31)$$

12.10 суреттегі «adc» кернеуінің төмендеуінің үшбұрышы нақты өлшемдерге қарағанда айқындылық үшін айтарлықтай көбейеді. Әдетте, тармақта кернеу түсуі 10% -дан аспайды, яғни көлденең компоненті «CD» кернеу салыстырмалы төмен болып табылады және модульдің кернеу мәні осы кернеу (катета $0d$) бойлық компоненті шамасынан аз ерекшеленеді.

Тарату желісін есептеу кезінде көлденең құрайтын шамасы ескерілмейді және кернеудің төмендеуі (вектордың кернеу түрлілігі тармақтың басталу және соңы) болып табылады (модульдер айырмашылық). Сонымен қатар, түйіннің нақты кернеуі K Nand арасындағы тармақ номиналды кернеумен ауыстырады $U_N \wedge .Poteri$. n және k түйіндерінің арасындағы кернеудің жоғалуы:

$$\Delta U_{nk} = \frac{(P_{nk} R_{nk} + Q_{nk} X_{nk})}{U_{ном}} \quad (12.32)$$

Егер белсенді және реактивті қуат бағыттары сәйкес келмесе, тармақтағы реактивті қуат бағытын ескеру қажет

$$\Delta U_{nk} = \frac{(P_{nk} R_{nk} + Q_{nk} X_{nk})}{U_{ном}} \quad (12.33)$$

N түймесіндегі кернеу деңгейі n берілген түйісінде берілген кернеуде U_n :

$$U_{nk} = U_n - \Delta U_{nk} \quad (12.34)$$

N түйіндегі n кернеуінің деңгейі n түйісінде берілген кернеуге U_n :

$$U_n = U_k - \Delta U_{nk} \quad (12.35)$$

Кернеудің сапасын бағалау үшін (20-тарауды қараңыз) кернеудің нақты деңгейі ең номиналды кернеу айырмашылығын анықтайды, бұл тұрақты режим барысында кернеудің номиналдыдан ауытқуы деп аталады.

Толық күштің жоғалтудың құрамдас бөліктері сандар жиыны бойынша

$$\Delta P_{nk} = R_{nk} (I_{nk})^2 = R_{nk} [(P_{nkK})^2 + (Q_{nkK})^2] / (U_{ном})^2 \quad (12.36)$$

$$\Delta Q_{nk} = X_{nk} (I_{nk})^2 = X_{nk} [(P_{nkK})^2 + (Q_{nkK})^2] / (U_{ном})^2$$

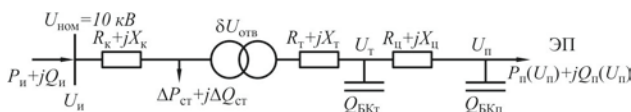
12.12. Энергия қабылдағыштар мен конденсаторлық банктердің статикалық сипаттамаларын ескере отырып, өндірістік кәсіпорындардың электр желілерінің элементтеріндегі қуат пен кернеудің жоғалуы

Өнеркәсіптік кәсіпорынның электрмен жабдықтау жүйесі қосалқы жүйелерден тұрады. Қосалқы жүйе бұл желіні қабылдайтын цех трансформаторын, трансформаторды жабдықтайтын жоғарғы кернеулі шоғырсым, цехтың электр желісі және бұл желіні қабылдаушы аумақ саналады.

Суретте. 12.11 суретте цех желісінің эквивалентті кедергісі және жалпыланған электр тұтынушы көрсетілген ауыстыру схемасы бейнеленген. шеберхана желісіне және жалпыланған электр тұтынушыларына балама кедергі келтіретін ауыстыру тізбегі көрсетіледі. Конденсатордың (БК) батареясы ВКТ трансформаторының төменгі кернеулі шиналарына немесе ВКР тұтынушыларынан өндіріс желісінің кез келген аумағына қосылуы мүмкін.

Электрлік тұтынушылардың белсенді және реактивті жүктемелерінің статикалық кернеу сипаттамаларын ескере отырып (12.7 бөлімін қараңыз) келесі формулалармен анықталады:

$$\begin{aligned} P_{\Pi}(U_{\Pi*}) &= (A_o + A_1 U_{\Pi*}) P_{\Pi.ном} \\ Q_{\Pi}(U_{\Pi*}) &= (B_o + B_1 U_{\Pi*} + B_2 U_{\Pi*}^2) Q_{\Pi.ном} \end{aligned} \quad (12.37)$$



Қысқаштарда ВС өндіретін реактивті күш -5^* (номиналды кернеуге қатысты) квадрат кернеуіне пропорционалды:

$$Q_{\text{БК}}(U_{6*}) = Q_{\text{БКном}} U_{6*}^2 = C_Q Q_{\text{п.ном}} U_{6*}^2 \quad (12.38)$$

мұнда C_Q - реактивтік күштің дәрежесі, номиналды кернеуде ($-5^* = 1$) ВС Q_{RORf} реактивтік қуатының номиналды кернеуге арналған Q_{UOfA} электрлік тұтынушысының реактивті жүктемесі қатынасына

$$C_Q = Q_{\text{БКном}} / Q_{\text{п.ном}} \quad (12.39)$$

тең $C_Q = \&$

P_n jQ_a қуат көзінен түсетін күш (12.11 суретті қараңыз) тұтыну күшімен анықталады, жіберуге арналған жүктілік жоғалуы және трансформатор болатын жоғалулары, сондай ақ БК беретін реактивтікүш шамасы. Бұл барлық шамала кернеуге тәуелді болып келеді, яғни

$$P_{\text{и}} = P_{\text{п}}(U_{\text{п}*}) + \Delta P_{\text{с}}(U_{\text{с}*}) + \Delta P_{\text{ст}}(U_{\text{т}*})$$

$$Q_{\text{и}} = Q_{\text{п}}(U_{\text{п}*}) + \Delta Q_{\text{с}}(U_{\text{с}*}) + \Delta Q_{\text{ст}}(U_{\text{т}*}) - Q_{\text{БК}}(U_{6*}) \quad (12.40)$$

Немесе $P_{\text{п.ном}}$ и $Q_{\text{п.ном}}$ бірлігіне сәйкес:

$$P_{\text{и}*} = P_{\text{и}} / P_{\text{п.ном}} = P_{\text{п}*}(U_{\text{п}*}) + \Delta P_{\text{с}*}(U_{\text{с}*}) + \Delta P_{\text{ст}}(U_{\text{т}*}) \quad (12.41)$$

$$Q_{\text{и}*} = Q_{\text{и}} / Q_{\text{п.ном}} = Q_{\text{п}*}(U_{\text{п}*}) + \Delta Q_{\text{ст}*}(U_{\text{т}*}) - Q_{\text{БК}}(U_{6*})$$

Номиналды мәннен кернеу ауытқуы электр қуатын тұтынушыларға белсенді және реактивті қуатты тұтынудың статикалық сипаттамаларына және конденсаторлар арқылы реактивті қуаттың шығарылуына әсер етеді.

Электр желілеріндегі кернеу деңгейі және реактивті қуаттың өтемақысы электр энергиясын беру кезінде қуат шығындарына әсер етеді.

Өз кезегінде, цехтардың конденсаторлар желісінде кернеу деңгейіне әсер етеді, яғни осы факторлардың өзара байланысы бар.

12.12.1. Тұтынушылардың статикалық сипаттамаларының желі элементіндегі жүктеме жоғалуына әсері

Тұтынушылардың статикалық сипаттамаларын өнеркәсіптік кәсіпорындардың өнеркәсіптік желісінің пассивті элементінде, яғни $B_c = A P_c + j A Q_c$ ішіндегі жүктеме қуатының жоғалуына әсерін зерттейік. 12.11 суретінде схема көрсетілген, электр тұтынушыларға конденсаторларды қосу кезінде:

$$\Delta S_c = \frac{(A_o + A_1 U_c)^2 P_{\text{п.ном}}^2 + B_o + B_1 U_{\text{п}*} + (B_2 - C_{Qn}) U_{\text{п}*}^2 Q_{\text{п.ном}}^2}{U_{\text{п}}^2} (R_c + j X_c), \quad (12.42)$$

$$R_c = R_k + R_T + R_{\text{ц}}; \quad X_c = X_k + X_{\text{ц}}, \quad C_Q = C_{Qn}.$$

Түрлендіреміз (12.42):

$$\Delta S_c = \Delta S_{\text{ном}} (P_{\text{п.ном}}) I_*^2,$$

мұнда $\Delta S_{\text{ном}} (P_{\text{п.ном}}) = \frac{(P_{\text{п.ном}})^2}{(U_{\text{п.ном}})^2} (R_c + j X_c)$ – номиналды кернеу барысында желі тұтынушының тек белсенді күшінің толық жоғалуы $U_{\text{п.ном}*}$;

I_* – бірлікке қатысты тармақтағы толық ток $I_{\text{ном}} = P_{\text{п.ном}} / U_{\text{ном}}$,

$$I_*^2 = \frac{(A_o + A_1 U_{n*})^2 t g \varphi^2 [B_o + B_1 U_{\text{п}*} + (B_2 - t g \varphi^2) (U_{\text{п}*})^2]}{(U_{\text{п}*})^2} \quad (12.43)$$

өзгерісінің сипаты статикалық сипаттамалар түріне, әсіресе реактивті қуатқа әсер етеді, өйткені реактивті қуаттың реттеуші әсері белсендіден жоғары.

Күшті статикалық сипаттамалар үшін $I * 2$ орташа статикалық сипаттамалары үшін $I * 2$ нашар жоғарылайды, өйткені $I * 2$ әлсіз статикалық сипаттамалары сәл төмендейді. Егер статикалық сипаттамалар есепке алынбайтын болса, онда $I * 2$ төмендейді.

Күшті статикалық сипаттамалар үшін кернеудің 1% жоғарылауы кезінде $I * 2$ 4,6% -ға, орташа статикалық сипаттамалар бойынша 1,5% -ға, жалпақ статикалық сипаттамалар бойынша 1,25% -ға, статикалық сипаттамаларын ескерместен 4% -ға, .

, егер $u * 0.95$ -ден 1.05 -ге дейін өзгерсе, $I * 2 = f (U D *)$ тәуелділігі іс жүзінде желілік яғни,

$$I_*^2 = d_o + d_1 U_{\text{пф}}. \quad (12.44)$$

Белсенді қуаттың жоғалуы желіде белсенді жүктеме қуаты $P_{\text{пном}}$ (в отн. ед. к $P_{\text{пном}}$) мына түрде берілуі мүмкін:

$P_{\text{ном}}$ (в отн. ед. к $P_{\text{ном}}$) могут быть представлены как

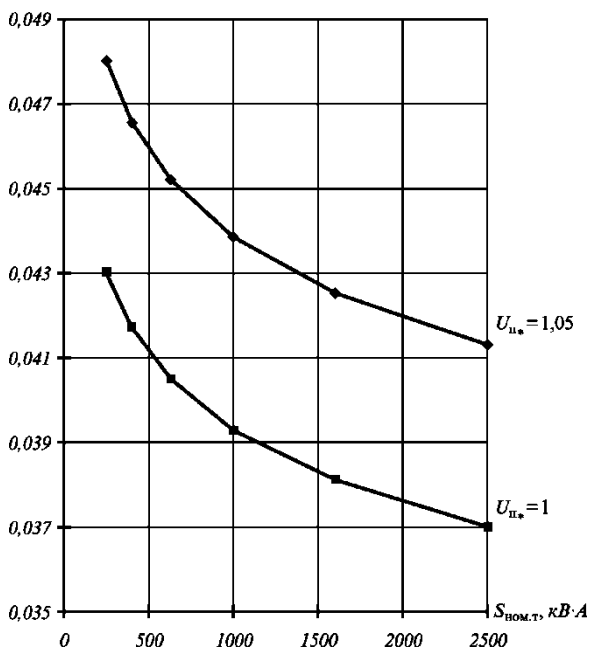
$$\Delta P_c = \Delta P_{\text{ном}*} (P_{\text{п.ном}}) I_*^2 = \frac{(P_{\text{п.ном}})^2}{(U_{\text{п.ном}})^2} R_c I_*^2 = K_{3.a} V_c I_*^2, \quad (12.45)$$

мұнда $K_{3.a} = K_{\text{scosf}}$ - белсенді қуаты бар трансформатордың жүктеме коэффициенті, K_3 - толық қуатта; V_c - трансформатордың номиналды қуатына тең қуат болғанда, желінің белсенді кедергісінде кернеудің төмендеуі ($U_{\text{ном}}$ -ге қарай):

$$V_c = \frac{S_{\text{ном.т}}}{(U_{\text{ном}})^2} R_c \quad (12.46)$$

12.12 суретте $\Delta P_c^* = f(S_{\text{ном.т}})$ жүйесінің графигі берілген, $U_{\text{п}*} = 1$ күшті статикалық сипаттама, $K_3 = 0,9$; кернеу шоғырсым ұзындығы 10 кВ $L_k = 1$ км, кернеу шинасым ұзындығы 60,4 кВ, яғни максималды желілік кедергілері болған жағдайда.

Л-Гс.



12.12. сурет APC желісіндегі белсенді қуаттың (салыстырмалы бірліктерде) жүктеме жоғалту тәуелділігі

$$\Delta P_{c*} = f(S_{\text{ном.т}}) \quad U_{н*} = 1 \text{ және } 1,05$$

Графикте көсетілгендей $C_{\text{ном.т}}$ 250 кВ - А до 2500 кВ – А 2500 кВ белсенді күштің жүктеме жоғалуы U -1 кезеңінде 0.043 бастап 0,037 дейін, және U 1,05 = кезде - 0.048-ден 0,041 дейін өзгереді. Демек, кернеудің өзгеруінің белсенді қуат шығындарына әсері қуат көзінен тұтынылатын қуаттың пайыздық үлесінен тұрады.

Егер жүктеме статикалық сипаттамаларға сәйкес өзгерсе, жүктеме қуатының ысырабын өзгертуді елемесек, $A_0 = 1$, $B_{0n} = 1$ болса, онда (12.42) $U_n = 1$, содан кейін

$$I_*^2 = 1 + tg\varphi^2(1 - CQn)^2 \quad (12.47)$$

12.12.2. Жүктің статикалық сипаттамаларын ескере отырып, кәсіпорынның электр желілері элементтеріндегі кернеудің жоғалуы

Электр желісінде кернеудің жоғалуы:

$$\Delta U_{(и-п)*}(C_{QT}) = K_{3.a}\{(V_k + V_T)(\Delta U_{(и-п)**}) + V_{ц}(\Delta U_{(т-п)**})\} \quad (12.48)$$

$$\Delta U_{(и-п)*}(C_{QT}) = K_{3.a}(V_k + V_T + V_{ц})(\Delta U_{(и-п)**}) \quad (12.49)$$

мұнда $\Delta U_{(и-п)**}$, $\Delta U_{(т-п)**}$, $\Delta U_{(и-т)**}$ статикалық сипаттаманың түріне тәуелді кернеудің жоғалуының үлесі,

$$\Delta U_{(l-j)**} = \frac{(A_o + A_1 U_{n*}) + \varepsilon_{(i-j)} tg\varphi (B_o + B_1 U_{n*} + (B_2 - C_{Qj})(U_{n*})^2)}{U_{n*}^2} \quad (12.50)$$

мұнда $\varepsilon_{(i-j)}$ - реактивті және белсенді реакциялардың арақатынасы .

Барлық тәуелділіктер сызықтық функциямен жақындауға болады, яғни,

$$\Delta U_{(l-j)**} = h_o + h_1 U_{n*} \quad (12.51)$$

$$\begin{aligned} h_o &= A_o + 1 + \varepsilon_{(i-j)} tg\varphi (B_o - B_2 + 1) \\ h_1 &= -[A_o + \varepsilon_{(i-j)} tg\varphi (B_o - B_2 + C_{Qj})]. \end{aligned} \quad (12.52)$$

Немесе сызықтандырылған статикалық сипаттаманы :

$$h_o = A_o + 1 + \varepsilon_{(i-j)} tg\varphi (B_{ол} + 1);$$

$$h_1 = -[A_o + \varepsilon_{(i-j)} \operatorname{tg} \varphi (B_{ол} + C_{Qj})]. \quad (12.53)$$

Демек, жүктеменің реттелетін әсері желідегі кернеу жоғалуларында айтарлықтай әсер етеді және егер олар ескерілмеген болса, бұл өнеркәсіптік электр желілеріндегі режимдер параметрлерін есептеуде айтарлықтай қателіктерге алып келуі мүмкін.

Алайда, $0,5 < \text{жүктеме коэффициенті } K_s < 0,5$, реактивті қуаты өтемақы $CQ \text{ дәрежесі} > 0,5$ болса TGF реактивті қуат коэффициенті статикалық жүктеме сипаттамаларын әсері шамалы болып, қашан және желідегі кернеудің жоғалуы өзгертпейді деген жуықтап есептеу кезінде болжауға болады.

13 тарау

ЭЛЕКТРМЕН ЖАБДЫҚТАУ ЖҮЙЕСІНДЕГІ РЕАКТИВТІ ҚУАТТАРДЫҢ ӨТЕМІ

13.1. Электр жүйелері режимдерінің параметрлері

Электр жүйенің жұмыс режимі, оның ахуалын көрсететін көрсеткіштермен сипатталады, яғни *режимдерінің параметрлері* деп аталады. Электр жүйесіндегі барлық үрдістерді үш түрлі параметрлермен сипаттауға болады.

Олар: кернеу, тоқ және белсенді қуат. Бірақ, режимдерді есептеуге ыңғайлы болу үшін басқа да параметрлерді де қолданады. Көпшілікте, реактивті және белсенді қуатты қолданады. Ауыспалы тоқ тізбегіндегі вольтметр мен амперметрдің көрсеткіші *толық қуат* деп аталады. Үшфазалы тізбек үшін, мына формула арқылы анықталады.

$$S\sqrt{3}IU, \quad (13.1)$$

мысалы: I – бір фазадағы ток; U – желілік кернеу.

Үш фазды ауыспалы тоқтың белсенді қуаты төмендегі формула арқылы анықталады.

$$P\sqrt{3}IU \cos \varphi. \quad (13.2)$$

Көбейткіш $\cos \varphi$ *қуат коэффициенті* деп аталады. φ бұрышы кернеу мен

тоқ фазасындағы ығысуды көрсетеді.

Осы өрнектің негізінде тік бұрышты үшбұрыштың s толық қуаты гипотенуза болып табылады, ал бір жақ катеті $p = s \cos \varphi$ белсенді қуат, ал екіншісі реактивті қуат $q = s \sin \varphi$ болып табылады.

Реактивтік қуаттың өрнекте кездесуі

$$Q = Ptg \varphi, \quad (13.3)$$

$tg \varphi$ - реактивтік қуаттың коэффициенті.

Бұл жерде Q қуат болып қарастырылатынын есте сақтау қажет. Тек белсенді қуат пен энергия жұмысты орындай алады және механикалық, жылу, жарық және химиялық энергияға айналады. Табиғи көзден алынған бастапқы қозғалтқыштың энергиясы белсенді қуатқа түрленеді, ал ол электр энергиясына айналады. Реактивті қуат басқа қуат түрлеріне ауыстырылмайды, жұмыс жасамайды және сондықтан да шартты түрде қуат деп аталады. Реактивті қуат магниттік және электрлік өрістерін құруға бағытталады. Синусоидалы тоқ тізбектеріндегі режимдерді талдау үшін реактивті қуат тәжірибеде (практикада) кеңінен қолданылатын өте ыңғайлы сипаттама.

13.2. Белсенді қуаттардың балансы

Электр энергиясын өндіру мен тұтынудың ерекшелігі уақыттың бірлігіне (қуатына) өндірілген және тұтынылатын электр энергиясының теңдігі болып табылады. Сондықтан, электр жүйесінде белсенді қуаттар үшін теңдік (баланс) болу керек.

$$P_{\Gamma} = P_{\text{потр}} + \Delta P_{\text{пер}} + \Delta P_{\text{пер}}, \quad (13.4)$$

мұнда P_{Γ} - электр станцияларының генераторлары арқылы желіге қосылған белсенді қуат, $P_{\text{потр}}$ - жүйелік пайдаланушылардың біріктірілген белсенді жүктемесі; $\Delta P_{\text{пер}}$ - электр желілері арқылы электр энергиясын (желілерде, трансформаторларда) барлық элементтерінде белсенді қуаттың жалпы шығыны; $\Delta P_{\text{пер}}$ - тұтынушының жүктемесі бойынша жүйенің барлық электр станцияларының өз қажеттіліктерінің жалпы белсенді жүктемесі.

Өндірілген қуаттылықтың негізгі бөлігі тұтынушылардың жүктемелерін жабу үшін қолданылады. Электр энергиясын тарату шығындары электр желілерінің қашықтығына, олардың көлденең қималарына және трансформациялар санына байланысты және

жүктеменің жалпы салмағынан 5% -15% аралығында болады. Электр станцияларының өз қажеттіліктеріне байланысты олардың түріне, отын түріне және жабдықтың түріне байланысты; жылу электр стансалары үшін 5... 12 пайызды құрайды, гидроэлектрстанциялары үшін электр стансаның қуатынан 0,5 ... 1% құрайды.

Теңдеу (13.4) жүйенің белсенді жұмыс күшін анықтауға мүмкіндік береді.

P_r жүйесіндегі генераторлардың қол жетімді қуаты P_{rmax} максималды жүктеме режимінде жұмыс істейтін қуаттан әлдеқайда жоғары; төтенше жағдайда және жоспарлы (жөндеу) өшіру жұмыстары кезінде электр энергиясының негізгі құрал-жабдықтарының бір бөлігін резервте ұстау қажеттілігін ескеру қажет:

$$P_{г.расп} = P_{r max} + P_{г.рез}, \quad (13.5)$$

мұнда $P_{г.рез}$ - жүйенің резервтік қуаты, ол оның жұмыс күшінің кемінде 10% -ын құрайды. Егер белсенді қуаттар теңгерімі бұзылған болса, мысалы

$$P_{г.расп} < P_{потр} + \Delta P_{пер} + P_{с.н}, \quad (13.6)$$

жүйеде жиіліктің төмендеуі байқалады.

13.3. Реактивті қуаттың балансы

Электр жүйесінде жалпы өндірілген реактивті қуат тұтынылған реактивті қуатқа тең болуы керек. Электр қуатының генераторлары болып табылатын белсенді қуаттардан айырмашылығы, реактивті қуат олардан және әртүрлі кернеудегі әуе және кабельдік желілерімен, сондай-ақ реактивті қуат көздеріне (IWM) орнатылған басқа көздермен жасалады. (БҚУ қуаты бар өтемдік құрылғылар - КО).

Демек, электр жүйесіндегі реактивті қуат балансы келесі теңдеумен ұсынылады.

$$Q_{г} + Q_{л} + Q_{ку} = Q_{потр} + \Delta Q_{пер} + Q_{с.н}. \quad (13.7)$$

Реактивтік қуаттың баланстық теңдеуі белсенді қуаттардың баланстық теңдеуімен байланысты екенін атап өткен жөн,

$$Q_{г} = P_{г} tg \varphi_{г}$$

$$Q_{потр} = P_{потр} tg \varphi_{потр}. \quad (13.8)$$

Электр станцияларындағы реактивті қуаттың генерациясы жұмыс істейтін қондырғылардың санына және белсенді қуатына байланысты және реактивті қуат тұтынуы электр қабылдағыштардың құрамына байланысты. $\cos\varphi = 0.85$ генераторларының номиналды қуат коэффициентімен реактивті қуаттылық коэффициенті $\tan\varphi = 0.6$. Тұтынушылар үшін реактивті қуат коэффициенті $\operatorname{tg}\varphi_{\text{потр}} = 0 \dots 3$.

Трансформаторларда реактивті қуатты жоғалту негізінен трансформаторларда реактивті қуатты жоғалтумен анықталады, трансформаторлардағы жалпы қуат шығыны үш-төрт трансформациядан соң таратылатын толық қуаттың 40% -на жетуі мүмкін.

Кернеуі 110 кВ және кернеуі одан жоғары желілерде реактивті қуат (зарядтау қуат) генерациясы желілердегі реактивті ысыраптарды өтейді және олардан асып кетуі мүмкін.

Осылайша, белсенді қуат балансының шарты бойынша энергия жүйесі генераторларының белсенді қуатын таңдаған кезде және номиналды қуат коэффициенті бар генераторлармен жұмыс істеу кезінде белсенді қуат жиынтығы қосымша қолданылатын ИРМ-нің реактивті қуаттардың қажетті балансынан аз болуы мүмкін.

$$Q_r + Q_{\text{л}} < Q_{\text{потр}} + \Delta Q_{\text{пер}} + Q_{\text{с.н}} \quad (13.9)$$

Бұл жағдайда реактивті қуаттың жетіспеушілігі байқалады, ол келесі жайтқа әкеледі:

электр станцияларының генераторларының реактивті қуатының үлкен жүктемесі тоқ генераторларының шамадан тыс жүктелуіне алып келеді;

реактивті қуаттың үлкен ағындарын генераторлардан желілік элементтерге тарату тоқ жүктемелердің ұлғаюына және соның салдарынан белсенді қуаттың жоғалтуына байланысты желіні құруға кеткен шығындардың өсуіне әкеледі;

Жүйеде реактивті қуаттың жетіспеуі электр желілері мен тұтынушылар тораптарындағы кернеуді төмендетеді.

Негізгі реактивті қуат тұтынушыларға жақын реактивті қуат теңгерімін алу үшін, QКу реактивті күші шығатын қосымша көздер орнатылады.

Жүйеде реактивті қуат асқан кезде, яғни

$$Q_r + Q_{\text{л}} + Q_{\text{Ку}} > Q_{\text{потр}} + \Delta Q_{\text{пер}} + Q_{\text{с.н}} \quad (13.10)$$

белсенді қуат ағындарының бағытына қарама-қайшы жүретін электр желісінің элементтерінде реактивті қуат ағындары пайда болады, бұл тораптардағы кернеулердің өсуін және қуаттың жоғалуын ұлғайтады. Бұл режим жүйеде ең аз жүктемелер кезеңіне тән.

Осыдан өнеркәсіптік кәсіпорынның түрін және қуатын, сондай-ақ (орнын толтыратын) өтемдік құрылғыларды орнату орындарын таңдау, электрмен жабдықтау жүйесіндегі реактивті қуат режимін оңтайландыру

мәселесі туындайды.

Коммуналдық-тұрмыстық жүктемесі бар қалалардың энергиямен жабдықтау жүйесінде әдетте (орнын толтыратын) өтемақы құрылғылары орнатылмайды.

13.4. Өндірістік кәсіпорындардың электрмен жабдықтау жүйелеріндегі реактивті қуаттың (орнын толтыру) өтемақысы туралы бастапқы ережелері

Өндірістік кәсіпорындардың электрмен жабдықтау жүйесінде реактивті қуат үшін өтемақы құралдарын таңдағанда, олардың жүктемелерінің құрамына байланысты өндірістік желілердің екі тобын анықтау қажет:

50 Гц базалық жиіліктің тікелей реті бар жалпы мақсаттағы желілер; арнайы сызықты, асимметриялық және ауыспалы жүктемелері бар желілер.

Бұл бөлімде жалпы мақсаттағы өнеркәсіптік желілерде реактивті қуат компенсациясының мәселелері қарастырылады.

Жобалаудың бастапқы сатысында кәсіпорынның жалпы жобалық жүктемесі табиғи түрде (яғни КО орнату алдында) HRPPP реактивтік қуат коэффициентімен анықталады.

Өтемақы құрылғыларының қуатын анықтау үшін қабылданған кәсіпорынның ең үлкен жиынтық жүктемесі,

$$Q_{\max \text{ПП}} = L_o \max Q_r Q_{\text{расчПП}}, \quad (13.11)$$

мұнда $L_o \max$ - коэффициенті, жүйенің аса белсенді жүктемесі мен өнеркәсіптік кәсіпорынның реактивті қуаты кезіндегі сәйкессіздікті ескереді. Өнеркәсіптің басқа салаларының мағынасы $L_o \max = 0,75 \dots 0,95$.

Кәсіпорынның ең үлкен реактивтік және белсенді жүктемелерінің мәндері қуат жүйесіне жүйе бойынша оңтайлы реактивті қуаттың мәнін анықтау үшін жіберіледі, ол тиісінше кәсіпорынға қуат жүйесінің ең үлкен және ең аз белсенді жүктемелері режимінде және Q_{e2} -ге берілуі мүмкін.

Реактивті қуатына қарай $Q^{\wedge}$, кәсіпорынның өтемдік құрылғыларының жалпы қуаты анықталады және белгіленген мәнге сәйкес $Q^{\wedge}$ - өтемдік құрылғылардың реттелетін бөлігі.

Өтемдік құрылғылардың жалпы қуаты

$$Q_{\text{КУ}} = Q_{\max \text{ПП}} - Q_{\text{Э1}} \quad (13.12)$$

Жүйенің минималды белсенді жүктемесі кезеңінде кәсіпорынның кіретін реактивті қуаты Q_0 -ге тең болуы керек, сондықтан кәсіпорынға орнатылған КУ қуатының бір бөлігін ажыратуды талап етеді.

Реактивті қуатты өтеу құралы ретінде кернеуі 1 кВ дейінгі және одан жоғары статикалық конденсаторлар және синхронды қозғалтқыштар қолданылады.

13.5. Өнеркәсіптік кәсіпорындарда реактивті қуаттың негізгі тұтынушылары

Өртүрлі техникалық мақсаттағы электр қабылдағыштардың негізгі түрлері, түрлі салалардың электр тұтынушылары, олардың жүктемелерінің сипаты және жұмыс режимдерінің ерекшеліктерін қарастырайық.

Электр қозғалтқыштары барлық өнеркәсіптік кәсіпорындарда әр түрлі өндіріс механизмдерінің жетектерінде қолданылады. Электржетек - бұл электр қозғалтқышы электромотордың құрылымы бойынша электромотормен байланысқан және электр энергиясын механикалық жұмысқа түрлендіретін электр машиналарының, аппараттарының және басқару жүйелерінің кешені. Жұмыс кезінде жылдамдықты реттеуді қажет етпейтін қондырғыларда ғана ауыспалы тоқтың электр жетектері (асинхронды және синхронды қозғалтқыштар) пайдаланылады.

Ауыспалы тоқтың реттелмейтін электр қозғалтқыштары - өнеркәсіптегі электр қабылдағыштардың негізгі түрі болып табылады, олардың үлесі жалпы сыйымдылықтың 2/3-ін құрайды.

0,38 кВ кернеумен асинхронды қозғалтқыштармен электр энергиясын тұтыну үлесі машина жасауда 52% құрайды.

Асинхронды қозғалтқыштар арқылы реактивті қуатты тұтыну сипаты келесі бөлімде сипатталған.

Электротермия, электр дәнекерлеу, электролиз және басқа тұтынушылар жалпы өндірістік жүктің 1/3 шамасын құрайды.

Жылыту әдістеріне сәйкес электротермиялық қабылдағыштар келесі топтарға бөлінеді: қара және түсті металдарды балқытуға арналған доғалы электр пештері, металдар мен қорытпалардың балқыту және термиялық өңдеуге арналған индукциялық қыздыру қондырғылары, электрлік пештер, электр дәнекерлеу қондырғылары, жылулық коммуналды-тұрмыстық құрылғылар.

0,38 кВ кернеумен цехтағы электр желілерінде ең көп үлестіруге ие, олар: қарсылық пештері мен индукциялық жылу қондырғылары.

Тікелей және жанама қарсылық пештері 2000 кВт-қа дейінгі қуатқа ие және 0,38 кВ-ке кернеулі желіге қосылады, қуат коэффициенті 1,0-ге жақын.

Өнеркәсіптік және жоғары жиіліктегі индукциялық балқыту пештері «тыныш» жұмыс режимінің үш фазалы электр жүктемесін білдіреді.

0,4 кВ кернеуімен ауыспалы тоқ баратын жоғары жиіліктерді беру пештері қақпаның жиіліктік түрлендіргіштерінен қоректенеді.

Индукциялық пештер 0,1 - 0,5-ке дейін төмен қуат коэффициентіне ие.

Айнымалы тоқтың электр дәнекерлеу қондырғылары (аппараттары) доғалық және контактілі дәнекерлеудің төмен қуат коэффициентіне ие фазалы біркелкі емес және синусоидалы емес жүктеме болып табылады: доғалық дәнекерлеуге 0,3 және контактілік дәнекерлеуге 0,7.

Электрхимиялық және электролизді қондырғылар үшфазалы ауыспалы тоқты түзететін конверторлық қосалқы станциялардан алынатын тұрақты токпен жұмыс жасайды. Қондырғылардың қуат коэффициенті 0,8 ... 0,9 құрайды.

Барлық кәсіпорындарда ішкі және сыртқы жарықтандыру үшін люминесценттік, доғалық, сынапты, натрий, ксенон, қызатын шамдары бар электрлік жарықтандыру қондырғылары қолданылады. Өндірістік цехтарда қазіргі уақытта көбінесе DRL және DRI 220 V түрлерінің жоғары қысымды доғалық сынапты шамдары қолданылады. Жалпы көлемнің 10% құрайтын апаттық жарықтандыру, қыздыру шамымен іске асырылады. Жеке конденсаторлары бар шамдардың қуат коэффициенті 0,9 ... 0,95, оларсыз - 0,6 құрайды. Тек қыздыру шамдарының қуат коэффициенті 1,0 тең болады.

13.6. Асинхронды қозғалтқыштармен реактивті қуатты тұтыну

Қазіргі уақытта асинхронды қозғалтқышының реактивті жүктемесінің ең жиі кездесетін түрі:

$$q=(q_{\text{ном}}-q_0)(K_3)^2+q_0, \quad (13.13)$$

Мұнда $q_{\text{ном}}$ - номиналды реактивті қуат, ол қозғалтқыштың паспортының деректерінен анықталуы мүмкін.

$$q_{\text{ном}}=\frac{P_{\text{ном}}}{\eta_{\text{ном}}} \operatorname{tg} \varphi_{\text{ном}}. \quad (13.14)$$

Кейбір өзгерістерден кейін жалпы реактивті жүктеме туралы өрнек аламыз.

$$q=\frac{P_{\text{ном}}}{\eta_{\text{ном}}} \left[\frac{I_{x.x}}{I_{\text{ном}} \cos \varphi_{\text{ном}}} + (K_3)^2 \left(\operatorname{tg} \varphi_{\text{ном}} - \frac{I_{x.x}}{I_{\text{ном}} \cos \varphi_{\text{ном}}} \right) \right], \quad (13.15)$$

мұнда $p_{\text{ном}}$ - зауыттық тактайшада көрсетілген номиналды тиімді белсенді қуаты; $I_{\text{ном}}$ - фазалық статордың ағымдағы мәні; I_{xx} - электр

қозғалтқыштың бос жүктеме тоғы; $p_{\text{ном}}$ - тиімділік коэффициенті; $K_3 = p/p_{\text{ном}}$ - белсенді қуат бойынша жүктеме коэффициенті; $\cos\varphi_{\text{ном}}$, тақтайшада көрсетілген $\text{tg}\varphi_{\text{ном}}$ - номиналды қуат коэффициентіне сәйкес келетін реактивті қуаттылық коэффициенті.

Есептеуге ыңғайлы болу үшін формуланы (13.15) төменде келтіреміз:

$$q = \alpha_1(K_3) + \beta_1 \quad (13.16)$$

$$\alpha_1 = \frac{P_{\text{ном}}}{\eta_{\text{ном}}} \text{tg}\varphi_{\text{ном}} - 3U_{\text{ном}}I_{\text{х.х}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\eta_{\text{ном}}} \left(\text{tg}\varphi_{\text{ном}} - \frac{I_{\text{х.х}}}{\cos\varphi_{\text{ном}}} \right);$$

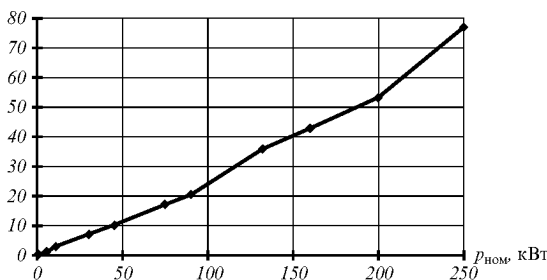
$$\beta_1 = q_0 = 3U_{\text{ном}}I_{\text{х.х}} \quad (13.17)$$

мұнда $I_{\text{ном}}$ - қозғалтқыштың номиналды кернеуі, $I_{\text{хх}}^*$ - салыстырмалы жүктемелік тоқ.

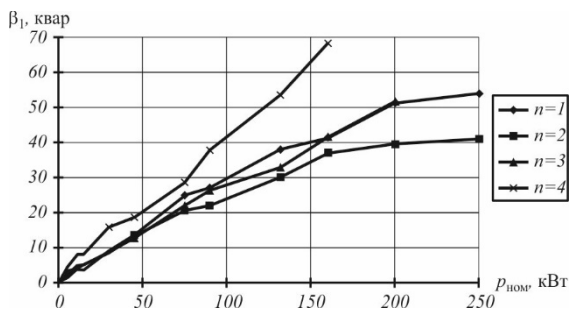
13.1 и 13.2 суреттерінде 4А сериясындағы қысқа тұйықталуға арналған $n = 1, 2, 3, 4$ полюстерінің жұптарында берілген белсенді номиналды қуаттылығынан A_1 және p_1 коэффициенттерінің тәуелділігі көрсетілген.

$\text{tg}\varphi_{\text{АД}}$ реактивті қуат коэффициенті КЗАД –ға байланысты және келесі өрнекпен анықталады:

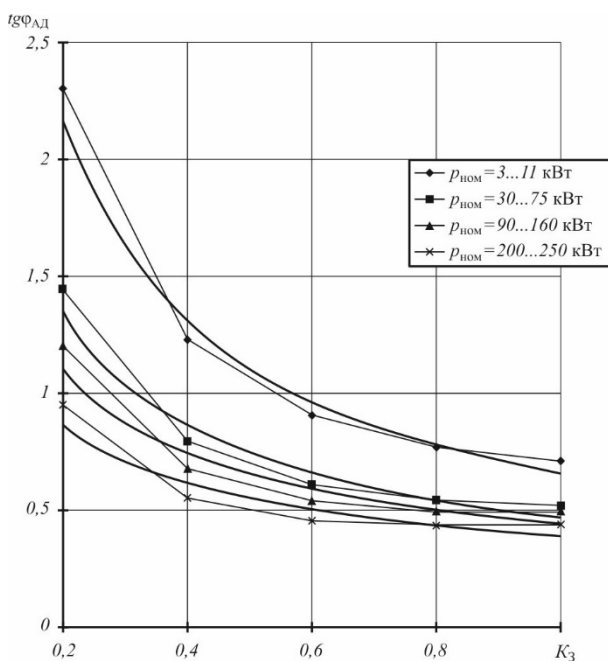
$$\text{tg}\varphi = \alpha K_3 + \frac{a}{K_3}, \quad (13.18)$$



13.1. Суреті. Белсенді номинал қуатынан A_1 тәуелділік коэффициентінің кестесі



13.2. Суреті. Полнос жұптарының саны және белсенді номинал қуатынан А1 тәуелділік коэффициентінің кестесі



13.3. Суреті. Әр түрлі қуат топтары үшін жүктеме коэффициентінен реактивті қуат коэффициентінің тәуелділігінің кестесі

13.3 суретінде $tg\phi_{ад} = f(K_3)$ әр түрлі қуат топтары үшін тәуелділік кестесі берілген.

13.7. Реактивті қуат көздері (компенсаторлық құрылғылар)

Өнеркәсіптік кәсіпорындарда келесі компенсаторлық қондырғыларды қолданылады:

Реактивті қуатты өтеу үшін - синхронды қозғалтқыштарды және қосарлана қосылған қуат конденсаторларының батареялары;

реактивті тарату параметрлерін өтеу үшін - қуат конденсаторлары батареяларының кезекпен қосылуы.

13.7.1. Реактивті қуат көзі ретіндегі синхронды қозғалтқыштар

Синхронды қозғалтқыштардың негізгі мақсаты механикалық жұмыстарды орындау болып табылады, сондықтан ол белсенді қуаттың тұтынушысы болып табылады

СД қатты қозған кезінде оның э.д.с. желідегі кернеуден көп болады, нәтижесінде статор тоғының векторынан кернеу векторы алдында тұрады, яғни ол сыйымдылық сипатқа ие және СД реактивті қуатты шығарады. СД сәйкессіздік болған кезде, ол - реактивті қуатты тұтынушы болып табылады. СД-ның кейбір қозғау режимінде, оның қуат коэффициенті бірлікке тең болады. Қозғалыс тоқының өзгеруі СД-ның реактивті қуатын ақырын реттеуге мүмкіндік береді. Реактивті қуат қозғалтқыштарын өндіруге жұмсалатын шығындар, негізінен, қозғалтқыштағы белсенді қуаттың жоғалуына байланысты шығындармен анықталады.

СД-дағы белсенді қуаттың жоғалуы олардың өндіретін реактивті қуатына байланысты, сондай-ақ СД-ның номиналды қуаты неғұрлым аз болса және оның айналу жиілігі аз болса, соғұрлым шығындары көбейе береді. Жоғары жылдамдықты СД үшін белсенді қуатты тұтыну шамамен 10 Вт / квар; СД үшін айналу жылдамдығы 300 ... 500 айн / мин - шамамен 20 ... 30 Вт / квар; СД үшін айналу жиілігі 50 ... 100 айн / мин - шамамен 60 ... 85 Вт / квар. Демек, айналу жиілігі аз болған төмен қуатты электр қозғалтқыштары IWM ретінде үнемді емес.

Белсенді қуатпен толық жүктелмеген, 6 немесе 10 кВ номиналды кернеуге IWM ретінде әдетте СД-ны пайдаланылады.

СД-дан алынатын реактивті қуаттың мәндері оның белсенді қуат жүктемесіне және қозғалтқыш қысқышының салыстырмалы кернеуіне байланысты болады. (9.7 тарауын қараңыз).

13.7.2. Қуаттық конденсаторлар

Қуаттық конденсаторлар – реактивтік қуат өндіруге арналған бір фазалы немесе үш фазалы ыдыстар. Бір элементтегі конденсатордың қуаттылығы 5... 100 квар, номиналды кернеуі 220 В бастап 10 кВ дейін. Конденсатор шығаратын реактивтік қуат,

$$Q_K = U^2 w C_K \quad (13.19)$$

Бұндағы U – конденсатор қысқышындағы кернеу, w – аралық токтың бұрыштық жиілігі, C_K – негізінде астар ауданымен анықталатын конденсатордың сыйымдылығы.

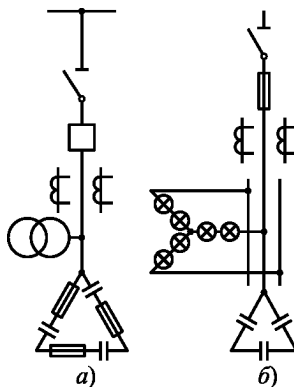
Жоғары қуатты және кернеуі жоғары қондырғыларда элементтері

қатарласып және біртіндеп қатарласып қосылатын батареялар қолданылады. Конденсаторлық батареялардың номиналды кернеуі элементтерді біртіндеп қосу арқылы күшейтіледі, ал қуатты күшейту үшін элементтерді қатарластырып қосады.

Әдетте конденсаторлар желіге үшбұрыш схемасы бойынша қосылады (13.4 сурет). Конденсаторды өшірген кезде онда жиналған энергия автоматты түрде тұрақты қосылған белсенді тежегіштен (мысалы, кернеу трансформаторы) тоғынан айырылып отыруы қажет.

Конденсаторларды СД салыстырғанда келесідей артықшылықтары бар: айналатын бөліктерінің жоқ болуына байланысты қолдануға қолайлы, салмағы аз болғандықтан монтаждау жұмыстарын жүргізу оңай; реактивті қуат өндіруге аз белсенді қуат жұмсайды (2,5...5 Вт/квар)

Өндірілетін реактивтік қуаттың кернеуге тәуелділігі, КЗ тоғы мен кернеудің артып кетуіне төзу деңгейінің төмендігі, кернеу формасының қисық өтуінен бұрмалану сезімталдығы, конденсаторлық қондырғының қуатын баяу өзгерту мүмкіндігінің жоқтығы конденсатордың осал тұстарына жатады.



13.4-сурет: Конденсаторлық батареяларды қосу схемасы: а-ажыратқыш арқылы 6...10кВ кернеуге; б-өшіргіш және сақтандырғыш арқылы 1Кв дейін

13.8. Өндірістік кәсіпорындардың электрменжабдықтау жүйесіне теңелткіш қондырғылар орнату

Өндірістік кәсіпорынның қуат алатын энергожүйенің талаптары бойынша электрмен жабдықтау жүйесіне орнатуға қажетті теңейткіш қондырғылардың жиынтық қуатын Q анықтағаннан кейін өндірістік кәсіпорын жүйесіне орнатылатын КҚ орнату және таңдау мәселесін

шешу керек.

Конденсаторлық қондырғылардың жиынтық қуаты синхронды қозғалтқыштардың реактивті қуатын пайдалану арқылы және кернеуі 1кВТ дейін және одан асатын QВН и QВВ конденсатор батареяларын желіде пайдалану арқылы қамтамасыз етіледі.

$$Q_{KV}=Q_{CD}+Q_{BN}+Q_{BV}. \quad (13.20)$$

Цехтық трансформаторлар арқылы берілетін жоғарғы кернеудің (6...10/0,4...0,6кВ) реактивтік қуаттылығы $\sum Q_t$, 1кВт трансформатор дөңгелектеріндегі қуаттылық балансы бойынша келесі формуламен өрнектеледі:

$$\sum_{N_t} Q_t = Q_{расч \sum n} - Q_{BN}. \quad (13.21)$$

Күші цехтық трансформаторлардың $\sum Q_t$, номиналды қуаттылығымен анықталады, оларды саны болғанда, трансформаторға жүктеу коэффициенті Кзт және белсенді жүктеме есебі 1 кВ $Q_{расч n}$ дейін:

$$\sum_{N_t} Q_t = \sqrt{K_{з.т} N_t S_{ном.т})^2 - (Q_{расч \sum n})^2} \quad (13.22)$$

$Q_{расч \sum n} \geq \sum_{N_t} Q_t$ болғанда

1кВ төмен жаққа орнатылатын реактивтік қуат көздерінің оптималды қатынасын анықтау және реактивтік қуатты беру $\sum_{N_t} Q_t$ болады. Сонымен қатар кернеу көздері 1 кВ дейін және одан артық мөлшерде кернеуді реактивтік қуатты генерациялауға жұмсайтынын ескеру қажет, цехтық трансформаторлардың басты күшеуі $\sum_{N_t} Q_t$. Цехтық трансформатордың бір трансформаторынан шығатын реактивтік қуат Q_t , бірдей номиналды қуаттылығы бар N трансформаторлар тобы үшін 10 кВ кернеу жүйесінің кабель желісінің белсенді тежегіштерін еспке алмай минимум белсенді қуатты жоғалту жағдайымен анықталады

$$Q_t = \frac{(Q_{расч \sum n} - Q_{BN})}{N_t} \quad (13.23)$$

Нақты j трансформатордан қуат алатын кернеуі 1 кВ дейінгі желіге орнатылатын конденсатор батареясының қуаттылығы осы желінің электр энергиясын қабылдағыштарының реактивтік жүктемесінен және $Q_{расч j}$ өлшемінен анықталады.

$$Q_{БНj} = Q_{расчj} - Q_T \quad (13.24)$$

Осыдан шыққан мәннен $Q_{БНj}$ конденсаторлық құрылғы қуатының стандартты мәнін $Q_{куj}$ анықтауға болады.

Жүргізілген есептеулер нәтижесі кернеуі 1кВ дейінгі желілерге реактивті қуат беру тиімсіз екенін көрсетті, себебі ол кешенді трансформаторлар құнының қымбаттығына байланысты қажет мөлшерден артық трансформаторлар орнату қажеттілігіне әкеп тірейді.

Кернеуі 1 кВ дейінгі желілердегі теңестіргіш қондырғылардың қуаттылығы басты бәсеңдеткіш подстанцияның екінші кернеу дөңгелектерінің реактивтік қуаттылығының балансымен анықталады. Электрмен жабдықтау желісінде ИРМ ретінде қолданылатын жоғарғы вольтты СД болған жағдайда оларда бар реактивті қуаттылық анықталады (9,7 бөлімді қара), егер Осд қуаттылығы балансты ұстап тұруға жеткіліксіз болса онда жоғарғы кернеулі конденсаторлардың батареяларының қуаттылығы анықталады:

$$Q_{БВ} = Q_{ку} - Q_{сд} - Q_{БН}. \quad (13.25)$$

Егер цехтық трансформаторлардың жүктеме коэффициенті төмен болса және 1 кВ кернеу жүйесінің жүктемесінің реактивті қуаттылығы бірліктен аспаса олардың құны 1 квар төменвольтті конденсаторларға қарағанда арзанырақ болуына байланысты 1кВ кернеулі жүйе батареяларының қондырғысын пайдаланған тиімдірек болмақ. Кернеуі 1 кВ асатын конденсаторлық қондырғыларды басты бәсеңдеткіш подстанциялардың екінші кернеуінде немесе тарату подстанциясында, сондай-ақ кәсіпорынның электрмен жабдықтау жүйесінің РП жүйесінде қолданған тиімдірек. Кернеуі 1 кВ асатын конденсаторларды трансформаторлар бітеу немесе ажыратқыш арқылы, жүктемені ажыратқыш пен сақтандырғыш арқылы жалғанған дөңгелексіз цехтық подстанцияларға орнатуға болмайды себебі конденсаторлық қондырғыларды аталған подстанцияларға орнату қиын әрі қымбатқа түседі.

Кернеуі 1 кВ дейінгі реттелмейтін конденсаторлық құрылғылар қоршаған ортаның талаптарына сай келген жағдайда тарату пункті цехтарына, магистралды дөңгелек желісіне жалғанады. Кернеуі 1 кВ дейінгі реттелетін конденсаторларды орнату орны кернеуді немесе реактивтік қуаттылықты реттеу талаптарын ескере отырып таңдалады. Конденсатордың бір батареясын БН магистралдық дөңгелек желісіне орнату ШМА келесі формуламен анықталады:

$$L_{0-B} = L_{0-1} + \left(1 - \frac{Q_{BH}}{2Q_{max}}\right) L_{1-k}, \quad (13.26)$$

бұндағы L_{0-B} ; L_{0-1} магистралды дөңгелек желісінің ұзындығы ШМА алғашқы «О нүктеден «Б» қосылу нүктесіне дейін

Конденсаторлар цехтық трансформаторлық подстанциялардың «Б» есептеу нүктесіне жақын орналасқан қосылу ШРА нүктесіне орнатылады. «Б» және «1» - бірінші тарату ШРА, м, Б1_к – ШРА тарату бөлігінің ұзындығы «1» бастап магистралды дөңгелек желісінің соңғы нүктесіне дейін «к», м; Q_{max} – ШРА саласының максималды реактивтік «0-1»

Кернеуі 1кВ дейін және одан артық желілерге конденсаторлық қуатты көп бөлшектемеу керек, себебі ол сөндіргіш аппаратураның, өлшеу құралдарының құрылымдар мен 1 квар орнатылған батареялардың жалпы шығындарын арттырып жіберуі мүмкін. 1 кВ кернеуден артық БН бірлік қуаттылығы жеке ажыратқыштың көмегімен қосылған жағдайда 400 квардан кем емес кернеу қабылдайды. Кернеуі төмен желілерде қуаттылығы 30 квар төмен БК қолданбаған дұрыс.

Есептелген БК қуаттылығы жекелеген бөліктерде көрсетілген мәннен аз болса оларға БК орнатылмайды.

13.9 Тенестіргіш құрылғылардың қуаттылығын реттеу

Кәсіпорынға көп және аз белсенді жүктеме жүйесі режимінде берілуі мүмкін энергожүйенің екі кіріс реактивтік мәні қуаттандыратын энегор жүйенің тапсырмасы, тиісінше Q_1 и Q_2 , (мұндағы Q_2 барлық жағдайда) кәсіпорынның тәулік бойында реактивтік қуаттылықты реттеу қажеттілігін көрсетеді.

Рекативтік қуаттылықтың тұтынылуын реттеу үшін синхронды машиналарды қозғаудың автоматты реттегіші мен конденсаторлардың батареяларын реттегіштер қолданылады. Конденсаторлардың реактивтік қуатты реттеуі батареяларды бөліктерге бөліп біртіндеп қана реттелуі мүмкін. Бөлік сатылары көп болған сайын реттеуде жетіле түседі алайда ажыратып-қосқыштар мен сақтандырғыш аппаратураларға жұмсалатын шығындар арта түседі. Әдетте конденсатор батареяларының қуаттылығы екі сатыға бөлінеді:

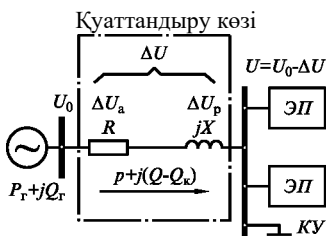
Базалық – 2к баз тұрақты қосылып тұрған энергожүйенің пайдаланылу кезіндегі белсенділігі төмен реактивтік жүктемеге тең; Реттеуші 2крег = бку - бк.баз энергожүйенің барынша белсенді жұмыс істеп тұрған кезіндегі сағаттарда қосылатын.

Конденсатор батареяларын қолмен және автоматты түрде реттеу-

ге болады. Конденсаторлық батареяларды автоматты түрде реттеу кезінде келесі функциялар орындалады: кернеу, тоқ жүктемесі, тәулік уақытына қарай қуаттылық белсенділік бағытына қарай реактивтік қуаттылықты бағыттау

БК коммутациялау барысында тоқтың мөлшерден асып кетуі мен артылуы мүмкін. Сондықтан 1 кВ дейінгі кернеуде БК коммутациялау үшін контакторларды қолданады, ал 1 кВ артық кернеуде жеңіл, элегазды немесе вакуумды ажыратқыштарды қолданады. БК коммутациялау барысында өту процесстерін жою үшін ажыратқыштардың орнына тиристорлық кілттерді пайдалануға болады, олар конденсаторды конденсатордағы жылдам кернеу желі кернеуіне тең болған кезде өшіруге және конденсатордағы жылдам тоқ мәні нөлге тең кезде өшіруге мүмкіндік береді.

13.10 Теңестіргіш құрылғылардың электрлік жүйе режимінің параметрлеріне ықпал етуі



Сурет 13.5. Теңестіргіш қондырғының электрлік жүйе режиміне ықпал ету схемасы

Теңестіргіш құрылғыларды орнату электрлік желінің режим параметрлеріне ықпал етеді, желідегі тоқ пен жүйедегі кернеуді өзгертеді. Бір сызба желісін мысалға ала отырып реактивтік қуаттылық компенсациясының ықпал етуін қарастырамыз.

Токтардың толық қуаттылығын азайту. КҚ желі соңында қуаттылықтың Q_k толық болуы анықталғанда желідегі номиналды кернеуден жүретін $U_{ном}$

$$S = \sqrt{(P_{ном})^2 + (Q_{п.ном} - Q_k)^2} = \sqrt{(P_{п.ном})^2 (1 + \operatorname{tg}^2 \varphi^2 (1 - C_Q)^2)}, \quad (13.27)$$

бұндағы $\operatorname{tg} \varphi$ -реактивтік қуаттылық жүктемесінің коэффициенті; C_Q -реактивтік қуатты-

лық теңелткішінің дәрежесі – электр энергиясын тұтынушының реактивтік жүктемесіне ном кернеудің номиналды реактивтік қуаттылығы

$$C_Q = Q_k / Q_{п.ном}. \quad (13.28)$$

Трансформатор желілері мен қуаттылығының қиылысу аумағына толық қуаттылықты (немесе тоқты) таңдайды, оның төмендеуі $C_Q < 1$ көптеген жағдайда номиналы төмен қондырғыларды пайдалануға мүмкіндік береді яғни, капиталдық шығындар азаяды. Егер желі пайдаланылып жатқан болса реактивтік қуаттылықты теңестіру арқылы оның белсенді қуаттылықпен қосылуын арттырады, сәйкесінше, тұтынушының

жүктемесін арттырған жағдайда электрлі қондырғыларды ауыстыруға болмайды.

Реактивтік жүктеме толық теңестірілген жағдайда, яғни, $C_Q = 1$ саланың қуаттылығы минималды мәнге ие болады:

$$S_{C=1} = P_{\text{п.ном}} \quad (13.29)$$

$C_Q > 1$ болғанда, қайта теңестіруден кейін $Q_{\text{к}} > Q_{\text{а ном}}$ толық қуаттылық минималды $S_c = 1$. артық болып көтеріледі.

Қуаттылықтың жүктемелік шығынын азайту. Белсенді R және реактивті X тежегіші бар әрбір саланың толық қуаттылық шығыны келесі формуламен анықталады:

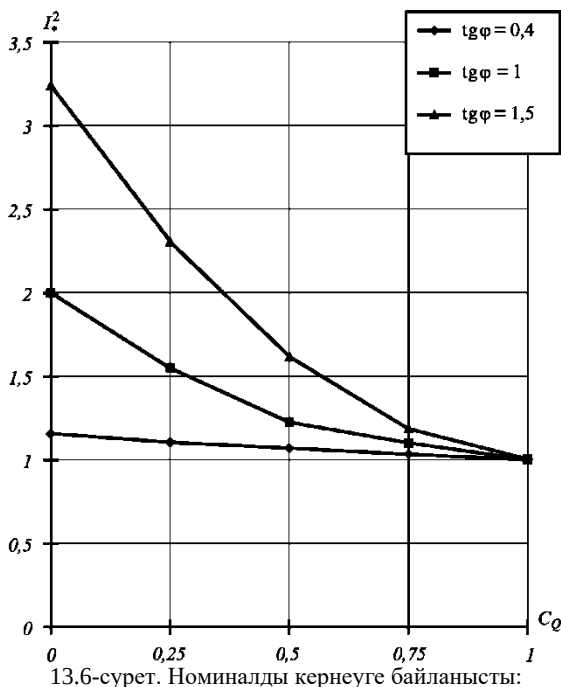
$$\begin{aligned} \Delta S &= \frac{(P_{\text{п.ном}})^2 + (1 - C_Q)^2 (Q_{\text{п.ном}})^2}{(U_{\text{ном}})^2} (R + jX) = \\ &= \frac{(P_{\text{п.ном}})^2 (1 + tg^2 \varphi (1 - C_Q)^2)}{(U_{\text{ном}})^2} (R + jX). \end{aligned} \quad (13.30)$$

Желідегі толық қуаттылық шығыны тек қана белсенді қуаттылықтың тұтынушының номиналды кернеу басқа ұқсас жағдайларда белсенді қуаттылықтың минималды мүмкіндігі:

$$\Delta S_p = \frac{(P_{\text{п.ном}})^2}{(U_{\text{ном}})^2} (R + jX). \quad (13.31)$$

Қатынасы

$$\frac{\Delta S}{\Delta S_p} = d_0 = 1 + tg^2 \varphi (1 - C_Q)^2 \quad (13.32)$$



13.6-сурет. Номиналды кернеуге байланысты:

$$\Delta U = \frac{P_{\text{п.ном}}}{U_{\text{ном}}} R [1 + \varepsilon \operatorname{tg} (1 - C_Q)], \quad (13.33)$$

бұнда е-желі элементінің реактивті және активті кедергілердің қатынасы: $\varepsilon = X/R$. Әлбетте, реактивті қуат компенсациясы элементтердегі, яғни реактивті кедергісі бар элементтерде қуаттың жойылуына аса көп әсерін тигізеді, бұлар трансформаторлар және әуе желілері.

Желі соңындағы қабылдауыштағы кернеу U басындағы айырмашылық кернеуіне U_n және шығындар кернеуіне AUn_k тең, яғни бұнда е-желі элементінің реактивті және активті кедергілердің қатынасы: $\varepsilon = X/R$. Әлбетте, реактивті қуат компенсациясы элементтердегі, яғни реактивті кедергісі бар элементтерде қуаттың жойылуына аса көп әсерін тигізеді, бұлар трансформаторлар және әуе желілері.

Желі соңындағы қабылдауыштағы кернеу U басындағы айырмашылық кернеуіне U_n және шығындар кернеуіне AUn_k тең, яғни $U_k = U_n - AUn_k$

$$U_k = U_n - \Delta U_{nk} = U_n - \frac{P_{\text{п.ном}}}{U_{\text{ном}}} R [1 + \varepsilon \operatorname{tg} (1 - C_Q)]. \quad (13.34)$$

Демек, КУ орнату кезінде желі соңында кернеу артады. Қайта компенсациялау кезінде $C_Q > 1$ кернеудің жоғалуы теріс әсер етуі мүмкін

$\Delta U_{nk} < 0$, желі соңындағы кернеу басындағыдан да артуы мүмкін, яғни $U_k > U_n$.

13.11. Күрт өзгермелі және вентильді жүктеме желілеріндегі конденсаторлар батареясы

Күрт өзгермелі жүктемелерге машина құрастыратын кәсіпорындардағы дәнекерлеу жүктемелері, доғалы пештер, прокат стандарты және басқалары жатады. Прокат стандартының негізгі жетектері реттелетін вентильді түрлендіргіштермен жабдықталады.

Реттелетін вентильді түрлендіргіштері бар жүктемелер үлкен реактивті қуатты тұтынатына байланысты сипатталады. Реактивті қуатты тұтынудың күрт өзгеру сипаты желідегі кернеудің тербелістеріне әкеп соғады. Сонымен қатар, басқарылатын вентильді түрлендіргіштер қоректені кернеуінің қисық түрін айтарлықтай бұзады. Доғалы пештердің жүктемелері фазалар бойынша токты біркелкі тұтынылмауынан кернеудің айтарлықтай симметриялы болмауына әкеп соғады.

Барлық айтылғандар желілерде жалпы қабылданған тыныш жүктемеден айтарлықтай айырмашылығы бар реактивті қуат компенсациясы принциптерін негіздейді.

Күрт өзгермелі және вентильді жүктемелері бар реактивті қуат компенсациясының ерекшеліктері мыналар:

тұтынушылар қуатының төменгі коэффициенті және жүктеменің күрт өзгермелі сипаты арқылы реактивті қуатты құрайтын тұрақты және өзгермелі түрлерінің компенсациясын жүзеге асыру қажет. Реактивті қуаттың тұрақты түрін компенсациялау энергожүйеден реактивті қуатты тұтынуды азайту үшін қажет. Реактивті қуаттың өзгермелі түрін компенсациялау қоректенетін желідегі кернеу тербелісін азайту мақсатында қолданады;

тұтынылатын реактивті қуатты жылдам өзгерту арқылы тұтынылатын реактивті қуатты ағыту және қалпына келтіру жылдамдығына сәйкес жылдамдықпен реттелетін реактивті қуатты өзгерте алатын тез әсер ететін өтемдік құрылғыларды қолдану қажет;

күрт өзгермелі вентильді жүктемемен желідегі тұрақты реактивті қуаттыөтемдеу үшін конденсаторлардың батареяларын қолдану шектеледі. Бұл желіде токтың жоғары гармонигінің және конденсаторлар батареяларының айтарлықтай шамадан тыс болуына әкеп соғатын вентильді түрлендіргіштердің жұмысы кезіндегі кернеудің болуымен байланысты;

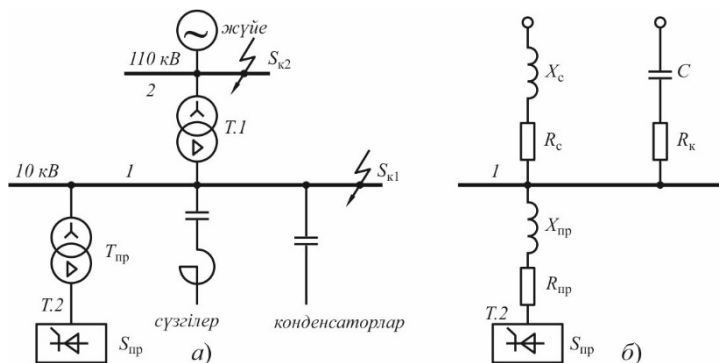
желіде токтың жоғары гармонигі және конденсаторларды қосу кезінде кернеудің болуы жоғары гармониктер жиіліктерінде резонанстық

құбылысқа әкеп соғады, бұл БК қалыпты жұмысының бұзылуына әкеп соғады.

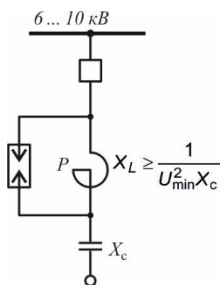
Резонанс құбылысының пайда болуын 13.1-суретте көрсетілген өндірістік кәсіпорындағы электрмен жабдықтаудың қарапайым сызбасынан қарауға болады. Сызбада резонанс процесіне қатысатын үш негізгі элемент көрсетілген:

қоректендіру желісі, индуктивті X_c және активті Y_c кедергілермен алмастыру сызбасында;

вентильді түрлендіргіш алмасу сызбасында жоғары гармоник кедергілерінің көзі ретінде; $X_{пр}$ және $L_{пр}$ – индуктивті-активті тізбектер



13.7. Бір желілі сызбадағы конденсаторлы батареяларымен және жоғарғы гармоник сүзгілері(а) және алмастыру схемасы (5)



Сыйымдылық элементтері болмаған жағдайда (БК-дан ажыратылған жағдайда) жиіліктік сипаттамалары X_c сызықтық болып табылады. БК-ның қосылуы қоректендіру желісінің сипатындағы сызықтық сипаттық жиілікті күрт өзгертеді, әрі қысық сызықтық жиіліктік сипаттамалары айтарлықтай дәрежеде X / R теңдігіне тәуелді болады. Қысық сызықтық жиіліктің сипаттамасы БК-ның қосылуы кезінде параллельді LC- контуры құрылады, ал ол өз кезегінде

қоректендіру желісінің индуктивті кедергісінен және сыйымдылық кедергісінен тұратындылығымен түсіндіріледі. Осылайша, жиіліктік сипаттамалары жүйесі өзгереді, 50 Гц асатын жиіліктер туындауына жағдай жасалынады. Вентильді түрлендіргіштер бесіншіден бастап желіде гармоника спектрін қалыптастырады, сондықтан әрбір нақты

жағдайда ток жүктемесін БК резонанстық гармоник тобын есептеу қажет (тіптен 59, 61, 71 гармоникқа дейін).

Конденсаторлар батареясына арналған реактивті қуат желілерінде, коректендіруші қысық сызықтық жүктемені, олардың қалыпты жұмыс істеуі үшін қажет реакторлардың дәйекті конденсаторлармен біріктірілуінің арқасында қорғалуы (13.8-сурет)

14 Тарау

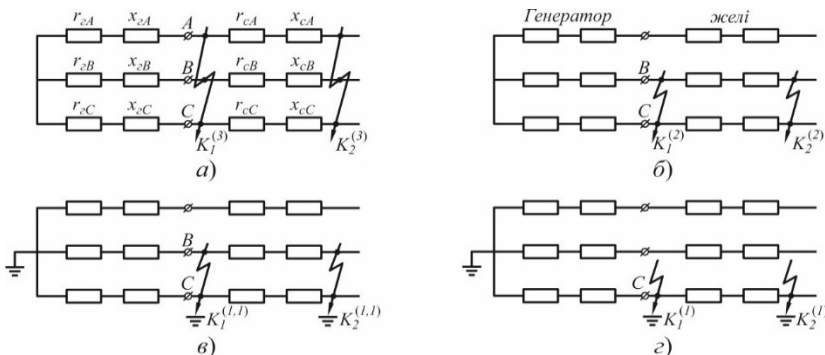
ЭЛЕКТРМЕН ЖАБДЫҚТАУ ЖҮЙЕЛЕРІНДЕГІ ҚЫСҚАТҰЙЫҚТАЛУ

14.1. Жалпы мәліметтер

Қысқа тұйықталу деп – тікелей қосылыс арасындағы кез-келген нүктесіне әр түрлі фазалардың, фаза және нөлдік сымды және нөлдік сымдар немесе фазаның жермен, қарастырылған қалыпты еңбек жағдайлары қондырғылар. Төменде электр жүйелеріндегі түрлі қысқа тұйықтаулылар көрсетілген.

1. Үш фазалы ҚТ, ол кезде барлық үш фаза бір-бірімен бір нүктеде тұйықталады (сур. 14.1, а). Үш фазалық ҚТ нүктесі $K(3)$ деп белгіленеді. Ток, кернеу, қуат және басқа да шамалар жататын үш фазалық ҚТ осылайша белгіленеді $I(3)$, $U(3)$, $S(3)$ және т. б.

2. Екі фазалы ҚТ кезінде жүргізілетін екі фазаның бір-бірімен тұйықталуы (сур. 14.1, б). Екі фазалық ҚТ нүктесі $K(2)$ деп белгіленеді. Ток, кернеу, қуат және басқа екі фазалық ҚТ шамалры осылайша белгіленеді $I(2)$, $U(2)$, $S(2)$ және т. б.



14.1. Сурет. Қысқа тұйықталу түрлері

3. Екі фазалы жерге ҚТ (сур. 14.1, в), онда екі фазаның бір-бірімен тұйықталу нәтижесінде зақымданған жер нүктесімен жүргізіледі (жерге тұйықталған бейтарап жүйелер). Екі фазалық ҚТ нүктесі $K(1,1)$ деп белгіленеді. Екі фазалық жерге қатысты ҚТ жататын ток, кернеу, қуат және басқа да шамалар осылайша белгіленеді $I(1,1)$, $U(1,1)$, $S(1,1)$ және т. б.

4. Бірфазалық ҚТ кезінде бір фазаның нөлдік сым немесе жерге тұйықталуы (сур. 14.1, г). Бір фазалық ҚТ нүктесі $K(1)$ деп белгіленеді. Ток, кернеу, қуат және басқа да бір фазалық ҚТ жататын шамалар осылайша белгіленеді $I(1)$, $U(1)$, $S(1)$ және т. б.

Басқа да ҚТ түрлері кездеседі, яғни әр түрлі фазада кездесетін сымдардың үзілуі немесе бір мезетте сымдардың үзілуімен байланысты. Генератор қысқыштарындағы ҚТ осылайша ажыратылады ($K1$ нүктесіне (3), $K1(2)$) және ҚТ желі, генератордан бөлек желіге кедергі ($K2$ нүктесіне (3) және $K2(2)$).

Үш фазалы ҚТ симметриялы болып табылады, өйткені онда барлық үш фаза бірдей жағдайда. $K3$ барлық қалған түрлері симметриялы емес, өйткені фазалар бірдей жағдайда болмағандықтан, токтар жүйелері мен кернеулігі бұрмаланған болып табылады.

Бір фазалық тұйықталу аса жиі кездеседі. ҚТ жалпы санының 65% дейінгі үлесі соларға тиесілі. Үш фазалы ҚТ сирек кездеседі ҚТ жалпы санының 5%.

14.2. Қысқа тұйықталулардың пайда болу себептері және олардың салдарлары

Көптеген жағдайларда ҚТ пайда болу себебі электр жабдықтарының тозуы салдарынан, профилактикалық сынақтар кезінде уақытында анықталмаған немесе артық кернеу салдарынан оқшаулаудың бұзылуы. ҚТ қызмет көрсетуші персоналдың қате іс-әрекеттерінен, кабельді желілердің механикалық зақымдануы, әуе желілері сымдарын құстардың жабуы немесе отыруы салдарынан болуы мүмкін.

ҚТ туындағын кезде электрмен жабдықтау жүйесі тізбегінің жалпы кедергісі азаяды, соның салдарынан жүйе тармақтарындағы токтар артады, ал жекелеген учаскелердегі кернеу азаяды.

Электр жүйесінің элементтері активті, индуктивті кернеулермен және көлемді өткізушілігіне ие. Сондықтан ҚТ салдарынан жұмыс режимінің кенеттен бұзылуы кезінде электр жүйесі тербелмелі контурды білдіреді. Тармақтардағы токтар және түйіндердегі кернеу осы контурдың өлшемдеріне сәйкес ҚТ туындағаннан кейін біршама уақыт

бойы өзгеретін болады. ҚТ болған кезде оның туындаған сәтінен бастап зақымдалған учаскені сөндірген сәтке дейін электр құрылғыларында электродинамикалық әсер туғызатын тізбекте үлкен лезде токтары бар ауыспалы процесс өтеді. 0,01 с аспайтын ҚТ токтар термиялық әрекет етеді, ол электр құрылғылары температурасының айтарлықтай көтерілуіне әкеп соғады.

14.3. ҚТ токтарын есептеу мақсаты

Токтардың ҚТ есептеу апатты режимдерде тұтынушылардың жұмыс жағдайларын анықтау, электр аппараттарын, шиналарды, оқшаулағыштарды, күш кабелдерін таңдау, релелі қорғау және автоматика құрылғыларын жобалау және реттеу, жерге тұйықтауды жобалау, кернеуліктен қорғау үшін ажыратқыштардың сипаттамасын іріктеу үшін жүргізіледі.

Токтардың ҚТ есептеу кезінде ҚТ алғын орындардағы қоректендіру көздерінің: синхронды генераторлар, синхронды компенсаторлар мен қозғалтқыштар, уақыттың бастапқы кезеңінде асинхронды қозғалтқыштардың болғандығын ескереді.

Заманауи электр жүйелерінде барлық жағдайларды ескере отырып токтардың ҚТ нақты есебін жасау өте күрделі және мүмкін емес. Бір жағынан, талап етілетін есептердің нақтылығы оның маңызына байланысты. Мысалы, электр аппараттарын таңдау үшін аппараттардың әр түрлерін сипаттайтын параметрлер мәндері арасындағы интервалдар түрліше болғандықтан, токтардың ҚТ жуықтап шығарады. Релелі қорғау және автоматика құрылғысын таңдау және орнату үшін есептердің нақтылығы жоғары болуы тиіс.

Осы себептермен токтардың ҚТ есептеуде мыналарға жол беріледі:

ҚТ барлық процесі бойы жүйе генераторларының э.д.с. фазаға чәйкес болуын есептейді;
магнитті жүйелердің қанығуы ескерілмейді, бұл барлық тізбек желілі деп санатып, беттестіру принципі қолдануы мүмкін;
үш фазалы жүйе симметриялы деп есептеледі;
желілердің ұзындығы мен кернеулігін қоса алғанда қысқа тұйықталған желілердің барлық элементтерінің көлемді өткізгіштігін елемейді, мысалы 500кВ болатын кернеулі желіні;

ҚТ орнынан айтарлықтай алынған қоректендіретін барлық көздердің электрлі қозғалтқыш күштері өзгеріссіз деп есептеледі ($X_{расч} > 3$);

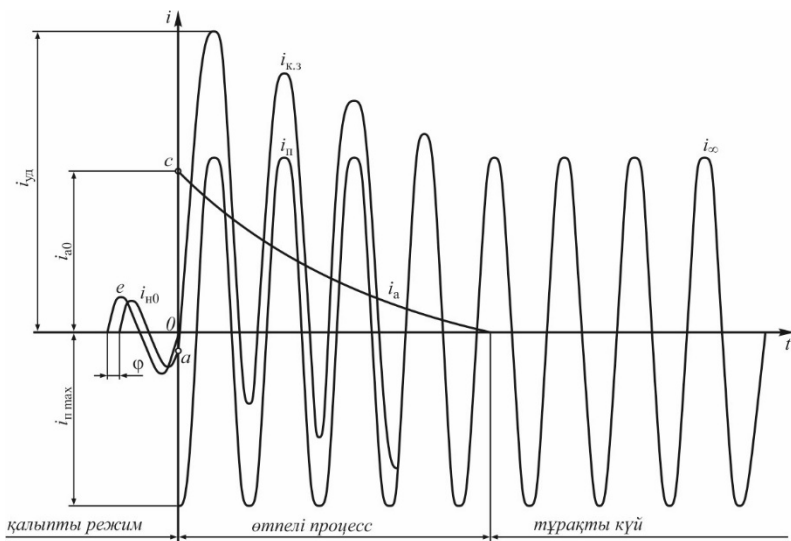
ҚТ тізбегінің активті кедергісін осындай тізбектің индуктивті кедергісінің үштен бір бөлігінен артқан жағдайында есепке алады.

14.4. Шектеусіз қуат көзінен қоректену кезінде қарапайым үш фазалы тізбекте қысқа тұйықталу кезіндегі ауыспалы процесс

Шектеусіз қуат жүйесі деп шиналарында кернеу желіде кез-келген аномалды режимде (жүктемелердің төгінділері және шығуында, кернеулілік жоғарылағанда және қысқа тұйықт алуда) үнемі қалатын қуат көздерін айтады. Ондай қуат көзі үшін жүйедегі көздердің суммарлық қуаты $S_{\text{сум}} = m$, $X_{\text{сист}} = 0$ и $Y_{\text{сист}} = 0$.

Әрине, кез-келген электр жүйесінде қуаттылықтың белгілі бір деңгейі болады. Бірақ жүйеге қосылған электр желілерінің қуаты аз болады және үлкен қуатпен салыстырғанда айтарлықтай үлкен ішкі кедергіге және жүйенің шамалы кедергісіне ие, бұл қысқа тұйықталу кезінде осындай жүйелердегі шиналардағы кергеу өзгермейді. Сондықтан токтардың ҚТ есептеу кезінде көздердің кернеулігі өзгеріссіз күйінде қабылданады.

Шектеусіз қуат жүйесіндегі үш фазалы ҚТ кезінде режим өлшемдерінің өзгеру процесін қарастырайық. Бір нүктеде барлық үш фазаның тұйықталуы кезінде алғашында кернеу сол күйінде қалады. Ток ҚТ сондай-ақ лезде өзгермейді, өйткені синхронды генераторлардың статор орамасы және қысқа тұйықталған желі элементтері тізбектегі кернеудің өзгеруіне және төмендеуіне жол бермей ұстап қалатын индуктивті қасиетке ие. Соңынан әрбір фазада кедергі азайғандықтан, желінің қалыпты жұмысы режимімен салыстырғанда тізбекте ток күрт өседі. Осылайша қысқа тұйықталған тізбек элементтеріндегі кернеуді жоғалудың артуы салдарынан кернеу тез азаяды. ҚТ уақыты кезінде ол туындаған сәттен бастап ток максималды мәннен бекітілген мәнге деңін өзгереді. Токтың өзгеруі осы кезеңде ауыстапы процес атауына ие болады.



14.2-сурет. шектеусіз қуат жүйесінен қоректенетін тізбектегі ҚТ токтың қисық өзгеруі

14.2-суретте шектеусіз қуат жүйесінен қоректенетін тізбектегі ҚТ токтың қисық өзгеруі көрсетілген. Толық ҚТ тоғының деңгейін кез-келген уақытта ауыспалы процестің екі құрамдас бөлігінен көруге болады: амплитудасы өзгермейтін кезеңді синусоидалды ток i_n және апериодты («еркін») өшетін ток i_a . Осылайша, ауыспалы процес бойы толық ҚТ тоғының деңгейі кезеңді және апериодты токтардың алгебралық сомасына тең:

$$i_{к.з} = i_n + i_a. \quad (14.1)$$

ҚТ токтың деңгейі қысқа тұйықталған тізбек элементтерінің кернеуіне ғана тәуелді болмай, апаттық режим туындаған сәтке де байланысты. Тізбектегі ҚТ токтың мәні г.к.з реактивті кедергі басымдылығымен ноль арқылы э.д.с.е қысқа тұйықталу туындаған сәтте жүзеге асады.

Үш фазалы желіде ток жүрген кезде бір фазадағы жүктеме ноль, ал бқалған екеуінде жүктемелі токтар түрлі мәнге ие болатындығын ескеру қажет. Сондықтан ең үлкен ток мәні ҚТ сәтте э.д.с. ноль арқылы өткен кездегі фазада анықталады.

14.2-суретте э.д.с. бір фазада ноль арқылы өткен кезде ҚТ туындаған сәтте аса қауіпті сәт үшін токтың ҚТ мәнінің қисық өзгеруі келтірілген. 14.2-суреттен бұндай жағдайда апериодты токтың бастапқы мәні $i_{н\max}$ кезеңді токтың ең үлкен мәніне $i_{н\max}$ тең болатындығын көреміз, бірақ олар бағыты бойынша қарама-қарсы.

14.5. Генератор қысқыштарындағы үш фазалы қысқа тұйықталу кезіндегі ауыспалы процесс

Генератордың қысқыштарындағы кенеттен болған ҚТ онда ішкі (қысқа тұйықталған) тізбек кедергісінің оның қалыпты режимдегі кедергісімен салыстырғанда шартты азаятын ауыспалы процестің туындауына әкеп соғады.

Генератор соңғы қуат көзі болып табылатындықтан, оның қысқыштарындағы кернеу және кезеңді тоқтың ҚТ уақыт өте келе өзгереді. Мерзімді құрайтын ток ҚТ өзгерісінің сипаты генераторды автоматты реттеу қоздырғышының (АРҚ) болмауына немесе болуына байланысты. АРҚ мәні генератордың барлық мүмкін болатын жұмыс режимінде генератордың номинальды кернеулі қысқыштарының жұмыс істеуінде.

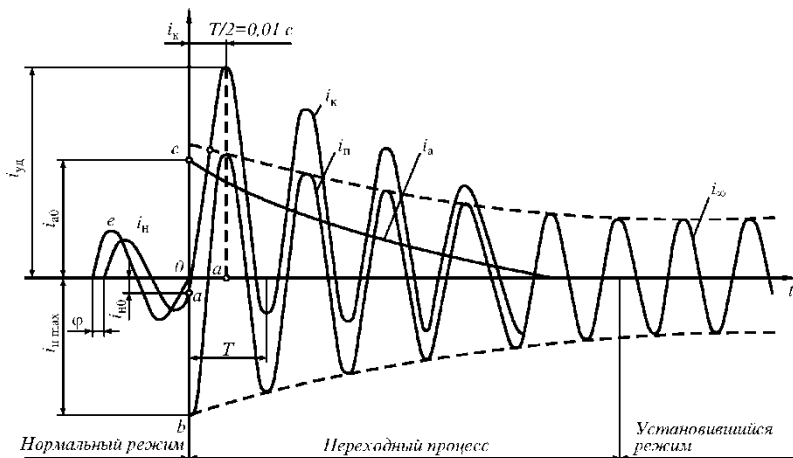
Егер генератор АРҚ-сыз жұмыс істесе оның кернеуі қысқыштарында, демек тоқтың мерзімді құрауыштарының ҚТ уақыт өте келе азаяды. Былайша түсіндіріледі, қозу орамындағы, демпферлі орамдағы және ротор массивіндегі ҚТ бастапқы сәтіндегі еркін токтардың өшуіне қарай статор реакциясының ағынын өзгеріссіз ток кезінде генератордың әуе саңылауындағы магнитті ағын әлсіретеді. Соңғы жағдай статордағы э.д.с. азаюына және генератор қысқышындағы кернеудің азаюына және мерзімді құрайтын ток ҚТ өзгеруіне әкеп соғады.

14.3-суретте ф ауыспалы процесс кезіндегі мерзімді құрайтын ток ҚТ кемуші амплитуда синусоиды түрінде көрсетілген. Осылайша, ауыспалы процестің ұзақтығы апериодты құрайтын ток ҚТ өшу уақыты артып, бірнеше периодты құрайды $T = 0,02$ с. сонымен қатар, ҚТ бастапқы тоғы бекітілген ток мәнінен артады $\phi_{\max} > L$.

Егер генератор АРҚ-мен жұмыс істесе, онда кернеу, шартты ҚТ төмендеген жағдайда АРҚ генератордың қозу тоғын арттырады, демек желінің түрлі элементтеріндегі кернеуде артады.

ҚТ бастапқы сәтінде генератордың орамасына тіркелген магнитті ағындар АРҚ-ның ауыспалы процесіне әсер етпейді. Бұдан әрі АРҚ әрекеті қозу тоғының артуына және онымен байланысты статор мен демпферлі ораманың тоқтарының артуына әсерін тигізеді.

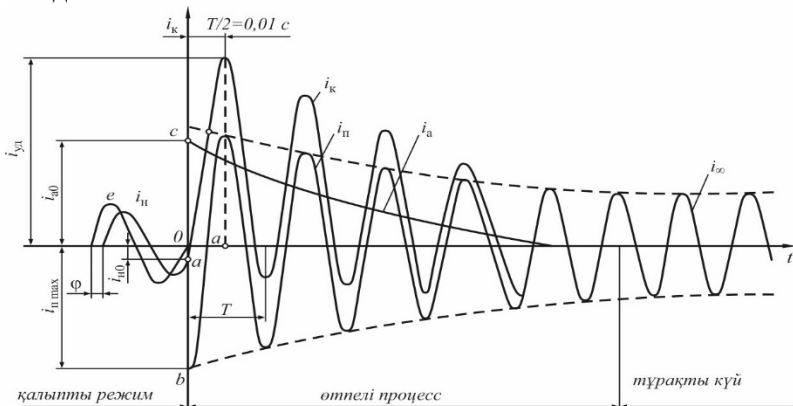
В дальнейшем действие АРВ сказывается на увеличении тока возбуждения и связанных с ним составляющих токов статора и демпферных обмоток



14.3-сурет. Толық ток пен оның құрамдастарының өзгеріс сызығы

Бірақ бұл процесс салыстырмалы түрде баяу өтеді, сондықтан негізінен генератордың э.д.с. және статордың мерзімді құрайтын толық өзгереді.

Генератор кернеуінің артуы АРҚ арқасында болады, ҚТ туындаған сәтте басталмай, АРҚ жұмыс істеуі үшін қажетті бір шама уақыттан кейін басталады. Бұл уақытша интервал АРҚ әрекеті кезінде және АРҚ қосылатын жеке уақыт кезінде кернеудің төмендеуімен анықталады.



14.4-сурет. Толық ток пен оның құрамдастарының өзгеріс сызығы

Сондықтан ҚТ тоғы АРҚ әрекет етуіне дейін АРҚ болған кездегідей де азаяды, сондан кейін барып АРҚ әрекеті есебінен үлкен кернеулі генераторға сәйкес белгіленген деңгейге дейін жетеді (14.4-сурет). АРҚ әрекеті ҚТ пайда болғаннан кейін бірнеше кезеңнен соң

көрінетіндіктен, ҚТ толық тоқтың бастапқы мәні, сондай-ақ максималды жылдам тоқ гуд (ұрмалы ток) АРҚ болған кездегідей өзгеріссіз қалады. Осылайша, АРҚ кезінде кенеттен пайда болған ҚТ туындайтын статордың еркін тоғы және қозу орамының еркін тоқтарының өшуі АРҚ әрекеті есебінен ҚТ тоғының артуымен өтемделеді. Апериодтық құрайтын ток га АРҚ болған кездегідей өзгеріссіз қалады.

АРҚ болғанда қисық толық тоқтың ҚТ әртүрлі түрлерге ие болады. Мерзімді құрайтын гп бастапқы және бекітілген тоқтардың ҚТ арасындағы қатынасқа байланысты қозудың шекті тоғында өшуі, өсуі немесе өзгеріссіз қалуы мүмкін.

14.6. Үш фазалы ҚТ кезіндегі тоқтар арасындағы негізгі қатынастар

Ұрмалы тоқ мәні $g_u(3)$ және бастапқы әрекеттегі мерзімді құрайтын тоқтың ҚТ /по(3) арасындағы байланыс мынадай қатынастармен бекітіледі:

Экспоненциалды заң бойынша апериодты құрайтын өшеді:

$$i_a = i_{a0} e^{-1/T_a}, \quad (14.2)$$

онда g_{a0} – апериодты құрайтынның максималды мәні; T_a – ҚТ тізбегінің индуктивтілігі L_k және активті кедергі R_k арасындағы қатынасты анықтайтын апериодты құрайтынның тұрақты өшу уақыты:

$$T_a = L_k / R_k.$$

$L_k = X_k / (2\pi f) = X_k / 314 R_k$ жиілігі $f=50$ ескере отырып, алатынымыз

$$T_a = X_k / (314 R_k) \quad (14.3)$$

$t = 0,01$ с уақытына сәйкес, яғни, ҚТ пайда болғаннан соң жарты периодтан кейінгі соққы ток,

$$i_y^{(3)} = i_a + i_{n \max} \quad (14.4)$$

мұндағы $i_{n\max} = \sqrt{2}I_{\text{п0}}^{(3)}$ – максималды мән; $I_{\text{п0}}$ – үш фазалы ҚТ кезіндегі тоқтың периодтық құрауышының қолданыстағы мәні.

ҚТ орнына байланысты соққы коэффициенттері

Қысқа тұйықталу орны	K_y
Орамды генератордың тең полюсті шығарымы	1,93
В турбо генераторының тізбегінің белсенді кедергіні есепке алмағандағы шығарымы 1 кВ дейінгі трансформаторлар жағындағы	1,91
1600, 2500 кВ-А	1,8
630, 1000 кВ-А	1,4
100, 250, 400 кВ-А	1,3
ҚТ белсенді кедергіні есепке алғандағы алыстатылған нүктелері	1,2
	1,0

$$i_y^{(3)} = i_{a0}e^{-1/Ta} + i_{n\max} \quad (14.5)$$

$$t=0 \text{ ток } i_{a\max} = i_{n\max},$$

$$i_y^{(3)} = i_{n\max}(e^{-1/Ta} + 1) = \sqrt{2}I_{\text{п0}}^{(3)}(e^{-1/Ta} + 1) \quad (14.6)$$

$$1 + e^{-1/Ta} + 1 = K_y,$$

$$i_y^{(3)} = K_y \sqrt{2}I_{\text{п0}}^{(3)} \quad (14.7)$$

Осыған орай, қу соққы коэффициенті ҚТ тізбегінің активті және реактивті кедергілерінің ара қатынасын ескереді, яғни, ҚТ орны мен генератордың ара қашықтығы. ҚТ орнына байланысты соққы коэффициенттерінің мәндері 14.1. кестеде келтірілген.

1 кВ жоғары кернеулі құрылғылар үшін уақыт тұрақтысы $Ta = 0,05$ с, бұл кезде $K_y = 1,8$.

Шексіз қуатты көзден қоректену кезінде э.қ.к. өзгеріссіз және ҚТ тоғының периодтық қосылғышы өзгеріссіз болады:

$$I_{\text{п0}}^{(3)} = I_{\text{м}}^{(3)} \quad (14.8)$$

14.7. Салыстырмалы бірліктер жүйесі

ҚТ тоқтарын есептеу кезінде есептеуге кіретін барлық

шамаларды атаулы бірліктермен (кВ-А, А, В, Ом) немесе салыстырмалы бірліктермен (үлес және қабылданған базистік шаманың пайызы) көрсетуге болады.

Барлық шамаларды салыстырмалы бірлікте белгілеу үшін базистік шамаларды немесе базистік шарттарды тағайындау қажет. Қатынасты қарастырайық

$$\begin{aligned} S &= \sqrt{3}IU; \\ Z &= UI(\sqrt{3}I) \end{aligned} \quad (14.9)$$

Бұл жерде жазылған төрт шаманың тек екеуі ғана тәуелсіз болып табылады. Сондықтан бірлікке қатысты шаманы көрсеткенде екі шама еркінше таңдалуы мүмкін және тәуелсіз базистік шарт қызметін атқарады. Қалған шамалар жоғарыда келтірілген қатынастарға сәйкес анықталады.

Тәуелсіз базистік шама ретінде әдетте S_6 базистік қуат және иб базистік кернеу таңдалынады. Базистік қуат – бұл шамасы бірге тең болып қабылданатын қуат. Базистік қуаттың шамасы әр нақты жағдайда есептеу жұмысын мүмкіндігінше қысқартуға негізделіп таңдалады. Базистік қуат үшін 100, 1000 МВ - А және т.с. мәндерді немесе қуат көздерінің бірінің (жүйе, электр станциясы немесе қор трансформаторы) толық номиналды қуатын қабылдау тиімді.

Базистік кернеудің кернеудің әр сатысындағы орташа номиналды мәніне тең қабылдауға ұсынылады. Есептеу кезінде трансформатордың трансформациялай коэффициенті ескерілмейді; олар орташа номиналды кернеулердің қтынасымен алмастырылады. Сонымен қатар кернеу бойынша салыстырмалы кедергілерді қайта есептеу жүргізілмейді.

Орташа номиналды кернеулер шкаласы: 230; 115; 37; 10,5; 6,3; 0,69; 0,4; 0,23 кВ.

Базистік ток келесі формуламен анықталады

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3}U_6} \quad (14.10)$$

Жоғарыда айтылғандардың негізінде э.к.к., кернеу, ток, қуат және кедергі салыстырмалы бірлікте келтірілген және бзистік шарттарға келтірілген келесі формулалармен анықталады:

$$\begin{aligned} E_{6*} &= \left(\frac{S}{U_{\text{ср.6}}} \right); \quad U_{6*} = \left(\frac{U}{U_{\text{ср.6}}} \right); \quad I_{6*} = \left(\frac{I}{I_6} \right) = \left(\frac{\sqrt{3}IU_{\text{ср.6}}}{S_6} \right); \\ S_{6*} &= \left(\frac{S}{S_6} \right); \quad Z_{6*} = \left(\frac{Z}{Z_6} \right) = \left(\frac{\sqrt{3}IU_{\text{ср.6}}}{S_6} \right) \end{aligned} \quad (14.11)$$

мұндағы Z - кернеу, фазада Ом; I_6 - базистік ток, кА; $U_{\text{ср.б}}$ – орташа номиналды кернеулер шкаласы бойынша анықталған, сатыдағы базистік фазааралық (сызықтық) кернеу, кВ; S_6 - базистік қуат, кВ-А.

Трансформатордағы ҚТ кернеуі и.к.з.%, реактордың индуктивті кедергісі x_r %, қозғалтқыштар мен генераторлардың айнымалы кедергілері салыстырмалы бірлікте немесе номиналды шарт кезінде пайызбен беріледі. Көрсетілген шамаларды есептеу кезінде қабылданған базистік шарттарға айналдыру үшін келесі формулаларды қолдану қажет:

$$E_{6*} = E_{\text{ном}*} \left(\frac{U_{\text{ср.ном}}}{U_{\text{ср.б}}} \right);$$

$$Z_{6*} = Z_{\text{ном}*} \left(\frac{U_{\text{ср.ном}}}{U_{\text{ср.б}}} \right) \left(\frac{I_6}{I_{\text{ном}}} \right) = Z_{\text{ном}*} \left(\frac{U_{\text{ср.ном}}}{U_{\text{ср.б}}} \right)^2 \left(\frac{S_6}{S_{\text{ном}}} \right) \quad (14.12)$$

14.8. Есептеу схемалары және қысқа тұйықталу тізбегінің қорытынды кедергілерін анықтау

ҚТ тоғын есептеу үшін барлық қуат көздерін қатар қосу кезіндегі электрмен жабдықтау жүйесінің қалыпты жұмыс режиміне сай келетін септеу схемасын құру қажет. Есептеу схемасы бойынша магнитпен байланысқан электр желілері тізбекпен байланысқан эквивалентті электрмен алмастырылған алмастыру схемасын құрады. Алмастыру схемасына ҚТ орнын қоректендіруге қатысатын барлық қор көздері, және ҚТ есептелетін ток өтетін барлық кедергілер енгізіледі.

Есептеу нүктелерін таңдау аппарат және өткізгіштерді таңдауды анықтайтын ең қолайсыз зақымдалуларды табу мақсатында электрмен жабдықтау схемасын талдау негізінде жүргізіледі. Ереже бойынша, есептеу нүктелері төмендету трансформаторларының ең жоғарғы кернеуі, реактор мен трансформатордың төменгі кернеу арасындағы бөліктері, таратқыш құрылғылардың жинақ шиналары, сондай-ақ электр қабылдау құрылғыларының шығаруы болып табылады (14.5сурет).

6...10 кВ кернеулі желідегі үш фазалы ҚТ есептік нүктесі – ГПП немесе ПГВ қайталама кернеуінің шинасында.

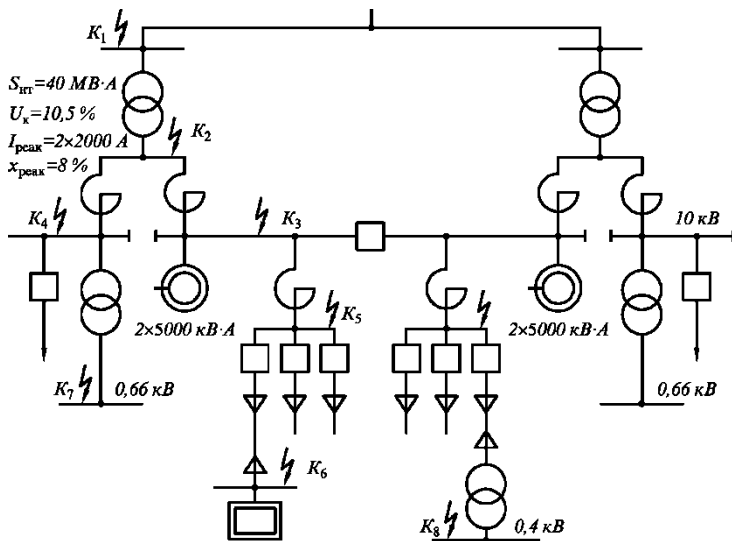
1 кВ дейінгі кернеудегі үш фазалы ҚТ есептік нүктесі – трансформатордың автоматты ажыратқышынан кейін.

Трансформатор схемасында болған жағдайда алмастырудың есептеу схемасын құру кезінде элементтер параметрін және негізгі (базистік) сатының трансформациясының әр түрлі сатыларының э.к.к. келтіру қажет. Егер базистік деп ҚТ тоғы есептелетін саты қабылданса

есептеулер жеңілдейді.

Салыстырмалы бірлікте есептеу кезінде базистік шарттарды исрб, $S_{гб}$ -базистік кернеу мен кедергіні қабылдау қажет.

1 кВ жоғары кернеулі желілердің генераторы үшін әдетте тек индуктивті кедергі ескеріледі. ҚТ нүктелерінен аластатылған генераторларда(1 кВ дейінгі кернеулі желілерде) белсенді кедергі ескеріледі.



14.5. Сурет. Қысқа тұйықталудың есептік нүктелерін таңдау мысалы (K1,2, 8)

Сұлбаның жеке элементтері үшін индуктивті кедергінің келесі мәндері қабылданады:

Синхрондық генераторлар үшін x''^* сал. Бір. көрсетіледі; ол полюстардың осы бойынша өте күшті айнымалы реактивті кедергі болып табылады. Турбогенераторлар үшін $x''^* = 0,125$, қалыпқа келтіретін орамасы бар гидрогенераторлар үшін $x''^* = 0,2$; синхронды және синхронды емес қозғалтқыштар үшін $x''^* = 0,2$; трансформаторлар үшін егер оның белсенді кедергісін ескермесек, ҚТ кернеуі ик.3(%) индуктивті кедергінің мәніне тең $x''^* = i_{кл}^*$;

1 кВ жоғары кернеулі әуе желілері үшін үлестік реактивтік кедергі $x^{\wedge} = 0,4 \text{ Ом/км}$;

6...10 кВ кернеулі кабель желілері үшін үлестік реактивтік кедергі $x_{е0} = 0,08 \text{ Ом/км}$;

Реаторлар үшін кедергі $x^{\wedge}$ номиналды параметрлердің пайызы болады және салыстырмалы немесе атаулы бірлікке айналдырылады;

Энергожүйенің кедергісі X_c , базалық сатының кернеуіне

келтірілген исрб, жүйенің ҚТ берілген қуат бойынша анықталады.

$$X_c = \frac{(U_{\text{ср.б}})^2}{S_{\text{к.э.сист}}} \quad (14.13)$$

ҚТ үш фазалы тоғын анықтау үшін есептеу схемасын жасап оны келесі тәртіппен түрлендіру қажет:

1. Электрмен жбдықтаудың барлық элементтері көрсетілген толық есептеу схемасын жасау;
 2. ҚТ есептік нүктелерін таңдау;
 3. Базистік шарттарды – қуат және кедергіні таңдау;
 4. Схеманың барлық элементтерінің салыстырмалы немесе атаулы бірлікте келтірілген кедергілерін базистік шарттарға айналдыру;
 5. Схеманы қарапайымдауды жүргізу;
 6. Әр көзден ҚТ нүктесіне дейінгі қорытынды кедергілерін анықтау.
- ҚТ тоқтарын есептегенде ҚТ тізбегінің есептік кедергісі кеңінен қолданылады.

$$X_{\text{расч}} = X_{\text{рез}} \left(\frac{S_{\text{ном}\Sigma}}{S_6} \right) \quad (14.14)$$

мұндағы $S_{\text{ном}\Sigma}$ – жүйенің жиынтық қуаты.

Схеманы қарапайымдау үшін қолданылатын негізгі әдістер:

1. Қатар, қатарлас немесе аралас қосылған кедергілерді бір эквивалентпен қосу. Үшбұрышты эквивалентті жұлдызға немесе керісінше ауыстыру.
2. Екі немесе бірнеше қор көздерін бір эквивалентпен алмастыру, мысалы, екі түрлі электр станциясын біріктіру. Мұндай алмастыру тек қор көздері ӨТ орнына қатысты бірдей шарттарда орналасқанда ғана мүмкін.

Қор көздерін біріктіру мүмкін болатын шарттар. Өндірістік көсіпорын электрмен жабдықтау жүйелері үшін бірге қоректендіру схемасы тән. (сурет 14.6): S_1 жүйесінен S_2 кәсіпорынның электр станциясынан.

Атлас қор көздерін біріктіру келесі шарттарда мүмкін

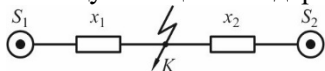
$$\left(\frac{S_1 X_1}{S_2 X_2} \right) = 0,4 \dots 2,5, \quad (14.15)$$

мұндағы X_1, X_2 - базистік қуатқа келтірілген кедергі.

Егер әр біріктірілген тізбектегі есептік кедергі $X_{p^*} > 3$, онда қор көздерінің тізбегін біріктіру барлық жағдайда мүмкін.

Өзгеріссіз э.к.к. қорек көзінің бұтағын есептік кедергісі $X_{p^*} < 3$ қорек көзінің бұтағымен біріктіруге болмайды.

3. Аз қуатты қорек көздерін ескермеу.



14.6-сурет. ҚТ орнының екі қорек көзінің схемасы

Егер бірауқытта Қуаты аз қорек көзінің схемасын қарапайымдау кезінде

$$\left(\frac{X_2}{X_1}\right) \geq 20; \quad \left(\frac{S_2}{S_1}\right) \leq 0,05, \quad (14.16)$$

мұндағы \$S_2\$- қуаты азырақ қорек көзінің қуаты; \$X_2\$- қорек көзінен ҚТ орнына дейінгі кедергі.

Кезде қорек көздерін ескермеуге болмайды, себебі, есептеулердегі қателік маңызды болуы мүмкін.

14.9. Қуаты шексіз жүйедегі ҚТ тоғын есептеу

Шексіз (шексіз) қуаттың электр жүйесі мұндай жүйе ретінде қарастырылуы мүмкін, оның ішінде автобустардағы кернеу қосылатын төмен қуат схемасындағы ток (кез келген қысқа тұйықталуды қоса алғанда) кез келген өзгерістерге іс жүзінде өзгеріссіз деп есептелуі мүмкін. Мұндай болжам, егер жүйенің кедергісі қысқа тұйықталу схемасының нәтижелендіруші қарсыласуының 10% -ынан аспаса, мүмкін болады. Алмастыру тізбегінде Ерез.б* = 1 э.қ.к. бар бір қуат көзін; Хрезб* бір қорытынды кедергі болады.

Осы алмастыру схемасынан бастап үш фазалы қысқа тұйықталу орнында (мерзімді компоненттің бірінші жартысының шынайы мәні) бастапқы айнаымалы ток салыстырмалы бірліктерде тең болады

$$\frac{1}{Z_{рез.б*}}, \quad (14.17)$$

атаулы бірлікте

$$I_{к.з} = \frac{U_{ср.ном}}{\sqrt{3}Z_{рез.б*}}. \quad (14.18)$$

ҚТ соққы тоғының шамасы 14.6. бөлімде келтірілген мәндерге сәйкес анықталады.

ҚТ атаулы бірліктегі қуаты

$$S_{к.з} = \frac{S_6}{Z_{рез.б*}}. \quad (14.19)$$

Қажет болса, тізбектің кейбір элементінен кейін үш фазалы қысқа тұйықталудың ток күшінің барынша ықтимал мәндерін анықтаңыз: қуат трансформаторы, реактор және т.б. - трансформатордың артындағы қысқа тұйықталу тоғы

Қажет болған жағдайда тізбектің кейбір элементінен кейінгі: қуат трансформаторы, реактор және т.б. үш фазалы ҚТ тоқ күшінің барынша ықтимал мәнін анықтау –

трансформатордан кейінгі ҚТ тоғы

$$I_{к.з} = \frac{I_{ном.т}}{u_{к.з*}},$$

мұндағы $I_{ном.т}$ – ҚТ орнындағы кернеу кезіндегі трансформатордың номиналды тоғы;

реактордан кейін

$$I_{к.з} = \frac{I_{ном.р}}{x_{р*}} \frac{U_{ср.ном}}{U_{р.ном}},$$

мұндағы $I_{ном.р}$ – реактордағы номиналды тоқ;

әуе және кабельдік желілер үшін

$$I_{к.з} = \frac{U_{ср.ном}}{\sqrt{3}Z_{д}}$$

Желідегі белсенді кернеуді ескермегенде

$$I_{к.з} = \frac{U_{ср.ном}}{\sqrt{3}X_{д}}$$

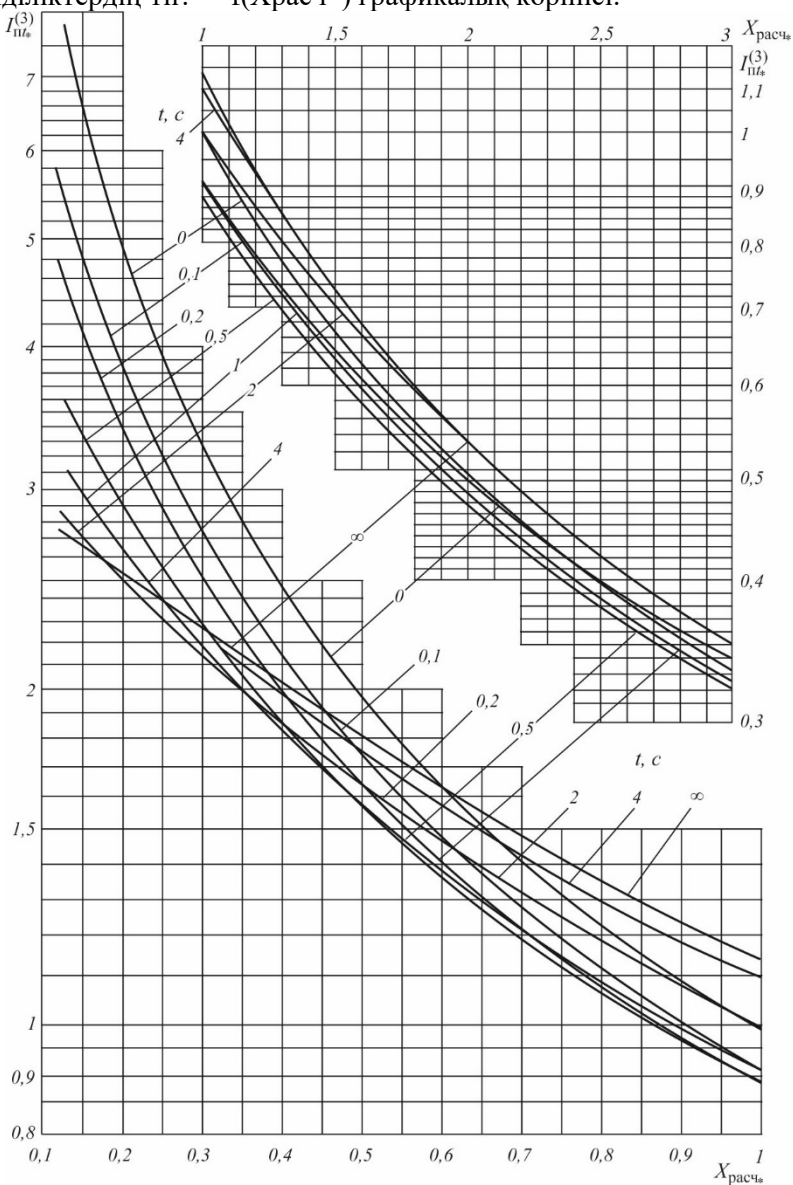
14.10.Есептік қисықтар бойынша ерікті сәттегі ҚТ тоқтарын анықтау

ҚТ тоғының кезеңдік құрамдас бөлігі ҚТ пайда болғаннан кейін кез-келген уақытта арнайы құрастырылған қисықтар көмегімен есептелуі мүмкін. Бұл қисықтар – қысқа тұйықталу тоғының мерзімді компоненті, өтпелі процестің уақыты және қуат көзінен қысқа тұйықталу нүктесінің электрлік қашықтығы арасындағы функционалдық тәуелділіктердің графикалық бейнесі болып табылады.

Қисықтар ҚТ тоғының практикалық есептерін жылдам және қарапайым түрде жүзеге асырады, электр қуат көздерінің кең ауқымын қамтиды, генераторлар тек ҚАР типтері мен қол жетімділігімен ғана ерекшеленеді. Қисықтар нақты генераторлардың орташа параметрлері үшін және қысқа тұйықталу тоғындағы электр энергиясын беру жүйелеріне жүктемелердің шамамен есептелуі үшін есептеулерде белгілі бір қателіктермен байланысты. Есептелген қисықтардың көмегімен қысқа тұйықталу тоқтарын тек ҚТ нүктесінде анықтауға болады және тізбектің буындарындағы қысқа тұйықталу тоқтарын анықтау мүмкін

емес.

Есептелген қисықтар – бұл ҚТ әр түрлі t, c уақыт кесіндісіндегі тәуелділіктердің $1\pi^* = f(X_{расч}^*)$ графикалық көрінісі.



14.7. сурет. ҚАР бар типтік турбогенератор үшін есептелген қисықтар

Олар 1940 ж. келесі есептік шарттар үшін орташа қуатты типтік генераторлар (ҚАР қоздыру және релелік күштер жүйесімен жабдықталған 150 МВт дейінгі турбогенераторлар және 50 МВт дейінгі гидрогенераторлар) үшін салынды:

Барлық қуат көздері ҚТ нүктесіне қатысты бірдей электрлік қашықтыққа ие және типтік генераторлы есептеу схемасымен алмастырылады;

Типтік генератор ҚТ дейін және ҚТ кезінде оның қапсырмаларына шартты қатынастағы номиналды жүктемемен жұмыс жасайды;

Типтік генератордың параметрлері және ҚТ тізбегінің қорытынды кедергісі салыстырмалы бірлікпен көрсетіледі, яғни

$$I_{nt*} = I_{nt*}^{(3)} / I_{ном \Sigma \Gamma}; \quad X_{расч*} = X_{рез.б*} \left(\frac{S_{ном \Sigma \Gamma}}{S_6} \right).$$

мұндағы $I_{ном \Sigma \Gamma}$ және $S_{ном \Sigma \Gamma}$ – типтік генератордың номиналды қуаты және тоғы; $X_{рез.б*}$ - базистік шарттарға келтірілген ҚТ тізбегінің қорытынды кедергісі.

ҚАР бар типтік турбогенератор үшін есептік қисықтар 14.7. суретте көрсетілген.

ҚТ тоғының периодтық құрамдас бөлшегін ($X_{расч*} < 3$ кезде) есептік қисық көмегімен анықтау тәртібі келесідегідей:

1. Электрмен қамту жүйесінің алмастыру схемасын қарапайым түрге түрлендіріміз: ҚТ орны мен қорек көзінің арасына номиналды шарттарға әкелетін, $X_{рез.б*}$ қорытынды кедергіні орналастырамыз (14.14);

2. Есеп айырысу уақытына арналған есептеу қисықтары ағымдағы кезеңнің құрамдас бөлігінің салыстырмалы мәні болып табылады

$$I_{nt*}^{(3)} = k_t$$

3. ҚТ тоғының ағымдағы кезеңнің құрамдас бөлігінің мәнін атаулы бірлікте есептейді

$$I_{nt} = k_t I_{ном \Sigma \Gamma} = I_{nt*}^{(3)} \frac{S_{ном \Sigma \Gamma}}{\sqrt{3} U_{ном}}$$

$X_{расч*} > 3$ кезінде ҚТ периодтық құрамдас бөлшегін өзгеріссіз деп санап, оны аластатылған ҚТ есептеуге болады.

14.11. 6... 10 кВ қайталанба кернеулі төмендеткіш бағыныңқы станциялардағы ҚТ тоқтарын есептеу

Жоғарғы кернеудің (35... 220 кВ) жағындағы үш фазалы ҚТ есептік нүктесі - ГӨЗ трансформаторларының сәйкесінше кірістерінде.

Екінші кернеудің (6 ...10 кВ) қайталама кернеу жағындағы үш фазалы ҚТ есептік нүктесі – ГӨЗ қайталама кернеу шиналарында.

Тапсырма шарттарына байланысты екі орамды трансформаторларды орнату кезінде есептеу сызбасында, 14.8- сурет,

ҚТ тоғын есептеудің келесі нұсқалары мүмкін.

1. Базистік қуатқа тең жүйенің қуаты $ShOmE$, берілген; жүйенің қуатына келтірілген K_i нүктесіне дейінгі жүйенің кедергісі X_{c*} ; төмендеткіш трансформатордағы кернеу U және U_2 ; трансформатордың номиналды кернеуі $5_{ном.т}$ және трансформатордың ҚТ кернеуі $ик.з* = x_{т*}$.

Кр нүктесіндегі ҚТ тоғы

$X_{c*} < 3$ кезінде есептік қисық бойынша тоқтың периодтық құрамдас бөлшегінің kt көп мәнділігін табамыз, сонда

$$I_{mK1} = K_t I_{ном\Sigma} ; \quad I_{ном\Sigma} = \frac{S_{ном\Sigma}}{\sqrt{3}U_1}$$

$$X_{c*} > 3$$

$$I_{K1} = \frac{I_{ном\Sigma}}{X_{c*}}.$$

$$I_{K2} = \frac{I_{ном2\Sigma}}{X_{c*} + x_{т*}}; \quad I_{ном2\Sigma} = \frac{S_{ном\Sigma}}{\sqrt{3}U_2}$$

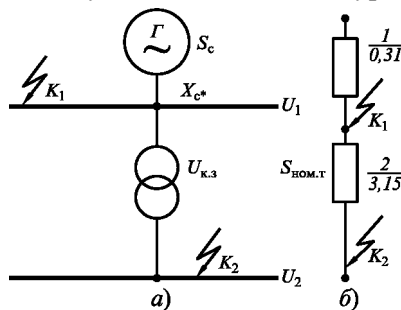
кезінде K_2 нүктесі үшін ҚТ тоғы:

$$S_{ном\Sigma} = \frac{S_{к.з.сист}}{K_t}; \quad I_{ном\Sigma} = \frac{S_{ном\Sigma}}{\sqrt{3}U_1}; \quad I_{K1} = \frac{S_{к.з.сист}}{\sqrt{3}U_1},$$

$$I_{K1} = I_{K1} = \frac{I_{ном\Sigma}}{X_{c*}}.$$

Төмендеткіш бағыныңқы станция шиналарына дейінгі алғашқы жарты кезеңдегі жүйенің ҚТ қуаты $S^{\wedge}hct, X_{c*}$, сондай-ақ трансформатордың паспорттық мәндері ($x_{т*}$) берілген.

$X_{c*} < 3$ кезіндегі Кр нүктесі үшін ҚТ тоғы, жүйе тоғы және ҚТ тоғы



14.8. -сурет. Есептік сызба (а) және төмендеткіш бағыныңқы станциялардағы ҚТ тоғын есептеуге арналған алмастыру схемасы (б)

$X_{c*} > 3$ кезінде жүйенің ҚТ қуаты $S_{K2\text{хист}} = \wedge_{K.3.\text{сист}} X_{c*}$

$$S_{K2} = \frac{S_{\text{ном.т}}}{X_{c*} + x_{т*}}$$

$$X_{c*} = \left(\frac{S_{\text{ном.т}}}{S_{K2}} \right); \quad I_{K2} = \frac{S_{K2}}{\sqrt{3}U_2}.$$

Егер қосылатын бағыныңқы станцияның қуаты жүйе қуатынан неғұрлым аз болса, онда $X_{c*} = 0$. Бұл жағдайда $K2$ нүктесі үшін:

$$S_{K2} = \frac{S_{\text{ном.т}}}{x_{т*}}$$

4.Төмендеткіш станциядағы трансформатор тарамдалған ораммен жұмыс жасайды.

K нүктесіндегі ҚТ тоғын есептеу жоғарыда сипатталған жағдайлардағыдай жүргізіледі. $K2$ нүктесіндегі ҚТ тоғын есептеу алмастыру схемасын ескеріп жүргізіледі.

Тарамдалған орамалы трансформатордың кедергісі келесі қатынаспен анықталады

$$X_{в.т} = X_{ВН-НН} \left(1 - \frac{K_p}{4} \right) \left(\frac{U_{\text{ср.б}}}{U_{\text{ср}}} \right)^2;$$

$$X_{в.т} = X_{н.т.2} = X_{ВН-НН} \left(\frac{K_p}{2} \right) \left(\frac{U_{\text{ср.б}}}{U_{\text{ср}}} \right)^2 \quad (14.20)$$

мұндағы K_p – тарамдалу коэффициенті, үш фазалы трансформаторлар үшін $K_p=3,5$.

ГӨЗ қайталама кернеу шиналарындағы ҚТ кезіндегі трансформатор тізбегінің жиынтық кедергісі:

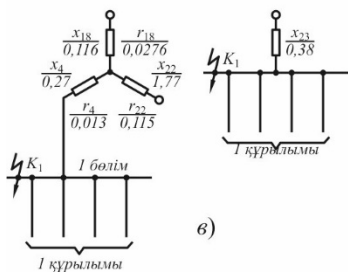
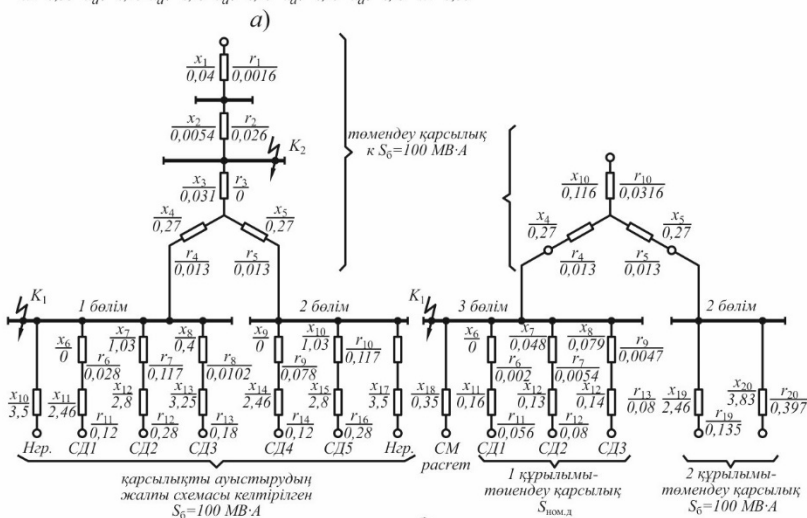
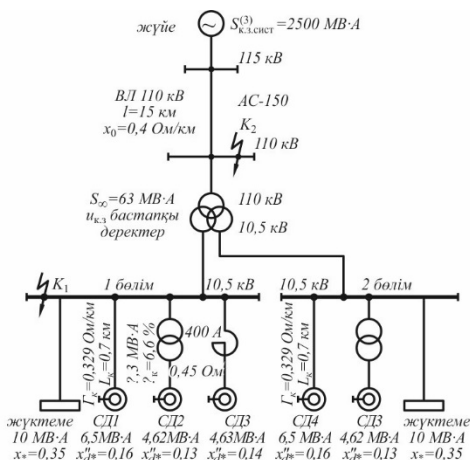
$$X_{т} = X_{в.т.2} + X_{н.т.1(н.т.2)}.$$

14.12. Электр қозғалтқышын ескергендегі кернеуі 6... 10 кВ желілердегі және құрылғылардағы ҚТ тоғын есептеу

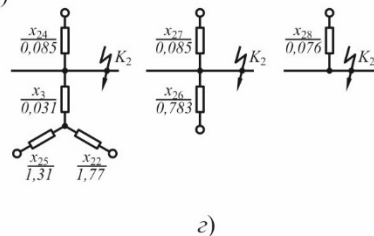
14.12.1. Жалпы мәліметтер

6 немесе 10 кВ кернеулердегі электрмен қамту жүйелерінде номиналды кернеулері 6 және 10 кВ синхронды және синхронды емес қозғалтқыштар бар. Бұл сорғыш және сығымдағыш станциялардың қозғалтқыштары, қозғалтқыш – генераторлар, және т.б.

ҚТ тоқтарын есептеу кезінде қозғалтқыштың толықтыру тоғы айтарлықтай болуы мүмкін. ҚТ орнына айтарлықтай жақын қосылған қозғалтқыштар ҚТ тоғының қорек көзі болып табылады.



б)



14.9- сурет. Кернеуі 110/10 кВ бағыныңқы станциялардағы ҚТ тоғын есептеуге алмастыру схемасы және есептік схема:

а – есептік схема; б – алмастырудың жалпы схемасы; в - K1 нүктесіндегі ҚТ тоқтарын есептеуге арналған алмастыру схемасы; г - K2 нүктесіндегі ҚТ тоқтарын есептеуге арналған алмастыру схемасы

Қозғалтқыштардың генераторларға бұл түрленуі, біріншіден, қозғалтқыш қапсырмаларындағы және ҚТ орнындағы кернеудің азаюы салдарынан, екіншіден, ҚТ режимінің пайда болуының алғашқы кезеңінде ротордың айналу инерциясының сақталуы салдарынан болады.

1 кВ жоғары кернеулі желілер мен қондырғылардағы қысқа тұйықталу токтарын есептеу кезінде, әдетте, қате орынға тікелей немесе кәбіл желісі арқылы немесе желілік реакторлар арқылы немесе екі шағын трансформатор арқылы қосылғанды ескеру қажет. Мысалы, 14.9 -суретте көрсетілген бағыныңқы станция схемасын К1 нүктесіндегі ҚТ кезінде 1 секцияға қосылған электр қозғалтқыштардың ғана тоғын ескерген жөн. 1 секциямен кернеуі 10 кВ тарамдалған орамды трансформатор орамы немесе трансформатордың 6...10 кВ кернеу жағындағы қосылған екі еселенген реактор орамасы арқылы Кі нүктесінде байланысқан 2 секциядағы электр қозғалтқыштарын ескермеуге болады.

14.12.2. 1 кВ жоғары кернеудегі синхронды қозғалтқыштардан ҚТ токтарын есептеу

Синхронды қозғалтқыш үшін жоғары өте күшті айнымалы э.қ.к. орташа мәні $E'' = 1,1$ және өте күшті айнымалы индуктивті кедергі $x''^* = 0,2$, сал.бірл .

ҚТ нүктесіне қосылған қозғалтқыштардың жиынтық қуаты n :

$$S_{\Sigma D} = n \frac{P_{уст}}{\cos \varphi} \quad (14.21)$$

мұндағы $P_{уст}$, $\cos \varphi$ – синхронды қозғалтқыштың номиналды мәні (бастапқы мәндер).

СҚ кедергісі келесі қатынастан анықталады:

$$x_{d*}'' = x_{d*}'' \frac{(U_{ср.н})^2}{S_{\Sigma D}} \quad (14.22)$$

Базистік шама ретінде номиналды тоқ алынған кездегі синхронды қозғалтқыштың ҚТ тоғының периодтық құрамдас бөлшегінің бастапқы шынайы мәні және СҚ кернеуі:

$$I_{п0д} = \frac{E'' I_{номСД}}{x_{d*}''} \quad (14.23)$$

Бағыныңқы станция жиналмалы шиналарына электр қозғалтқыш қосылған $x_{вн}^*$ сыртқы кедергіні ескергенде ,

$$I_{п0дК1} = \frac{E'' I_{номСД}}{x_{d*}'' + x_{вн}^*}. \quad (14.24)$$

14.12.3 Кернеуі 1 кВ жоғары синхронды емес қозғалтқыштардың ҚТ тоғын есептеу

Синхронды емес қозғалтқыштың базистік шама ретінде /ном.Ад номиналды тоқ қабылданғанда ҚТ тоғының периодтық құрамдас бөлшегінің бастапқы шынайы мәні және СЕҚ кернеуі:

$$I_{\text{п0д}} = \frac{E'' I_{\text{номАд}}}{x_*} \quad (14.25)$$

Бағыныңқы станция жиналмалы шиналарына электр қозғалтқыш қосылған $x_{\text{вн}}^*$ сыртқы кедергіні ескергенде :

$$I_{\text{п0дК1}} = \frac{E'' I_{\text{номАд}}}{x_* + x_{\text{вн}}^*}. \quad (14.26)$$

мұндағы E'' – синхронды емес қозғалтқыштың өте күшті айнымалы э.к.к. Жақындатылған есептеулерде бастапқы мәндер болмаған жағдайда $E'' = 0,9$ қабылдауға болады; x'' – СЕҚ өте күшті айнымалы индуктивті кедергісі, ол бастапқы тоқтың жиілігі бойынша анықталады: $x^* = T_{\text{номАд}}/T_{\text{пускАд}}$ толық кернеуден іске қосылғанда; $T_{\text{номАд}}$ – СЕҚ номиналды тоғы. $x_{\text{вн}}^* < (0,1 \dots 0,2) x^*$ кезде сыртқы кедергіні ескермеуге болады.

14.12.4. 1 кВ жоғары кернеулі синхронды және синхронды емес қозғалтқыштармен жасалған ҚТ тоғын есептеу

Синхронды және синхронды емес электр қозғалтқышының үш фазалы ҚТ соққы тоғы

$$i_{y,д} = k_{y,д} \sqrt{2} I_{\text{п0д}}, \quad (14.27)$$

мұндағы $k_{y,д} = 1 + e^{-1/T_a} = 1 + e^{-0,01/T_a}$

Егер сыртқы кедергі есепке алынбаса, онда синхронды емес қозғалтқыштар үшін $k_{y,д}$ мәні 14.2, ал синхронды – 14.3 кестеден алынады.

ҚТ нүктесіндегі периодтық және периодтық емес құрамдас бөлшектері периодтық және периодтық емес құрамдас бөлшектерінің қосындысымен анықталады.

Шығыстарындағы ҚТ кезіндегі синхронды емес қозғалтқыштардың соққы коэффициенттерінің мәндері

Параметрі	Келесі сериялы синхронды емес қозғалтқыштар үшін					
	А	АО	ДАЗО	АТМ	ВДД, ДВДА	ДАМСО
ку.д	1,56	1,49	1,50	1,67	1,66	1,55

ҚТ мен оның шығуындағы синхронды қозғалтқыштардың соққы коэффициенттерінің мәні

СҚ түрі	Синхронды қозғалтқыштың номиналды қуаты, МВт						
	1	2	4	6	8	10	12
СДН, ВДС, СТД	1,82	1,84	1,87	1,89	1,9	1,91	1,91
СТМ	1,83	1,87	1,91	1,92	1,925	1,93	1,94

ҚТ нүктесіндегі кезеңдік және кезеңдік емес құраушылары радиалды сұлбаның барлық тоқтарының кезеңдік және кезеңдік емес қосындыларымен анықталынады – қозғалтқыштар мен жүйелер, яғни ҚТ нүктесіндегі кезеңдік құраушысы кез-келген уақытта

$$I_{\Sigma t}^{(3)} = I_{nt}^{(3)} + \sum I_{п,дit} \quad (14.28)$$

ҚТ нүктесіндегі соққы тоғы жүйелер мен қозғалтқыштардың соққы тоқтарын қосындылау арқылы есептелінеді:

$$I_{y\Sigma}^{(3)} = I_{y.c}^{(3)} + \sum i_{y.д} = \sqrt{2k_{y.c} \left(I_{п0}^{(3)} \right)} + \sum k_{y.дi} \sqrt{2I_{п0дi}}. \quad (14.29)$$

14.13. Кернеуі 1 кВ-қа дейінгі желілер мен қондырғылардағы үш фазалы ҚТ тоғын есептеу

14.13.1. Жалпы мағлұматтар

Кернеуі 1 кВ-қа дейінгі электрмен жабдықтау нысандарының электрқондырғылары әдетте қуат көзін номиналды қуаты $5_{ном.т} = 25 \dots 2500$ кВАтүсіруші трансформаторынан алады.

Егер ҚТ қуаты трансформатордың жоғарғы кернеуі жағында болса $5_{кз.сист} > 25 \ 5_{ном.т}$, онда ҚТ тоғының кезеңдік құраушысы өзгеріссіз

болады. Көп жағдайларда бұл қатынас орындалады. Егер орындалмаса, жүйе кедергісінің өлшемі түсіруші трансформаторынан ең жоғарғы кернеуінің орамасының шығуындағы ҚТ қуатының мәнінде болады:

$$X_c = \frac{(U_{\text{ср.ном}})^2}{S_{\text{к.з.сист}}}, \quad (14.30)$$

мұндағы $U_{\text{ср.ном}}$ - 1 кВ дейінгі желінің орташа номиналды кернеуі.

$S_{\text{к.з.сист}}$ өлшемі бойынша мәліметтер болмаған жағдайда X_c мәнін, 1 кВ кернеуінен жоғары жеткізу желісінде $S_{\text{ном.отк}}$ орнатылған ажыратқышты өшірудің номиналды қуаты бойынша анықтауға болады:

$$X_c = \frac{(U_{\text{ср.ном}})^2}{S_{\text{ном.отк}}}, \quad (14.31)$$

1 кВ дейінгі желілерде ҚТ шектелмеген қуаттағы жүйеден қоректенеді, яғни ҚТ тоғының кезеңдік құраушысы ҚТ режимнің бар болуындағы барлық уақыт кезеңінде өзгеріссіз деп, қарастыруға болады:

$$I_{nt}^{(3)} = I_{\text{к.з}}^{(3)} \quad (14.32)$$

1 кВ дейінгі кернеуі бар қондырғылардағы ҚТ тоғын есептеулерде ескеру қажет:

Сымдардың, кабельдердің және шиналардың активті және индуктивті кедергілері (ұзындықтары 10... 15 м және одан жоғары); автоматты ажыратқыштардың ағытқыштарының тоқ текше орамсымдары; тоқ трансформаторларының көпорамдық бірінші оралуы; аппараттардың өтпелі байланыстары; қысқатұйықталған тізбектегі барлық элементтердің активті және индуктивті кедергілері;

ҚТ жеріндегі өтпелі кедергілер.

1 кВ дейінгі кернеуі бар қондырғылардағы үш фазалық ҚТ есептік орны – трансформатордың автоматты ажыратқышының тікелей сыртында.

1 кВ дейінгі кернеуі бар қондырғылардағы бірфазалық ҚТ есептік орны – трансформатордың ажыратқышымен қорғалған, шинасымның ақырғы орны.

1 кВ дейінгі кернеуі бар қондырғылардағы тізбектің көрсеткіштерін және ҚТ тоқтарын есептеу атаулы бірлікте жүргізіледі.

14.13.2. Кернеуі 1 кВ дейінгі бар қондырғылардағы ҚТ үш фазалық тізбегі элементтерінің кедергілері

1 кВ дейінгі кернеудегі желінің кедергісін МОм-да есептеген ыңғайлы.

Күштік трансформаторлар

$$Z_T = \frac{(U_{к.з}/100)U^2}{S_{ном.т}}; \quad R_T = \frac{\Delta P_{к.з} U^2}{S_{ном.т}}; \quad X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2}. \quad (14.33)$$

Тоқсымының кедергісі (шина) трансформатордан автоматты ажыратқышқа дейін: шамамен $X_{ш} = 0,5$ мОм; $X_{ш} = 2,25$ мОм.

14.4 ... 14.6 кестелерінде кедергілердің шамалық мәндері көрсетілген X_a , R_a автоматты ажыратқыштардың максималды тоғының ағытқыш текше орамсымдары, R_a байланыс кедергісінің активті өтпесі, алғашқы кедергілер $X_{т.т}$, $R_{т.т}$ 1 дәлдік класындағы тоқ трансформаторының орамасы.

Шинасымдардың және кабельдердің кедергілері 12-ші тарауда көрсетілген.

ҚТ үш фазалы тізбектің қосынды кедергісі трансформатордың автоматты ажыратқышының сыртында:

$$Z_{\Sigma}^{(3)} = \sqrt{\left(R_{\Sigma}^{(3)}\right)^2 + \left(X_{\Sigma}^{(3)}\right)^2}; \quad (14.34)$$

$$R_{\Sigma}^{(3)} = R_T + R_{ш} + R_a + R_k + R_{т.т};$$

$$X_{\Sigma}^{(3)} = X_c + X_T + X_{ш} + X_a + X_{т.т}.$$

Егер, 1кВ дейінгі кернеудегі желінің қандай да бір кез келген нүктесінде ҚТ тоғынанықтау керек болса, онда ҚТ аталған нүктесіне дейін қосынды кедергіге кабельдердің және шинасымдарының кедергілерін қосу қажет.

14.4-кесте

1 кВ дейінгі кернеуі бар автоматты ажыратқыштардың максималды тоғының ағытқыш текше орамсымының кедергілерінің шамалық мәндері

Ағытқыштың номиналды тоғы расцепи-	100	140	200	400	600
ХЕ, мОм	0,86	0,55	0,28	0,10	0,094
Ла (65 °С кезінде),	1,8	0,74	0,36	0,15	0,12

14.5-сызба

Як байланыс аппараттарының өтпелі активті кедергілерінің шамалы мәндері , мОм

Аппараттың номиналды тоғы , А	50	100	200	400	600	1000	1600
Автомат	1,3	0,75	0,6	0,4	0,25	—	—
Өшіргіш	—	0,5	0,4	0,2	0,15	0,08	—
Айырғыш	—	—	—	0,2	0,15	0,08	0,02

Тоқ трансформаторының алғашқы орамының кедергісі (1 класс дәлдігі)

ТТ трансформациясының коэффициенті	100/5	150/5	200/5	300/5	400/5	500/5
X _{тт} , мОм	2,7	1,2	0,67	0,3	0,17	0,07
R _{тт} , мОм	1,7	0,75	0,42	0,2	0,17	0,05

14.13.3 Кернеуі 1 кВ-қа дейінгі желілер мен қондырғылардағы үш фазалы ҚТ тоғын есептеу

Үш фазалы ҚТ тоғын жинаушы кезеңінің тікелей асинхронды қозғалтқыштарға қосылған әсерін ескермеудің әрекеттегі мәндері:

14.7. Кесте

0,38 кВ кернеуіндегі тізбектегі ҚТ үш фазалық тоғы /к(3) (кА) ҚТ трансформатордың сыртында болғанда (кабельдің ұзындығы 0 м) және 50 м қашықтығында

трансформатордың номиналды қуаты, кВА	0 м	50 м		
		Кабельдің алюминий тарамы қимасының ауданы		
		150 мм ²	95 мм ²	50 мм ²
400	9,8	7,3	6,7	5
630	15	10	8,2	5,6
1000	22,5	12	9,3	6
1600	34,3	14,8	11	7
2500	48	15,5	11,5	7,1

$$I_{к.3}^{(3)} = \frac{U_{ср.ном}}{\sqrt{3}Z_{\Sigma}^{(3)}} \quad (14.35)$$

Жүйеден үш фазалы ҚТ соққы тоғы

$$i_{y.c}^{(3)} = \sqrt{2k_{y.c}I_{к.3}^{(3)}}, \quad (14.36)$$

мұндағы $k_{y.c}$ - 14.1 кестесінен алынатын, соққы коэффициенті.

Трансформатордан 100 м артық қашықтыққа алыстатылған магистралдық шинасымының ҚТ кезінде, қу с мәнін бірге тең деп қабылдайды.

ҚТ орнына тікелей жалғанған, асинхронды қозғалтқыштың ҚТ тоғы, тек ҚТ соққы тоғын анықтада ғана ескеріледі.:

$$\sum i_{y.l} \approx 6,5 \sum i_{\text{ном.д}}, \quad (14.37)$$

мұндағы $2!_{\text{ном.д}}$ – біруақытта жұмыс істеп тұрған қозғалтқыштардың қосынды номиналды тоғы.

$$I_{\text{ном.д}} = \frac{P_{\text{ном.д}}}{\sqrt{3} U \eta \cos \varphi}, \quad (14.38)$$

мұндағы $D_{\text{ном.д}}$, P , $\cos \varphi$ – номиналды қуат, ПӘК, ққозғалтқыш қуатының коэффициенті.

Қосынды соққы ток

$$I_{y\Sigma}^{(3)} = I_{y.c}^{(3)} + \sum i_{y.д}. \quad (14.39)$$

Үш фазалы ҚТ тоғының кезеңдік құраушысының өлшемдерін есептеудің дұрыс орындалғанын шамалау үшін 14.7 кестесінде 14.7 Ікз(3) мәндері көрсетілген, 0,38 кВ КТП трансформаторының кернеуі сыртындағы аппараттың үш фазалы ҚТ және үш фазалы ҚТ 50 м КТП қашықтықта алюминий тарамдарының әртүрлі қималарымен желісінің кабельдерінде.

14.14. Кернеуі 110 және 220 кВ желіде және қондырғыларда симметриялы емес ҚТ тоғының есептемесі

14.14.1. Жалпы мәліметтер

Кернеуі 110, 220 кВ жүйелерде, тікелей жерлендірген бейтараптары бар немесе, индуктивті кедергілер арқылы салыстырмалы аз жерлендіргендер, ҚТ симметриялы емес орыны болуы мүмкін, оның негізгі түрі болып жердегі бірфазалық ҚТ болады.

Бірфазалы ҚТ кезіндегі симметриялы үш фазалы тізбектерде орын ауыстыру сұлбасын тура қосуды құрайды, кері және нөлдік

реттілікте. Тура реттіліктегі сызба симметриялы үш фазалы ҚТ құрастырылады, кері реттіліктегі сызба тура реттіліктегі сызба секілді ұқсас болады.

Нөлдік реттіліктегі тоқтардың айналма жолы, тура және кері реттіліктегі тоқтың өтетін жолынан бөлек ажыратылады. Нөлдік реттіліктегі ток бірфазалық ток болып табылады, үш фаза арасында тарамдалған және жер арқылы және тізбекке параллель қайтарылатын. Нөлдік реттіліктің сұлбасы едәуір түрде сұлбаға қатысатын трансформаторлар мен автотрансформаторлардың орамдарын байланыстырумен анықталынады. Нөлдік реттіліктің сұлбасын құрастыруда, ереже бойынша, симметрия болмай кеткен жерден бастау керек, осы нүктеде барлық фазалар бір-бірімен қысқа тұйықталған деп және нөлдік кедергінің кернеуі салынған деп санау керек. Нөлдік реттіліктің кернеуі жерге қатысты сыйымдылық өткізгіштігі жоқ болғанда, тоқтардың айналымы үшін нөлдік реттілік қажет, тым болмағанда, бір жерлендірілген бейтарап байланысқан электр тізбегі салынған кернеу жерінде. Бірнеше жерлендірілген бейтарап кезінде бұл тізбекте бірнеше параллель контурлар жаслынады нөлдік реттіліктегі тоқтар үшін.

14.14.2 Кері және нөлдік реттіліктегі кедергі

Трансформаторлар, ауа және кабель желілері және реакторлар үшін кері реттіліктің индуктивті кедергілері тра реттіліктің кедергілеріне тең болады.

Синхронды машиналардың кері реттілік индуктивті кедергісі тура реттіліктегі кедергіге тең емес және каталогтік мәліметтер бойынша қабылданады. Асинхронды қозғалқыштар үшін кері реттіліктегі индуктивті кедергіні келесідей есептеуге болады

$$x_{AD2*} = x_*'' = I_{номAD} / I_{пускаD}$$

Ауыстыру сұлбасы элементтерінің нөлдік реттіліктегі X_0 индуктивті кедергілері

Элемент		X_0
Электр берудің ауа желілері	Арқансыз біртізбектегі желілер немесе болат арқандарымен	3,5 X1
	Түсті металлдардан жасалған бірфазалық жақсы жерлендірілген желілер үшін арналған арқандар және ҚТ екі жағынан да жерге жерлендірілген	2,0 X1
	Арқансыз екітізбекті желілер үшін немесе болат арқандармен	5,5 X1
	Екітізбекті желілер үшін жақсы жерлендірілген түсті металлдардан жасалған арқандарымен және ҚТ тізбегінің жерге екі жағынан да жерлендірілуі	3,0 X1
Кабель желілері	Үштарамды кабельдер үшін шамалап есептеуде	(3,5...4,6) X1
	Төрт тарамды кабельдер үшін Шиналар мен аппараттар үшін	$X_0 \ll 2,5X1$; $R_0 \ll R$ $X_0 \ll 2X1$; $R_0 \ll R1$
Трансформаторлар	Орауларды қосудың сұлбасында Д/Ун	$(Z_{0r}/Z_{1x})=0,7... 1,0$; $(r_{0x}/R_{1x}) = 1$
	Орауларды қосудың сұлбасында Y/Үн	$(Z_{0x}/Z_{1x}) = 5... 10$; $(R_{0x}/R_{1j}) = 10...16$

$x_{H2}^* = 0,35$ жалғанған, толық қуаттылық жүктемесіне және сол сатының орташа номиналды кедергісіне жататын жалпыланған жүктеменің кедергісі.

Кедергі, ол арқылы генератордың бейтараптығы, трансформатордың, жүктеменің жерлендіргені үш еселеніп нөлдік реттіліктегі сұлбасына енгізілуі тиіс. Өйткені, нөлдік реттіліктің сұлбасын бір фаза үшін ғана құрады, ал көрсетілген кедергі арқылы барлық үш фазаның қосынды токтары өтеді.

14.8 кестесінде электрмен жабдықтау жүйесінің элементтері үшін нөлдік және тура реттіліктің кедергілерінің қатынасы келтірілген.

14.15. Кернеуі 0,38 кВ шинасымының соңғы нүктесіндегі бірфазалы ҚТ тоғын есептеудің тәртібі

Кернеуі 1 кВ дейінгі бірфазалы ҚТ есепті нүктесі – аталған ажыратқышпен қорғалған, шинасымының соңғы нүктесі, өйткені шинасымының негізгі бөлігіндегі автоматты ажыратқыштың ағытқышының тоғын тағайындауды таңдау үшін, ең аз мүмкін аталған желідегі бірфазалы ҚТ тоғын анықтау қажет.

Есептеудің тәртібі.

14.9 Кесте

Бір фазалы КЗ элементтердің тежегіштігі	Белсенді кедергі	Реактивті кедергі
Трансформатор, Y/Yн	$R_T^{(1)} = (12 \dots 18)R_{1T}$	$X_T^{(1)} = (7 \dots 8)X_{1T}$
Трансформатор, A /YII	$R_T^{(1)} = 3R_{1T}$	$X_T^{(1)} = 3X_{1T}$
Төртжелілі кабель	$R_T^{(1)} \approx R_{1к}$	$X_k^{(1)} \approx 4,5X_{1к}$
Шиналар	$R_{ш}^{(1)} \approx 3R_{1ш}$	$X_{ш}^{(1)} \approx 4X_{1ш}$
Шинаөткізгіштер ШМА	$R_{ШМА}^{(1)} \approx 3R_{1ШМА}$	$X_{ШМА}^{(1)} \approx 4X_{1ШМА}$
Автоматты Сөндірушілер	$R_a^{(1)} = 3R_{1a}$	$X_a^{(1)} = 4X_{1a}$
Контакттар	$R_k^{(1)} = 3R_{1к}$	—

ҚТ бірфазалық тізбегін ауыстырудың сұлбасын құрау қажет, оған келесі элементтердің кедергілері кіреді: фазалық сым, ҚТ орнындағы өтпелі кедергісі, параллель жерлендірілген өткізгішіне қосылған кері сымның кедергісі (немесе төртінші) және қоректендіретін трансформатордың бейтарап жерлендіруінің жайылып кетпеу кедергісі.

Тура, кері және нөлдік элементтер реттілігіндегі активті және реактивті кедергілерді анықтау: $R_1, X_b, R_2, X_2, R_0, X_0$.

Элементтердің кедергілерін және шинасымының ақырғы нүктесіндегі ҚТ бірфазалық тізбегін анықтау (кесте 14.9).

Шинасымының соңғы нүктесіндегі ҚТ бірфазалық тізбегіндегі активті және реактивті қосынды кедергілері:

$$R_{\Sigma}^{(1)} = R_{\tau}^{(1)} + R_{\text{ш}}^{(1)} + R_{\text{а}}^{(1)} + R_{\text{к}}^{(1)} + R_{\text{шМА}}^{(1)};$$

$$X_{\Sigma}^{(1)} = X_{\tau}^{(1)} + X_{\text{ш}}^{(1)} + X_{\text{а}}^{(1)} + X_{\text{к}}^{(1)} + X_{\text{шМА}}^{(1)}.$$

ҚТ бірфазалық тоғының кезеңдік жиналу мәнін есептеу. Бейтараппен тікелей жерлендірілген желілерде (сондай-ақ, кернеуі 380/220 В желілерде) ҚТ бірфазалық тоғы келесі формуламен анықталынады.

$$I_r^{(1)} = \frac{\sqrt{3}U_{\text{НОМ}}}{Z_{\Sigma}^{(1)}}, \quad (14.40)$$

$$\text{мұнда } Z_{\Sigma}^{(1)} = \sqrt{\left(R_{\Sigma}^{(1)}\right)^2 + \left(X_{\Sigma}^{(1)}\right)^2}. \quad (14.41)$$

$$R_{\Sigma}^{(1)} = R_{\Sigma 1}^{(1)} + R_{\Sigma 2}^{(1)} + R_{\Sigma 0}^{(1)}; \quad X_{\Sigma}^{(1)} = X_{\Sigma 1}^{(1)} + X_{\Sigma 2}^{(1)} + X_{\Sigma 0}^{(1)},$$

мұндағы $R_{\Sigma}^{(1)}$, $X_{\Sigma}^{(1)}$, $R_{\Sigma 2}^{(1)}$, $X_{\Sigma 2}^{(1)}$, $R_{\Sigma 0}^{(1)}$, – сәйкесінше тура, кері және нөлдік реттіліктегі фаза нөл ілгегінің активті және реактивті кедергілері.

14.16. ҚТ тоғының электродинамикалық және термиялық әсері

14.16.1. ҚТ тоғының электродинамикалық әсері

Қазіргі заманғы қуатты электр қондырғыларында ҚТ соққы тоқтары өте үлкен мәнге жетеді. Мұнда жекелеген машиналардың, аппараттардың және бөлгіш құралдардың элементтерінің тоқ жүретін бөліктерінде пайда болатын механикалық күшейткіштер едәуір бұзылуларға алып келуі мүмкін.

Сондықтан, электр қондырғыларының сенімді жұмыс жасауы үшін оның барлық элементтері соққы тоғы пайда болатын максималды механикалық кедергілерге қарсы жеткілікті динамикалық тұрақтылыққа болу қажет.

Био-Савара заңынан шығатын, (1 см-ге) екі тоқ жүргізетін параллель сымдар арасындағы күшейткіш келесі өрнек арқылы анықталынуы мүмкін:

$$F^{(3)} = 2,04 \frac{i_{12}}{d} 10^{-7}, \quad (14.42)$$

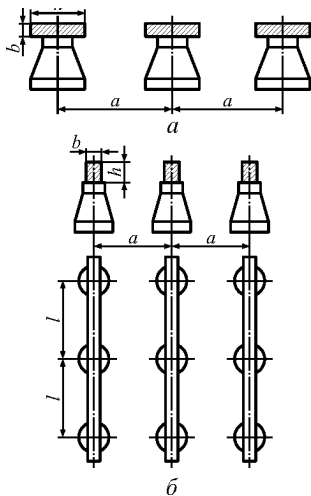
мұндағы i_1, i_2 – екі өткізгіш арқылы жүретін тоқ, А; d – өткізгіштер өстерінің арасындағы қашықтық, м.

Бірдей тоқ бағыттарында пайда болатын күшейткіш өткізгіштерді жақындатқылары келеді және әртүрлі бағытта – өткізгіштерді екіге бөледі.

Егер, үш шинасы бар шина конструкциясын қарастырсақ, онда максималды кернеуді анықтау үшін шинаның материалында және максималды күшейткіштерде тіректі изоляторларға қатысты орта шина жұмысының жағдайынан шығу қажет. Оған қоса, максималды күшейткіш, ҚТ үш фазалық кезеңдік құраушысының лездік мәні бірде-бір фазадағы амплитудалық мәніне тең болмаған кезде пайда болатынын ескеру қажет. Максималды күшейткіш, А фазасының фазалық бұрышы 75° болған сәтте пайда болады.

Сондықтан да, бір жазықтықта орналасқан шиналардың орташа фазадағы шинаға әсер ететін ең үлкен күші мұндағы L – шиналар арасының ұзындығы, м.

$$F_{max}^{(3)} = 2,04 \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{(i_e^{(3)})^2 L}{d} 10^{-7} = 1,76 \frac{(i_y^{(3)})^2 L}{d} 10^{-7} \quad (14.43)$$



14.10-сурет. Изоляциядағы шиналардың орналасулары: а - жалпағынан; б - қырынан

Бірқалыпты көпаралықты бөренемен жүктелген шинаны қарастыра отырып, соққы тоғымен жасалынатын иілу кезін аламыз,

$$M = (F_{max}^{(3)} L) / 10. \quad (14.44)$$

Онда металлдағы иілу кезіндегі ең үлкен механикалық кернеу (МПа):

$$\sigma = \frac{M}{W} = 1,76 \frac{(i_y^{(3)})^2 L^2}{dW} 10^{-3} \quad (14.45)$$

мұндағы W - кедергі моменті, см³.

Шиналардың жалпағынан орналасуы кезінде (сурет а):

$$W = bh^2 / 6. \quad (14.46)$$

Шиналардың қырынан орналасуы кезінде (сурет б):

$$W = bh^2 / 6. \quad (14.47)$$

Бөлу құралдарының конструкциялары, әдетте резонанстықтан ажыратылатын, өзіндік тербелістердің $\pm(10... 15)\%$ жиілігін қамтамасыз етеді.

14.16.2. ҚТ тоғының термиялық әсер етуі

ҚТ тоғы, қондырғылардың жекелеген элементтері арқылы өте отырып, қосымша қызып кетуді туғызады және сонымен оның температурасының жоғарлауына алып келеді. ҚТ тоғының өтуі әдетте аз уақыт аралығында өтетін болғандықтан (бірнеше секундтан артық емес), әртүрлі тоқ өткізгіш бөліктері мен элементтерінде жұмыс режимі үшін орнатылған температураның кейбір жоғарлауы рұқсат етіледі.

Әрине, ҚТ кезіндегі температураның жоғарылауы анықталынған шектен шықпау қажет, өйткені керісінше болған жағдайда изоляция бұзылып және тоқ өткізгіш бөліктері бүлінуі мүмкін.

ҚТ тдоп кезіндегі элементтердің шекті температуралары, °С:

Мыс шиналары.....	300
Алюминий шиналары.....	200
Қағазбен сіңірілген оқшау сымдар:	
до 10 кВ.....	200
20...220 кВ.....	150
Кабельдер мен оқшаландырылған сымдар:	
поливинилхлоридті және резеңке оқшаулауы.....	150
полиэтиленді оқшаулауы.....	120
Алюминийлі оқшауланбаған сымдар.....	160... 200

ҚТ 'к тоғының өтуінің нақты уақытында қорғаныс 'защ іс-әрекетінің қосынды уақытын және ажыратқышты өткізгіштен 'св өшірудің өзіндік уақытын қабылдайды:

$$t_K = t_{\text{защ}} + t_{\text{с.в.}} \quad (14.48)$$

'к уақытында шыққан жылудың мөлшерінің өлшемі болып жылу импульсі табылады

$$t_{\text{пр}} = \int (I_{\text{пт}})^2 dt. \quad (14.49)$$

Тоқ өткізгіш бөліктерді термиялық тұрақтылыққа тексерген кезде, келтірілген 'пр уақыт деген түсінікті қолданады, оның ішінде орнатылған тоқ ҚТ $I_{\text{кз}}$, ҚТ $I_{\text{а}}$ t анықталынған уақыт 'к аралығындағы уақыт бойынша өзгертін тоқ секілді, сондай жылу мөлшерін береді:

$$t_{\text{пр}} = \frac{\int (I_{\text{нт}})^2 dt}{(I_{\text{к.з}})^2}. \quad (14.50)$$

Жылу импульсі ҚТ түріне және есепті сұлбасына байланысты есептелінеді. Қозғалтқышы жоқ аралық станциядағы ҚТ үшін, трансформатор сыртында, 6 ... 10 кВ кернеуіндегі РУ, 1 кВ дейінгі кернеудегі желіде (ҚТ алыстатылған) ҚТ кезеңдік тоқ құраушысы уақыт бойынша өзгеріссіз және $I_{\text{к.з}}$, а $t_{\text{пр}} = t_{\text{к}}$ тең болады.

ҚТ толық тоғынан жылу импульсі (кезеңді емес құраушыны ескерумен):

$$B_{\text{к}} = I_{\text{к.з}}^2 [t_{\text{к}} + T_{\text{а}}(1 - e^{-2t/T_{\text{а}}})], \quad (14.51)$$

мұндағы $T_{\text{а}} = X_{\text{к}}/(314 \cdot \omega)$ – қысқа тұйықталу тоғын құраушы кезеңді емес өшірудің тұрақты уақыты, әдетте 0,005... 0,2 с тең болады.

$t_{\text{к}}/T_{\text{а}} > 1...2$ болғанда

$$B_{\text{к}} = I_{\text{к.з}}^2 [t_{\text{к}} + T_{\text{а}}]. \quad (14.52)$$

14.17. ҚТ тоғын шектеу тәсілдері

ҚТ кедергісі және тоқтардың деңгейі апатты режимдердегі электр жабдықтарының күтілетін жұмыс жағдайларын сипаттайды. Олар, шиналардың, сымдардың және кабельдердің қимасын таңдауды, аппараттардың коммутациялық қабілетін өшіретін, тоқ өткізгіш бөліктердің және электр жабдықтары конструкцияларының электродинамикалық және термиялық тұрақтылығын анықтайды.

Электр жабдықтарының жүйесін жобалау кезінде тоқ және кедергі деңгейлерін шектеудің техника-экономикалық міндеттері шешіледі

Электр жабдықтарының рұқсат етілетін көрсеткіштерінің ҚТ мәндеріне дейін, экономикалық қолдану тиімді. Электр энергиясының жаңа көздерін қосуды дамытумен ілесетін, электр жабдықтары жүйесін пайдалану үрдісінде ҚТ кедергісі мен тоқ деңгейін шектеу туралы мәселе пайда болады, егер олар орнатылған электр жабдығының техникалық көрсеткіштерінен жоғары болатын болса. Оны шешу кезінде, ҚТ тоқтарын шектеу мен ҚТ тізбегінің кедергісін жоғарылатуға байланысты бағытталған әртүрлі шараларды пайдаланады, оны қоректендіру көздерінің апатты режимінде оқшаулау, $t < 5$ мс уақытында зақымдалған электр жүйесін өшіру.

Мұндай тәсілдерге келесілер жатады:

Электр жабдықтары жүйесінің элементтерін электрлік қосу сұлбасы мен құрылымын таңдау;

электр жүйесін стационарлық және автоматтық бөлу;

оны пайдаланудың режимін таңдау;

коммутация сұлбасын таңдау;

жоғары электр кедергісі бар жабдықтарды қолдану, тезәрекет ететін коммутациялық аппараттарды пайдалану;

жүйе элементтерінің бейтарап режимдерін өзгерту.

Электрмен жабдықтау сұлбасын құру кезінде электр энергиясын бөлудің барлық сатысын секциялау мен бөлу жұмыстары қамтамасыз етілуі қажет. Мұндай электрмен жабдықтау жүйесін құру ҚТ тоғының желімен өту электр кедергісін арттыруға, апаттың өршуінің алдын алу және ҚТ орынын оқшаулауға мүмкіндік береді.

Жоғары индуктивті кедергісі бар электр жабдықтарын қолдану жалпыжелілік, сондай-ақ арнайы элементтерді орнатуды қарастырады. Арнайы электр жабдықтарына екінші кернеу орамымен жарықшақтандырылған трансформаторлар, жалқы және қосарланған реакторлар және т.б. жатады.

Коммутациялы аппараттардың тоғыншектеуші әрекеттер ток өзгерісінің шамалас кезеңінде тез әрекет етуде пайда болады. Мұнда олар амплитуда бойынша және ҚТ тоғын өшірудің ұзақтылығына әсер ететін функциясын атқарады. Мұндай аппараттар ретінде инерционды емес қорғағыштар, мәжбүрлі коммутациялы тиристорлы ажыратқыштар қолданулары мүмкін, сондай-ақ 1 кВ кернеуге дейінгі автоматтардың кейбір түрлері.

Өткізгіш контурында өтетін, ҚТ тоғының мәндерін өзгертудің өте маңызды факторы – электр желісінің бейтарап режимін өзгертетін жер. Тізбек арқылы қосымша кедергілермен элементтердің бейтараптарын жерлендіру, нөлдік реттіліктің эквивалентті кедергісін өзгертуге алып келеді.

15 Тарау

КЕРНЕУІ 1 Кв ЖОҒАРЫ НЫСАНДАРДЫҢ ЭЛЕКТРМЕН ЖАБДЫҚТАУ ЖҮЙЕСІНІҢ ӨТКІЗГІШТЕРІ МЕН АППАРАТТАРЫН ТАҢДАУ

15..1. Жалпы мағлұматтар

Алғы тізбектің аппараттары мен өткізгіштері келесі талаптарды

қанағаттандырулары тиіс:

Қоршаған ортаға және орнатылу түріне сәйкес;

ұзақ режимде сенімді жұмыс жасаудың оқшалауының керекті беріктілігінде және қысқа уақыттық тоқтың күшеюінде;

ұзақ режимді тоқпен рұқсат етіп жылыту; қысқа тұйықталу режимінің тұрақтылығында;

техника-экономикалық тиімділік; жеткілікті механикалық беріктік;

қалыпты және апаттан кейінгі режимдерден болатын шекті жоғалтулар;

кернеуі 35 кВ және одан жоғары өткізгіштердің тәждену үшін шекті жоғалтулары.

Қоршаған ортаға және орнатылым түріне сәйкес. Жұмыс кернеуіне сәйкес өткізгіштер мен аппараттардың оқшаулауы қалыпты және жеңілдетілген болуы мүмкін.

Оқшаулаудың тиімді түрін таңдау үшін орнатудың түрін ескеру қажет (бөлмеде, ашық ауада, жерде, суда), қоршаған ортаның температурасын, оның ылғалдылығы мен ластануын, теңіз деңгейінен жабдықтың орнатылу биіктігін.

Ұзақ режимде сенімді жұмыс жасауға керекті оқшауланған беріктік және қысқа уақыттық тоқтың күшеюі. Электрмен жабдықтаудың номиналды кернеуі ином.э, оның зауыттық тақтайшасында көрсетілген, оның оқшаулану деңгейіне сәйкес келеді, бұған қоса ылғида оның электр беріктігінің қалыпты қоры болады, ол аппаратқа шектеусіз ұзақ уақытқа дейін 10...15 % және одан жоғары номиналды кернеуінде жұмыс жасауға мүмкіндік береді. Бұл кернеуді электрмен жабдықтаудың номиналды жұмыс кернеуі деп айтады. Өйткені пайдалану жағдайында кернеудің ауытқуы әдетте Сному жабдықтың номиналды кернеуінен 10...15 % аспайды, онда жабдықты кернеу бойынша таңдауда Сном.у — Сном.э жағдайын сақтасақ жеткілікті болғаны.

Электр жабдығын таңдаудың басқа да жағдайларын қарастыру әр түріне байланысты жеке қарастырылған.

Аппараттардың номиналды көрсеткіштері, анықтамаларда көрсетілген, қоршаған ортаның $U_q - 40^{\circ}\text{C}$ және $i0_{cp} < 35^{\circ}\text{C}$ орташа тәуліктік температурасына сәйкес келеді. Теңіз деңгейінен 1000 м артық емес биіктікте.

Көптеген аппараттарға тоқпен номиналдытан артық жүктеу рұқсат етілмейді, егер, қоршаған ортаның температурасы берілген аппарат үшін есептікке тең болатын болса. Егер, қоршаған ауаның максималды температурасы есептіктен аз болса (35°C аз), онда жоғарывольтті ажыратқыштардың, айырғыштардың және трансформатор

тоқтарының жұмыс тоғын 35°C температурасынан төмен әрбір төмендеу градусына байланысты 0,5% арттыруға болады 35°C, бірақ 20% артық емес болу тиіс.

15.2. Кернеуі 1... 220 кВ ажыратқыштарын таңдау және тексеру

Ажыратқыштарды тоқ пен кернеудің номиналды мәндері бойынша, орнатудың түріне және жұмыс жағдайларына байланысты, конструкциялық орындалуы және коммуникациялық қабілетіне байланысты таңдайды. Таңдалынған ажыратқыштарды ҚТ өтпе тоғы арқылы тұрақтылыққа тексереді.

Анықтамаларда ажыратқыштардың ішкі және сыртқы орнатуларының келесі техникалық көрсеткіштері келтіріледі: түрі, конструктивті орындалуы, номиналды кернеуі $U_{ном.в}$, ең үлкен жұмыс кернеуі, номиналды тоқ /номв, ҚТ кезіндегі шекті өтпе тоғы (кезеңдік құраушының әрекеттегі мәндері және амплитудалық мәндері $I_{гдин}$), термиялық тоқтың шекті тоғы $I_{тер.в}$, термиялық тұрақтылықта өтетін тоқтың уақыты $t_{тер}$, өшіргіштің номиналды тоғы /ном.отк, автоматты қайта қосылу кезіндегі минималды тоқсыз үзіліс (0,4...0,5 с), жетектегі ажыратқыштың өзіндік қосылуының уақыты $t_{собственное}$ $t_{с.в}$, ажыратқыштың салмағы (90...27000 кг), жетектің түрі.

Ажыратқыштарды таңдау келесі көрсеткіштер бойынша таңдалынады.

1. Номиналды кернеу бойынша

$$U_{ном.в} \geq U_{ном.у}. \quad (15.1)$$

2. Ұзақ режим ағынына байланысты

$$I_{ном.в} \geq I_{па}, \quad (15.2)$$

ұзақ режимдегі есепті тоқ ретінде апаттан кейінгі $I_{па}$ режимдегі тоқты қабылдайды.

Апаттан кейінгі (тездетілген) режим параллельді жұмыс жасап тұрған тізбектің біреуінің өшуі кезінде пайда болады.

3. Өшіру қабілеті бойынша:

ҚТ есепті тоғының кезеңдік құраушысын өшіруде

$$I_{ном.отк} \geq I_{пт}, \quad (15.3)$$

мұндағы $I_{пт}$ – ҚТ тоғының кезеңдік құраушы әрекет мәнінің ажыратқыш байланысымен айырылыс болған кезіндегі мәні;

$$\sqrt{2I_{\text{ном.отк}} \left(1 + \frac{\beta_{\text{ном}}}{100}\right)} \geq \sqrt{2I_{\text{пт}}} + I_{\text{пт}}, \quad (15.4)$$

ҚТ есепті тоғын толық өшіруге (кезеңдік және кезеңдік емес құраушылардың қосындысы)

мұндағы $I_{\text{ном.отк}}$ – ажыратқышты өшірудің номиналды тоғы; $R_{\text{ном}}$ – өшірілетін токтың асимметрия дәрежесі, яғни өшірілетін токтағы кезеңдік емес құраушысының құрылымындағы номиналды мәні, %; $\beta_{\text{ном}} = f(t)$

15.1 суретіндегі қисықпен анықталынады, егер $t \geq 0,08$ с, онда $\beta_{\text{ном}} = 0$; t – ҚТ бастап

өшірудің ең аз уақытынан доға сөндіргіш түйіспеге дейінгі ажыратылу сәтіне дейін, $t = t_{\text{с.в}} + t_{\text{защ}}$, мұнда $t_{\text{защ}} = 0,01$ с – қорғаныстың әсер етуінің минималды уақыты, $t_{\text{с.в}}$ – жетектегі ажыратқыштың өшуінің өзіндік уақыты, $I_{\text{ат}}$ – ҚТ тоғының құраушысының кезеңдік мәнінің ажыратқыш байланысының айырмашылық сәтінде.

Автоматты қайта қосылу бар болғанда – АҚҚ өшіру қабілетін төмендетеді, ол КАПВ коэффициентті енгізуді ескереді:

$$\sqrt{2I_{\text{ном.отк}} K_{\text{АПВ}} \left(1 + \frac{\beta_{\text{ном}}}{100}\right)} \geq \sqrt{2I_{\text{пт}}} + I_{\text{ат}} \quad (15.5)$$

Өшіру қабілеттілігін төмендет коэффициенті жуықтап көрсетіледі: ауа ажыратқыштары үшін $K_{\text{АПВ}} = 1$; майлы ажыратқыштар үшін $K_{\text{АПВ}} = 0,7$.

Орнату кернеуіндегі өшірудің есепті шекті тоғы $I_{\text{ном.у}}$, ажыратқыштың номиналды кернеуінен аз: $U_{\text{ном.в}} > U_{\text{ном.у}}$:

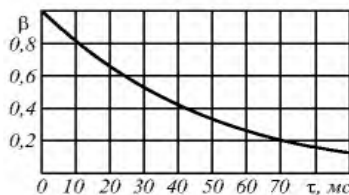
$$I_{\text{доп.отк}} \approx I_{\text{ном.отк}} \frac{U_{\text{ном.в}}}{U_{\text{ном.у}}} \quad (15.6)$$

Термиялық тұрақтылық

4. Жылуға төзімділік бойынша

$$I_{\text{терм.и}}^2 t_{\text{терм}} \geq B_{\text{к}}, \quad (15.7)$$

мұндағы $B_{\text{к}}$ – есепті жылу тоғының импульсі КЗ; $I_{\text{терм.в}}$ – термиялық тұрақтылықтың шекті тоғы, ажыратқышты өшірудің шекті тоғына тең; $t_{\text{терм}}$ – термиялық тұрақтылықтың өту тоғының уақыты, $t_{\text{терм}} = 4$ с при



15.1-сурет. Өшірілетін токтың асимметрия деңгейі

$U_{\text{ном.в}} — 35 \text{ кВ}, I_{\text{терм}} = 3 \text{ с при } U_{\text{ном.в}} \geq 110 \text{ кВ}.$

5. Электродинамикалық тұрақтылық бойынша

$$I_{\text{дин}} \geq i_{\text{уд}}, \quad (15.8)$$

мұнда $I_{\text{дин}}$ – динамикалық тұрақтылық тоғының амплитудалық мәні; $i_{\text{уд}}$ – ҚТ үш фазалық соққы тоғы.

Жүктеменің ажыратқыштарын таңдаудың негізгі шарттары (АЖТ) ажыратқыштардыкі сияқты болып келеді, бірақ та жүктеменің ажыратқышын тексерген кезде, өшірудің тоғы бойынша есепті ретінде ҚТ тоғы емес, ал тездетілген режимнің тоғы қабылданады.

15.3. Кернеуі 1 кВ жоғары қорғағыштарды таңдау мен тексеру

Қорғағыштарды конструктивті орындалуы бойынша, тоқ пен кернеудің номиналды мәндері бойынша, тоқ пен кедергінің шекті өшірулері, орнату түрі (сыртқы, ішкі) және, кейбір жағдайларда, желінің таңдау қорғанысын ескере отырып таңдайды.

Қорғағыштың номиналды кернеуі орнатудың (желінің) номиналды кернеуіне сәйкес келуі қажет. Кварц құмы бар тез әсер ететін қорғағыштар (КҚ түріндегі) ҚТ тоғын едәуір шектейді және тоқтың фазалық бұрышын активті доға кедергісінің көмегімен нөлге жеткізеді. Сондықтан да, оларды таңдауда ҚТ тоғының кезеңді емес құраушысын ескермейді.

Балқылмалы ендіріменің номиналды тоғын келесіде таңдау қажет, яғни ол тездетілген режимдегі максималды және шыңдағы тоқта еріп кетпеуі тиіс.

Таңдалған қорғағыштарды ҚТ өтпе тоғының көмегімен тексереді.

Қорғағыштың ұзақ уақыт режиміндегі бөліктерінің жылуының шекті температурасы $t_{\text{max}} = 105^\circ\text{C}$.

Анықтамаларда ішкі және сыртқы орнатулардың келесі техникалық мәліметтері келтірілген: сериясы мен түрі; номиналды кернеуі $U_{\text{ном.пр}}$; ең көп жұмыс кернеуі; қорғағыштың номиналды тоғы $I_{\text{ном.пр}}$; қорғағыш патронының номиналды тоғы $I_{\text{ном.п.пр}}$; балқылмалы ендіріменің номиналды тоғы $I_{\text{ном.вст}}$; өшірудің номиналды тоғы $I_{\text{н.о.пр}}$; қорғағыштың ең аз өшірілетін тоғы $I_{\text{нм.о.пр}}$; өшірудің шекті симметриялы үш фазалық кедергісі $5I_{\text{н.о.пр}}$.

Қорғағыштарды таңдау келесі көрестекіштер бойынша таңдалынады:

1. Номиналды кернеу бойынша

$$U_{\text{ном.пр}} \geq U_{\text{ном.у}} \quad (15.9)$$

2. ұзақ режим ағынына байланысты

$$I_{\text{ном.пр}} \geq I_{\text{ном.вст}} \geq I_{\text{па}} \quad (15.10)$$

3. өшірілетін қабілетіне байланысты

$$I_{\text{ном.отк}} \geq I_{\text{по}} \quad (15.11)$$

ҚТ есепті тоғының кезеңдік құраушысының өшіріліміне (15.11) мұндағы $I_{\text{по}}$ – ҚТ тоғының кезеңдік әрекеттегі алғы мәні.

15.4. Айырғыштар, бөлгіштер, қысқатұйықтағыштарды таңдау және тексеру

Айырғыштар мен бөлгіштерді конструкциялық орындалуы бойынша, тоқ пен кернеудің номиналды өлшемдері, орнатудың түріне (ішкі және сыртқы), ҚТ тоғының тұрақтылығына байланысты таңдайды. Қысқатұйықтағыштар қосылудың номиналды тоғымен сипатталады.

Анықтамаларда ішкі және сыртқы орнатуларға байланысты айырғыштар мен бөлгіштердің келесідей техникалық мәліметтері қарастырылған: түрі, үйектердің орындалуы, номиналды кернеу $U_{\text{ном.р}}$, айырғыштың номиналды тоғы $I_{\text{ном.р}}$, ҚТ гдин кезіндегі шекті өтпелі тоғының амплитудалық мәні, темиялық тұрақтылықтың шекті тоғы $I_{\text{терм.р}}$, термиялық тұрақтылық тоғының өту уақыты $t_{\text{терм}}$, айырғыштың массасы (50...1500 кг), жетектің түрі. Бөлгіштерге дәл сондай команда жетекшіге толық өшкенге дейінгі өшірудің толық уақыты келтіріледі (0,4... 0,6 с).

Айырғыштар мен бөлгіштерді таңдау келесі көрсеткіштер бойынша таңдалынады:

1. номиналды кернеу бойынша

$$U_{\text{ном.р}} \geq U_{\text{ном.у}} \quad (15.12)$$

2. ұзақ режимдегі тоқ бойынша

$$I_{\text{ном.р}} \geq I_{\text{па}} \quad (15.13)$$

3. термиялық тұрақтылық бойынша

$$(I_{\text{терм.р}})^2 t_{\text{терм}} \geq B_{\text{к}}, \quad (15.14)$$

$$t_{\text{терм}} = 4 \text{ с онда } U_{\text{ном.в}} \leq 35 \text{ кВ}$$

$$t_{\text{терм}} = 3 \text{ с онда } U_{\text{ном.в}} \geq 110 \text{ кВ}$$

4. *электродинамикалық тұрақтылық бойынша*

$$I_{\text{дин}} \geq i_{\text{уд}}, \quad (15.15)$$

Анықтамаларда сыртқы орнатылым бойынша қысқатұйықтағыштардың келесі техникалық мәліметтері көрсетілген: түрі, номиналды кернеу $U_{\text{ном.к.з}}$, ҚТ гдин кезіндегі өтпе шекті тоқтың амплитудалық мәні, термиялық тұрақтылықтың шекті тоғы $I_{\text{терм.к.з}}$, термиялық тұрақтылық тоғының өту уақыты $t_{\text{терм}}$, команданың берген кезінен байланысқа жанасу толық қосылғанына дейінгі уақыты $t_{\text{ком}}$ (0,16...0,35 с), қысқатұйықтағыштың массасы (40...250 кг), жетектің түрі.

Қысқатұйықтағыштар келесі көрсеткіштері бойынша өндіріледі:

1. *номиналды кернеуі бойынша*

$$U_{\text{ном.к.з}} \geq U_{\text{ном.у}}. \quad (15.16)$$

2. *Термиялық тұрақтылық бойынша*

$$(I_{\text{терм.р}})^2 t_{\text{терм}} \geq B_{\text{к}}, \quad (15.17)$$

3. *Электродинамикалық тұрақтылық*

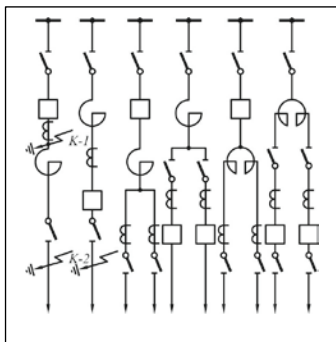
$$I_{\text{дин}} \geq i_{\text{уд}}, \quad (15.18)$$

15.5. Реакторларды таңдау және тексеру

Тоқтышектейтін реакторларды кернеудің номиналды мәніне, ток пен индуктивті кедергіге байланысты таңдайды, ҚТ кезіндегі электродинамикалық және термиялық тұрақтылыққа сәйкес тексереді. ҚТ тоғының оңтайлы мәнін экономикалық факторларды және қажетті электроэнергияны сапалы қамтамасыз етуді ескере отырып анықтайды (кенетауысу жүлқымалы жүктемесі кезіндегі кернеудің ауытқулары мен тербелісін шектеу). Қағида бойынша, электрмен жабдықтау жүйесіндегі ҚТ тоғы аппараттар мен сериялық өндірісті жетектерді қолдануға мүмкіндік беру қажет.

Реакторларды орнату орынына байланысты сызықтық, топтық және секциялық деп бөледі (сурет 15.2). Сызықтық реакторларды желі

жақтан, ажыратқыштан кейін орнатады. Бұған қоса, ажыратқыштың өшірілу қабілеті ҚТ кедергісіне байланысты таңдалынады, реактормен шектеліп.



15.2-сурет. сызықтық реакторларды қосудың қағидалық сұлбасы (жалқы және қосарланған)

Анықтамаларда жалқы реакторлардың келесі техникалық мәліметтері

келтіріледі: түрі; номиналды индуктивті кедергісі X_p , Ом немесе % (отн. ед.); фазаға келетін активті кедергінің номиналды жоғалтулары; табиғи салқындалу кезіндегі ұзақ шекті номиналды тоғы /ном.о.р (400 ...3200 А); электродинамикалық тұрақтылық гдин ҚТ тоғы бойынша; ҚТ тоғы бойынша термиялық тұрақтылық?терм = 8 с; габаритті өлшемдер: бетон бойынша сыртқы диаметрі (1430...2140 мм), высота (2 870 ...4 335); масса.

жалқы реакторының номиналды индуктивті кедергісі, $X_p\%$, X_p , Ом кезіндегі; $U_{ном.р}$, А;

$$X_p \% = X_p \frac{I_{ном.о.р} \sqrt{3}}{10 U_{ном.р}} \quad (15.19)$$

ином.р, кВ. Қалыпты режимдегі реактордың кернеуін жоғалту, %, номиналды кернеуге:

$$\Delta U \% = \frac{I_{ном.о.р}}{I_{нагр}} X \% \sin \varphi ; \quad (15.20)$$

мұндағы $I_{нагр}$ – реактор кернеуінің тоғы.

Құрастырылған шиналардың аралық станцияларында ҚТ кезіндегі қалдық кернеуі реактордан кейін шығарылатын желіде:

$$\Delta U_{ост} \% = \frac{I_{nt}}{I_{ном.о.р}} X_p \% ; \quad U_{ост} \geq 0,6 U_{ном.у} \quad (15.21)$$

Берілген қалдық кернеудегі керекті реактордың реактивтілігі:

$$X_p \% = U_{ост} \% = \frac{I_{ном.о.р}}{I_{nt}} \quad (15.22)$$

ҚТ өшірудің әрекеттегі уақытына сәйкес келетін, ҚТ үш фазалы тоғы

реактор сыртында болады

$$I_{nt} = \frac{100I_{\text{ном.о.р}}}{X_p\% + X_c\%} \quad (15.23)$$

мұндағы $X_c\%$ - реакторға дейінгі желінің эквивалентті кедергісі, реактор кедергісінің өтпелі номиналдығына жатқызылатын, немесе реакторсыз ҚТ нүктесіне дейінгі тізбектің қосынды кедергісі.

Реактордың керекті кедергісі (қат. бір.), базалық тоққа жатқызылатын I_6 және кернеуге $U_6 = U_{\text{ном.у}}$:

$$X_{p*6} = X_{\text{доп*6}} - X_{c*} \quad (15.24)$$

мұндағы $X_{\text{доп*6}}$ - (салыстырмалы) ҚТ $I_{nt\text{доп}}$ рұқсат етіп берілген тоқтағы рұқсат етілген ең аз кедергінің мәні:

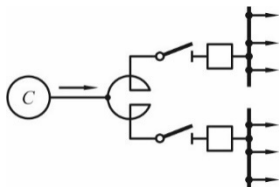
$$X_{\text{доп*6}} = \frac{I_6}{I_{nt\text{доп}}} \quad (15.25)$$

Жалқы реактордың ізделінетін кедергісі қат.бірл. оның номиналды тоғы мен кернеуінде

$$X_{p*н} = X_{p*6} \frac{I_{\text{ном.о.р}} U_6}{I_6 U_{\text{ном.р}}} \quad (15.26)$$

Каталог бойынша стандартты индуктивті кедергісі бар реактор, үлкен есептігі жақын таңдалынады.

Қосарланған бетон реакторлары (екі орамымен) сериялары РБС, РБСУ, РБСГ, РБСД номиналды кернеуімен шығарылады
ином.р = 10 кВ.

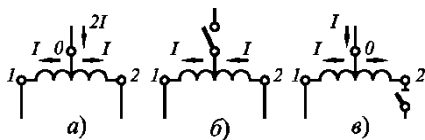


Қалыпты режимде кернеудің жоғалтулары да сәйкесінше азаяды, ол қосарланған реактордың жалқы реактормен салыстырғандағы басты басымдылығы болып табылады.

$$X_{LCKB} = X_L (1 - k_{CB}) \quad (15.27)$$

Бойлық режимде реактор орташа қысқыштан ажыратылған және бір секциядан келесіге ҚТ шина секциясының кезіндегі өтуі болады.

Тармақтардағы тоқтар бірдей және бір жаққа бағытталған.



Сурет 15.4. Қосарланған реакторлардың режимдерін үсіндіріп, сипаттайтын сұлбалар: а - өтпелі; б - бойлық; в - біртізбекті

Қосарланған реактордың нәтижелік кедергісі бойлық режимде (шинаның бір секциясындағы ҚТ режимі):

$$X_{L\text{прод}} = 2 X_L (1 + k_{\text{св}})$$

Егер $k_{\text{св}}=0,5$

$$X_{L\text{прод}} = 3 X_L \quad (15.28)$$

Біртізбекті режимде реактордың бір тармағы тоқпен оралады.«0» және «1» нүктелерінің арасындағы кернеудің төмендеуі бір реакторлы индуктивті бір тармағының кедергісі кернеуінің төмендеуіне тең, яғни $X_{L\text{одн}}=X_L$. Бұл режим реактордың бір тармақтарының тоғын арттырғанда пайда болады, мысалы ҚТ кезінде немесе кенетөзгеретін жүктемені қосқан кезде.

Анықтамаларда қосарланған реакторлардың келесі техникалық мәліметтері көрсетіледі: түрі; номиналды индуктивті кедергісі X_L , Ом немесе % (отн. ед.); қос тармақтың индуктивті кедергілері $L^{\text{рОД}}$ и $L^{\text{кв}}$, Ом немесе % (отн. ед.); байланыстың номиналды коэффициенті $k_{\text{св}}$; фазаға келетін активті кедергінің номиналды жоғалтулары; табиғи салқында кезіндегі ұзақ рұқсат етілген ток /ном.с.р = 630... 2100 А; ҚТ тоғының электродинамикалық тұрақтылығы $g_{\text{дин}}$; ҚТ тоғының термиялық тұрақтылығы $\theta_{\text{терм}} = 8$ с; ҚТ қарама-қарсы тоғындағы электродинамикалық тұрақтылық; габаритті өлшемдері: бетонның сыртқы диаметрі (1490...2140 мм), биіктігі (3 640 ...4200 мм); фазаның массасы.

Қосарланған реактордың $X_{\text{р.сдв}}$ % номиналды реактивтілігі

$$X_{\text{р.сдв}} \% = X_L \frac{I_{\text{ном.ср}} \sqrt{3}}{10 U_{\text{ном.р}}} \quad (15.29)$$

Қосарланған реакторларды таңдау номиналды ток бойынша, номиналды кернеу, индуктивті кедергіге байланысты таңдалынады; тексеру ҚТ тоқтардың электродинамикалық және термиялық

тұрақтылықтары бойынша, қалдық кернеу, кернеуді жоғалту бойынша өткізіледі. Қосарланған реактордағы кернеуді жоғалту келесі өрнекпен анықталынады

$$\Delta U\% = \frac{I_{\text{ном.ср}}}{I_{\text{нагр}}} X_{\text{р.сдв}}\% (1 - k_{\text{св}}) \sin \varphi \quad (15.30)$$

$I_{\text{нагр}}$ – реактор тармағы жүктемесінің тоғы.

$$U_{\text{ост}}\% = X_{\text{р.сдв}}\% \left(\frac{I_{\text{нт}}}{I_{\text{ном.ср}}} - k_{\text{св}} \frac{I_{\text{нагр}}}{I_{\text{ном.ср}}} \right) \quad (15.31)$$

мұндағы $I_{\text{нт}}$ – ҚТ тотығының реактор тармағы артының бұзылуы; $I_{\text{нагр}}$ реактордың басқа тармағының тоғы.

15.6. Шиналар мен оқшаулағыштар таңдау

Қосарланған реактордың бір тармағындағы ҚТ шиналарындағы қалдық кернеу келесі өрнекпен анықталынады.

Бөлу құралдарының шинасын номиналды көрсеткіштерге байланысты таңдайды (тоқ пен кернеу) максималды есепті жүктемеге сәйкес және ҚТ режимі арқылы тексереді. ҚТ соққы кезіндегі металлында ең үлкен кернеу (14 тарауды қара) 70% МЕҚТ бойынша рұқсат етілгеннен аспау қажет, ол құрайды: мыс маркасы үшін МТ одоп = 1400 кгс/см² иш = 250 °С болған кезінде, алюминий маркасы бойынша АТ одоп = 700 кгс/см² иш = 200 °С кезінде. Бөл құралдарының құрастырлған шиналарын экономикалық тоқ тығыздығына тексермейді.

Изоляторды номиналды кернеуге, номиналды тоққа (өтетін және сызықтық изоляторлар) байланысты таңдайды, шиналардағы ҚТ үш фазалық тоғына әсер етіп бұзуына байланысты және ҚТ тоқтың термиялық әсер етуіне байланысты тексереді.

Изоляторлар үшін күштік жүктеменің ең жаман түрі болып табылатын, ол ең көп иілетін моментті туғызушы болып табылады. Рұқсат етілетін күшейткіш $T_{\text{доп}} = 0,6$ Тразр, қирату күшейткішімен $\wedge \text{разр} = (375... 2000 \text{ кг})$ беріктік қорының коэффициентін ескере отырып анықталынады, 0,6 тең.

15.7. Тоқ трансформаторларын таңдау және тексеру

Тоқ трансформаторлары кернеуі 1 кВ жоғары орнатуларда келесідей тағайындалуы болады:

өлшеу құралдарынн тізбегінен немесе қорғаныс аппараттарынан жоғарғы кернеудегі тізбекті бөліп алу қажет, қауіпсіздік пен қызмет етуді

қамтамасыз етеді;

өлшенетін тоқты рұқсат етілетін өлшеу құрылғыларына шарғыларды біртіндеп қосуға дейінгі төмендеу немесе қорғаныс аппараттары.

Тоқ трансформаторларын (ТТ) номиналды кернеуге, алғашқы және екінші тоққа, орнатылу түріне (ішкі, сыртқы) конструкциясына, дәлдік класына таңдайды және ҚТ тоқ бойынша термиялық және динамикалық тұрақтылыққа тексереді.

Анықтамаларда тоқ трансформаторларының келесідей техникалық мәліметтері көрсетілген: түрі; конструктивтік орындалуы; номиналды кернеуі иномт; алғашқы және /номлт.т екінші 1ном 2т.т номиналды тоғы; номиналды екінші жүктемелер 5ном 2т.т әр класс дәлдіктеріндегі (0,5; 1; 3; 10); ҚТ тоғына төртсекундтық немесе бірсекундтық термиялық тұрақтылық (еселік) ктерм; номиналды шекті еселік куд, ҚТ тоғының электродинамикалық орнықтылығын қамтамасыз ету үшін алғашқы номиналды тоқты арттыру қажеттілігімен шартталады.

Тоқ трансформаторлары жүктемесінің номиналды кедергісі 5ном2т.т кедергі деп аталады, мұндағы дәлсіздік рұқсат етілген класс дәлдігінің дәлсіздігінен аспайд. Ең үлкен класс дәлдігінде, ТТ жұмыс істей алатын жағдайы дәлдіктің номиналды класы деп аталады (0,2; 0,5; 1; 3; 10), ол % өрнектегі, тоқ дәлсіздіктерінің мәндеріне сәйкес болады. ТТ дәлдік класы есептеуіштерге 0,5 болуы тиіс; қалқанды электр өлшеуіш аспаптары үшін және реле үшін - 1 және 3.

Кернеуі 10 кВ сыртқы орнатулардың тоқ трансформаторлары келесідей белгілерде болады: ТПЛ-10К – көптармақталған тоқтар 5тен 630 А-ға; ТПЛУ-10 - 10нан 100ге А дейінгі күшейткіш тоқтар; ТПОЛ-10 - біртармақты, 630, 800, 1000 және 1600 А тоқтарына; ТПОЛА-10 – сол тоқтарға алюминий алғы орамдары бар; ТПШЛ-10 - шиналық, 2000 ...5000 А тоқтарына.

Сыртқы орнатулардағы өтпелі трансформаторлардың келесі белгілері болады: ТФН - трансформатор майы құйылған, фарфор корпустары; ТВТ, ТВС – аппараттардың кірме изоляторларға және күш трансформаторларына орнатылуы.

1 кВ дейінгі кернеуді орнату үшін келесі шарғы ТКЛ түріндегі тоқ трансформаторларын пайдаланады.

Тоқ трансформаторларын таңдау келесі көрсеткіштер бойынша таңдалынады:

1.Номиналды кернеуге байланысты

$$U_{\text{ном.т.т}} \geq U_{\text{ном.у}} \quad (15.32)$$

2. Ұзақ режимдегі тоқ пен кедергінің ағынына байланысты: алғы тізбекте

$$I_{\text{ном.1.т.т}} \geq I_{\text{па}} \quad (15.33)$$

мұндағы $I_{\text{па}}$ – алғы тізбектегі апаттан кейінгі тоқ; екінші тізбек

$$S_{\text{ном.2.т.т}} \geq S_{\text{расч}} \quad (15.34)$$

мұндағы $I_{\text{ном.2.т.т}}$ – рұқсат етілген (номиналды) тоқ трансформаторының екінші орамының жүктемесі; $S_{\text{расч}}$ – қалыпты жағдайдағы тоқ трансформаторының екінші орамының есепті жүктемесі.

Тоқ трансформаторының екінші орамының номиналды жүктемесі

$$S_{\text{ном.2.т.т}} = (I_{\text{ном.2.т.т}})^2 Z_{\text{т.т}}$$

мұндағы $I_{\text{ном.2.т.т}}$ – екінші орамның номиналды тоғы, әдетте 5 А тең болады; $Z_{\text{т.т}}$ – сыртқы тізбектің толық рұқсат етілген кедергісі, ол аспаптың, реле, жалғастырғыш сымдар мен байланыстардың орам реттілеп қосылуының қосынды кедергісіне тең.

3. Термиялық тұрақтылық бойынша

$$k_{\text{терм}} \geq \frac{I_{\text{к.з}} \sqrt{t_{\text{к.з}}}}{I_{\text{ном.1.т.т}}} \quad (15.35)$$

4. Электродинамикалық тұрақтылық бойынша

$$k_{\text{уд}} \geq i_{\text{уд}} \sqrt{2 I_{\text{ном.1.т.т}}} \quad (15.36)$$

15.8. Кернеу трансформаторларын таңдау

Кернеудің трансформаторларын (КТ) өлшеу құралдарын және релені коректендіру үшін номиналды кернеуге, алғы орамға, класс дәлдігіне, орамдардың жалғастыру сұлбаларына және конструктивті орындалуына байланысты таңдайды.

Класс дәлдігіне сәйкес келуді КТ номиналды кедергісін қосылып тұрған аспаптардың нақты жүктемелерімен салыстыра отырып тексеру қажет. Тәжірибелік есептемелерде жүктемелерді қосындылау арифметикалық түрде жекелеген жүктемелердің кедергі коэффициентін ескермей жүзеге асырылады. Аралықфазалық кернеуіне қосылған, барлық жүктемелер, 100 В кернеуіне келтірілген, ал қосылған фазалақ кернеу - $100/\sqrt{3}$ В кернеуіне.

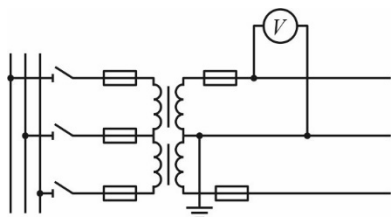
Дәлдік кластары ең көп рұқсат етілетін МЕҚС кернеу дәлсіздіктерімен сипатталады. КТ үшін төрт класс дәлдігі орнатылған: 0,2; 0,5; 1; 3. Сандар пайыз бойынша шекті рұқсат етілген дәлсіздікті көрсетеді.

Класс 0,2 КТ есепті санағыштарды коректендіру үшін қолданылады, олар қуатты генераторларда орнатылады; Класс 0,5 КТ - 1 және 1,5 кластарының өлшеу аспаптарын және басқа да қосылулардағы есепті санағыштарды коректендіреді; Класс 1 КТ - 2,5 кластағы көрсету аспаптары үшін; Класс 3 КТ – қорғаныс релесі үшін.

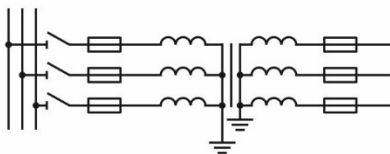
Кернеуі 6 кВ дейінгі трансформаторлар аа суытымен орындалады (құрғақ) және «С» белгісімен белгіленеді; кернеуі 10 кВ және одан жоғары трансформаторлар майлы суытуымен орындалады және «М» белгісімен белгіленеді.

КТ конструкциялары бойынша бірфазалық болып орындалады (НОС-0,5; НОМ-10; НКФ-110) және үш фазалық (НТМ-10; НТМИ-10). КТ түрінен кейін тұрған сан, алғашқы номиналды кернеудің кВ мәнін көрсетеді. Трансформаторларды белгілеуде, оқшаулауды бақылауға арналған, И әрпі қойылады, мысалы, НТМИ. Ең жиі қолданылатын трансформаторларды қосудың кернеулігі қорғағыштармен қорғалған сұлбасы 15.5 суретінде көрсетілген.

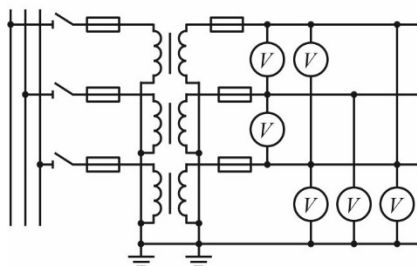
Бесөзекті трансформаторлардағы қалыпты жағдайларда тұйықталған үшбұрыш сондарындағы кернеу қосымша орамдардағы 1, 2 нөлге тең, өйткені геометриялық қосынды фазалық кедергілердің үш фазалық жүйесінің кернеуі нөлге тең. Бірфазалық тұйықталуда жерге жерлендіру жоғары кернеу жағындағы кернеу тұйықталған үшбұрыш орамдарының соңындағы кернеуі екі фазаның кернеулерінің қосындысына тең. Бұл жағдайда аспаптар мен аппараттар, бұл кернеуге қосылған, іске қосылу қажет және желідегі ақаулардың бар екенін сигнал беру арқылы білдіреді.



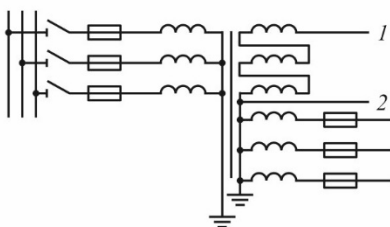
а)



б)



в)



г)

15.5. Сурет Кернеу трансформаторлары үшін ажыратқыш

Трансформаторлардың номиналды кедергісінің кернеуі тіркеу аспаптарын қоректендіру кезінде (класс 0,5) 25... 150 В-А құрайды; релелік қорғанысты қоректендіруде (класс 3) - 100... 600 В - А.

16 Тарау

КЕРНЕУІ 1 КВ ЖОҒАРЫ ӨТКІЗГІШ СЫМДАР ТАҢДАУ

16.1. Жалпы мәліметтер

Кернеу 1 кв жоғары болғанда оқшауланбаған сымдардың көлденең қимасы мен маркасын таңдау 16.1 кв кестеде келтірілген техникалық факторларды анықтайды.

Өткізгіш сымдардың көлденең қимасы мен маркасын анықтайтын техникалық факторлар

Өткізгіштің қимасын таңдауға әсер ететін факторлар	Қиманы белгілеу сечения	Өткізгіштің түрі	
		оқшау-ланбаған	кабель
Қалыпты және апаттан кейінгі жағдайда ұзақ жылу бөліну салдарынан қызу	$F_{дл.нагр}$	+	+
КЗ қысқа тұйықталу токтарында қысқа мерзімді жылу бөлінуден қызу	$F_{к.з}$	—	+
Қалыпты және кейінгі авариялық режимдерде өтетін ток кернеуінің жоғалуы (күлдырауы)	$F_{\Delta u}$	+	+
Механикалық беріктік	$F_{мех}$	+	—
Корондау		+	—

Осы аталған факторлардың ауада және кабель желілеріндегі әсері (оқшауланбаған сымдар бар) және есепке алынуы бірдей емес.

Көрсетілген критерийлер бойынша тандалған көлденең қималардан тек қана қималар және стандартты әдістермен есептелмей алынады. Қалған санауыш бөлімдер ретінде әдетте ең жақын ірі стандартты бөлімдерді алады.

Алынған стандартты көлденең қималардан электрмен жабдықтау желісінің осы нұсқасы үшін үлкені таңдалады және электр беру желілерінің параметрлерін түпкілікті таңдау объектіні электрмен жабдықтау жобасының нұсқаларын техникалық және экономикалық салыстыру негізінде жүргізіледі.

16.2. 6... 35 кВ Кернеуі бар кабельдердің рұқсат етілген жүктемесі

Әрбір кабiл желісі үшін ток нүктелері жоғары бомайтындай рұқсат етілген ток жүктемелерін орнату керек. Егер жол учаскесінен ұзындығы 10 м-ден кем емес болса соған түсетін күш трасса учаскелерінің ең нашар жылу жағдайы бойынша анықталады. Келесілер осындай учаскелерге жатады: қоршаған ортаның температурасы бүкіл маршрут үшін қабылдаған температурадан гөрі жоғары учаске; кабелінің саны біреуден

жоғары трасса учаскесі; ашық салынған кабельдік бөлік.

Қалыпты және апаттан кейінгі ток режимдеріндегі кабельдердің нақты рұқсат етілген жүктемесі өрнектермен анықталады.

Қосымша ақпарат-

$$I_{\text{доп.факт}} = I_{\text{доп.табл}} k_v k_n k_{\text{пер}} \quad (16.1)$$

кабельді төсеудің таңдалған әдісі үшін каталог бойынша анықталған үздіксіз ток жүктемесі кабель түріне байланысты; k - қоршаған ортаның нақты температурасын ескеретін коэффициент; k_p - бұл траншқа салынған кабельдердің санын ескеретін коэффициент (16.2-кесте);

Бұл жердегі /қосымша кесте – рұқсат етілетін үздіксіз ток жүктемесі, ол анықтамадан таңдап алынған кабельдің салынуына қарай кабель маркасына қатысты анықталады; k - коэффициент, қоршаған ортаның іс жүзіндегі температурасын ескереді; k_p - траншеядағы төселген кабельдердің санын ескеретін коэффициент, (16.2 кесте); $k_{\text{пер}}$ - жүктеме ұзақтығына және жерге орналастыру әдісіне (жердегі немесе ауаға), сондай-ақ жүктеме факторына байланысты жүйелі түрде тиеу коэффициенті.

Бір шұңқырда орналастырылған кабельдердің санын анықтау кезінде токпен жүктелмеген резервтік кабельдер ескерілмейді.

Ғимараттардың қабырғаларында, кабельдік арналар мен туннельдерде орналастырылған кабельдер ауада төселген болып саналады және кабельдердің саны түзетілмейді.

Қалаларда және кәсіпорындардың территориясында шектеулі жағдайларда блоктарда кабельді төсеу қолданылады. Кабельдердің салқындату шарттары блоктарға салынған кезде, құрылыстағы жылу кедергісінің қосымша кедергісі және кабельдік блокқа салынған кабельдердің үлкен саны салдарынан айтарлықтай нашарлайды.

Өзендер мен резервуарларды кесіп өткен кезде, кабельдер суда қалады. Судағы сымдардың салқындату шарттары жер үстіне қойылған кабельдермен салыстырғанда қолайлы. Су – ең жақсы жылу өткізгіш болып табылады, сонымен қатар суда жылуды жою конвекциясымен - жылытылған қабаттардың қозғалысын тудырады. Суға салынған кабельдер үшін түзетулер

Жерде қатар жатқан жұмыс жасайтын кабельдер санына берілетін түзету коэффициенттері (kп)

Жарықтағы саны, см	Кабельдер саны					
	1	2	3	4	5	6
10	1	0,9	0,85	0,8	0,78	0,75
20	1	0,92	0,87	0,84	0,82	0,81

Номиналды жүктемеге қатысты қалыпты режимдегі рұқсат етілетін жүктеме (кпер)

Алдын ала жүктеме коэффициенті	төсеніш түрі	Рұқсат етілген жүктеменің ұзақтығы		
		1,5 ч	2,0 ч	3,0 ч
0,6	Жерде Ауада Құбырларда (жерде)	1,35	1,30	1,15
		1,25	1,15	1,10
		1,20	1,10	1,00
0,8	Жерде Ауада Құбырларда (жерде)	1,20	1,15	1,10
		1,15	1,10	1,05
		1,10	1,05	1,00

кабельдер санына енгізілмейді. Судың температурасы + 15 ° салынды.

10 кВ-ға дейінгі кернеуі бар қағазға сіндірілген оқшауланған кабельдер үшін номиналдыдан аз жүктерді тасымалдауға, қысқа мерзімді жүктемелерге жол берілуі мүмкін (16.3-кесте). Осы типтегі кабельдер үшін авариядан кейінгі режимді жою кезеңінде кестеде көрсетілген шектерде 5 күн ішінде шамадан тыс жүктемелерге жол беріледі. 16.4. Полиэтиленді оқшауламасы бар кабельдер үшін 10% дейін шамадан тыс

жүктеме, ал поливинилхлоридті окшауламасы бар кабельдер үшін жүктменің күніне қалған уақыт бойынша номиналды мәннен аспайтын 5 тәулікте күніне 6 сағаттан аспайтын максималды жүктеме уақытының 15% -на дейін рұқсат етіледі.

16.3. Кернеуі 1 кВ жоғары кабельдердің қималарын таңдау

Кабель желісінің бөлігін таңдау критерийі осы шығындардың ең азы болып табылады. Жаппай құрылыс сызбаларын жобалау тәжірибесінде көлденең қиманы таңдау әрбір нақты жағдайда техникалық-экономикалық есептеулерге негізделмей салыстырмалы түрде, стандартталған жалпылама көрсеткіштер бойынша алынады

Кабель желістерін жобалау кезінде осындай көрсеткіш ретінде токтың экономикалық тығыздығы пайдаланылады. ПУЭ-де материалға, сымның конструкциясына, максималды жүктеме T_{max} және отын құнын сипаттайтын аймақтың пайдалану ұзақтығына қарай токтың экономикалық тығыздықтарының мәндері анықталады. Есептеулер нәтижесінде алынған бес қимадан - токтың экономикалық тығыздығы бойынша, қалыпты және апаттан кейінгі жағдайларда қызу, кернеудің рұқсат етілген көлемде жоғалуына КЗ токтың термикалық тұрақтылығына – барлық жағдайға жауап беретіндей көлемде қабылданады.

16.4. Окшауланбаған өтізгіштерге қосымша жүктемелер

Әуе желілерінің сымдары ерекше жағдайларда жұмыс істейді: олар үнемі жоғары кернеуліктегі электр тогы арқылы өтеді, сонымен қатар олар үнемі желдің, температура мен ылғалдықтың күрт ауытқуларымен, найзағайдың, мұздың, қардың және т.б. әрекетіне ұшырайды,

Окшауланбаған сымдардың рұқсат етілген жүктемесі бойынша жылу жағдайлары сымның температурасын 70°C шекті мәнге дейін арттырады, бұл жалпы желсіз ауа райында қоршаған ортаның температурасы $+25^{\circ}\text{C}$ болғанда жүзеге асырылады. Рұқсат етілген токтың мәні / доп қосымша кестеде анықтамаларда сым маркасына байланысты беріледі.

Әдетте қалыпты және апаттан кейінгі жағдайларда окшауланбаған сымдарға рұқсат етілген жүктеме өрнекпен анықталады.

$$I_{\text{доп.факт}} = I_{\text{доп.табл}} k_v k_{\text{пер}} \quad (16.9)$$

16.5 -кестеде ауа температурасы $+25^{\circ}\text{C}$ басталғанда түзету коэффи-

циенттері берілген k_v

Жұмыс жағдайында ауаның сымдары арқылы өтетін ток өз уақытында мәнін өзгертеді, сәйкесінше активті қуаттың ысырабы мен сым өзгерісінің қызу температурасы өзгереді, демек оның ұзындығы да өзгереді.

Осыған байланысты негізгі өлшемді анықтайтын салмақтық көрсеткіш - сымның төменгі нүктесінен жерге дейін қашықтығы өзгереді.

Салмақтық көрсеткіш желісі шамадан тыс жүктелгенде, ең маңызды фактор болып табылады.

16. 5 –кесте

Түзетпелік коэффициенттер k_v

Ауа температурасы °С	-40	-30	-20	-10	0	+25	+50
түзетпе коэффициент k	1,5 6	1,5	1,4	1,3	1,2 5	1,0	0,7

Әсіресе, кернеуі 1 кВ.дейінгі желілер үшін. Ауа желілерінің жүктемелерінің шамадан тыс артуы жерге деінгі қалыпты көлем шамамен 30% ($k_{пер} = 1,3$) сақталғанда мүмкін болады.

16.5. Кернеуі 1 кВ жоғары әуе желілерінің жалаңаш сымдарының көлденең қималарын таңдау

Сымдардың көлденең қималары кернеу, номиналды ток жүктемесі, мұз бойындағы аймақ, тіректердің материалы мен бұралуына байланысты таңдалады.

Сымның таңдалған көлденең қимасы қыздыруға рұқсат етілген ток жүктемесі бойынша тексерілуі тиіс:

$$I_{п.а} \leq I_{доп.факт} \quad (16.10)$$

Бұл жердегі $I_{п.а}$ – қызуы бойынша өткізгіштерді тексеруге арналған апаттан кейінгі режимдегі есептеу тогы; $I_{доп.факт}$ – рұқсат етілген ұзақ ток жүктемелері.

Әуе желісінің сымдарының көлденең қималарын таңдау кезінде корона және механикалық беріктік жағдайында шектеулерді ескеру қажет. Осылайша, 110 кВ желісінің номиналды кернеуінде коррозия шарттарына сәйкес болат-алюминий сымдарының ең төменгі рұқсат

етілген көлденең қимасы 70 мм² құрайды; кернеуі 220 кВ - 240 мм². Механикалық беріктік жағдайларына сәйкес 1 ... 35 кВ кернеуі бар әуе желілерінің сымдарының ең аз рұқсат етілген бөліктері 25 мм². Болат-алюминий сымдар үшін АСО маркасын > 240 мм² көлденең қимада және АС маркасын 20 мм-ге дейінгі мұз қабатының қалыңдығы 20 мм-ге дейін -185 мм² көлденең қимасында қолдану ұсынылады.

Әуе желісінің есептік жүктемесі өрнекпен анықталады.

$$I_p = I_5 \alpha_i \alpha_t \quad (16.11)$$

бұл жердегі α_i - коэффициент, ол желіге түсетін жүктеменің жылдар бойы өзгеруін ескереді, а мәні 1,05 тең деп алынады; α_t - коэффициент, $\alpha_t = T_{\max} = 5500$ ч. $T_{\max}$ сызығының максималды салмағын және қуат жүйесінің максималды жүктемесінің коэффициентін $T_{\max} = 5500$ сағатта = 1 кезінде қолданатын сағат санын ескереді.

Қалыпты жұмыс режимінде жұмыс істеудің бесінші жылындағы желілік ток өрнекпен анықталады

$$I_5 = \frac{S}{\sqrt{3} n_{\text{ц}} U_{\text{ном}}} \quad (16.12)$$

мұндағы S - сызық бойынша берілетін жалпы қуат; $n_{\text{ц}}$ - тізбекті тізбектердің саны.

17 Тарау

ҚУАТТЫ ТРАНСФОРМАТОРЛАР ТАҢДАУ

17.1. Негізгі мәліметтер

Шағын станциядағы трансформаторларды саны. Барлық кернеулердің шағын станцияларында, әдетте, техникалық және экономикалық негізделген себептер бойынша екі трансформатордан аспайды.

Көптеген жағдайларда, бұл тұтынушыларға сенімді қуат береді және сол уақытта шағын станциялардың қарапайым блоктық схемаларын бастапқы кернеуде шиналарсыз қолдануға мүмкіндік береді, бұл олардың жобалық шешімдерді айтарлықтай жеңілдетеді және бағасын азайтады. Резервтеу қойма және жылжымалы резервте жүзеге асырылады.

Кернеуі бар біртрансформаторлық цехтың шағын станциялары 6 ... 10 кВ барлық сенімді топтардың тұтынушыларына, тіпті егер олардың құны 15-тен 20% -дан аспайтын болса, бірінші санаттағы тұтынушылар үшін қойма резерві болған кезде пайдаланылуы мүмкін және олардың жылдам жүктемесі автоматты түрде қосылатын резервтік тетіктер арқылы қайталама кернеуде жүзеге асырылады.

Бұл секіргіш тетіктер шағын станциялардың бір бөлігі ажыратылған кезде ең аз жұмыс уақытында электрмен жабдықтау үшін пайдаланылуы мүмкін.

Екі трансформаторлы цехтың шағын станциялары, электр қабылдағыштардың көпшілігі бірінші немесе екінші санатқа жатада, кем дегенде 3 ... 4 сағатты талап ететіндей қоймадан резервтік трансформаторды жеткізу және орнату кезінде олар үзіліссіз жұмыс жасай алады. Сондай-ақ, бір тәулікте немесе бір жыл ішінде жүктемені азайту кезеңінде енгізілген трансформаторлардың санын азайту тиімді болған кезде, біркелкі емес жүктеме кестесімен берілетін тұтынушылар санатына қарамастан екі трансформаторлық шағын станцияларды пайдалану ұсынылады.

Екіден артық трансформаторлы цехты шағын станцияларды пайдалану, әдетте, экономикалық тұрғыдан тиімді емес. Бір цехты шағын станциясында екіден артық трансформатор келесі жағдайларда қолданылады: үлкен концентрацияланған жүктемелер болған кезде; егер өндіріс жағдайы бойынша шағын станцияларды таратып орналастыру үшін дүкенде орын болмаса; «қуат» және «жарық» үшін жеке трансформаторлары бар «трансформаторларды орнату» бір подстанция үшін жарамды болса; әртүрлі кернеулерде географиялық жағынан біріктірілген күш жүктемесін беру кезінде; жүктемені өткір, жиі қайталанатын жіктермен, мысалы, үлкен дәнекерлеу аппараттарымен қамтамасыз ету қажет болғанда және т.б.

Трансформаторларды орындау. 35 ... 220 кВ кернеуде май трансформаторлары пайдаланылады.

Бірнеше жағдайларда кернеу 6 ... 10 кВ болғанда қайталама кернеуі бар трансформаторларды қолдану ұсынылады, себебі олардың индуктивті кедергісі артуына байланысты кейде редактілеуден бас тартуға мүмкіндік береді.

Кернеуі 110 ... 330 кВ өте үлкен болғанда ГП-да қуатты трансформаторлар қолданылады.

Бұл шағын станциялардың құнын төмендетеді және трансформаторлармен салыстырғанда электр энергиясының жоғалуын азайтады, өйткені автотрансформаторлар номиналды қуаттан кем және 5ptdT типтік қуатына сәйкес есептеледі:

$$S_{\text{тиПАТ}} = S_{\text{НОМАТ}} \left(1 - \frac{U_c}{U_B}\right) h \alpha S_{\text{НОМАТ}} \quad (17.1)$$

бұл жерде $\frac{U_c}{U_B}$ – орта және жоғары қуат арасындағы трансформация коэффициенті; а- трансформатормен салыстырғанда авто-трансформатордың қолдану тиімділігінің коэффициенті.

Демек, автотрансформаторлар 110 және 220 кВ жоғары кернеудегі желілерде қосылу үшін ең тиімді болып табылады, себебі бұл жағдайда U_c / U_B үлкен емес.

220/110/10 кВ кернеуі бар автотрансформаторлар номиналды қуаты сондай трансформаторларға қарағанда массасы жартылай кем болады.

Олар мына материалдарды үнемдейді: мысты 25%-ға болатты 50...60%. Бұл автотрансформаторларда энергияның жоғалуы 30... 35 % аз болады.

Автотрансформаторлардың кемшіліктеріне төмендегілер жатады: автотрансформаторларды жерге енгізілмеген бейтарап желілерде пайдалануға болмайды;

орта және жоғары кернеулердің тікелей электр желісіне қосылуы себепті, кернеулердің бір желіден екіншісіне өтуі мүмкін;

автотрансформаторлардың әр түрлі жұмыс режимдерінде жеке орамалардың өткізгіштік қабілеті шектелген;

қайталама желілердегі қысқа тұйықталу токтарының саны артады, өйткені автотрансформаторлар трансформаторларға қарағанда реактивтіліктің аздығымен ерекшеленеді.

6... 10 кВ *кернеуде* май, толол және құрғақ трансформаторлар қолданылады. Бірақ май трансформаторлары ең оғары сұранымға ие болады.

Қоршаған ортаның жағдайында май трансформаторларын орнатуға болмаса және құрғақ құрастырылмаған қондырғыларды орнатуға болмайтын жағдайларда, 1000 ... 1600 кВА дейінгі қуаты бар трансформаторларға совтол қолданылады *sotvolovyyh* (*sovtol* - жанбайтын диэлектрик). Бұл трансформаторларды тандағанда, сутлолдың ағып кетуі кезінде олардың уыттылығын ескеру қажет, өйткені сутлол аққанда зиянды булар бөлінеді, осындай бу бөліген жерде ұзақ уақыт бойы жұмыс жасағанда көздің және мұрынның шырышты қабығы тітіркенеді.

Құрғақ трансформаторлар шектеулі қолданысқа ие, себебі олар мұнайға қарағанда қымбат және төмендегідей шектеулері бар: найзағайдың кернеуінен қорқады; Майлармен салыстырғанда жұмыс кезінде шуылдың ұлғаюын; ылғалдылығы 65% аспайтын құрғақ, шаң жоқ үй-жайларда орнатуды талап етеді.

Құрғақ трансформаторларды пайдалану олардың қуаты 10-нан 400 кВА-ға дейін болғанда қолайлы. Жалпы алғанда, олар өрт қауіптілігі бар

мұнай трансформаторларын орнатуға болмайтын жерлерде, ал тұтанғыш сұйықтығы бар трансформаторларды олардың уыттылығы үшін қолданбайтыдықтан жерлерде пайдаланылады.

Трансформатордың номиналды қуаты. Трансформатордың ең тиімді қуаты көптеген факторларға байланысты:

электр жүктемесінің графигінің шамасы мен сипаты;

электр жүктемесі: ұзақтығы;

жылдар бойынша жүк көтерудің артуы; күндер, сағаттар саны;

электрмен жабдықтау объектісінің жұмысы;

энергияның құны және т.б.

Бұл факторлар әр түрлі жолдармен біріктіріліп, уақыт аралығында өзгереді.

17.2. Шекті температурада трансформаторлардың рұқсат етілген жүктемелері

Трансформатордың қызмет ету мерзімі оны оқшаулаудың ескіруімен анықталады, ескіру процесі ораманың температурасы артқан сайын жылдамдай түседі. Оқшаулағыштың температурасы 6°C өзгергенде, оның қызмет ету мерзімі екі есе өзгереді (ол температура жоғарылағанда қысқарады және температура төмендегенде азаяды). Трансформаторлар үшін рұқсат етілген ең жоғарғы температура критерийі бойынша екі түрдегі жүктеме рұқсат етіледі:

номиналмен салыстырғанда қоршаған ортаның температурасының төмендеуіне байланысты, ұзақ қысқа мерзімді – апаттық, трансформаторлардың біреуі өшірілгенде, ал қалғандары жұмыста шамадан тыс жүктемелер алған жағдайларда пайдаланылады.

МЕМСТ (ГОСТ) температура жағдайын қалыпқа келтіреді, соған сәйкес трансформатор барлық қызмет ету мерзімі бойы үздіксіз жұмыс істей алады: қоршаған ортаның температурасы 20°C ; М және D 44°C салқындату жүйелері үшін, сондай-ақ DC және C 36°C салқындату жүйелері үшін орташа температурадан жоғары температура; ораманың орташа температурасынан 13°C жоғары орамның ең қызған нүктесінің температурасынан асатын;

оқшаулау температурасы 85°C -қа тең болған жүктемедегі орташа мәннен 6°C ауысқан кезде оқшаулағыштың қызмет ету мерзімі екі есе өзгереді (температура артқанда қысқарады және температураның төмендеуімен артады);

тәулік бойына өтпелі кезең ішінде мұнайдың жоғарғы қабаттарының максималды температурасы 95°C -тан аспауы керек, ал металл орамның ең қызған нүктесі 140°C -қа тең болуы тиіс

Температураның өлшемі бойынша қысқа мерзімді жүктемелер төтенше жағдай болып табылады, яғни өте сирек кездеседі. Олар келесі шарттардан анықталады:

жүктеме алдында трансформатор номиналды жұмыс режимінде (номиналды жүктеме және қоршаған ортаның температурасы) болады; Шамадан тыс жүктеу, ең қызған нүктенің температурасы 140°C -қа жеткенде жойылады. 140°C температура номиналды температураға қарағанда айтарлықтай жоғары. Бірақ қысқа уақытқа ол төзімді болады. Мұнай буларының тұтану температурасына жақын болғандықтан, бұл температураның артық болуы жағымсыз. Сонымен қатар, майды ажыратудың электрлік беріктігі төмендейді, сондықтан төменгі температурадағы майда ауа көпіршіктері майдан бөліне бастайды. Трансформатордың белгіленген қызып кету уақытына жету сәті салқындату жағдайына байланысты барлық массаның жылу сыйымдылығымен анықталады және қызу уақытының тұрақты мәнімен сипатталады (17.1-кесте). МЕМСТ ауаның температурасы табиғи түрде өзгеретін жағдайда трансформаторлардың жұмысын қамтамасыз етеді ($-45 \dots +45^{\circ}\text{C}$). Сонымен қатар, күнделікті тәуліктік орта температура $+30^{\circ}\text{C}$ аспауы керек, жылдық орта температура $+20^{\circ}\text{C}$. рташа жылдық және баламалы жылдық ауа температурасы арасындағы байланыс пайдаланылады (17.2-кесте). Табиғи желдеткішті трансформаторлық шағын станцияларда эквивалентті ауа температурасы сыртқы ашық ауаға қарағанда 8°C жоғары.

17.1- кесте

Қуат және салқындату жүйесіне байланысты жылу трансформаторларының уақытша тұрақтылығы.

Трансформатор қуаты, МВ • А	Салқындату түрі	Тұрақты қыздыру уақыты, ч
До 0,63	М	2,5
1 ...6,3	М	3,5
10...32	Д	2,5
40... 63	Д	3,5
100... 125	ДЦ	2,5
125 жән жоғары	ДЦ	3,5

Жылдық орташа және баламалы ауа температурасының өзара қатынасы

Жылдық орташа температура, °C	0	5	10	15	20
Жылдық баламалы температура, °C	8	10	15	20	25

Трансформаторлардың рұқсат етілген жүйелі шамадан тыс жүктемелері қисықтың сипаттамасына және қоршаған ортаның баламалы жылулық орта температураларына байланысты анықталады.

Сондай-ақ, ол жүйелі жүктеменің ұзақтығын ескереді $C.п = 1, 2, 4, 6$ ч. Жүйелік жүктеме коэффициенті $k_{сп}$ анықтамалық кітаптарда берілген тәуелділіктермен анықталады $k_{сп} = f(k_{э.з}, C.п)$. Жүйелік жүктеме коэффициенті $k_{сп}$ шегінде өзгереді. 1,5.. Үлкен тұрақты уақыт бойы қыздыратын трансформаторлар (қуаты 1 МВ ■ А) қуаты (кем 630 кВ- А) аз трансформаторларға қарағанда үлкен жүктемелерге жүйелі түрде жол береді. (басқа да тең жағдайларда), Апаттық жағдайларда, мысалы, жұмыс істеп тұрған трансформаторлардың біреуі істен шыққан кезде, апаттан кейінгі шамадан тыс жүктемелерге жол беріледі. Апаттық жағдайларда рұқсат етілетін жүктемелер $k_{а.п}$ және оның ұзақтығы $t_{а.п}$ анықтамаларда түрлі салқындату жүйелері бар трансформаторлар үшін берілген тәуелділік бойынша анықтайды $k_{а.п} = f(k_{э.з}, C.п)$ Алдын ала жүктеме $k_{э}$ коэффициенті 0,93 артық болмаса май мен совтол трансформаторлары 30 мин бойы 60% жүктемеге жол береді. (М және Д) және (салқындату жүйесі ДЦ және Ц) болғанда 70% дейінгі жүктемеге жол береді. Тәулігіне ұзақтығы 6 сағатқа дейін артық жүктемеге жол берілген болса, онда 5 тәуліктен артық болмайтындай номиналды токтың үстінен 40% дейін жүктеме беріледі.

Апаттық жағдайларда құрғақ трансформаторлар қоршаған ортаның температурасы мен орнатылған жеріне қарамай номиналды токтың үстінен келесі жүктемелердің біріне жол береді. (17.3 -кесте)

МЕМСТ (ГОСТ) талаптарына сәйкес КТП арналған трансформаторлар егер ұзақ алдын ала жүктеме трансформатордың номиналды тогынан 70% аспаса онда тәулігіне 3 сағаттан асырмай номиналды токтың үстінен 30% дейін апаттық жүктемелерге жол береді.

Құрғақ трансформаторлар үшін рұқсат етілетін апаттан кейінгі жүктемелер

$k_{ап}$ Құрғақ трансформаторлар үшін	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
Ап, мин	60	45	32	18	5

17.3. Негізгі төмендеткіш станция трансформаторларын іріктеу

ГПП нысанының негізгі төмендеткіш станциясы екітрансформаторлы түрде аткарылады. Трансформаторлардың қуаты нысанның (кәсіпорынның) белсенді жүктемесі және реактивті қуатымен анықталды, бұлар максималды жүктемелер кезінде жүйеден беріледі. Трансформатрлардың бірі істен шығып қалса екіншісі станциядағы апаттан кейінгі режим мен үшінші санаттағы тұтынушыларды ток көзінен айыруы мүмкін жағдайда жүктемені ескере отырып негізгі жүктемені ала алатыны есептеліп трансформаторлардың қуаты таңдалады Трансформаторларды жобалаудағы қолданыстағы тәжірибеге сәйкес, шағын төмендеткіш станцияларда трансформаторлардың қуаты апаттан кейінгі жағдайларда 40 % дейінгі уақыт максимумына рұқсат етілетін жүктемелерге орай алынады.

$$S_{ном.тГПП} \geq \frac{S_{расчГПП}}{1,4} \quad (17.2)$$

17.4. Цехтағы шағын станциялардың бірліктік қуатын таңдау принциптері

Шамамен цехтағы шағын станциялардың бірліктік қуатын таңдау принциптері (ТП) жүктеменің үлестік тығыздығы (кВ ■ А/м2) мен нысанның толық есептік жүктемесі бойынша жүргізіледі (кВ ■ А).

Үлестік тығыздығы 0,2... 0,3 кВ-А/м2 артық болмаса және сомалық жүктеме 3000... 4000 кВ болғанда ■ Қуаты сәйкесінше 1600...2500 кВ-А.болатын цехтік трансформаторлар қолданған тиімді. Үлестік тығыздығы мен сомалық жүктемесі көрсетілген мәндерден төмен болса қуаты 400... 1000 кВ трансформаторлар қолданған үнемді болады ■ А. Міне осылай, түрлі жүктеме тығыздығы бар кәсіпорындар үшін әртүрлі номиналды трансформаторлық қуаттар қабылдануы мүмкін.

Алайда, әртүрлі жүктеме тығыздығы бар кәсіпорындар бөлімшелеріне арналған трансформаторлардың өлшемдерінің саны осы кәсіпорында қолданылатын трансформаторлардың әртүрлі номиналды қуаттарын бір немесе екіге дейін шектелуі керек, өйткені олардың көп түрін пайдаланғанда резервтік және өзара алмасуға қатысты қолайсыздықты мен қосымша қиындықтар туындайды.

Сондықтан, тығыздық жүктемесі жоғары бөлімшелерді (0,3 кВ-А / м2-ден астам) бөлу керек және кәсіпорынның қалған бөлігіне қарағанда, бұларға жоғары қуатты трансформаторларды таңдау қажет.

10 кВ бастапқы кернеуі бар цехтар үшін май, құрғақ трансформаторлар немесе жанбайтын сұйықтық толтырылған трансформаторлар қолданылуы мүмкін. Ішкі қондырғы үшін негізінен май трансформаторлары қолданылады.

Біртұтас трансформаторлық шағын станцияларда қайталама кернеу бойынша өтетін шағын құралдар арқылы өзара резервтеу болған кезде трансформаторлардың күші жүктеме коэффициентінің мәніне қарай таңдалады.

Жүкті цехтардағы трансформаторларды жүктеу коэффициенті (екінші санаттағы жүктің артық болуы кезінде) $K_{zt} = 0,7 \dots 0,8$.

Осылайша, цех трансформаторларының санын анықтаудан бұрын $S_{ном.т}$ қуаты мен трансформатордың жүк коэффициентін K_{zt} таңдау керек.

17.5. Кәсіпорындағы цехты трансформаторлардың санын реактивті қуат өтемінің өтелуін ескере отырып, таңдау

17.5.1. Кәсіпорындағы цех трансформаторларының санын таңдау

Цех трансформаторларының жекелеген қуаттылығын таңдағанда кәсіпорын бойынша олардың саны тұтастай алғанда 1 кВ-қа дейін желілердегі реактивті қуаттылық дәрежесіне және қалыпты және болуы мүмкін апаттан кейінгі режимдерде рұқсат етілген жүктемелерге байланысты.

$$N_{min} = \frac{P_{расч\Sigma п}}{(K_{з.т} S_{ном.т})}; \quad N_{max} = \frac{S_{расч\Sigma п}}{(K_{з.т} S_{ном.т})} \quad (17.3)$$

Әрі қарай трансформаторлар саны мен трансформатордың таңдалған стандартты өлшемі үшін өтемдік құрылғылардың қуатының орналастырылуын салыстыру керек.

$$N_T = N_{min}, \dots, N_{min} + \Delta N_T, \dots, N_{max};$$

$$\Delta N_T = 1, 2, \dots, (N_{max} - N_{min})$$
(17.4)

17.5.2. Кернеуі 1 кВ дейін және одан жоғары конденсатордың қуатын анықтау

N трансформаторлар саны трансформаторлардың санын көбейтпей ақ, 10 кВ-тық төменгі кернеу желісіне ауыстыруға болатын ең үлкен реактивті қуатты анықтайды:

$$\sum^{N_T} Q_T = \sqrt{(K_{3.T} N_T S_{ном.T})^2 - (P_{расч\Sigma_H})^2}$$
(17.5)

Кернеуі 1 кВ дейінгі желідегі өтемдік құрылғылардың қуаты цех трансформаторлық шағын станциялардың ең төмен кернеуінің шиналарындағы реактивті қуаттың баланстық жағдайымен анықталады.

Бұл жобада қуаты ОБН, ретіндегі, 1 кВ дейінгі қуаты бар КУ конденсаторлар реактивті қуат балансының теңдеулерімен анықталады.

$$Q_{БН} = Q_{расч\Sigma_H} - \sum^{N_t} Q_T$$
(17.6)

Кернеу 1 кВ-нан астам желідегі өтемді құрылғылардың қуаты негізгі төмендету шағын станциясының шағын кернеуіндегі шиналардағы реактивті қуаттың балансы жағдайымен анықталады. Бұл жобада 1 кВ-тан жоғары кернеуі бар өтеуші құрылғылар ретінде конденсаторлық батареялар қабылданған олардың қуаты

$$Q_{БВ} = Q_{КУ} - Q_{БН}.$$
(17.7)

17.5.3. Цех трансформаторларының сандар нұсқасын таңдау

Қабылданған блоктағы электр трансформаторларының саны олардың өзара резервтілігін және төмен кернеу желісіндегі реактивті қуаттылықтың әртүрлі деңгейлерін ескере отырып таңдалады, өйткені іргелес трансформаторлардың бірі жұмысын тастаған кезде, олар есепке алынбаған сәтсіздіктің бүкіл жүктемесін қабылдайды апаттық-құтқару режимінде рұқсат етілген жүктеме көлемін және үшінші санаттағы тұтынушыларды уақытша ішінара өшіруді мүмкін етеді.

Энергиямен жабдықтаудың ең ұтымды нұсқасын таңдау үшін әдетте трансформаторлардың саны мен қуатының кемінде екі нұсқасы олардың

техникалық және экономикалық көрсеткіштеріне сәйкес салыстырылады.

Техникалық-экономикалық есептеулер негізінде екінші кернеулі 1 кВ дейінгі трансформаторлардың саны таңдалады.

Трансформаторлар санының нұсқаларын техникалық және экономикалық тұрғыдан салыстыру және трансформатордың әрбір түрі үшін өтемдік құрылғылардың қуатын орналастыру жүргізіледі.

Қойылған міндетті шешу үшін трансформаторлар санының нұсқалары бойынша есептеу шығындарын салыстыру керек. Бірінші нұсқа үшін шығын шамасы $S_{N_t} = N_{\min}$ жоғары желілерде реактивті қуатты өндіру шығындарының сомасы ретінде анықталады (10 кВ) - ОБВТ және төменгі - ОБНТ қуаттарға.

Келесі нұсқалар үшін қосымша қондырғы орнатуға кеткен шығындар ескерілуі тиіс AN_t трансформаторлары:

$$Z_T = Z_{BH}Q_{BHT} + Z_{BV}Q_{BVT} + E\Delta N_T K_T, \quad (17.8)$$

Бұл жердегі Z_{BH} және Z_{BV} – желілердегі қуаты 1 кВ; K_T – дейін және одан жоғары болатын конденсатор батареяларға кеткен үлестік шығындар. Қуаты $S_{ном.т}$ трансформаторымен КТП құны; E – капиталды шығындардың сомалық есептеулері.

Осы есепте цех трансформаторларының саны өзгерген кезде электр қуатының өзгеру, жоғалуы ішкі желідегі шаманың өзгеруі сияқты есепке алынбайды.

Техникалық және экономикалық есептеулер негізінде трансформатордың қабылданған бір қуатының оңтайлы нұсқасы таңдап алынады.

Тұтас алғанда зауыт бойынша цех трансформаторларының жалпы санын түпкілікті таңдауда келесі талаптар ескеріледі:

электр энергиясының сенімділігіне қойылатын талаптарды қамтамасыз ету қажеттілігі;

1 кВ кернеуге дейінгі кабель желісінің ұзындығы 200 м-ден аспауы тиіс;

Компанияның магистральдық жоспарында кернеуі 6-10 кВ трансформаторлар мен жеткізу желілерінің өзара орналасуын есепке алады.

Әдетте, цех трансформаторлар санының ықтимал нұсқаларының бірі ретінде ең аз трансформаторлар нұсқасы немесе трансформаторлардың саны ең аз бір немесе екі трансформаторлы нұсқасы қабылданады, яғни $= N_{\min} + (1...2)$.

Егер синхронды қозғалтқыштар реактивті қуат көзі ретінде пайдаланылса, реактивті қуаты реактивті жүктеме теңгеріміне сәйкес

электрмен жабдықтау жүйесінің талаптарын қамтамасыз ету шартымен жеткілікті болса, трансформаторлардың ең көп саны бар нұсқаны қабылдауға болады, т. е. $N = N_{\max}$.

17.6. Әрбір цехта трансформаторлардың санын анықтау

ТП цехының бір трансформаторы арқылы өтетін реактивті қуаты Q_T N-трансформаторлардың бірдей номиналды қуаты бар 10 кВ кабель желісінің белсенді кедергілерін есепке алмай, белсенді қуаттың минималды жоғарылауы жағдайымен анықталады:

$$Q_T = \frac{(Q_{\text{расчет}} - Q_{\text{БНГ}})}{N_T} \quad (17.9)$$

Бұл жағдайда санды төмендегідей жолмен анықтауға болады N_w , кәсіпорынның әрбір w (цех) үшін қажетті шама:

$$N_w = \frac{P_{\text{н.цв}}}{\sqrt{K_{\text{э.т}}^2 S_{\text{ном.т}}^2 - Q_T^2}} \quad (17.10)$$

Бұл жердегі $P_{\text{н.цв}}$ - белсенді (қуат күші 1 кВ және жарықтандыруы дейін) цехтың есептік жүктемесі; w – зауыттың бөлімшесі. $2N_w = N_t$ шамасы тексеру үшін қолданыла алады.

Бас жоспардағы цехтардың өзара орналасуына және N_w мәндеріне назар аудару керек, N_w сомасы N_1 трансформаторлар санының бүтін санына ие болатын жүктеме ауқымын таңдау керек, ал бірінші кезекте бірінші санаттағы жүктемелер үшін таңдалады.

17.7. Цехтың трансформаторлық шағын станциясынан қоректенетін электр қабылдағыштар жиынтығын таңдау

Цехтың трансформаторлық шағын станциясынан берілетін электр қабылдағыштар жиынтығы трансформатордың қуаты мен қажетті жүктеме коэффициенті, конденсатор батареяларының сыйымдылығы, сондай-ақ ТП орналастыру, маршрут және тарату желілерінің схемасы арқылы анықталады.

ТР-ден берілетін ЭП-ның жиынтығы $\pm 10\%$ дәлдікпен орташа қуаты қалыпты режимде трансформатордың қалаған белсенді шығуына және реактивті жүктемесіне тең етіп таңдалады.

$$P_{Т/ж} = \sqrt{(k_{эj} S_{ном.т})^2 - (Q_T)^2} \quad (17.11)$$

Осы жерде жарықтандырушы жүктеменің қорегі туралы мәселені шешу керек. Егер цехтың жарықтандыру жүктемесі ауқымды болса, онда оны тиісті қуаты бар жеке трансформатордан қоректендіру керек, ол кернеудің ауытқуын тудырып, күрделі ауытқу сипаттағы жүктемесі бойынша бірлесіп қоректендіру мүмкін болмаған жағдайда қажет болады.

Егер жарықтандыру мен қуат жүктемесін біріктірілген электрмен жабдықтау нұсқасы қабылданса және цехта екі (немесе одан да көп) трансформатор бар болса, онда РОЩ-ның жарықтандыру жүктемесі әртүрлі желілерге қосылған екі трансформатордан қуат алуға тиіс. Содан кейін j-th ТР-ден қуаттандырылған қуат қабылдағыштардан тұратын жиынтықтарды таңдаған кезде, 10-нан жоғары ЭП-лар саны төменде көрсетілген шарттарды орындауы керек:

$$\begin{aligned} P_{Тj} &\cong (P_{cj}/0,75) + P_{ОНj} & K_{ij} &\leq 0.5; \\ P_{Тj} &\cong (P_{cj}/0,85) + P_{ОНj} & K_{ij} &> 0.5; \end{aligned} \quad (17.12)$$

Агрегаттарды таңдау электр қабылдағыштардың, трансформаторлардың және бағыттаушы желілердің конфигурациясының өзара орналасуын ескере отырып, итеративно түрде жүзеге асырылады. $P_m / x = P_m / - (\pm 10\% \text{ дәлдікпен})$ алу кезінде есептеу аяқталады.

Белсенді қуат күшінің жиынтығын таңдағаннан кейін, жоғарыда сипатталған әдіске сәйкес $2_{расч/-}$ реактивті жүктемені және конденсаторлық банктердің қуатын анықтау қажет:

$$Q_{БНj} = Q_{расчj} - Q_{Тj}. \quad (17.13)$$

Алынған $2_{бн/}$ шамасы бойынша стандартты қуат мәнін жоғарыда сипатталған әдіске сәйкес $2_{ку/}$ анықтау керек:

Таңдалған жиынтық қалыпты режимде желі конфигурациясын белгілейді.

18 Тарау

ҚУАТЫ 1 кВ КЕРНЕУГЕ ДЕЙІНГІ ЭЛЕКТРЛІК ЖАБДЫҚТЫ ТАҢДАУ

18.1. Автоматты сөндіргіштерді таңдау

Шинаөткізгіштің бас бөлігіне арналған автоматты сөндіргіштер келесі шарттарға сәйкес таңдалады.

1.Номиналды кернеу

$$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{ном.уст}}, \quad (18.1)$$

бұл жердегі $U_{\text{ном.уст}}$ – қондырғының номиналды кернеуі.

2. Шығарылған номиналды ток

$$I_{\text{ном}} \geq I_{\text{р.ф}} \geq I_{\text{р.мах}}, \quad (18.2)$$

бұл жердегі $I_{\text{р.мах}}$ – максималды жұмыс тобы; $I_{\text{р.ф}}$ - мәжбүрлі (авариядан кейінгі) режимдегі номиналды ток.

3. Электр сөндіргіштің номиналды тогы

$$I_{\text{ном.а}} \geq I_{\text{ном}} \quad (18.3)$$

4. өшіру үзіліс тогы:

а) шекті токпен ағып кету тогын таңдау

$$I_{\text{сраб}} \geq 1,25 I_{\text{пик}} \quad (18.4)$$

Бұл жердегі $I_{\text{пик}}$ - Қозғалтқыш іске қосылғанда желіде қысқа уақытта пайда болатын ең жоғары ток.

АЗ100 түріндегі автоматтар үшін:

$$I_{\text{сраб}} \geq 1,5 I_{\text{пик}} \quad (18.5)$$

б) Бір фазалы КЗ тоқтан ажырату үшін өшіру блогының өшіру тогін тексеру

жарылмайтын және өрт қауіпі жоқ бөлмелердің желілеріне арналған, кері сипаттамаға ие автоматтар үшін:

$$I_k^{(1)} \geq 3I_{сраб}; \quad (18.6)$$

тек электромагниттік босату құралы бар автомат үшін:

$$I_k^{(1)} \geq 1,1I_{сраб}; \quad (18.7)$$

5. Айыру қабілеті бар сөндіргіш:

$$I_k^{(3)} < I_{откл}; \quad (18.8)$$

бұл жердегі $I_{откл}$ – автоматты айырғыш арқылы сөндірілетін шектеулі ток; $I_k^{(3)}$ – үш фазалы КЗ тоғы.

6. үш фазалы КЗ токқа қатысты динамикалық тұрақтылық:

$$i_{дин} > i_y^{(3)} \quad (18.9)$$

бұл жердегі $i_{дин}$ – электродинамикалық тұрақты ток $i_y^{(3)}$ – үш фазалы КЗ қысқа тұйықталу тоғы.

18.2. Шинаөткізгіштерді таңдау

Шинаөткізгіштер номиналды кернеу мен номиналды ток бойынша таңдалады /ном.ш, және

$$I_{ном.ш} \geq I_{р.ф} \geq I_{рmax}, \quad (18.10)$$

Бұл жердегі $I_{рmax}$ – максималды жұмыс тоғы; $I_{р.ф}$ – мәжбүрлі (апаттан кейінгі) есептеу тоғы.

18.3. Кернеуі 1 кВ дейінгі сақтандырғыштарды таңдау

1 кВ дейін кернеуі бар сақтандырғыштарды келесі жағдайлар бойынша таңдайды.

1. Номиналды кернеу

$$U_{ном} \geq U_{ном.уст}, \quad (18.11)$$

2. Ерігіш құралдың номиналды тоғы / ном.вст өшіру екі шарт бойынша таңдалады:

ұзақ максималды ток желісі бойынша / $I_{рmax}$

$$I_{ном.вст} \geq I_{рmax}, \quad (18.12)$$

Қосу бойынша 1пуск (немесе ең жоғарғы шыңы бойынша 1пик)
току

а) қосылу ұзқтығы 2,5 с-тан аспайтын қозғалтқышы сирек іске қосылатын жалғыз қозғалтқышқа бағытталған тармақты қорғай отырып:

$$I_{\text{ном.вст}} \geq (I_{\text{пуск}}/2,5); \quad (18.13)$$

б) жиі басталатын немесе бастапқы кезеңі ұзақ бір қозғалтқышқа әкелетін тармақшаны қорғау кезінде:

$$I_{\text{ном.вст}} \geq (I_{\text{пуск}}/1,6); \quad (18.14)$$

в) қуатты немесе аралас жүктемені беретін желіні қорғау кезінде:

$$I_{\text{ном.вст}} \geq (I_{\text{пуск}}/1,6); \quad (18.15)$$

$$I_{\text{ном.пр}} \geq I_{\text{ном.вст}} \quad (18.16)$$

Егер желіде бірнеше сақтандырғыштар серияға қосылған болса, желінің кез келген нүктесінде қысқа тұйықталу болса, қысқа тұйықталу нүктесіне жақын сақтандырғыш соққы беруі керек. 1

кВ дейінгі кернеулі сақтандырғыштардың көптеген түрлерінің селективті әрекетін алу үшін кем дегенде екі қадаммен ерекшеленетін номиналды токтармен балқымалы құрылғы сақтандырғышты байланыстарды таңдау қажет (егжей-тегжейлі ақпарат үшін 20-тарауды қараңыз).

18.4. Қорғау түрін ескере отырып, кернеуі 1 кВ дейінгі сым және кабельдік қиманың учаскелерін таңдау

Қыздыру жағдайына сәйкес кернеуі 1 кВ дейінгі сымдар мен кабельдердің көлденең қимасы екі қатынастан алынған қалыпты жағдайда рұқсат етілген ұзақ мерзімді жүктеме бойынша конструкциялық мәнге байланысты анықталады:

1) ұзақ жобалық токпен қыздыру күйінде:

$$I_{\text{ном.доп}} \geq I_{\text{дл.р}}/k_{\text{прокл}}, \quad (18.17)$$

Бұл жердегі $I_{\text{ном.доп}}$ - қалыпты режимде кабель немесе сымның рұқсат етілген тогы; $I_{\text{дл.р}}$ Сыйлық – желінің ұзын тізбекті тогы; $k_{\text{прокл}}$ - шарттарды қою үшін түзету коэффициенті;

2) максималды ток қорғанысының таңдалған құрылғысына сәйкестігі шартымен:

$$I_{\text{ном.доп}} \geq (I_{\text{защ}} k_{\text{защ}})/k_{\text{прокл}}, \quad (18.18)$$

Бұл жердегі $I_{защ} = I_{ном.вст}$, егер сызық сақтандырғышпен қорғалған болса; $I_{защ} = I_{сраб}$, егер желі автоматты түрде қорғалған болса; $k_{защ}$ – қорғаныс аппаратын іске қосудың сымына немесе сымға рұқсат етілген ең ұзын ток көптігі.

ПУЭ -ге сәйкес, КЗдан жүктеме қорғанысы және қысқа тұйықталу токтарына мыналар жатады: үй-жайлардың ішіндегі желілер, ашық қойылған, қорғалмаған оқшауланған өткізгіштер; қорғалатын өткізгіштермен жасалған құбырларға, жанғыш емес құрылыс конструкцияларына және т.б. үй-жайларда орналасқан желілер, мынадай жағдайларда:

тұрғын үй және қоғамдық ғимараттарда, сондай-ақ өртке қауіпті өндірістік үй-жайларда жарықтандыру желілері;

электр желілері, технологиялық процестің жағдайында ұзақ уақытқа тиеу мүмкін;

технологиялық процесстің шарттарына карамастан, жарылыс аудандарындағы барлық түрдегі желілер.

Барлық басқа желілер жүктемеден қорғауды қажет етпейді және тек КЗ қысқа тұйықталу токтарынан, атап айтқанда жарылыс емес жерлердегі құбырлардағы кабельдер мен өткізгіштерден қорғалған.

Егер токтанудан қорғаудың таңдалған құрылғысымен сәйкестік шарты бойынша анықталған рұқсат етілген ток жүктемесі рұқсат етілген ток жүктемелерінің кестелерімен сәйкес келмесе, онда кішігірім көлденең қиманың өткізгішін пайдалануға рұқсат етіледі. Дегенмен, бұл бөлім ұзақ жобалық токпен жылыту күйі бойынша рұқсат етілген жүктемені анықтау кезінде қажеттіден кем болмауы керек.

Бір қозғалтқышы бар тармақтағы сымдар мен кабельдердің көлденең қимасы қысқа тұйықталатын роторымен ұзақ уақыт бойы қызған есептеу тоғымен алынады.

Сонымен қатар жарылыс қауіпі жоқ бөлмелер үшін 1дл.р желісінің ұзақ мерзімді номиналды ток қозғалтқыштың номиналды тоқына тең:

$$I_{ном.дв} = I_{дл.р} \quad (18.19)$$

Жарылу қауіпі бар бөлмелер үшін

$$1,25 I_{ном.дв} = I_{дл.р} \quad (18.20)$$

19 Тарау

НЫСАНДАРДЫ ЭЛЕКТР ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ ЖҮЙЕЛЕРІНДЕГІ ЭЛЕКТР ҚАУІПСІЗДІГІНІҢ САПАСЫ

19.1. Жалпы мәліметтер

Электр қуаты қабылдағыштары (ПЭ) және электр желілеріне қосылған құрылғылар белгілі бір атаулы параметрлерде жұмыс істеуге арналған: айнымалы ток, номиналды кернеу, номиналды ток және т.б.

Ұзақ уақыт бойы электр энергиясының сапасын анықтайтын негізгі режим параметрлері электр жүйесінде жиілік мәндері және желілік тораптардағы кернеу деңгейлері болды.

Алайда, сызықты емес вольт-ампер сипаттамаларын пайдаланатын электр тұтынушылары технологиялық өндірістік процестерге енгізілген кезде, үш фазалы желілерде кернеу қисығының синтетикалық сыну мүмкіндігі, синусо-толқынды пішінін ескеру қажет болды.

Электр энергиясының көрсеткіштерінің сапасына желілердің параметрлері айтарлықтай әсер етеді.

Мысалы, ПЭ терминалдарындағы кернеу қуат көзі (PS) мен ПЭ деректері арасындағы желі ауқымы мен сипатына байланысты болады.

Сондықтан, кернеуге қатысты индикаторлар желі нүктелерінде әртүрлі мәндері бар жергілікті (жергілікті) болып табылады. Желі жиілігі электр энергиясы сапасының жалпы жүйелік (жаһандық) параметрі болып табылады.

Электр желілерін жобалау және пайдалану тәжірибесі электр желілерінің электр сапасының көрсеткіштеріне әсерін жою және азайту шаралары мүмкін екендігін және қымбат болатынын көрсетеді.

Әрбір ПЭ терминалдарында кернеудің оңтайлы деңгейін ұстап тұру, ең алдымен, экономикалық себептерге байланысты тиімді емес.

Шын мәнінде, ПЭ әртүрлі жұмыс режимдеріне ие болуы және олардың әрқайсысының терминалдарында оңтайлы кернеуді қолдау үшін ПИ-ден әр түрлі электрлік қашықтықта орналасуы мүмкін болғандықтан, оларды жеке кернеу реттегіштерімен қамтамасыз ету қажет.

Әлбетте, бұл өте қымбат.

РЕ тобы үшін жалпы реттегіш құрылғы орнатылса, топтық кернеуді реттеу үшін бұл тиімдірек болады. Бұл жағдайда, әрине, номиналды кернеу тек кейбір ПЭ үшін, ал басқалары үшін кернеу номиналдықтан үлкен немесе аз бағытта ауытқуы мүмкін.

Осының салдарынан өндірістік қуаттардың техникалық параметрлері нашарлауы және олардың кірістілігіне теріс әсер етуі мүмкін. Дегенмен,

дұрыс таңдалған топпен жеке кернеуді реттеуді ауыстырудан үнемделген кернеу, әдетте, өндіріс экономикасындағы осыған сәйкес келетін құлдырауды олықтырады.

Электр энергиясының сапасына қойылатын талаптар (ГОСТ 13109 - 99), номиналды параметрлерден ауытқулардың техникалық рұқсат етілген шектері көрсетіледі.

Біздің елімізде 1967 жылы (ГОСТ 13109 - 67) электр энергиясының сапасы бойынша бірінші ұлттық стандарт енгізілді. Ол 1979 жылы және 1987 жылы түзетілген, ал қазіргі уақытта жаңа ГОСТ 13109 - 99 қолданыста.

Қалыпты режимде желіні жобалау кезеңінде электр энергиясының сапа көрсеткіштерін (УСК) есептеу және рұқсат етілген лимиттерге (нормаларға) параметрлерін түзетудің ең үнемді құралдарын таңдау қажет.

Электр желісінде жұмыс істеу жағдайында МКЖ-ні жүйелі бақылау жүргізілуі тиіс және тиісінше параметрлерді рұқсат етілген стандарттарға келтіру үшін шаралар қабылдануы тиіс.

19.2. Электроэнергиясы сапасының көрсеткіштері

19.2.1. Электроэнергиясы сапасының негізгі және қосымша көрсеткіштері

ГОСТ 13109 - 99 әртүрлі тұтынушыларға тиесілі электр желілеріне қосылатын 50 Гц жиілігі бар үш фазалы және бір фазалы тоқтың жалпы электрмен жабдықтау жүйелерінің электр желілеріндегі электр энергиясының (СЕ) сапасы үшін индикаторлар мен нормаларын белгілейді, немесе электр энергиясын алушылар (жалпы байланыс нүктелері - ТОР).

Бұл ГОСТ электр энергиясының сапасының 11 негізгі көрсеткішін (ПКЭ) белгілейді:

- 1) Жиіліктің ауытқуы S_f ;
- 2) тұрақты күйдегі кернеу ауытқуы S_{Uy} ;
- 3) кернеудің өзгеру ауқымы S_{Ut} ;
- 4) фликердің жыпылықтаған дозасы (жарқыраған немесе тербеліс) P_t ;
- 5) синусоидальдық кернеу қисығының бұрмалану коэффициенті K_U ;
- 6) кернеудің n-ші гармоникалық компонент коэффициенті $K_U(n)$;
- 7) кері тізбектегі кернеулердің теңгерімсіздігінің коэффициенті K_{2U} ;
- 8) нөлдік тізбектегі кернеулердің теңгерімсіздігінің коэффициенті K_{0U} ;
- 9) кернеудің тереңдігі мен ұзақтығы $S_{Ua}, J_{\wedge}$;

10) Импульсті кернеу иимп;

11) уақытша артық кернеу коэффициенті Ктери.

КЭ Кейбір көрсеткіштердің мәндерін анықтау кезінде электр энергиясының келесі шағын параметрлері пайдаланылады:

1) кернеудің өзгеруін қайталау жиілігі $f_s U_t$;

2) Кернеудің өзгеруі арасындағы интервал L^+p

3) Кернеудің тереңдігі S ип;

4) Кернеу тереңдігінің пайда болу жиілігі E_p ;

5) деңгейі 0,5 амплитудасы L^{mp05} ; болғандағы импульс ұзақтығы

6) уақытша артық кернеудің ұзақтығы L^{ep^+}

7) ПКЭ \ЭКК нормаларының екі түрі белгіленеді: әдетте рұқсат етілген (нормативтік) және шекті рұқсат етілген (алдыңғы).

19.2.2. Жиіліктік ауытқу және оның пайда болу себептері

Электр жүйесіндегі Гц жиілігінің ауытқуы қуат беру жүйесіндегі айнымалы ток жиілігінің //ном номиналының нақты f және номиналды мәні арасындағы айырмашылықты сипаттайды және өрнекпен анықталады

$$\delta f = f - f_{\text{ном}} \quad (19.1)$$

Жиіліктік ауытқуларға жол беретін нормалар:

$$\delta f_{\text{ном}} = \pm 0,2 \text{ Гц}; \delta f_{\text{пред}} = \pm 0,4 \text{ Гц}$$

Электр жүйесінде ауыспалы ток жиілігі электр станциясының генераторларының айналу жылдамдығымен анықталады.

50 Гц-нің Ресей ЖЭО-дағы электр жүйесіндегі жиіліктің номиналды құны белсенді қуат резерві болған жағдайда қамтамасыз етіле алады.

Электр жүйесіндегі әр сәтте электр желісінде электр энергиясын беру үшін электр энергиясының ысырабын есепке ала отырып, электр станцияларының генераторларының қуаты мен жүктемесі бойынша тұтынылатын қуат арасындағы теңдік (баланс) қамтамасыз етілуі керек (13.2-бөлімді қараңыз).

Жүйеде резервтік қуаттылықты енгізу электр станцияларының турбиналарын қосымша энергияны тұтыну есебінен мүмкін болады.

19.2.3. Кернеудің ауытқуы

Кернеу ауытқуы U кернеуінің ағымдағы мәнінің белгіленген ауытқуының индикаторымен сипатталады.

$$\delta U_y = \frac{U - U_{\text{ном}}}{U_{\text{ном}}} 100\% \quad (19.2)$$

Кернеу ауытқуы U кернеуінің ағымдағы мәнінің белгіленген ауытқуының индикаторымен сипатталады.

Кернеу ауытқуы кернеудің жоғалуы нәтижесінде пайда болады (12-тарауды қараңыз), жүктеме күші өзгеруіне байланысты. Кернеу ауытқуы электр энергиясын қабылдағыштардың терминалдарында қалыпқа келтіріледі.

$$\delta U_{y.\text{ном}} = \pm 5\% \text{ и } \delta U_{y.\text{пред}} = \pm 10\%$$

19.2.4. Кернеудің ауытқуы

Кернеудің флуктуациялары кернеудің өзгеру жиілігіндегі кернеудің амплитудасы арқылы сипатталады, кернеудің өзгеруі $F_g U_t$, кернеудің $A + 1$ кезінде өзгеруі арасындағы интервал, P_t фликер дозасы.

Кернеудің ауытқу көздері қуатты күрт өзгерте отырып пайдаланатын электр энергиясын тұтынушылар болып табылады (әсіресе реактивті).

Оларға мыналар жатады: доғаның болат балқыту пештері, электр дәнекерлеу, поршеньдік компрессорлар және тағы басқалар. Жүктің күрт артуымен желі жүктемесін азайтатын филиалдарда кернеу жоғалуы күрт артады. Нәтижесінде, тармақтың қабылдау түйініндегі кернеу күрт төмендейді. Жүктің күрт азаюымен кернеудің жоғалуы азаяды.

Электр желілерінде кернеу тербелістерінің таралуы төмен вольтты шиналар бағытында, іс жүзінде ешқандай әлсіреуі жоқ, ал жоғары вольтты шиналарда - амплитудалық әлсіреуі байқалады.

Бұл әсер 5к.з.сист фазалық жүйенің қысқа тұйықталу қуатына тәуелді болады.

Кез келген бағытта кернеу тербелістерін көбейту кезінде олардың жиілік спектрі сақталады, ал $K_g U_t$ демпферлік немесе күшейту коэффициенті қатынаспен анықталады:

$$K_{\delta U_t} = 1 + \frac{S_{\text{к.з.сист}}}{S_{\text{ном.т}}} u_{\text{к.з}*}, \quad (19.3)$$

мұндағы $S_{\text{к.з.ст}}$ - трансформация кезеңінің қысқа тұйықталу қуаты; $S_{\text{нм.т}}$ - трансформатордың номиналды қуаты; $ик *$ трансформатордың қысқа тұйықталу кернеуі.

Осылайша, электр желісінің кез келген нүктесінде туындайтын және оның таралуы кернеудің ауытқуы сезімтал электр қабылдағыштарға, негізінен, жарықтандыруға теріс әсер етеді.

Кернеуді өзгерту диапазоны кез-келген нысандағы кернеудің, яғни бір-бірінен кейінгі кернеулердің нақты мәндерінің ең жоғары және ең төменгі мәндерінің арасындағы келесі операциялық мәндер арасындағы айырмашылық.

Кернеу мәндерінің айналымы негізгі жиілік кернеуінің әрбір жарты циклында анықталған кернеудің кернеу мәндерімен қалыптасқан кезеңдік уақыт функциясы.

Егер тиімді кернеудегі конверт көлденең қималар (тыныш жүктеме графигімен) болса, онда $S U_t$ кернеуінің өзгеруі көршілес экстремумдар (максималды U_{max} немесе минималды U_{min}) мен көлденең секция немесе көрші көлденең бөліктер арасындағы айырмашылық ретінде анықталады (19.1 сурет):

$$\delta U_t = U_{max} - U_{min}$$

$$\delta U_t = \frac{U_{max} - U_{min}}{U_{ном}} 100\% \quad (19.4)$$

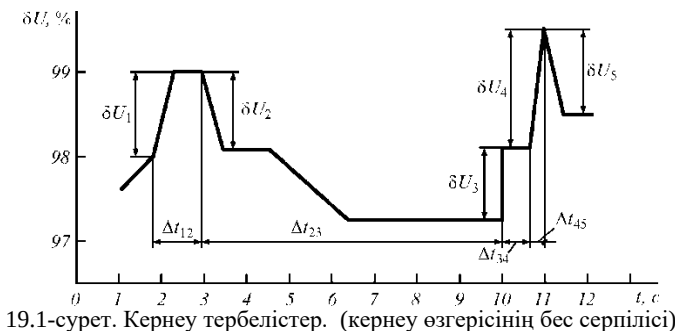
Кернеудің өзгеруін қайталау жиілігі бір бірлік уақыттағы кернеудің өзгеруінің санын білдіреді:

$$F_{\delta U_t} = \frac{m}{T} (1/c, 1/\text{мин}, 1/c) \quad (19.5)$$

100

Мұндағы m - T . уақыт бойынша жылдамдықтың секундына 1% -дан жоғары өзгеру жылдамдығындағы кернеудің өзгеруі

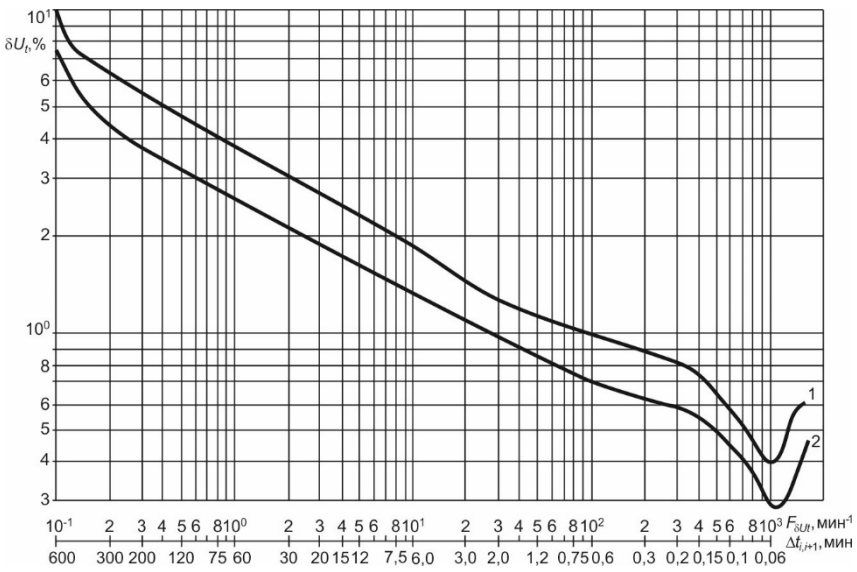
Кернеудің өзгеру ұзақтығы $\Delta t_{ij} + 1$ - жалғыз кернеудің өзгеруінің басталуынан соңғы мәніне дейінгі уақыт интервалы (19.1-суретті қараңыз).



Фликера (Жыпылық) - осы көздерден электр кернеу ауытқуы туындаған жасанды жарық көздерінің адамның жарық ағынын

субъективті қабылдауы.

Фликер дозасы адамның белгілі бір уақыт кезеңінде жинақталатын жылтылдайтын жарық ағынының жиналуына әкелетін кернеу ауытқуларының интегралдық сипаттамасы, яғни белгілі бір уақыт аралығы үшін адамның сезімталдықты сезінуінің шарасы болып табылады.



19.2. Сурет Рұқсат етілетін кернеудің жиілігінің өзгеру жиілігіне тәуелділігі

19.2.5. Синусоидалы кернеу

19.1-кесте

Кернеу қисығының синусоидалық бұрмалану коэффициентінің мәндері, %

Қалыпты рұқсат етілетін мәні При Щ _{ном.} кВ				Максималды рұқсат етілген мән Щ _{ном.} кВ			
0,38	6...20	35	110...330	0,38	6...20	35	110...330
8,0	5,0	4,0	2,0	12,0	8,0	6,0	3,0

Стресстік қисықтың синусоидалыды бұрмалану коэффициентін анықтаған кезде, $n > 40$ немесе оның тиімді құны 0,3-тен астам $U(i)$ болғанда гармоникалық тұрақты мәндерін елемегуге болады.

Нүктедегі кернеудің синусоидальды қисық бұрмалану коэффициентінің қалыпты және рұқсат етілген мәндері кәдімгі түрлі номиналды кернеулі электр желілерімен жалпы байланыс ұсынылады.

19.1

19.2 - кесте

N-ші гармоника коэффициентінің рұқсат етілген мәндері кернеу компоненті, %

n1	При ином, кВ				n2	При Щном, кВ				n3	При Щном, кВ			
	0,38	6... 20	35	110... 330		0,38	6... 20	35	110... 330		0,38	6... 20	35	110... 330
5	6,0	4,0	3,0	1,5	3	5,0	3,0	3,0	1,5	2	2,0	1,5	1,0	0,5
7	5,0	3,0	2,5	1,0	9	1,5	1,0	1,0	0,4	4	1,0	0,7	0,5	0,3
11	3,5	2,0	2,0	1,0	15	0,3	0,3	0,3	0,2	6	0,5	0,3	0,3	0,2
13	3,0	2,0	1,5	0,7	21	0,2	0,2	0,2	0,2	8	0,5	0,3	0,3	0,2
17	2,0	1,5	1,0	0,5	>21	0,2	0,2	0,2	0,2	10	0,5	0,3	0,3	0,2
19	1,5	1,0	1,0	0,4						12	0,2	0,2	0,2	0,2
23	1,5	1,0	1,0	0,4						>12	0,2	0,2	0,2	0,2
25	1,5	1,0	1,0	0,4										
>25	0,2+	0,2+	0,2+	0,2+										
	+1,3- •25/n	+0,8- •25/n	+0,6- •25/n	+0,2- •25/n										

Ескертулер. 1. n - кернеудің гармоникалық компонентінің саны; n1 - 3 еселігі емес, тақ гармоника; n2 - тақ, көпше 3; n3 тақ

2. Н, 3 және 9-ға тең қалыпты рұқсат етілген мәндер бірфазалы электр желілеріне жатады. Үш фазалы үш сымды электр желілерінде бұл мәндер 19.2.кестеде көрсетілгендей екі есе аз.

Әр түрлі номиналды кернеулері бар электр желілеріне жалпы қосылу нүктелерінде кернеудің гармоникалық құрамдас бөлігінің коэффициентінің әдеттегі рұқсат етілген мәндері 19.2.Кестеде келтірілген.

Кернеудің n-ші гармоникалық компонент коэффициентінің ең жоғарғы рұқсат етілген мәні формула бойынша есептеледі

$$K_{U(n)\text{пред}} = 1,5K_{U(n)\text{норм}} \quad (19.9)$$

мұндағы $K_{U(n)\text{норм}}$ - кестеден анықталған, n-ші гармоникалық кернеу компонентінің коэффициентінің қалыпты рұқсат етілген мәні. 19.2.кестеде.

19.2.6. Кернеудің асимметриясы

Үш фазалы кернеулер жүйесінің асимметриясы үш фазалы электр желілері кернеудің тікелей (негізгі) тізбектің тиісті компоненттерінен

гөрі әлдеқайда кіші болатын кері және нөлдік тізбектің кернеулеріне байланысты пайда болады.

Кернеудің асимметриясының негізгі себебі фазаларда теңгерімсіз қуат тұтынушылар болып табылады. Оларға мыналар жатады: фазалық немесе фазалық-фазааралық кернеулер үшін қосылатын бір фазалық тұтынушылар; фазаларда ассиметриялық энергияны тұтынумен үш фазалық тұтынушылар (атап айтқанда, доғаның болат пештері, дәнекерлеу қондырғылары). Кернеулердің теңгерімсіздігінің себебінде сатылардағы желілік кедергілердің асимметриясы болуы мүмкін.

Үш фазалық кернеулер жүйесінің асимметриясы кері тізбектік кернеудің (номиналды кернеу) нақты мәніне кері және нөлдік тізбектегі кернеудің нақты мәнінің қатынасын білдіретін $K_{2U}, \%$ теріс тізбектің теңсіздік коэффициенттерімен сипатталады, және $\%$ нөлдік тізбегі $K_{0U}, \%$ Тікелей тізбектік кернеудің тиімді мәніне (номиналды кернеуге) арналған жүйе:

$$K_{2U} = \frac{U_{2(1)}}{U_{ном}} 100$$
$$K_{0U} = \frac{U_{0(1)}}{U_{ном}} \quad (19.10)$$

мұндағы $U_{2(1)}$ және $U_{0(1)}$ - Кернеулердің тиімді мәндері, тиісінше, кернеулердің үш фазалық жүйесінің, В және кВ іргелі жиілігінің кері және нөлдік тізбектері

Бұл көрсеткіштердің рұқсат етілген мәндері төмендегідей: қалыпты режимде шекті жол берілетін нормалар $K_{2U_{норм}} = K_{0U_{норм}} = 2\%$; Бұл көрсеткіштердің ұйғарынды мәні: қалыпты жағдайда $K_{2U_{пред}} = K_{0U_{пред}} = 4\%$; шекті ұйғарынды мәні

19.2.7. Кернеудің құлауы

Кернеудің құлауы – 0,9 ином-нан төмен емес электр желісінің нүктесіндегі он миллисекундтан бірнеше ондаған секундқа дейінгі уақыт аралығынан кейін кернеуді алғашқы немесе алғашқыға жақын деңгейге төмендететін қайта қалпына келтіруге әкеліп соғатын керенудің едәуір тосын төмендеуі.

Кернеудің құлауы 8Ип тереңдігімен (қалыпта жағдайдағы кернеудің мәніне қатынасы бойынша) және AtH ұзақтығымен сипатталады. Кернеудің құлауы:

$$\delta U_n = U_{\text{ном}} - U_{\text{min}}, \quad \text{немесе} \quad \delta U_n = \frac{U_{\text{ном}} - U_{\text{min}}}{U_{\text{ном}}}$$

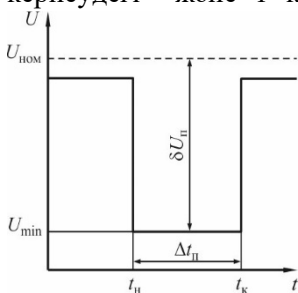
Кернеудің құлауының ұзақтығы $\Delta t_{\text{п-п}}$ кернеудің құлауының алғашқы сәтінен t_E алғашқы немесе алғашқыға жақын деңгейге төмендететін қайта қалпына келтіруге дейінгі уақытаралығы:

$$\Delta t_{\text{п}} = t_{\text{н}} - t_{\text{к}}. \quad (19.12)$$

Кернеудің құлауының тереңдігі 10 -нан 100%-ға, ұзақтығы – жүздік немесе бірнеше ондық секундқа дейін (кейбір жағдайларда - секундтар) дейін өзгеруі мүмкін.

Шағын сипаттамасы кернеудің құлауын көрсетуінің жиілігі болып табылатын FH – осы уақыт аралығындағы кернеулердің жалпы санына қатысты белгілі бір мерзімдегі белгілі тереңдік пен ұзақтықтағы кернеудің құлауының саны.

Электрмен жабдықтаудағы кернеудің құлауының көрінуінің негізгі себебі жүктеменің осы түйінінің жоғары (35...220 кВ), орта (6... 10 кВ) кернеудегі және 1 кВ-қа дейінгі кернеуі бар желілердегі қуат көзі тізбегінен шығарылған тарамдалған қысқа тұйықталу болып табылады.



19.3 Сурет Шұңқыр

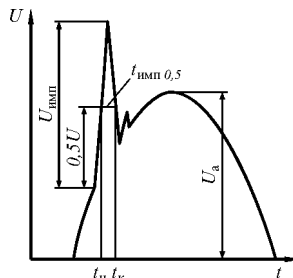
Кернеудің құлауы нормаланбайды, себебі қысқаша тұйықталудың болмай тұрмайтыны сияқты, оның да болып тұрмауы мүмкін емес. Алайда кернеудің құлауының ерекше сезімтал тұтынушыларын электрмен жабдықтау мақсатында үздіксіз қуат көздері мен агрегаттарын қолдануды дәлелдеу үшін электрмен жабдықтау жүйесінде кернеулердің құлауының жиілігі, тереңдігі және ұзақтығы бойынша статистиканы білу қажет. Оларға

басқарудың электронды микропроцессорлық құрылғылары, компьютерлер, серверлер және тағы басқалары жатады.

19.2.8. Импульстік кернеу

Қоректендіруші кернеудің формасының бұрмалануы желілердің коммутациясы, электр тогын ажыратушылардың жұмыстары барысында жоғары жиіліктегі импульстердің пайда болуы есебінен болуы мүмкін. Кернеудің импульсі –бірнеше миллисекундқа дейінгі уақыт аралығында

(яғни жарты мерзімнен аз) кернеуді алғашқы немесе алғашқыға жақын деңгейге төмендететін қайта қалпына келтіруге әкелетін электр желісі нүктесіндегі кернеудің кенеттен өзгеруі (19.4-сурет). Импульстік кернеу келесі шамаларды сипаттайды: $U_{\text{имп}}$ импульстің амплитудасы – кернеу импульсінің максималды лездік мәні; импульстің ұзақтығы – алғашқы немесе алғашқыға жақын деңгейге дейінгі кернеу импульсінің алғашқы сәті мен кернеудің лездік қайта қалпына келу сәті аралығындағы уақыт интервалы; импульстің ұзақтығы көбінесе оның $A_{\text{имп}} 0,5$ амплитудасының $0,5$ деңгейі бойынша бағаланады $220...380 \text{ В}$ кернеудегі электр желісіне $3...6 \text{ кВ}$ дейінгі импульстік кернеудің енуі мүмкін.



19.4-сурет. Импульстік кернеу

Көбінесе басқару жүйесінің электронды және микропроцессорлық элементтері, серверлер және компьютерлік станциялар импульстік кернеуге сезімтал болып келеді.

Импульстік кернеулерден сақтаудың басты жолдары – металлооксидтік қосылыстар негізіндегі ток кернеуінің ұлғаюын шектеушілерді қолдану.

19.2.9. Ток кернеуінің уақытша ұлғаюы

Ток кернеуінің уақытша ұлғаюы - электрмен жабдықтау жүйелерінде коммутациялар немесе қысқа тұйықталу кездерінде болатын $1,1 U_{\text{ном}}$ - нан жоғары электрлік желідегі нүктенің кернеуінің 10 мс –дан артық ұзақтықта артуы.

$K_{\text{пер}U}$ кернеудің уақытша ұлғаюының коэффициенті – желінің шартты кернеуінің амплитудасына уақытша кернеудің ұлғаюы болып жатқан уақыттағы амплитудалық кернеу шамасын орай жанаушының максималды шамасына қатысты тең шама.

$t_{\text{пер}U}$ кернеудің уақытша ұлғаюының ұзақтығы – кернеудің уақытша ұлғаюының алғашқы сәтінен бастап, оның жоғалуына дейінгі уақыт аралығы.

19.3. Электр энергиясының электр қабылдағыштардың жұмысына әсері

19.3.1. Энергожүйе жиілігінің ауытқуының электр

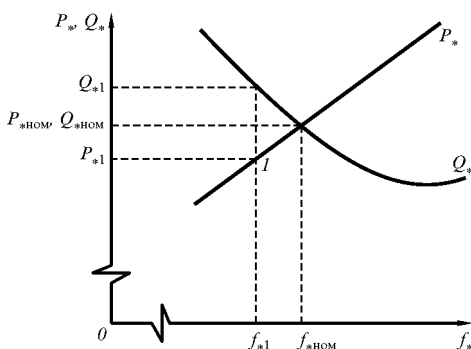
қабылдағыштардың жұмысына әсері

Электр қабылдағыштардың жұмысы жиілігінің ауытқуының электромагниттік және технологиялық түрлері болады. Электромагниттік құрам белсенді қуатты жоғалтудың артуы мен белсенді және реактивті қуатты пайдаланудың өсуіне себепші болады. 1% жиілікті жоғалту желідегі шығында 2 %-ға арттырады. Техникалық құрам негізінен өндірістік кәсіпорындардың өнімді шала шығаруынан туындайды. Сарапшылық бағалауларға сәйкес, техникалық шығынның мәні электромагниттік шығыннан анағұрлым жоғары.

Үздіксіз технологиялық үдерістегі кәсіпорындардың жұмысын талдау көптеген техникалық желілер кедергілердің үздіксіз және вентиляторлық жақтарымен жабдықталғанын көрсетті, ал асинхронды қозғалтқыштар олардың жетектері ретінде қызмет жасайды. Қозғалтқыштардың айналу жиілігі желінің жиілігінің өзгерісіне пропорционалды, ал технологиялық желілердің өнімділігі қозғалтқыштардың айналу жиілігіне байланысты. Энергожүйедегі жиілік артқан жағдайда, бұл мысалы жүктеме азайған кезде (түсіру) болуы мүмкін, жабдықтың бүлінуі ықтимал.

Сонымен қатар, электр желісіндегі жиіліктің төмендеуі жабдықтардағы магниттелу тогының артуы мен болаттан жасалған бөліктерінің қосымша қызып кетуінің салдарынан құрамында болаттан жасалған бөліктері бар жабдықтардың (электроқозғалтқыштар, трансформаторлар) қызмет ету мерзіміне әсер етеді.

19.5 -суретте көрсетілген жүктеменің жиынтық түйінінің жиілігі бойынша статикалық сипаттамасының көмегімен жиіліктің өзгеруінің



19.5-сурет. Жүктеменің жиынтық түйінінің жиілігі бойынша статикалық сипаттама

кезіндегі тұтынушылардың жүктемесінің өзгеруіне талдау жасауға болады

19.5 суретте көрініп тұрғандай, жиіліктің f_1 шамасына дейін төмендеуі реактивті қуаттың қолданылатын жүктемесінің Q^* ден Q_{*1} шамасына дейін артуына әсер етіп, бұл жүктемені қосу түйініндегі кернеудің төмендеуіне әкеп соғады.

Солай бола тұра, қолданылатын белсенді қуан P_{*1} -ге едйін төмендейді.

Әдетте, қолданылатын реактивті қуаттың артуы белсенді қуаттың кемуінен жоғары, бұд желі жлементтері бойынша өтулердің артуына, яғни желідегі қуат пен энергияның жоғалуының артуына әкеледі. Желідегі қолданушылардың жүктемесінің өзгеруі сипаттамасы бойынша әр түрлі болып келуі мүмкін. Жүйедегі жүктеменің аз ғана өзгеруі кезінде қуаттың аз ғана қоры қажет. Мұндай жағдайларда жүйедегі жиілікті автоматты реттеу бір ғана жиілік-реттеу станциясында өндірілуі мүмкін. Жүйедегі жүктеменің біршама өзгеруі кезінде қуат бірқатар станцияларды қарастырылу керек. Осыған байланысты болжанатын жүктемеге сай алдын ала электр станциясындағы жүктеменің сәйкесінше өзгеруінің кестесі жасалады. Сонымен бірге, станциялар арасындағы жүктеменің экономикалық реттелуі қарастырылады.

Авариядан кейін болатын жағдайлар кезінде, мысалы электр беретін күшті желілер өшіп қалған жағдайда, жүйенің бір-бірімен байланыссыз жұмыс істейтін әр түрлі бөліктерге бөлінуі мүмкін. Кей жағдайларда жиілікті ұстап тұру үшін электр станциясының күші жеткіліксіз болып қалады және жиілік үлкен өзгерістерге ұшырайды. Бұл, жоғарыда атап өтілгендей, электр станциясының өз қажеттеліктеріне керек жабдықтардың өнімділігінің кенеттен азаюына әкеледі, ал ол станция қуатының тіпті жұмыстан шығуға дейін ары қарай азаюына себеп болады. Мұндай жағдайларда, жалпыжүйелік авариялардың алдын алу үшін жауапкершілігі аз қолданушылардың біразын өшіріп тастайтын жиілікті жеңілдетудің арнайы автоматтық құрылғыларын қарастырады. Қуат тапшылығын жойғаннан кейін, мысалы резервтік қуат көздерін қосқаннан соң, жиілікті автоматты түрде қайта қосатын арнайы құрылғылар ажыратылған тұтынушыларды қосады.

19.3.2. Кернеу ауытқуының электр қабылдағыштардың жұмысына әсері

Әрбір электр энергиясын қабылдағыш номиналды кернеудегі жұмыс үшін жобаланған және кернеудің ГОСТ қойған шамасынан ауытқуы кезінде қалыпты қызмет етуді қамтамасыз ету керек.

Бұл жұмыс диапазонының шегінде кернеудің өзгеруі кезінде электр энергиясын қабылдағыштың электротермикалық құрылғыдағы температура, электрлік жарық беруші құрылғының жарық беруі, электр қозғалтқыштың білігіндегі пайдалы қуат сияқты шығыс мәліметтерінің шамасы өзгеруі мүмкін. Шығыс мәліметтерінің өзгеруі кезінде, кей жағдайларда олар өзгермесе де, жіктеменің өзгеруі электр энергиясын қабылдағыштың тұтынатын қуатының өзгеруіне әкеледі.

Электротермикалық қондырғылардың жұмысы кернеудің біршама

төмендеуі кезінде нашарлайды, себебі технологиялық үдеріс ұзарады.

Кедергінің тікелей және жанама әрекет ету пештері 2000 кВт-қа дейінгі қуатқа ие және 0,38 кВ кернеуге дейінгі желіге қосылады, қуат коэффициенті 1,0-ге жуық. Пештердің белсенді жүктемесінің реттеуші әсері 2-ге тең. Кернеудің артуы электр энергиясының артық шығынына әкеледі. Өндірістік және жоғары жиіліктің индукциялық балқыту пештері дегеніміз «тыныш» жұмыс тәртібінің үш фазалық электр жүктемесі. Пештер 0,4 кВ кернеудегі ауыспалы ток жеткізілетін жоғары жиіліктегі жиіліктің вентильдік түрлендіргішінен қоректенеді. Индукциялық пештердің қуатының коэффициенті төмен 0,1-ден 0,5-ке дейін.

Вентильдік түрлендіргіштерде үздіксіз тоқты фазалық басқарудың автоматтық реттеу жүйесі болады. Желідегі кернеудің артуы кезінде реттеу бұрышы автоматты түрде артады, ал бұл түрлендіргіштің қуат қабылдауының артуына әкеліп соғады. Электролизді сынапты-түзеткіш агрегаттың реттеуші әсері белсенді қуат үшін 3,5; ал реактивті қуат үшін 7,6.

Доғалық және түйіспелі дәнекерлеудің ауыспалы тогын электрмен дәнекерлеу құрылғылары - бір фазалы бірыңғай және синусоидтық емес жүктемелер. Олардың қуат коэффициенті төмен: доғалық дәнекерлеу үшін - 0,3 және түйіспелі дәнекерлеу үшін - 0,7. Кернеудің 0,9 Пном-ға дейін төмендеуі кезінде дәнекерлеу уақыты 20 %-ға дейін артады. Ал (0,9... 1,1) ином шегінен асып кетсе, дәнекерлеу жігі жарамсыз болып қалады.

Электрохимиялық және электролиздік қондырғылар үш фазалы ауыспалы тоқты түзететін қайта қалпына келтуі станциялардан алынатын үздіксіз токта жұмыс істейді. Құрылғылардың қуатының коэффициенті - 0,8... 0,9. Электролизді құрылғылардағы кернеудің төмендеуі жұмысы өнімділіктің төмендеуіне әкеліп соғады, ал артуы - электролиздеушінің ваннасының қызып кетуіне әкеліп соғады.

Электр жарығы қондырғылар - қыздыру, люминесцентті, доғалы, сынапты, натрийлі, ксенонды шамдар барлық кәсіпорындарды ішкі және сыртқы жарық беру үшін қолданылады. Өндірістік қажеттіліктер үшін қазіргі кезде негізінен ДРЛ және ДРИ 220 В түріндегі жоғары қысымды доғалық сынапты шамдар қолданылады. 10% құрайтын авариялық жарық берулерде қыздыру лампалары қолданылады. Жеке конденсаты бар жарық берушілердің қуатының коэффициенті - 0,9... 0,95, ал онсыз - 0,6. Жоғары жарықты қажет ететін цехтар, лабораториялар және әкімшілік ғимараттарда люминесцентті шамдар орнатылады. Сыртқы жарық беру үшін ДРЛ түріндегі шамдар қолданылады. Номиналды кернеу саласындағы қыздыру шамдарының реттеуші әсері 1,6-ға тең

Кернеу өзгерген кезде жарықтандыру, жарық ағыны және шамның қызмет ету уақыты өзгереді. Кернеудің төмендеуінің әр пайызына жарық

ағыны азаюының 3,6 пайызы тән. Ал қызмет ету мерзімі 1,3 пайызға артады.

Люминесценттік шамдар да жүктеменің өзгеруі кезінде өздерінің тұтынуларын өзгертеді.

Люминесценттік шамдардың реттеу әсері ыдыратқыш фазалық сызба бойынша мөлшермен алғанда 1,9 белседі қуатқа тең, ал реактивті қуат үшін люминесценттік шамдардың реттеу әсері 1,5 шамасымен бағалануы мүмкін.

Люминесценттік шамдардың қызмет ету мерзімі жүктеменің өзгеруімен қатар өзгереді. Кернеудің өзгеруі 1 %-ға төмендесе, қызмет ету уақыты мөлшермен 2%-ға артады.

Жүргізу-реттеу аппаратурасы бар шамдар үшін реактивті қуат бойынша реттеуші әсер 4,5-ке тең.

Күш беретін трансформаторлар. Трансформатордағы белсенді қуаттың шығыны вольт санының өзгеруінің квадратына пропорционалды түрде өзгереді. Желінің а %-ға кернеуі кезінде болаттағы белсенді қуатты формула бойынша оңай табуға болады.

$$\Delta P_{CT} = \Delta P_{CT, \text{ном}} (1 \pm a/100), \quad (19.13)$$

мұндағы $\Delta P_{CT, \text{ном}}$ - бастапқы жүктеме кезіндегі болаттың шығыны. Трансформаторға жеткізілетін кернеудің өзгеруімен бірге трансформатордың магниттелу қуаты лезде өзгереді. Магниттелу қуаты кернеудің бесінші деңгейіне пропорционалды түрде өзгереді және мына формула арқылы анықталады.

$$\Delta Q_{CT} = \Delta Q_{CT, \text{ном}} (1 \pm a/100), \quad (19.14)$$

мұндағы $\Delta Q_{CT, \text{ном}}$ - бастапқы кернеудегі трансформатордың магниттелу қуаты.

Реактивті қуаттылықтың шығынының тармақталуы а % кернеуден жоғары болған жағдайда, мына формула арқылы табылады:

$$\Delta Q_M = \Delta Q_{M, \text{ном}} (1 \pm a/100), \quad (19.15)$$

мұндағы Абм.ном-бастапқы кернеудегі реактивті кедергідегі трансформатордың шашылуының шығыны.

10/0,4 кВ кернеудегі трансформаторлардың болаттағы қуатын жоғалтуының статикалық сипаттамасы:

$$\Delta P_{CT} = \Delta P_{CT, \text{ном}} (-2,3 \pm 3,3 U_{T*}), \quad (19.16)$$

$$\Delta Q_{\text{ст}} = \Delta Q_{\text{ст.ном}}(-1 + 2U_{\text{т*}}),$$

Конденсаторлар. Конденсаторлардың реактивті қуаты кернеудің квадратына пропорционалды:

$$Q_{\text{БК}} = (U^2/X_c$$

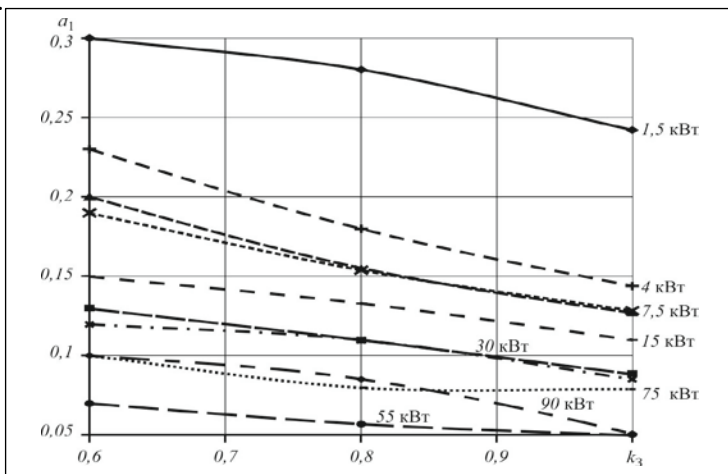
мұндағы X_c - конденсатор батареясының кедергісі; «-» белгісінің қойылу себебі – ауқымдық кедергінің белгісі индуктивті кедергінің белгісіне қарама-қарсы. Конденсаторлардың батареяларының реттеу әсері 2-ге тең. Бұл желідегі кернеудің төмендеуі кезінде конденсатордың қуаты кернеудің квадратына пропорционалды дегенді білдіреді.

19.3.3. Асинхрондық қозғалтқыштардың статикалық сипаттамасы

Асинхронды қозғалтқыштардың статикалық сипаттамасына қозғалтқыштың бастапқы қуаты, оның енгізу коэффициенті және қозғалыс роторының айналу жылдамдығының өзгеруі кезінде болатын өндірістік механизмнің кедергісі кезіндегі өзгерістерді есепке алу коэффициенті көбірек әсер етеді.

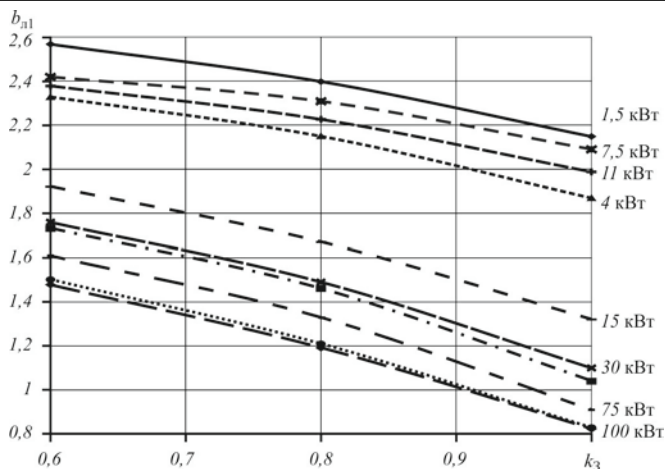
19.6 және 19.7 суреттерде АД жүктемесінің реттеуші әсерлерінің оның жүктемесінің k_3 коэффициентінен механизм кедергісінің $a = 0$ коэффициенті кезіндегі a_1 активті және β_1 реактивті қуатқа байланыстылығы көрсетілген.

Қозғалтқыштың қысқыштарындағы кернеудің бастапқыдан 1 % -ға өзгеруі тұтынатын белсенді қуаттың k_3 -нің 1-ден 0-ге өзгеруі кезінде 0,05... 0,35%-ға, ал реактивті қуаттың 0,8... 3,2%-ға сол бағытта өзгеруіне әкеледі.



19.6-сурет. $a = 0$ механизм кедергісі коэффициенті кезіндегі белсенді қуат бойынша АД жүктемесінің реттеуші әсері

Осылайша, ұйғарынды шектегі АД-ға кеткізілген кернеудің төмендеуі қуат көзін пайдаланудың төмендеуіне әкеледі. Солай бола тұра, бастапқы қуат пен енгізу коэффициентінің азаюымен реактивті қуатты тұтынудың тиімділігі артады



19.7. Сурет Реактивті қуатпен механизмнің кедергі коэффициентінде $a=0$ АД жүктеме әсерін реттеу

Электр энергиясын қабылдағыштардың реттеуші әсерлері

Электр энергиясын қабылдағыштардың түрі приемника электр	а1 белсенді қуат бойынша реттеуші әсері	Бл1 реактивті қуат бойынша реттеуші әсері
Қыздыру шамы	1,6	—
Люминесценттік шам	1,92	1,5
ДРЛ шамы	1,6	4,5
	3,55	7,6
Сынапты-түзетуші қондырғы		
Электр дәнекерлеушісі	—	3,6... 3,7
Кедергі пеші	2	—
Асинхронды қозғалтқыш	0,05...0,35	0,8... 3,2

19.3-кестеде электр энергиясын қабылдағыштардың бірнеше түрлерінің жүктемелерінің реттеуші әсерлерінің шамалары берілген.

19.3.4. Кернеудің ауытқуының электр қабылдағыштардың жұмысына әсері

МЕМСТ (ГОСТ) 13109 – 99 адамның көзіне әсер ететін жарықтандырғыш құралдардағы кернеудің ауытқуын анықтайды. Жарықтандырғыш шамның жыпылықтауы (фликер-эффект) психологиялық жағымсыз әсер етіп, көздің және жалпы ағзаның шаршауына әкеліп соғады. Көру органдарының тітіркену дәрежесі жыпылықтауының жиілігі мен шамасына байланысты. Адам көзіне 3...10 Гц жиілігіндегі жыпылықтау көбірек әсер етеді, сондықтан осы диапазондағы кернеудің жүктемесі минималды (19.2-суретті қараңыз): 0,5%-нан аз. Әсер ету деңгейі жарық көзіне де байланысты. Мысалы, газразрядты шамнан гөрі қыздыру шамының әсері үлкен. 10 %-дан артық кернеудің ауытқуы газразрядты лампаның өшуіне әкеп соғады. Терең ауытқулар кезінде (15 %-дан артық) магниттік өткізгіштердің контакты түсіп қалуы мүмкін, бұл өндіру технологиясының бұзылуына әкеледі. 10-15 % аралығындағы ауытқулар конденсаторлардың, сондай-ақ вентильді түзеткіш агрегаттардың істен шығуына әкеп соғады. Металлургиялық зауыттарда кернеудің ауытқуына сезімтал қабылдағыштардың қатарына үздіксіз икемдеу орнақтарын жатқызуға болады.

Кернеудің ауытқуы кезінде турбогенераторлар теңселеді. Турбогенераторлар үшін бұл қауіпсіз, бірақ олар басқа жылдамдық

реттегіштерді қимылға келтіруі мүмкін.

Кернеудің ауытқуы аз қуатты синхронды қозғалтқыштарға едәуір әсер етеді. Тоқыма, қағаз өндіру және басқа да өндірістер үшін ауытқу жарамайды. Ауытқудың электролиз қондырғыларға әсері егжей-тегжейлі зерттелген. Кернеудің ауытқуы түйіспелі дәнекерлеуге біршама әсер етеді. Бұл дәнекерлеу үдерісінің сапасына әсер етеді. Түйіспелі дәрекерлеу желілеріне кернеудің ауытқуы бойынша қатаң шектеулер қойылған: қарапайым болатқа 5 % және титан және басқа ыстыққатөзімді қорытпалар үшін 3 %.

Түйіспелі дәнекерлеу машиналарын басқару аппаратуралары үшін рұқсат етілген кернеу ауытқуының ұзақтығы бұл қондырғылардың өтірік жұмыс істеуін болдырмау үшін 0,2-ден артық емес шамамен шектеледі. Кернеудің ауытқуы радио құралдарының жұмысына жағымсыз әсер етіп, олардың қызмет ету мерзімін азайтады.

Теледидар бейнесіндегі бөгеттер 0,5 ...3 Гц жиіліктерінде көрініп, әсіресе қозғаліссіз бейнелерде байқалады.

Кернеудің ауытқуына сезімтал электр қабылдағыштардың қатарына есептеуіш машиналарын, рентген құрылғыларын және т.б. жатқызуға болады. Басқару тәртібіндегі режимдегі ЭЕМ жұмысы барысында кейде 1... 1,5%, 1-2 ауытқудың өзі машинаның бір ұяшықтарында жұмыстың тоқтатылуына жеткілікті, ал соның кесірінен басқару командалары мен есептер жүргізуде қателіктер кетуі мүмкін.

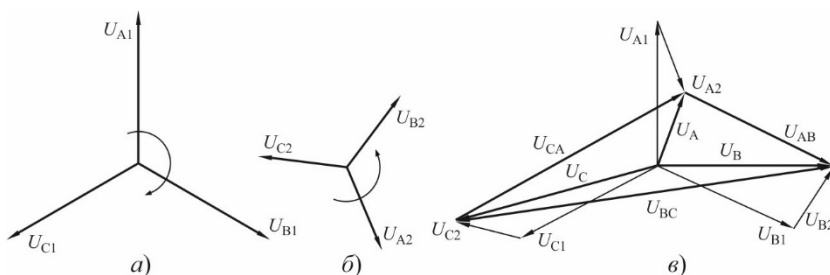
19.3.5. Электрқабылдағыштардың жұмысына симметриясыз кернеулердің әсері

19.8 -суретте тіке, кері реттілік және нәтижелік кернеулердің векторлы диаграммалары көрсетілген. Көріп тұрғанымыздай нәтижелік кернеудің векторлы диаграммасынан үш фазалы желіде кері реттілік кернеудің пайда болуы кезінде үш фазалы және бір фазалы электрқабылдағыштың кернеу режимі нашарлайды.

Әсіресе кері реттілік кернеу айналмалы электр машиналарының жұмысына қолайсыз әсер келтіреді.

Асинхронды қозғалтқыштарда симметриясыз кернеу қосымша қызуды тудырады, сонымен қатар қарсы әрекет ететін айналу сәтін туындатады. Өйткені асинхронды қозғалтқыштардың кері реттілік кедергісі тіке реттілік кедергіге қарағанда 5-7 есе аз болатындықтан, аздаған кері реттілік кедергі болғанның өзінде айтарлықтай тоқ пайда болады. Бұл тоқ тіке реттілік тоққа қосылып қозғалтқышты қыздырып жібереді, нәтижесінде оның қуаты азаяды. Оның оқшаулауы тез ескіреді және т.б. Мұндайда асимметриясыздық коэффициенті 4 пайызбен жұмыс

жасайтын болса толық жүктелген қозғалтқыш қызметінің мерзімі екі есеге қысқарады.



19.8. Сурет Желінің кернеуінің шамасына теріс тізбектің кернеуінің пайда болуы

Үш фазалы желіде нөлдік реттілік кернеудің пайда болуы барысында бір фазалы қабылдағыштардың кернеу режимі нашарлайды. Нөлдік реттілік токтары әрдайым тұрақты түрде жерге тұйықтағыштардан өтіп тұрады және жерге тұйықтағыш құралдардың кедергісін ұлғайта отырып, топырақты айтарлықтай құрғатады.

Кернеудің симметриясыздығы көпфазалы вентильді түзеткіштердің қызметін айтарлықтай нашарлатады. Фазалар бойынша кернеу айырмашылығы нәтижесінде түзетілген кернеу пульсациясы айтарлықтай ұлғаяды. Сонымен қатар кернеу симметриясыздығы тиристорлы өзерткіштердің импульсті-фазалы басқару жүйесіне де кері әсерін тигізуі мүмкін.

Кернеулердің симметриясыздығы кезінде конденсаторлы қондырғылардың реактивті қуаттылықтары фазалар бойынша біркелкі жүктелмейді. Бұл өз кезегінде қондырылған қуаттылықты толықтай пайдалануға мүмкіндік бермейді. Сонымен қатар, реактивті қуаттың желіге ең аз кернеулі фазада берілуі басқа фазаларға қарағанда аз болатындықтан (кернеу квадратына пропорционалды) конденсаторлық қондырғылар мұндай жағдайда тұрақталған симметриясыздықты одан сайын күшейте түседі.

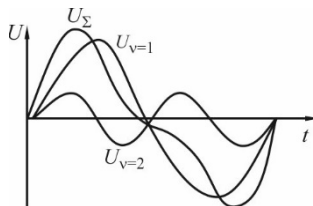
Кернеудің симметриясыздығы бірфазалық тұтынушыларға да әсер етеді. Егер фазалық кернеулер бірдей болмаса, онда мысалы, кернеуі үлкенірек фазаға қосылған қыздыру шамдарының жарық ағыны күштірек болады. Бірақ кернеуі төменірек фазаға қосылған шамдарға қарағанда қызмет ету мерзімі қысқа болады.

Симметриясыздық релелі қорғаныс қызметін қиындатады, электр энергиясы есептеуіштерінің жұмысы барысында қателіктерге әкеліп соғады.

19.3.6. Электрқабылдағыштардың қызметіне синусоидальсыз кернеудің әсері

Жоғары гармоникалық кернеудің желідегі кернеуге әсер етуін бағалау үшін электрқабылдағыштардың қапсырмасындағы бір сәттік (немесе әрекет ететін) кернеу мәнінің қалай өзгеретіндігін қарастырамыз. (19.9 - сурет)

Мәселен, 2 реттілік нөмірімен (екінші гармоника) жоғары гармоникалық кернеу пайда болса, кернеудің амплитудалық мәні, сонымен қатар оның әрекеттік мәні де өсетіндігі айқын.



Екінші гармоникалық токтың әсері ($f = 100$ Гц) кері реттілік әсерімен сәйкес. Ал үшінші гармоникалық токтың әсер етуі ($f = 150$ Гц) – нөлдік реттіліктің пайда болуына әкеліп соғады. Көп реттілік нөмірлі гармоникалық токтың пайда болуы барысында қосымша жылудың жұмсалуына, электрқұрылғысы оқшаулауының қызып кетуіне және оның қызмет мерзімінің төмендеуіне әкеліп соғатын беткі эффект (өткізгіш бетіне токтың шығарылуы) пайда болады.

Жалпы алғанда, симметриясыз кернеулерде болатын кемшіліктер синусоидальсыз режимдерде де кездеседі. Бірақ синусоидальсыз токтар айналмалы машиналардың қосымша қызып кетуіне себеп болады. Сонымен қатар конденсаторлар мен кабельдердегі қосымша қызып кету мен ди-электрлік шығынның өсуіне себепші болады.

Желіге жоғары гармониялық токтың кіріп кетуі автоматика, реле қорғанысы, телемеханикалық қондырғылардың қызметінің бұзылуына әкеліп соғады. Желіде жоғары гармоникаларда резонансты режимдердің пайда болуы мүмкін, бұл кезде желінің жекеленген аумақтарында ток пен кернеулер тым тез көбейіп кетеді.

19.4.Объектілерді электрмен қамтамасыз ету жүйелеріндегі кернеу сапасының көрсеткіштерін реттеу

19.4.1. Симметриялық режимдегі кернеуді реттеу міндеттері

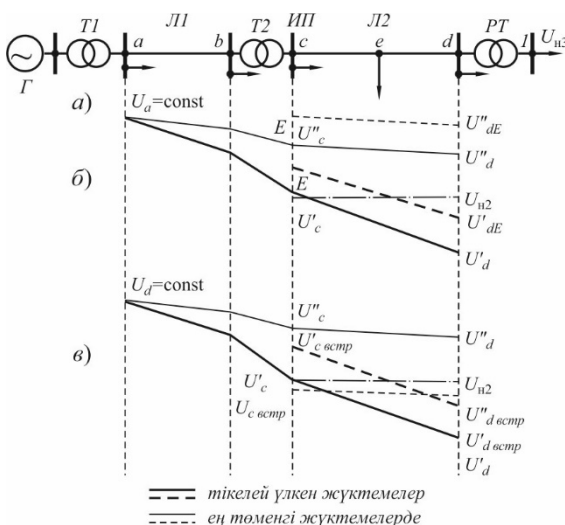
Объектілерді электрмен қамтамасыз етудің заманауи жүйелері кернеу ұзындығы және оның көп сатылы трансформациясы арқылы сипатталады. Әрбір электрмен қамтамасыз ету жүйелерінде (желі, трансформаторлар) кернеулердің жоғалуы орын алады. Олар орын толтыру сызбаларының параметрлеріне және олардың жүктемелеріне

байланысты. (12 бөлімді қарау). Ең көп жүктемелер режимінде кернеудің жұмсалуы көп болады, ал аз жүктемелер режимінде сәйкесінше азаяды. Иллюстрациялау үшін 19.10а -суретте келтірілгендей электрмен қамтамасыз ету жүйесіндегі кернеудің өзгеруінің принципалды сызбасын қарастырайық.

Электр станциясының Г генераторынан Т1 трансформаторы арқылы кернеуі 110 кВ токпен қоректенетін электр энергиясы Л1 желісіне беріледі, одан әрі 6... 10 кВ екінші реттілікті кернеулермен Т2 шағын станциясының трансформаторларына беріледі. 6... 10 кВ кернеулі шиналар бұл станцияда таратушы желілердің қуат көзі ҚК болып табылады. Мысал үшін сызбада кернеуі 6... 10 кВ болатын таратушы желінің Л2 желісі көрсетілген. Оған с, е, d нүктелерінде РТ таратушы трансформаторлары қосылған. Екінші реттіліктегі 1 кернеу шинасынан электр қабылдағыштар қосылып тұратын, РТ кернеуі 0,38 кВ болатын таратушы желілер жүйесі қуат алады.

Сонымен, электростанцияның жоғарғы кедергілі шиналарында (а нүктесі) жүктемелердің барлық режимінде тұрақты кедергі ұсталып тұрады $U_a = \text{const}$.

19.10 б -суретте кернеудің сызық бойынша өзгеруі шартты түрде тіке сызықпен берілген. Барлық электрлік сатылардағы кедергі бір сатыдағы кернеуге келтірілген. Үздіксіз сызықтармен желідегі кернеуді өзгертетін қандай да бір құралсыз ең көп және ең аз жүктеме режиміндегі кернеулер берілген.



19.10 Сурет.Тізбектік диаграмма (а) және кернеу диаграммалары:б-ІІП шиналарда кернеуді реттеудің болмауы, в- ІІП шиналардағы кернеудің алдағы реттеуінде.

Бұл жағдайда таратушы желілерде номиналды кернеуден біршама ауытқулар байқалады. Әрине, бұл қиындықтар тудырады, ал кей кезде ЭӨ-дегі кернеудің рұқсат етілген ауытқуын қамтамасыз етуге кедергі келтіреді. Т2 трансформаторының трансформация коэффициентінің өзгеруі бұл жағдайда таратушы желідегі кернеу режимін жақсартпайды. Өйткені қуат көзі шиналарындағы кернеу барлық режимдерде бірдей Е шамасына ұлғаяды. Осылайша, кернеудің номиналды кернеуден айырмашылығы бұрынғыдай болып қала береді:

$$U_d'' - U_d' = U_{dE}'' - U_{dE}'.$$

Таратушы желіде кернеулер режимі, Т2 трансформаторындағы трансформация коэффициентінің автоматты жетілдіруінің арқасында жақсаруы мүмкін. Сонымен қатар ҚК шиналарында қарсы реттеу кернеуі қамтамасыз етіледі. Қарсы реттеу кернеуі деп жүктеменің түріне байланысты сызықтық өзгерістердегі ең аз жүктемесі бар (U_d^*) режимде кернеудің номиналды көрсеткішке дейін төмендеуі және жүктемесі ең көп режимде +5...8% дейін кернеудің өсуін айтады. Кернеуді реттеу (19.10, В суреттегі үзік сызықтар) электр қабылдағыштардағы кернеудің талап етілген режимін қамтамасыз етуге керек.

Ескеретін жайт, трансформаторлардың трансформация коэффициенттерін автоматты түрде реттеу (және де автотрансформаторлар мен желілік реттегіштер) бірқалыпты емес, нақтылы бір сезімталсыз аймағы арқылы жүргізіледі. Реттеу аппаратын өңдеуде орын алмайтын кернеудің кейбір өзгеру жолақтары сезімталсыз аймақ деп аталады. Оның мәні ТКР қондырғысымен екі көршілес реттегіш желілері бар трансформаторлардың арасындағы кернеу деп аталатын реттегіштің сатысына байланысты. Мысалы, 110 кВ кернеуі бар трансформаторлар үшін реттеу сатысы 1,78% орта желілік кернеуге тең. (115 кВ).

Кернеуі 10/0,4 кВ трансформаторларда жүктемеге салынатын реттеу жоқ және олардың тармақтарын ауыстыру тек трансформатор сөніп тұрғанда ғана (өршусіз) жүзеге асады. Тармақталуды өзгерту кезінде кернеуге қосымша үстеме алуға болады. $SU^* = 2,5$ немесе $= 5\%$.

Желілерді жобалағанда кернеуді мүмкіндігінше жоғалту түсінігі қолданылады. Ол қарама қарсы реттегіштер болғанда кернеудің номиналды мәніне $aU_{ааа} = 10...12\%$ жетуі мүмкін, және де қарама қарсы реттеушісізде $aU_{аоп} = 6...7\%$ бола беруі мүмкін. Көп жағдайларда, кернеуді жоғалтудың шындыққа жанасатын сәттері рұқсат етілген мәннен аз болады. Тек ауылдық жерлердегі төмен кернеулі, ауада тартылып тұрған желілерден басқасы.

Кернеуді реттеу деп қалаулы заң бойынша кернеудің дәл сол кездегі автоматты түрдегі өзгеруін айтады. Бірақ кернеуді реттеудің тікелей

реттік жүйесінде ғана оның мәні өзгеретінін айта кету керек.

Кернеуді реттеудің түрлерін екі негізгі топқа бөлуге болады:

Желі элементтеріндегі кернеу жоғалтудың өзгерісі, желіні қуаттандыратын және қабылдап алатын шетіндегі кернеуді реттеу – генераторлардың қозуын реттеу және де ТКР-мен бірге трансформаторларды трансформациялау коэффициенті.

Кернеуді реттеудің бұл әдістері желінің ұзындығы мен сызбасы, реактивті қуаттылық қорына байланысты жергілікті жағдайға байланысты. Төменде кернеуді реттеудің ең көп қолданылатын әдістері қарастырылды және де олардың әрбіреуін пайдалануға болатын салалар көрсетілген.

Желідегі кедергіні жоғалтудың өзгеруі. Трансформаторлар мен желілердегі кернеудің жоғалуы.

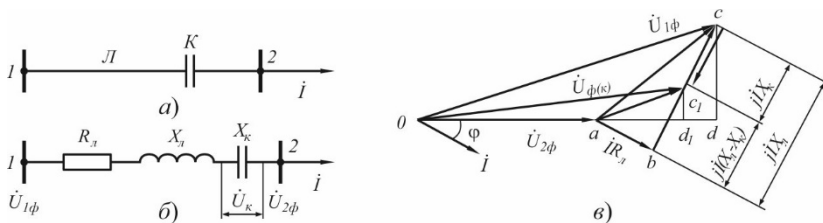
$$\Delta U = \frac{(PR+QX)}{U_{\text{ном}}} \quad (19.18)$$

Номиналды кернеуге, желі элементінің жүктемесіне және оның электрлік кедергісіне байланысты бағынады. Желінің номиналды кедергісін желіні салу мен пайдалануға кететін шығынды ескеретін технико-экономикалық есептер негізінде таңдап алады. Осыған себепті желідегі кернеудің жоғалуын азайту мақсатында ұлғайтылған номиналды кернеуді қолдану өз-өзін ақтамайды.

Осылайша, желідегі кернеуді жоғалтудың мәнін өзгерту желінің қарама қарсылық әрекетін немесе оның жүктемесін өзгерту арқылы ғана жүзеге аса алады.

Желінің кедергісін төмендету.

Тәжірибе жүзінде желінің қарама қарсылығының өзгеруін кернеудің режимінің өзгеруімен тек екі жағдайда ғана байланыстырады: Кернеудің мүмкін болатын жоғалтуы бойынша кабельдер мен сымдардың қимасын таңдауда (16,4 б- суретті қараңыз);



19.11- сурет. Конденсаторларды желіге ретімен қосу: а – қағида түріндегі сызба; б – ауыстыру сызбасы; в – векторлы диаграмма

Конденсаторларды әуе желісімен реттілік қосуда қолданғанда.19.11 суретінде көрсетілгендей конденсаторларды К (бойлық сыйымдылықты компенсация) реттік қосу. Онда кернеулер мен тоқтардың векторлық диаграммасы мен желілерді алмастыру сызбасы көрсетілген.

$U=//X_k$ конденсаторындағы кернеу түсуінің векторы $U=-DX$ индуктивті қарама қарсылық сызығындағы кернеудің түсу векторынан 180 градусқа фаза бойынша қозғалтылған. Сәйкесінше сызықтағы кернеуді жоғалту $ad1$ кесіндісімен (конденсаторсыз adb сызығының орнына) анықталады және соған сәйкес шығатын формуламен анықталады:

Осылайша, кезекпен қосылған конденсаторлар желідегі индуктивті кедергінің бір бөлігін өтейді. Ал өз кезегінде сызықтағы АИРқосындысы кішірейіп, жүктемеге ерікті болатын, желідегі кернеуге үстеме қосылады.

$$\Delta U = \frac{PR_L + Q(X_L - X_C)}{U_{ном}} = \Delta U_a + \Delta U_p \quad (19.19)$$

Конденсаторларды кезектестіріп қосу тек реактивті қуаты $tq \phi$ 0,75...1,0 коэффициентінде ғана пайдалы. Егер реактивті қуат коэффициенті нөлге жақын болсасымдағы кернеудің азаюы негізінен белсенді кедергі мен белсенді қуатпен анықталады. Бұл жағдайда индуктивті кедергінің компенсациясы керек емес.

Конденсаторларды реттеп қосу жүктемелердің кенеттен болған толқуларында өте әсерлі. Себебі конденсаторлардың реттеу эффекті – кернеу қоспасының мәні – жүктеменің тоғына пропорционалды және де автоматты түрде инерциясыз өзгереді. Сондықтан да конденсаторларды біртіндеп қосуға қуат коэффициенті төмен тез өзгертін жүктемелерді нәрлендіретін кернеуі 35 кВ тан төмен әуе желілерінде пайдалану керек. Тағы да оларды өндірістік желілерде пайдаланады.

Желідегі жүктемелердің өзгеруі. Желідегі жүктеме оған қосылған электроқабылдағыштардың алған қуаты мен желі элементтеріндегі жоғалатын қуатына байланысты. Белсенді қуат электростанциялардың генераторларымен өндіріледі. Бұл өте үнемді. Осыған байланысты желідегі кернеудің жоғалуын азайту үшін ғана желідегі белсенді жүктемені өзгерту мүмкін емес.

Бұған қарама қарсы реактивті қуат көзі тек қана электростанцияның генераторларынан өндіріліп қана қоймай, сонымен қата, реактивті қуаттың қосымша көздерінен де өндіріледі. (12.11; 13.10 бөлімдерді қарау).

Желінің соңындағы кернеудің кішкене артуы қуаттылығы $Q_{ек}$, көлденең қосылған конденсатор батареяларының қуаты $ш$ амамен бірдей.

$$\frac{Q_{БК} X_{\Sigma}}{10(U_{ном})^2} \quad (19.20)$$

Осыдан келіп конденсатор батареяларының нақты қуаты анықтала алады (2БКуд кернеуді 1% ға арттыруға қажетті).

$$Q_{\text{БКуд}} = \frac{10(U_{\text{ном}})^2}{X_{\Sigma}} \quad (19.21)$$

(19.21 суреттен көріп тұрғанызыдай көлденең қосылған конденсатор батареяларының желінің соңындағы кернеуді бір пайызға арттыруға қажетті нақты қуаты номиналды кернеу мен электр берудің индуктивті кедергісіне байланысты.

Электростанция генераторларының қозуын реттеу желідегі кернеуді аздаған ауқымда өзгертуге мүмкіндік береді. Генератор кернеудің ауытқуында $\pm 5\%$ ауытқудан аспайтын номиналды қуатты береді. Ал ауытқулар үлкен болса генератордың қуаты төмендеуі керек. Тәжірибе жүзінде реттеудің бұл түрі электростанцияның шиналық генераторларынан қуат алатын жақын жердегі тұтынушыларға қажетті режимді бере алады.

Трансформаторлардың, автотрансформаторлардың және жүйелік реттегіштердің трансформация коэффициентін реттеу. Жүктемедегі трансформаторлар мен автотрансформаторлардың трансформация коэффициентін өзгерту олардың ішіне орналастырылған кернеуді реттеу құрылғысы бар кезде жасалады. Бұл кезде трансформация коэффициентін кең ауқымда өзгертуге болады (4.1 бөлімді қарау).

ТКР трансформаторлардың көмегімен шағынстанциялардың шиналарында қарама-қарсы кернеуді реттеуді қарапайым және ұтымды етуге болады.

ПБВ трансформаторларымен трансформация коэффициентін өзгерту үшін тоқтан ажыратылуы тиіс. Осыған байланысты трансформация коэффициентін өзгертуді өте сирек жүргізеді. Мысалы жүктеменің маусымдық өзгертілуі. Ол үшін кернеудің режимі жүктеменің көрсеткіштері өзгерген кезде барынша тиімді болуы үшін трансформация коэффициентін дұрыс тандап алу керек.

Екі орамды трансформаторлардың трансформация коэффициентін 19.12 - суретте көрсетілгендей тандап алынады.

Трансформаторлардың жүктемесі толық қуатты S_2 және $\cos\phi$ қуат

19.22- сурет. трансформация

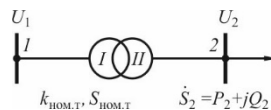
коэффициенті мен $K_{\text{ном}}$ номиналды

ті қуатпен сипатталады.

i байламның реттегіш

тармақтарының номиналды қуаттары мен $I_{\text{ном}}$, екінші байламның номиналды кернеуімен және трансформацияның номиналды коэффициентімен сипатталады. Трансформатордың бірінші жағындағы

кернеу U екінші жағындағысы U_2 .



$$k_{\text{ном.т}} = \frac{U_{\text{ном.т.1}}}{U_{\text{ном.т.2}}}. \quad (19.22)$$

Мысалы, өлшемдер негізінде трансформатордың беткі жағындағы кернеу $U_{\text{н.т.1}}$ белгілі дейік. Сонымен қатар $U_{\text{н.т.2}}$ де белгілі, ол трансформатордың екінші жағында. Трансформатордың трансформация коэффициентін таңдап алу керек немесе берілген жүктеме бойынша трансформатордың бірінші байламындағы реттеу таралуына сай келетін номиналды кернеуді таңдап алу керек.

Трансформатордағы кернеу шығымын ДЦ анықтаймыз. Мысалы трансформатордың ВН жағына келгенде ДЦ-дан Дит алып тастасақ трансформатордың жүктеме режиміне сай келетін екінші жағындағы кернеуді аламыз.

$$U_{2\text{реж}} = U_1 - \Delta U_{\text{т.}}$$

Трансформатордың екінші жағындағы кернеудің мәні

$$U_{2\text{ж}} = \frac{U_{2\text{реж}}}{k_{\text{ном.т}}}$$

Бұл жерде бірінші байламдағы таралуды реттеудің есептік мәні шығарылады.

$$U_{\text{расч1}} = \frac{U_{2\text{реж}} U_{\text{ном.т}}}{U_{2\text{ж}}} \quad (19.23)$$

19.4.2. Электрэнергия сапасын жақсарту үшін электрмен қамтамасыз ету сызбасын таңдау

Электр тұтынудың күрделі режимі бар электроқабылдағыштардың әсер етуін талдағанда, кернеудің сапа көрсеткіштері аталған қабылдағыштардың қуаты артқан сайын кернеу сапасының көрсеткіштері нашарлайтынын көрсетті. Және де бұл жағдай электржүйесіне қосылу нүктесіндегі қысқа тұйықталу қуатының азаюы кезінде де байқалады.

Кернеудің ауытқулары реактивті жүктемелердің қуатының шығуына пропорционалды және қысқа тұйықталудың ҚТ қуатына кері пропорционалды:

$$\delta U_t = \Delta Q / S_{\text{к.з}} \quad (19.24)$$

Кернеудің синусоидалды қисықтың бұрмалану коэффициенті айналдырғыш агрегаттардың қуаттарының қосындысына пропорционалды;

$$K_u = (100S_{п.а})/S_{к.з} \quad (19.25)$$

Кері реттіліктің асимметриялық коэффициенті, %, бірфазалық жүктеменің қуатына пропорционалды:

$$K_{2U} = (100S_{н.о})/S_{к.з} \quad (19.26)$$

Электрэнергияның барлық көрсеткіштерінің сапасын арттыру үшін күрделі режимде жұмыс істетейтін электроқабылдағыштарды жүйенің ҚТ (қысқа тұйықталудың) қуатының ең көп мәні бар нүктелерінде қосқан дұрыс. Ал желілердегі тек өзіне тән жүктемесі бар ҚТ тоқтарының қысқарту құралдарын қолдануды коммутациялық аппараттар мен электроқұрылғылардың қалыпты жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін ғана пайдаланған жөн.

Бірақ ҚТ тоқтарды көбейту арқылы арнайы жүктемелердің әсерін азайтудың мүмкіндігі бұл жерде жеткіліксіз.

Өндірістік орындардағы электрмен қамтамасыз ету жүйелеріндегі кернеудің сапасын көтеретін электрмен қамтамсыз ету сызбаларын (сызбалары) қолданудың кең мүмкіндігі арнайы және жай қуат көзін ұтымды бөлу арқылы жасалады.

Ондай шешімдерге мыналар жатады:

Тез өзгертін және асинусоидалды жүктемесі бар цехтарға жеке тұрған кіре беріс ;

Екінші реттік ыдыраған орамдары бар трансформаторлары және арнайы және жай жүктемені бөлек қуаттандыру үшін екіге бөлінген реакторы бар 6...10кВ кернеудегі басты төмендеткіш шағын станцияның төртсекциялы сызбасы;

ШНТ-ның басты трансформаторларын 6...10 кВ кернеулі секциялық сөндіргіші бар паралельді жұмысқа, ол ҚТ тоқтары бойынша мүмкін болған жағдайда кірістіру. Бұл шараны уақытша да жасауға болады, мысалы ірі қозғалтқыштарды іске қосқан сәттерде.

Цехтағы желілердегі жарықтандырғыш жүктеменің қуат алуы қуаттырақ тез өзгергіштен бөлек болады (мысалы, пісіру агрегаты).

Кернеудің ауытқуын төмендететін ең тиімді әдіс ол - тезөзгергіш кестесі бар электр энергиясын тұтынушылардың мүмкін болатын қуатын нормалау (қуат беретін трансформатордың номиналды қуатынан он пайыздан көп емес).

Кернеудің ауытқуларын төмендететін техникалық құралдардан мыналарды бөліп айтуға болады: реактивті қуатты пайдаланудың нағыз кестесін жасап жатқан құбылмалы кестесі бар тұтынушылардың статикалық тез әсер ететін реактивті қуат көздері; желідегі индуктивті кедергінің жалпылама бөлшегін қалпына келтіретін бойлық компенсация қондырғысы. Бірақ бұл техникалық қондырғыларды пайдалану қымбатқа түседі және де басқа мәселелерді туындатады. Асимметриялы режимдердің мүмкін болатын шегі қалыпты режимде асимметрия көрсеткіштері норма шегінен шықпайтын жағдайда максималды бір фазалы мүмкін болатын жүктемемен бағалана алады.

Қозғалмайтын жүктеме көп болған кезде жүктеменің максималды рұқсат етілген бір фазалы жүктемесі қуат беріші трансформатордың номиналды қуатынан он пайызды құрайды. Ал электроқозғағыш жүктемесі көп болған жағдайда максималды мүмкін болатын бір фазалық жүктеме қуат беруші трансформатордың номиналды қуатынан жиырма пайыз құрайды.

Кернеудің асимметриясын азайтудың техникалық құралдарынан симметрияландыратын құрылғылардың пайдаланылуын атап өту керек. Теория бойынша әрбір симметриялы емес жүктемеде индуктивті және сыйымдылық элементтер базасында жүктемедегі кері реттік және нөлдік кернеулерді толықтай өтейтін симметрияландыратын қондырғы жасауға болады. Бірақ шынайы симметриясыз кернеу тұрақты емес, ал реттелетін симметрияландырылатын қондырғылар күрделі әрі қымбат, және де оларды қолдану жаңадан басқа мәселелерді тудырады (атап айтсақ кернеудің синусоидалды еместігі). Сондықтан Ресейде симметрияландыратын қондырғыларды қолданудың оң тәжірибесі жоқ.

20 Тарау

НЫСАНДАРДЫ ЭЛЕКТРМЕН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ ЖҮЙЕСІНДЕГІ АВТОМАТТАНДЫРУ МЕН РЕЛЕЛІК ҚОРҒАНЫС

20.1. Автоматика мен релелік қорғаныстың қолданылуы

Электрмен қамтамасыз ету жүйесін пайдалану барысында оның кейбір элементтерінің істен шығуы, бұзылуы мүмкін. Көп жағдайда ақау бірнеше секундтар ішінде түзетілуі керек. Әрине адамның мұндай мәселені шеше алмайтыны анық. Осыған байланысты бұзылған және

сөндіруге белгі берілген жерді анықтау үшін арнайы автоматты қондырғылар қондырылады. Міне, солар сөндірілуге әсер ететін релелік қорғаныстар. Кей жағдайларда сөндіру мен қорғаныс бір аппаратқа біріктіріледі (сақтандырғыш, автомат).

Кей кездері пайдалану кезінде аз уақыт қана болатын нормадан тыс режимдер пайда болады. Мұндай жағдайлардағы қалыпты режимнің бұзылуы қызметкердің тез әрекет етуі арқасында дұрысталуы мүмкін болады. Бұл кезде элементті электр желісінен тез уақытта айырып тастау дұрыс емес (мақсатқа сәйкес емес). Тек қызметкерге белгі беру ғана жеткілікті. Бұл белгіге әрекет ететін релелік қорғаныспен жүзеге асырылады.

Релелік қорғаныс – жүйелердегі басқа автоматты қондырғылардан бұрын қолданысқа түскен, автоматиканың бір бөлігі. Сонымен қатар, жалғыз релелік қорғаныс электрмен қамтамасыз етуді үздіксіз және сенімді қамтамасыз ете алады. Бұған біз қарастырған электрмен қамтамасыз ету сызбаларынан көз жеткізу қиын емес.

Кернеуі 6...10 кВ (6 бөлімді қара) болатын желілердегі таратушы шағын станцияларды әдетте екі секция түрінде жасайды. Әрбір қуаттандырушы желі тек өзінің секциясымен байланысып тұрады және өз секциясының тұтынушыларын ғана электрмен қамтамасыз етеді. Әрине бұл жағдайда бір желі бұзылып және оны өшіріп тастаған жағдайда соған сәйкес секцияда тоқ болмайды, ал оның тұтынушыларын электрмен қамтамасыз ету тоқтатылады. Егер секциялық аппарат іске қосылса тұтынушыларды электрмен қамтамасыз ету жалғасады. Бұл шара бірінші категориялы тұтынушылар үшін барынша өте тез жүргізілуі керек. Сондықтан секциялық аппарат ретінде сөндіргіш қолданылады және де оны іске қосу үшін автоматика қондырғысы пайдаланылады. Оған резервтің автоматты қосылуы (РАҚ) деген атау берілген.

20.2 Автоматика мен релелік қорғанысқа қойылатын негізгі талаптар

Релелік қорғаныс пен автоматика бірнеше талаптарға сай болуы керек. Олардың негізгілері мыналар: селективтілік, сезімталдылық, жылдам әрекет етушілік, сенімділік.

С е л е к т и в т і л і к ретінде релелік қорғаныстың ақауланған участокты тауып оны сөндіруге бағытталған қасиетін түсінеміз. Белгіге қарай әрекет ететін релелік қорғаныс үшін селективтілік ретінде нормадан тыс режим қалыптасқан жерді бірден көрсету қабілеті мен қызметкердің қарекет етуін талап ететін электрмен қамтамасыз ету

жүйесіндегі нақты бір элементті көрсету қабілеті түсіндіріледі. Селективтілік ұғымы сонымен қатар автоматика қондырғыларына, мысалы, элементтерді сөндіруге бағытталған қондырғыларға тән.

Релелік қорғаныстың сезімталдығы деп оның әсер етуші өлшемнің өзгеруі (қорғанысқа әсер ететін мән) минималды болғанда электрмен қамтамасыз ету жүйесіндегі минималды режиміндегі мүмкін болатын бұзылуларын сезінуін релелік қорғанысты оның селективтілігін сақтай отырып барынша сезімтал етуге тырысады. Бұл талап қозғалыстың мүмкін болатын сезімталдығына шектеу қояды. Қорғаныстың сезімталдығы сезімталдық коэффициентімен бағаланады. Ол қорғаныс зонасындағы бұзылған жердегі әсер етуші өлшемнің мәні мен қорғаныс қойылған оның іске қосылып кету параметрлерінің мәні арасындағы қарым қатынасты реттейді. Сезімталдық – автоматика қондырғыларына қойылатын ең негізгі талаптардың бірі. Мысалы жүйедегі кернеу мен жиіліктің өзгеруін сезінетін қозуды автоматты түрде реттеушілер (ҚАР) және жиілікті автоматты реттеуіштер (ЖАР) өте жоғары сезімталдықта болу керек.

Қорғаныстың жылдам әрекет етуін көптеген жағдайларда мынадай мақсаттарда қажет:

1. Қысқа тұйықталу кезінде станция генераторлары беретін қуат, сол жерге жақын маңда ҚТ болған кезде, күрт төмендеп кетеді, нәтижесінде генераторлардың айналуы жылдамдайды. Егер ҚТ-ды уақытының ұстанымы бар қорғаныс сөндіріп тастаса, онда оның сөну сәтінде сол станцияның генераторлары басқа станциялармен салыстырғанда синхронизмнен шығып қалады. Қысқа тұйықталуды тез сөндіру, жүйедегі ең ауыр апатқа алып келетін, синхронизмнің бұзылуының алдын алады.
2. ҚТ жүйенің кез келген элементінде кернеудің төмендеуіне, синхронды және асинхронды қозғалтқыштардың айналу сәтінің төмендеуіне және олардың тежелуіне әкеледі. ҚТ тез айырғанда қозғалтқыштар бірден өзінің қалыпты режиміне қайта оралады, олардың тежелуі қауіпті емес. ҚТ-ды уақыт ұстамы мен сөндіру синхронды және кейбір асинхронды қозғалтқыштардың толықтай тоқтауына және оларды сөндіру қажеттілігіне алып келеді.
3. Қысқа тұйықталуды тез сөндіру бұзылған жердегі оқшаулаумен тоқ әкелетін бөлшектердің бұзылу өлшемдерін азайтып, қайғылы оқиғалар мүмкіндігін азайтады.
4. Бұзылған элементтерді өшіру ҚАР мен ЖАР-дың тиімділігін арттырады. Себебі ҚТ болған жердегі бұзылулар аз болған сайын, автоматтың дұрыс жұмыс жасау мүмкіндігі азаяды.

Бұзылуды ажырату уақыты сөндіргіштің әрекет ету уақыты мен

қорғаныстың әрекет ету уақытының қосындысынан тұрады. Сәйкесінше бұзылуларды ажыратуды тездету үшін тек қана тез әрекет ететін қорғаныс қана емес, сонымен қатар тез әрекет ететін сөндіргіштер де қажет. Уақыт бойынша әрекет ететін қорғаныстар, 0.1...0,2 сек-тан көп емес, тез әрекет ететіндер болып саналады. Ең көп таралған сөндіргіштердің ажырату уақыты 0.06..0,15 сек-тан аспайды.

Электрмен қамтамасыз етудің сенімділігін арттыру үшін тек бұзылған элементті тез ажырату жеткіліксіз, сонымен қатар ол элементті қайтадан іске қосу керек немесе оны резервтегі элементпен алмастыру керек. Осылайша, ҚАР мен ЖАР-да тез әрекет ету қасиеті болу керек. Автоматика мен релелі қорғанысқа байланысты сенімділік ретінде осы құрылғылардың талап етілген уақыт ішінде берілген межеде өздерінің пайдалану көрсеткіштерін сақтай отырып берілген функцияларды атқаруын түсінеміз.

Сенімділікті қамтамасыз ету үшін релелік қорғаныс пен автоматика, жоғары сапалы және сенімді істеп тұрған реле мен және тағы да басқа элементтердің көмегімен орындалуы қажет. Олардың монтажи сенімді болуы қажет, яғни сымдардың үзілуі, олардың арасындағы тұйықталу механикалық соқтығыстардан жалған дабыл қағу сияқты сәттер болмауы керек. Сенімділіктегі тағы бір көңіл аударатын мәселе ол қорғаныс пен автоматиканың дұрыс қолданылуы. Барлық автоматика мен қорғаныс құрылғыларының жағдайы уақыт өткен сайын тексеріліп тұруы керек. Себебі әрбір элемент істен шығып қалуы мүмкін болғандықтан, қорғаныс пен автоматиканың сенімділігі олардан элемент санының аздығына байланысты жоғары болмақ. Әсіресе реленің контактілері болып табылатын ең сенімсіз элементтердің санының азаюы маңызды. Осыған байланысты қондырғының сенімділігін арттыру үшін оны қысқартуға ұмтылу керек. Автоматика мен релелік қорғаныс құрылғыларының сенімділігін арттыруды байланыссыз элементтерді пайдалану арқасында жүзеге асыруға болады.

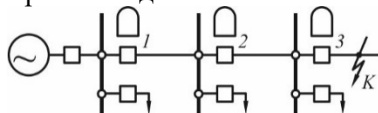
20.3 Релелік қорғаныс әрекеттерінің негізгі принциптері

Тоқтық қорғаныс. Әсер етуші мәні тоқ болып табылатын қорғаныстар тоқтық қорғаныстар деген атау алды. Алғашқы тоқтық қорғаныс және де алғашқы қорғаныстар – олар ерімтал сақтандырғыштар. Қазіргі кезде ерімтал сақтандырғыштармен қатар реле деп аталатын аппараттар кеңінен қолданылуда. Олар жетілдірілген қорғанысты орындауға мүмкіндік береді. Тоқтың релесі тоқтық қорғаныстың негізгі релесі болып табылады. Олар қозғалып отырған

элементтің берілген мәндегі тоқ өлшемін кері жібергенде іске қосылады. Тоқтың көбеюі кезінде істеп тұратын *реле тоқтың максималды релесі* деп аталады. Ал осы мәннің төмендеуіне тәуелді әрекет етеін реле тоқтың минималды релесі деп аталады.

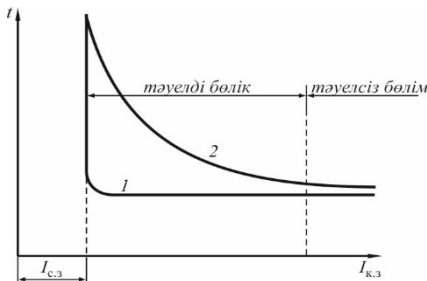
Тоқтық қорғаныстар толық фазалы тоқтарды сонымен қатар сол тоқтардың симметриялық құрылымдарына релені қосумен орындалады. Селективтілікті қамтамасыз ету әдісіне қарай тоқтық қорғаныстар максималды тоқтың және тоқтық айыру болып бөлінеді. Бірінші жағдайда қорғаныс селективтілігі уақыттың ұстанымын таңдаумен жүзеге асады. Ол үлкен болған сайын қорғаныстың қуат көзіне жақын болған сайын, екіншіден қорғаныс жүзеге асатын сәйкес тоқты таңдап алу бойынша бір жақты қуат алатын радиалды жүйедегі тоқ қозғалысының әрекетін қарастырамыз (20.1 с). 1,2,3 қорғаныс комплектілері әрбір желінің басында қуат көзі жағынан орналасқан. Әрбір қорғаныс сол сәйкес желідегі немесе қарама қарсы шағын станциядағы бұзылу кезіндегі ажыратылуға әрекет етеді.

Желідегі жұмыстың қалыпты режимінде ешқандай да бір қорғаныс іске қосылмауы керек. Ол үшін қорғанысты іске асыратын тоқ $I_{сл}$, қорғалып тұрған участокте қалыпты режимде өтіп жатқан тоққа қарағанда үлкен болып алынады.



20.1 Сурет Радиалды желіде бір жақты қорғауды ұйымдастыру

Іске асыру тоғы ретінде қорғалып тұрған аппараттың бірінші минималды тоғын айтамыз. Бұл жерде қорғаныс жүзеге асады. Ал осы реле байламынан өтіп жатқан тоқ реле жұмысының тоғы деп аталады $I_{ржт}$. Қысқа тұйықталу болған кезде мысалы К нүктесінде желі учаскелерінде қуат алу көзі мен бұзылған жердің арасынан бұзылу тоғы өтеді. Бұл тоқ 1,2,3 қорғаныстарда өтеді және де әрекетке түсуі мүмкін. Бірақ селективтілік шарты бойынша тек қана Қ қорғаныс өшіріліп қалуы тиіс. Мұндай өшірілулер максималды тоқ қорғанысымен, сонымен қатар тоқ айыруымен жүзеге асуы мүмкін. Максималды тоқ қорғанысымен қорғалған қаралып отырған жүйе үшін бұл ҚТ нүктесіне жақын орналасқан Қ қорғаныс аз уақыт ұстаымен ерекшеленетін болғандықтан жүзеге асады.



20.2 Сурет Артық тоқ қорғанысының сипаттамасы

Бұзылған учаскенің тоқтан өшірілуінен кейін қысқа тұйықталу тоқтарының бұзылған жерлермен өтуі

тоқтатылады. Олардың 1 және 2 қорғаныстар 3 қорғанысқа қарағанда көп уақыт ұстанымдары бар болғандықтан өшіріліп тастауға келмейді.

Максималды тоқтың қорғаныстар қорғалып тұрған учасоктердегі (20.2 сур. 1 қисық) тоққа тәуелсіз уақыттың ұстанымымен орындала береді. Мұндай қорғаныстар қорғалып тұрған учасоктегі бұзылу кезінде тоққа тәуелсіз тұрақты уақыттың ұстамымен әреет етеді. Олардың сызбасында уақыт ұстанымы арнайы уақыт релесімен жасалынады. Мұндай қорғаныс әрекет ету уақытының тәуелсіз сипаттамасы бар қорғаныс деп аталады. Осылармен қатар максималды тоқ қозғалыстары қорғалатын учасоктағы тоқтың мәніне тәуелді уақыт ұстанымымен орындалуы мүмкін. Тоқ қорғанысының әрекет ету уақыты ондағы тоқтың өзгеруіне байланысты тұрақты болып қалмайды. Тоқтың өсуіне қарай әрекет ету уақыты азаяды (20.2 сур қара 2 қисық). Мұндай уақыт ұстанымының өзгеруі, ерімтал сақтандырғыштар немесе тоқтың индукциялық релесімен орындалған максималды тоқ қорғанысында болады. Мұндай қорғаныс әрекет ету уақытының тәуелді немесе шектелген тәуелді сипаттағы қорғанысы деп аталады. Қысқа тұйықталу нүктесінің қуат көзінен алыстаған сайын қорғаныс қойылған жерде бұзылған тоқ азаяды. Қорғаныс әрекеті бар тоқты қуат көзінен алыстау учаскедегі қысқа тұйықталу кезінде кезекті тоқтың басындағы максималды тоқтан үлкендеу етіп таңдағанда, тек қана қозғалып жатқан учаскедегі бұзылу кезінде өшіруге әсер ететін қорғанысты жүзеге асыруға болады. Осылайша тоқ дәйегінің селективті әрекеті жүзеге асады. Тоқ дәйегінің артықшылығы, ол оның уақыт ұстанымынсыз жасалатынында, бірақ тек желінің қуат көзіне жақын бөлігін ғана сақтандырады. Тоқ дәйегінің әртүрлілігі – уақыт ұстанымы бар – тоқ дәйегі; онда селективтілікті қамтамасыз етудің екі түрі де қолданылады.

Кернеуді қорғау. Кернеуді әрекет етуші шамадан қорғау үшін қорғаныс қосылған жердегі кернеу тізімін.

Релелік қорғаныстың негізгісі – кернеу релесі. Ол кернеу шамасының берілген мәннен ауытқуында әсер етеді.

Кернеу азайғанда іске қосылатын қорғаныс кернеудің минималды қорғанысы деп аталады.; оны орындау үшін кернеудің максималды релесін пайдаланады.

Қорғанысты жасау үшін релені толық фазаға және фазааралық кернеуге қосу арқылы жасауға болады, сонымен қатар осы кернеулердің симметриялық құрылымдарына да қосып жасауға болады. Қорғаныстың селективті әрекетін тоқ қорғанысындағы әдістермен де жүргізуге болады.

Тоқтың бағытталған қорғаныстары. Тоқтың бағытталған қорғанысы тоқтың шамасы мен оның фазасының қорғаныс қойылған

шағын станциялар шинасының кернеуіне байланысты әрекет етеді. Егер тоқ берілген шамадан асып кетсе қорғаныс іске қосылады, ал оның фазасы қорғалып тұрған элементте қысқа тұйықталуға сай болады. Мұндай жағдай тоқ релесімен қатар қысқа тұйықталу қуатының бағытына әрекет ететін қуат релесінің сызбаға қосылуы арқылы қамтамасыз етіледі.

Тоқтың бағытталған қорғаныстары, бағытталмаған қорғаныстары сияқты уақыт ұстанымымен және лездік әрекетті болады және фазалардың толық кернеулерімен тоқтарына немесе олардың симметриялық құрамдарына әсер ететін болып орындалады.

Қашықтықтан басқарылатын қорғаныс. Қысқа тұйықталу кезінде қорғалып тұрған элементтегі тоқтың I көбеюіне байланысты кернеудің U азаюына байланысты U/I қатынасы шама бойынша азаяды. Сондықтан қысқа тұйықталудан қорғануды осы қатынастың шамасын өзгерту арқылы жүргізуге болады. Мұндай қорғаныс қашықтықтан басқарылатын қорғаныс деп аталады. Оның негізгі органы болып кедергі релесі саналады. Қорғаныс сызбасын уақыт ұстанымы қорғаныс қойылған орын мен қысқа тұйықталу нүктесі арасындағы ара қашықтыққа тәуелді болатындай етіп орындайды. Осы ара қашықтық ұлғайған сайын уақыт ұстанымы да ұлғая түседі.

Дифференциалды қорғаныстар. Дифференциалды қорғаныс қорғалып жатқан участоктың соңғы жағында немесе электр қондырғысының немесе элементтері параллельді қосылған сәйкес келетін тармақтардағы тоқтар мен тоқ фазаларын салыстыру принципінде негізделген. Салыстырылып жатқан тоқтар арасындағы байланыс сымдармен жүзеге асырылады. Дифференциалды принцип негізі тез әрекет ететін қорғанысты жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Жоғары жиілікті қорғаныстар. Жоғары жиілікті қорғаныс магистралды электр беру желілерін қорғау үшін пайдаланылады. Дифференциалды қорғаныс сияқты ол да қорғалып тұрған жүйенің соңындағы біртекті электр шамаларын өзара салыстыру принципі негізінде жасалады. Салыстырылып жатқан шамалардың арасындағы байланыс әдетте жоғары жиіліктегі тоқтардың көмегімен жүзеге асырылады. Жоғары жиілікті принцип қорғанысты тез жүргізуге мүмкіндік береді.

20.4. Реттеудің, бақылау мен басқарудың автоматты және телемеханикалық жүйелері

Реттеудің міндеттеріне берілген деңгейде реттелетін шаманы ұстап тұру немесе алдын ала берілген заң бойынша өзгертулер жасау кіреді.

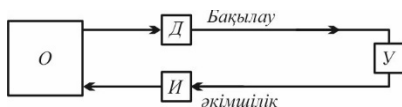
Осылардың барлығын қамтамасыз ететін барлық элементтердің қосындысы *реттеудің автоматтық жүйесі* деп аталады.

Негізінде реттеуді автоматикасыз қолмен де жасауға болады. Мысалы, генератордың шиналарында берілген деңгейде кернеуді ұстап тұру қажет болған кезде кезекші операторшиналардағы кернеуді өлшеп отыратын вольтметрдің көрсеткіштерін бақылап отыру керек, Көрсеткіштерді берілген мәнмен салыстырып отыру керек. Егер де ол мәндер бір біріне сай келмесе қоздырғыштың шунттық реостатына әрекет ету керек. Бұл мысалда генератор реттеу объектісі болып табылады, кернеу – реттелетін шама. Вольтметр – өлшегіш орган (датчик), шунттық реостат – атқарушы орган, ал осыларды басқарушы – адам. Автоматты реттеу кезінде адамды басқарушы органмен алмастырумен қатар жүйенің басқа да элементтерін өзгерту қажеттілігі туындайды. Ал құрылымдық сызбасы әдетте 20.3 - суретте көрсетілгендей өзгеріссіз қалады.

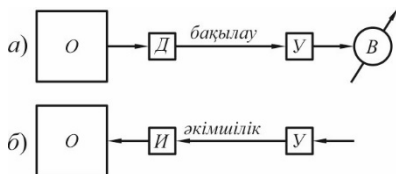
Реттеудің автоматты жүйесі басқару мен бақылауды қамтамасыз ететін тұйықталған тізбек болып табылады. Сонымен қатар автоматикада тек бақылау жасайтын - автоматикалық бақылау жүйесі (20.4, а)6 немесе тек басқару жүргізетін – автоматтық бақылау жүйесі (20.4, б) жасайтын ашық жүйелер қолданылады.

Басқарудың автоматтық жүйесіне сөндіргіштерді қосу мен айыруды автоматты жүргізетін ҚАР мен ЖАР жатады.

Егер бақылау объектісі, басқару немесе реттеу және басқару пунктінің арасындағы ара қашықтық үлкен болса, онда телемеханика жүйелерін қолданады: телебақылау (20.5. а сурет), телебасқару (20.5, б сурет) және телереттеу (20.5, б сурет). Олар автоматиканың сәйкес жүйесінен байланыс каналдарының, қабылдағыштарының және тарақыштарының болуымен ерекшеленеді.



20.3 - сурет. Реттеудің автоматтық жүйесінің құрылымдық сызбасы: О – объект; Д – датчик; У – басқарушы орган; И - атқарушы орган



20.4-сурет. Автоматтық жүйелердің құрылымдық жүйелері: а – бақылау; б – басқару; в – өндіруші орган

20.5 Релелік қорғаныстың өлшемдері

Қорғаныстың іске қосылуы тоғы I және релесіз іске қосылу тоғы I_{cp} максималды тоқтар, осы тоқтар болғанда қорғаныс сенімді жұмыс жасайды. Олар нақтылы түрде тәуелділікте болады.

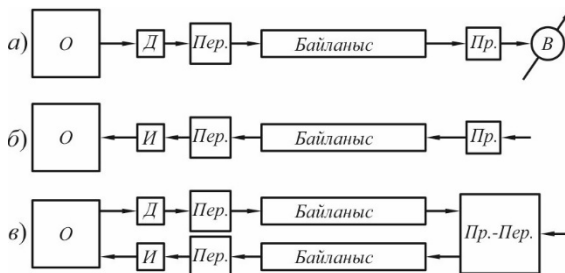
$$I_{c.з} = k_{над} I_{max} / k_v; I_{c.p} = k_{cx} I_{c.з} / k_{т.т} \quad (20.1)$$

Мұнда $k_{над}$ – анықтау дәлсіздігі мен реленің қателегін есепке алатын коэффициент $I_{c.з}$ (қорғаныстың міндетіне байланысты 1,2 және одан жоғары); $k_v = I_v / I_{c.p}$ – кері қайтару коэффициенті; I_{max} – жүктеменің максималды тоғы; I_v – кері қайтару тоғы, бұл кезде реле өзінің бұрынғы орнына келеді, ол іске қосылу тоғынан төмен, сондықтан да K_v бірліктен төмен, $k_v = 0,8 \dots 0,85$ (K_v неғұрлым көп болған сайын, қорғаныстың сезімталдығы жоғары); K_{cx} – сызба коэффициенті, $k_{cx} = I_p / I_{т.т}$, k_{cx} бұл I_p реленің байламдарындағы тоқтың осы релені қуаттандырып тұрған трансформатордың екінші реттік байламындағы номиналды тоққа қатынасы. Тоқтың трансформаторларын жұлдызға қосу кезінде $k_{cx} = 1$, тоқтардың айырмашылығын екі фазаға немесе үшбұрышқа қосқанда $k_{cx} = \sqrt{3}$.

Қорғаныс әрекетінің сенімділігін сезімділік коэффициентімен k_q тексеріледі. Ол қорғаныстың түрімен анықталады және ПУЭ мен бекітіледі:

$$k_q = I_{к.з \min} / (k_{т.т} I_{c.p}) = I_{к.з \min} / I_{c.з}$$

мұнда $I_{к.з \min}$ желінің соңындағы немесе трансформатордың екінші реттік кернеу шиналарындағы қысқа тұйықталудың минималды тоғы.



20.5- сурет. Телемеханика жүйесінің құрылымдық сызбасы
Байланыс каналдары

20.6. Ерімтал сақтандырғыштармен қорғану

Конструкциялар мен сақтандырғыштарды тандаудың негізгі принциптері 18.3 б-л және 4.2.3, 4.5.1 бөл-де келтірілген.

18.3 бөлімінде көрсетілген сақтандырғыштардың негізгі сипаттамасымен қатар, сақтандырғыштың қорғаныс сипаттамасы пайдаланылады. Бұл типтік сипаттамалар (20.6 -сурет) тәжірибе жүзінде анықталады және қорғалып жатқан 1 тізбектегі және қосымшадағы номиналды токтан тәуелді бола тұрып құрылады.

$$t = f(I_B).$$

Электр қондырғысының қандай да бір элементінің нормадағы қызмет мерзімін қамтамасыз ету үшін жылулық (немесе қызып кету) қабілетімен анықталатын белгілі бір уақыт ішіндегі номиналды тоқтардан жоғары тоқтардың сол бойынша өтуі мүмкін болады (9.1, 12.2, 13,2 бөл қара). Бұл сипаттама тоқтың шамасы бойынша асқын жүктелу мүмкін болатын уақытына тәуелділікті көрсететін қисық сызықты білдіреді.

Сақтандырғыш тек қана өзінің қорғаныс сипаттамасы қорғанысқа жататын элементтердің жылулық сипаттамасынан төмен болған жағдайда ғана элементтерді қызып кетуден қорғай алады. Ерімтал қосымшаның қорғаныс сипаттамасы оның материалынан, ұзындығы мен формасымен байланысты өзгереді. Өндіруші зауыттың мәліметтері бойынша шынайы сипаттамалардың барын да ескеру керек.

НПН және НПР типті сипаттамасы бар сақтандырғыштар желіні қорғаған кезде, 20.6 суретте көрсетілген, қорғаныстың селективті әрекеті жүзеге асады. Егер желінің басты участогын қорғап тұрған I_1 ерімтал қосымшаның номиналды тоғы арасында тұтынушыға жіберілетін тармақта I_0 (20.2 -сурет) белгілі бір қатынастар сипатталады.

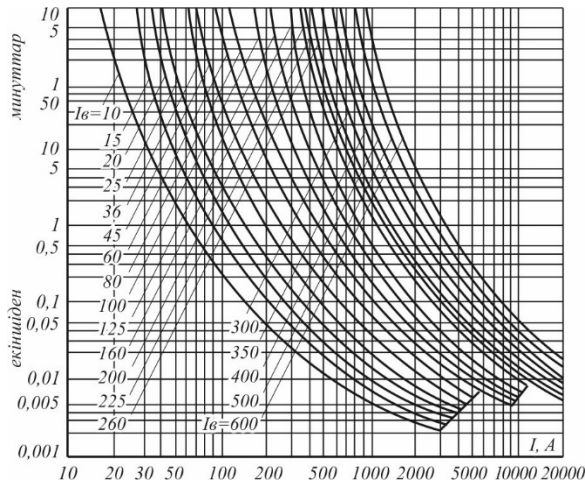
Мысалы: аздаған тоқ кезіндегі ерімтал қосымшаның шамадан тыс (шамамен 180...250 %) болған жағдайда егер I_1 үлкен болса I_0 номиналды тоқтардың стандартты шкаласының бір сатысына болса да селективтілік ұсталып тұрады.

ҚТ кезінде егер 20.1-кестесіндегі қатынастар ұсталып тұрса, онда қорғаныстың селективтілігі НПН типті сақтандырғыштармен жасалып тұрады.

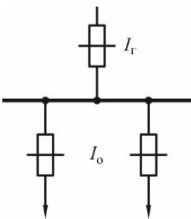
ПН2 типті сақтандырғыштар үшін ерімтал қосымшалардың номиналды тоқтарының арасындағы қатынас 20.2 кестесінде көрсетілген.

Сақтандырғыштар сонымен қатар ажыратудың шектік тоғымен сипатталады. Берілген кернеудегі ажыратудың шектік тоғы ретінде, тоқ жүруінің алғашқы кезеңіндегі кез келген фазадағы, ҚТ тоғының жиілік

құрылымының ең үлкен әрекет ету мәні табылады. ПН2 сақтандырғыштарының 380 В кернеуі кезіндегі ең үлкен мәнді ажыратқыш қасиеттері 20.3. кестесінде көрсетілген. Номиналды тоғы 100 А болатын НПН2-60 сақтандырғыштары ең үлкен 60 кА дейін болатын ажыратқыш токқа ие.



20.6 сурет.НПН мен НПР еріткіш сақтандырғыштардың сипаттамасы



20.7- сурет Желіні сақтандырғыштармен қорғау сызбасы

20.1- кесте

Сақтандырғыштармен қорғаныстың селективтілігін қамтамасыз ететін токтардың арасындағы қатынас

$(1_{КТ}/1_0)$,кем емес	50	100	200
$(1_r/1_0)$	2,0	2,5	3,3

Ескерту: $I_{\text{КТ}}$ – желідегі қорғалатын учаскенің басындағы ҚТ тоғы

20.2- кесте

I_{Γ} және I_0 сенімді селективтілікті қамтамасыз ететін, ПН2 біртіндеп қосылған сақтандырғыштарының номиналды тоқтары

Ерігіш қосымшаның кіші номиналды тоғы I_0 , А	Ерігіш қосымшаның үлкен номиналды тоғы I_{Γ} , А $I_{\text{КТ}}/I_0$			
	10	20	50	100 және одан да көп
30	40	50	80	120
40	50	60	100	120
50	60	80	120	120
60	80	100	120	120
80	100	120	120	150
100	120	120	150	150
120	150	150	250	250
150	200	200	250	250
200	250	250	300	300
250	300	300	400	600 көп
300	400	400	600 көп	---
400	500	600 көп	---	---

20.3 –кесте

ПН2 сақтандырғыштарының ең көп ажыратылғыш қабілеті

Сақтандырғыштың түрі	Ең үлкен ажыратушы қабілеті бар тоқ, кА
ПН2-100	100
ПН2-250	100
ПН2-400	40
ПН2-600	25

20.7. Автоматты ажыратқыштармен қорғау

Автоматты ажыратқыштарды (автоматтарды) таңдаудың конструкциялары мен негізгі принциптері 4.5.2-бөлімшелері және 18.1-бөлімінде келтірілген.

18.1-бөлімде көрсетілген автоматты ажыратқыштардың негізгі сипаттамаларымен қатар, автоматтың қорғаныс (тоқ уақыты) сипаттамасы пайдаланылады.

Үлгілік уақытша тоқтың сипаттамасы бойынша (20.6-суретті қараңыз) есептік жүктеме және қысқа уақыттағы артық жүктеме кезінде жылу босатқыш уақыттың айтарлықтай жеткілікті болуымен анықталады. Жекелеген жағдайларда, мысалы қозғалтқыштарды үлкен сермеу массасы бар механизмдермен бірге іске қосу кезінде ажыратқыштың жалған ажыратусыз қозғалтқышты қалыпты іске қосу үшін автоматты ажыратқыштың номиналды босатқыш тоғын ұлғайту қажет.

Бірден әрекет ететін («кима») тек электрмагниттік элементтері бар автоматты ажыратқыштар егер олар іске қосылу тоғынан аз болса, артық жүктеме тоғына ден қоймайды. Бұл автоматты ажыратқыштар ҚТ есептік (ең төменгі) тоғы кем дегенде автоматтың іске қосылу тоғынан үш есе көп болатындай етіп таңдалады. Бұл ретте осы ажыратқыш және босатқыш үшін берілген ҚТ ең жоғарғы шекті тоғы шекті ажыратылатын тоқтың каталождық деректерімен айқындалады.

ҚТ кезінде осы тізбекке рет-ретімен қосылған барлық ажыратқыштардың электрмагниттік ажыратқыштары, егер ҚТ тоғы ажыратқыштардың іске қосылу қондырғысындағы тоқтан артық болса қосыла бастайды. Уақытты әдейі тоқтату қондырғысы болмаған кезде барлық осындай электромагниттік босатқыштар шамамен бір уақытта іске қосылады және ажырату селективті түрде болуы мүмкін.

Тек жылу немесе босатқыш тоқтан басқа кері байланысқа тәуелді автоматты ажыратқыштар, егер реттілікпен қосылған автоматтар өзінің үлгілік уақытша тоқ сипаттамасы бойынша дұрыс іріктелген олар үшін шекті ажыратылған барлық жол берілген диапазонда селективті түрде әрекет ететін болады. Бірден босатқыштардың іске қосылу тоғынан асатын ҚТ үлкен тоқтары кезінде аралас (жылу және электромагнитті) босатқыштармен автоматы ажыратқыштар селективті түрде ажыратылуы да мүмкін. Селективті түрде ажыратылуына тексеру ауыспалы автоматтың үлгілік уақытша тоқ сипаттамасы және қорғалған желідегі ҚТ есептік тоғы бойынша жүргізіледі.

20.8. Реле және олардың әртүрлілігі

Негізгі және көмекші реле. Көп жағдайда релелік қорғаныстың әрбір қондырғысы белгілі бір функцияларды орындайтын бірнеше реледен тұрады.

Мысалы, негізгі деп аталатын бір реле зақымдауға немесе қалыпсыз режимге ден қояды, басқалары (көмекші) алғашқылардың командасы бойынша ажыратқышты ажырату немесе осы қорғанысқа жүктелген басқа операцияларды жүргізеді.

Қысқаша тұйықталудан қорғау сияқты, қалыпсыз режимнен қорғау үшін тоқ релесі мен кернеу пайдаланылады. Біріншісі артық жүктемеге ден қоятын реле ретінде, екіншісі – желідегі қауіпті артық немесе төмен кернеуге жүреді. Сонымен қатар арнайы реленің қатары қолданылады, мысалы, жиілігі тым түсіп немесе жоғары болған кезде әрекет ететін жиілік релесі; артық жүктеме кезінде тоқ бөлетін жылудың ұлғаюына ден қоятын жылу релесі және т.б.

Көмекші реле санына: қорғаныс уақытын созуға қызмет ететін уақыт релесі; дабылға және қорғаныс әрекетін тіркеу үшін – көрсеткіш реле; ажыратқышты ажырату және қорғаныс элементтері арасындағы өзара байланысты жүзеге асыру үшін қызмет ететін негізгі реленің әрекетін беретін аралық реле.

Әрбір релені екі бөлікке бөлуге болады: қабылдаушы және орындаушы. Қабылдаушы элемент реле типіне байланысты қуатты элементтен кернеумен немесе токпен қуаттанатын орам сымна ие. Қуаттылық релесі мен қарсыластық релесі екі айналымға (тоқ және кернеу) ие. Реле айналымы арқылы ол ден қоятын ауқымдағы өзгерісті қабылдайды.

Атқарушылық элемент қабылдаушы элементпен құрылатын күштердің ықпалымен ауысатын қозғалмалы жүйені білдіреді. Орын ауыстыру кезінде реленің жылжымалы жүйесі реленің байланысына, оларды тұйықтау және тұйықтамау үшін әрекет етеді.

Бастапқы және қайталама реле. Реле айналымын қосу тәсіліне байланысты бастапқы және қайталама реле болып бөлінеді. Бастапқы реле айналымына тікелей қорғаныс тізбекке, ал қайталама - өлшегіш трансформатор арқылы қосылады. Қазіргі уақытта қайталама реле көп таралған. Бастапқы реленің артықшылығы оны қосу үшін өлшегіш трансформатордың, жедел тоқ көздері мен бақылау кәбілінің талап етілмеуі болып табылады.

Соның арқасында қайталама релеге қарағанда, бастапқы релемен қорғаныс оңай әрі арзан. Сондықтан бастапқы реле 6 ...10 кВ кернеуі

желілердегі шағын қуатты электроқозғалтқыштарында, трансформаторларда және желілерде қолданылады.

Тікелей және жанама әрекет етуші реле. Басқару объектісіне ықпал ету тәсіліне байланысты тікелей және жанама әрекет етуші болып бөлінеді. Қорғаныс құрылғысында пайдаланылатын тікелей әрекет етуші реледе, жылжымалы жүйесі ажыратқыштың сөндіргіш құрылғысымен механикалық түрде байланысты, соның арқасында реленің іске қосылуы оны ажыратумен беріледі.

Релелік қорғаныс схемасындағы жанама әрекет етуші реле тікелей ажыратқыштың сөндіруші механизмімен байланысты емес. Реле байланыстарды қамтиды, оның көмегімен ажыратқыштың сөндіру тізбегін басқарады. Бұл ретте ажыратқыштың сөндіргіш құрылғысын қоректендіру үшін қызмет ететін жедел тоқ көзіне қажеттілік туындайды. Жедел тоқ. Релелік қорғаныс тізбегін, автоматика мен дабылды қоректендіру тізбегі жедел тоқ деп аталады. Жедел тоқ көзінің беріктігі және ондағы желінің ақаусыз болуы релелік қорғаныс құрылғысына кіретін барлық элементтердің үздіксіз жұмысын қамтамасыз етеді. Тұрақты немесе түзетілген тоқты аккумуляторлы батареядан немесе әртүрлі түзеткіш құрылғылардан алады.

Ауыспалы жедел тоқ көздері ретінде тоқ трансформаторлары, кернеу трансформаторлары, жеке қажеттіліктегі трансформаторлар пайдаланылуы мүмкін.

20.9. Реленің типтері

Релелік қорғаныста электрлік реле – электромагниттік және индукциондық аса көп таралған.

РТМ, РТВ типтегі жоғарғы тоқ релесі. Ажыратқыштардың бірқатар жетегінде РТМ үлгісіндегі бірден әрекет ететін кіріккен реле және РТВ типіндегі уақыт шегіндегі реле бар. РТМ типіндегі реле орнатылған тоқты ретей отырып, төрт нұсқада орындалады: РТМ-I - 5-тен 15 А дейін; РТМ-II – 10-нан 25 А дейін; РТМ-III – 30-дан 60 А дейін; РТМ-IV – 75-тен 150 А дейін. Іске қосылу тоғы ауа тесігінің өзгеруімен реттеледі. РТВ типіндегі реле 5 ... 35 А іске қосудың номиналды тоқ қондырғысының диапазонымен алты нұсқада орындалады; олар 0...4 с реттеумен белгілі бір уақыттағы шектеулі тәуелді сипаттамасы бар.

РТМ және РТВ релесі ПП-67 типіндегі пружиналық өткізгіштерге қолданылады.

РНВ типіндегі ең төменгі кернеу релесі. Оны 0...9 с уақыт аралығында орындайды. Сонымен қатар ПП-67 өткізгішінде қосымша элементтер – тәуелсіз көзден қоректенетін электромагниттік элементтер қалыптасуы

мүмкін.

РТ-40 электромагниттік релесі. РТ-40 релесінің іске қосылу қондырғысы пружина өткізгішін тартумен реттеледі; қондырғы шегін өзгерту орауышты реттіліктен (0,5...25 А) параллель (1 ...50 А) қосындыға ауыстыру жолымен жүзеге асырылады.

РН-50 типіндегі кернеу релесі. Барынша және 12 ... 320 үшін 15... 400 шегіндегі осы реленің іске қосылуы пружинасын созумен және реленің айналдыру тізбегінде екі қосымша резисторды кіргізу арқылы реттеледі.

Релені айналдыру түзеткіш арқылы орындалады. ЭВ-112-ЭВ-144 типтегі уақыт релесі 24, 48, 110, 220 В кернеуі кезінде тұрақты токпен жұмыс кезінде қосылады; ЭВ-215 - ЭВ-245 типтегі уақыт релесі - 100, 127, 220, 380 В кернеумен ауыспалы токқа арналған жұмыс үшін іске қосылады.

Аралық реле негізгі реле байланыстарын таратуға, мысалы, ажыратқыш жетектің босатқыш катушкалармен қоректенетін бір уақыттағы тұйықталуға және бірнеше тізбек байланыстарын ажыратуға арналған. Оларды сондай-ақ негізгі реле сигналының қуатын күшейту үшін пайдаланады (оның импульсін аса қуатты байланыспен аралық релеге тапсыру жолымен).

Аралық реле тұрақты және ауыспалы жедел токта жұмыс істейді және кернеу немесе ток релесі ретінде қосылады. Тұрақты токта жұмыс істеу үшін РП-210, РП-232 аралық реле қолданылады. Барлық көрсетілген реле электромагниттік принциппен жұмыс істейді және тұйықтау және ажыратушы ретінде әртүрлі комбинацияда пайдаланылуы мүмкін бес байланыс бар. Тұтынушылық қуаты 6 ... 8 Вт құрайды.

Ауыспалы токта жұмыс істеу үшін РП-25, РП-26 типіндегі аралық реле қолданылады, олардың жылжымалы жүйедегі дірілді жоюға арналған электромагнитті ортасында қысқаша тұйықталған орам бар. Көрсеткіштік реле тиісті қорғаныстың іске қосылғаны туралы сигналды беруге арналған. Көрсеткіштік реле: реттікпен тізбекке басқа релені немесе аппараттарды қосуды және ондағы токтың пайда болуына ден қоюды қамтуы мүмкін; тізбекке параллель тиісті реле мен аппараттар кестеде көрсетілген.

Электр схемалары элементтерінің кодтық мәні

Элементтің түрі		Код
Күштік тізбектегі ажыратқыш	Автоматты	QF
	Жүктемелер	QW
	Секциондық	QB
	Шинақосқыш	QA
Ажыратқыш		QR
Қысқа тұйықтағыш		QN
Босатқыш		QS
Рубильник		QS
Электр тапсыру желілері		W
Разрядник		F
Реактор		LR
Конденсаторлы күштік батарея		CB
Трансформатор		T
Кернеу трансформаторы		TV
Ток трансформатор ы		TA
Қорғаныс кешені		AK
Автоматты қондырғы		AKC
Қайта қосу		

Элементтің түрі		Код
Реле	Уақыт	KT
	Газдық	KSG
	Дабылды бақылау	KSS
	Кернеу тізбегін бақылау	KSV
	Қуаттылық	KW
	Тоқ	KA
	Кернеу	KV
	Көрсеткіштік	KN
	Жиілік	KF
	Аралық	KL
Механикалық электромагниттік өткізгішпен қондырғы	Уақытпен белгіленген тікелей әрекет ету кернеуі	KVT
	Қарсыласу	KZ
	Электромагнит	YA
	Қосу	YAC
	Ажырату	YAT
	Электромагнитті өткізгішпен тормоз	YB
	Электромагнитті өткізгішпен муфта	YC
	Электромагниттік патрон немесе плита	YH
	Оқшаулаудың электромагниттік кілті	YAB
Басқару тізбегіндегі, дабыл мен өлшегіштегі коммутациялық қондырғы	Басқару тізбегіндегі ажыратпа	S
	Кнопкалы ажыратқыш	SB
	Оқшаулаудың ауыстырып қосқышы	SAB
	Автоматты ажыратқыш	SF
		SS
	Әртүрлі ықпалдан қосылатын синхронизацияның ауыстырып қосқышы,:	
	Денгей	SL
	Кернеу	SP
	Жағдай	SQ
	айналу жиілігі	SR
	температура	SK
	Өлшемдерді ауыстырып қосқыш	SN

және оларға қысымның әсерін көрсетеді. Тұрақты тоқтың РУ-21 көрсеткіштік релесін ауыспалы тоқта жұмыс істеу үшін пайдалануға болады.

20.4-кестеде электрлік сызба элементтерінің қабылданған кодтық белгілері ұсынылған.

20.10. Кабель желілерін қорғау

Ажыратуды талап ететін кабель желілеріндегі зақымдалудың негізгі түрлері КТ фазааралық немесе жерге бір фазалы болып келеді. Зақымданған кезде процестің өту сипатына бейтарап жұмыс істеу тәртібі үлкен ықпал етеді (2-бөлімді қараңыз). Себебі, 6...10 кВ кернеулі кабель желілері бейтарап реактор арқылы оқшауланған немесе тұйықталған түрде жұмыс істейді, бір фазаның жерге тұйықталуы дереу ажыратуды талап ететін апатты режим болып табылмайды. Сондықтан, 6...10 кВ кернеулі желілерде жерге бір фазалы тұйықталудан қорғау көп жағдайда дабыл береді.

0,4 кВ кернеулі желілерде тікелей жерлендірілген бейтараптамамен жерге бір фазаны тұйықтау бір фазалы КЗ болып келеді және қорғанумен ажыратылуы тиіс, бұған қоса бір фазалы КЗ тоғының жұмыс режимінің тоғымен өлшемдес мәні болады. Сондықтан, бір фазалы КЗ-дан қорғануды орындау үшін нөлдік реттілігін құраушылар жиі пайдаланылады, өйткені бұл ретте жұмыс тоғынан қорғануды орнату қажет емес.

ЭОҚ-на сәйкес 1 кВ дейінгі кернеулі кабельдік желілерді қорғау көбінесе КЗ үш фазалы тоқтан өтудің бірінші жарты кезеңі ішінде зақымданған желіні ажырататын созылмалы сақтандырғышпен жүзеге асырылады. Сондай-ақ, 1 кВ дейінгі кернеулі кабельдік желілер автоматты ажыратқыштардың көмегімен қорғайды. Автоматты ажыратқыштардың ағытқыш тоқтарын орнатуды таңдау 14-тарауда сипатталған.

6...10 кВ кернеулі кабелдік желілерде нөлдік реттілік максималды тоқтық қорғауды (МТК) қолдану түрінде жерге бір фазалы тұйықталудан қорғау қарастырылуы керек; нөлдік реттілік тоғының сүзгісімен нөлдік реттілік тоғының (НРТ) трансформаторы қызмет етеді. Нөлдік реттілік тоғының пайда болуы сыйымдылықты тоқтатудың симметриясының және фазалы кернеудің бұзумен түсіндіріледі. Қорғаудың іске қосылу тоғы

$$I_{с.з} = k_{отс} \cdot 3I_{ол} \quad (20.2)$$

мұнда $I_{ол}$ - желі сыйымдылығына шартталған, нөлдік реттілік ток; котс – реленің типіне байланысты орнату коэффициенті, котс = 4... 5 (уақыт ұстамынсыз қорғауға арналған), $k_{отс} = 2 \dots 2,5$ (тұйықталудың кезектес сипатымен уақыт ұстамымен қорғауға арналған).

Нөлдік реттіліктің МТҚ жалған жұмыс істемеуі үшін арнайы шаралар қабылданады, нақты айтсақ: құйғыш, құрыш және кабель қаптамасын учаскеде құйғыштан ТНП-ға дейін жерден оқшаулайды, ал жерлендірілген сымды кабелдің құйғышына біріктіреді де кабел бағытындағы ТНП магнитті сымның тесігі арқылы өткізеді. Осындай құрышпен өткізілген және кабель қаптамасына тартылған тоқты қорғаудың тізбегін орындау кезінде, жерлендірілген сым бойынша кері қайтарылған токпен өтемделеді. Егер мұны қарастырмаса, онда жерге бір фазалы тұйықталу кезінде зақымдану тоқтары жер арқылы да кабелдің өткізгіш қаптамасы, соның ішінде зақымданғанға таяу орналасқан зақымданбаған арқылы да тұйықталады. Бұл зақымданбаған кабелді қорғаудың іске асырылуын тудырады.

Жоғарыда қарастырылған жерге тұйықталудан қорғау қалыптасқан тәртіптің тура реттелігімен тұйықталу тоғына әсер етеді. Реактор арқылы бейтарапты жерлендірілген, 6...10 кВ кернеулі кабель желілерінде жерге тұйықталудың талғамалы дабыл беру жүйесі үшін жерге бір фазалы тұйықталу кезінде нөлдік реттілік тоғымен орнатылатын жоғары гармоник ұстап тұруға әсер ететін ((УСЗ): УСЗ 2/2, УСЗ-3М, УСЗ-3 жерге тұйықталудың дабыл беру құрылғысы қолданылады. Құрылғы әрбір желіге орнатылады және зақымданған желілерге дабыл беруде жұмыс істейді, өйткені дәл осы желілердің зақымданған фазасына жоғары гармониктің деңгейі максималды. Жерге тұйықталудың аз тоғы кезінде оқшауланған бейтарапты желілер үшін УСЗ жұмыс істемеуі мүмкін. Себебі, осындай желілер үшін РТЗ-50 типіндегі сезімтал жартылай өткізгішті релені пайдаланумен едәуір қарапайым қорғануды қолданады.

Біржақты қоректендірумен желіде 11 кВ жоғары кернеумен кабелдік желілердің КЗ фаза аралықтан қорғау үшін МТТ және тоқтық айыруды (ТА) пайдаланады.

КЗ токтан қорғау үшін, қорғалған тізбекті ажыратуға әрдайым әрекет ететін, жұмыс істеу тоғы, яғни минималды ток қорғау кезінде жұмыс істейді,

$$I_{c.3} = (k_{отс} k_{c.3} I_{max}) / k_B \quad (20.3)$$

мұнда I_{max} – желімен қорғалған максималды жұмыс тоғы; $k_{c.3}$ – электрқозғалтқыштарының өздігінен іске қосылудан тоқтың қозғау салуын ескеретін коэффициент, $k_{c.3} = 1,2...2,4$; $k_{отс} = 1,05... 1,4$ (аз мәні электрондық релеге жатады).

Іске қосудың таңдап алынған тоғын қорғаудың талап етілетін сезімталдығын тексереді:

$$k_{ч} = I_{k \min} / I_{c.3} \quad (20.4)$$

мұнда $k_{ч}$ – сезімталдық коэффициенті, $k_{ч} > 1,5$ негізгі қорғауға арналған және $k_{ч} > 1,2$ резервті қорғауға арналған; $I_{k \min}$ – КЗ минималды тоғы, яғни, екі фазалы $K3I_k^2$ тоғы, КЗ I_k^3 үш фазалы тоқ бойынша анықталады:

$$I_{k \min} = I_k^2 = (I_k^3 \sqrt{3}) / 2. \quad (20.5)$$

Егер КЗ кезінде МТҚ сақталу уақыты қорғаудың негізгі аймағында тым үлкен болса, онда МТҚ-ға қосымша тоқтық айыру қолданылады. ТА жұмыс істеу тоғы келесі өрнекпен таңдалады:

$$I_{c.3}^{TO} = K_{отс} I_{П0}, \quad (20.6)$$

мұнда $I_{П0}$ – КЗ қорғаудың бірінші кезеңдегі негізгі аймақтың соңындағы кезеңді қосылғыш тоқтың әрекет ететін мәні; $K_{отс} = 1,05... 1,6$.

Тоқтық айыру жылдам әрекет ететін қорғау болып табылады және қорғалатын тізбектің қуаттық трансформаторларын қосу кезінде туындайтын, тоқпен магниттеумен қозғау салуынан жұмыс істеуі мүмкін. Сондықтан $I_{c.3}^{TO}$ мына шартты қанағаттандыруы тиіс:

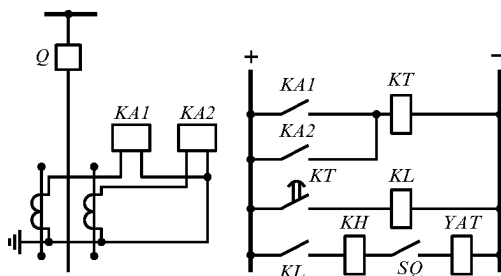
$$I_{c.3}^{TO} \geq k_{нам} \sum I_{ном.т} \quad (20.7)$$

мұнда $\sum I_{ном.т}$ – қорғалатын тізбекпен қоректендірілетін, қуаттық трансформаторлардың номиналды тоқ сомасы; $k_{нам}$ – қуаттық трансформаторлардың тоқпен магниттеуін лақтыруды ескеретін коэффициент, $k_{нам} = 3...5$; егер ТА-ң сақталу уақыты бар (әдетте $t_{c.3} = 0,5... 1$ с), онда $k_{нам} = 1$.

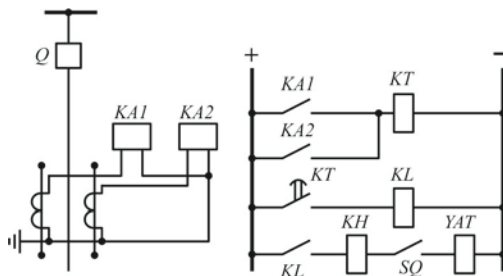
$I_{c.3}^{TO}$ және тоқ трансформаторларын қосу сызбасын таңдап алған соң, желі үшін олардың ұзындығы 15... 20 кем емес болуы тиісті, айыру әрекетінің аймағы анықталады.

Егер ТА-да $k_{\text{ч}} < 1,5$, онда оны минималды кернеудің іске қосу органымен толықтырады.

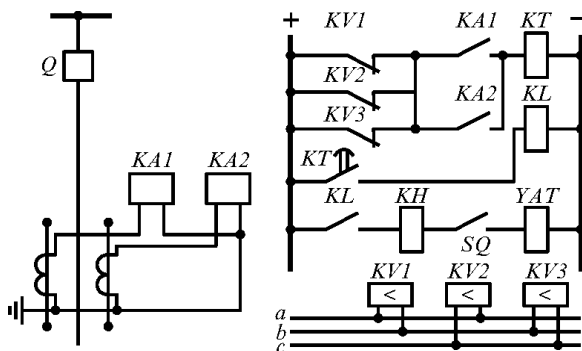
МТҚ талғамдылығы тек біржақты қоректендірумен радиалды желілерде ғана қамтамасыз етіледі, сол уақытта ТА секілді кез келген қоректендіру көзімен кез келген конфигурация желісінде қолданылады. ТА-ң елеулі кемшілігі желінің бір бөлігін ғана қорғайды (ТА уақытты сақтаусыз), сондықтан желінің негізгі қорғанысы бола алмайды.



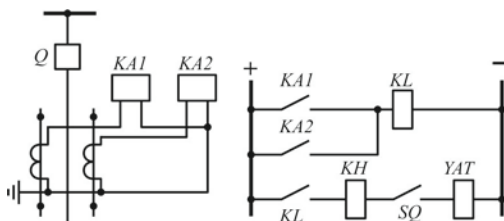
20.8-сурет. Желіні КЗ бір фаза аралықтан (максималды тоқтық қорғау) екі фазалы екі релелі қорғаудың қағидалық сызбасы



20.9-сурет. Желіні КЗ бір фаза аралықтан (максималды тоқтық қорғау) екі фазалы екі релелі қорғаудың қағидалық сызбасы



20.10-сурет. Минималды кернеу релесінен (максималды тоқтық қорғау) іске қосумен бір фазалы аралық КЗ-дан желіні қорғаудың қағидалық сызбасы: KV1, KV2, KV3 – Тн өлшеуіш трансформатордан коректендірілетін минималды кернеу релесі (суретте оның а, b, c бастапқы орамы көрсетілген)



20.11-сурет. КЗ фазааралық желіні қорғаудың қағидалық сызбасы (уақытты сақтамай тоқтық айыру)

20.11. 6... 10/0,4 кВ кернеулі трансформаторларды қорғау

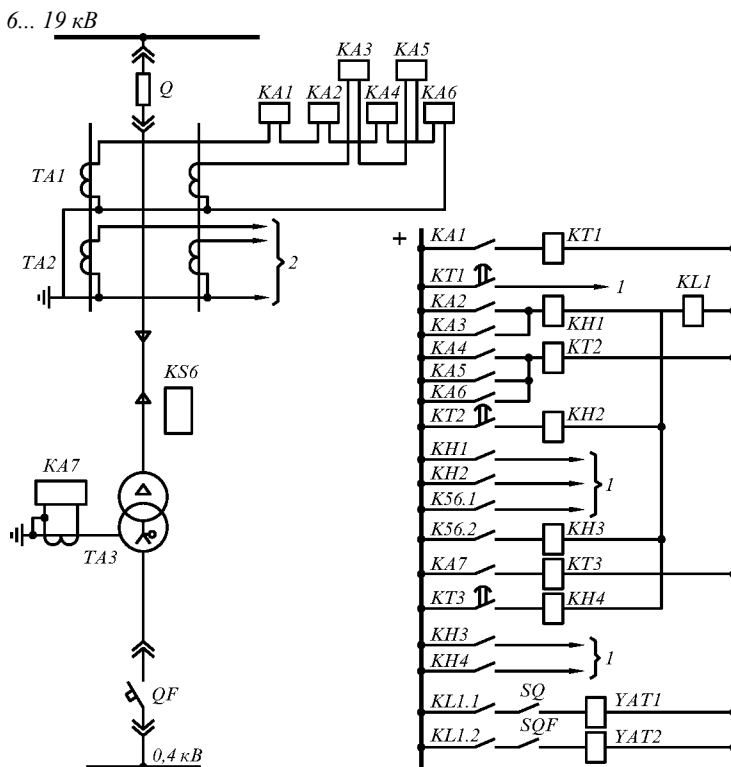
6... 10/0,4 кВ кернеулі трансформаторлар және 100...2500 кВ-А

қуаттың зақымдануының негізгі түрлері келесідегідей болады: орамда және олардың өткізгішіндегі фазааралық КЗ; бір фазалы тұйықталулар: жерге және бір фазаның орамы арасында; магнитті сым табақтары арасында оқшаулауды бұзу кезінде туындайтын, магнитті сымның «болат өрті» деп аталатын ішкі зақымданулар, ол қайта магниттелу және құйындық тоқтарға жоғалтуды арттыруға әкеледі. Жоғалтулар оқшаулауды бұзуға апаратын, болаттың қыздыруын тудырады.

Бір фазаның жерге тұйықталуы тікелей жерлендірілген бейтараптамамен желіге қосылған орама үшін қауіпті. Бұл жағдайда қорғау трансформаторды ажыратуы тиіс. Доға сөндіргіш катушкалар арқылы оқшауланған немесе жерлендірілген бейтарап желілерде жерге бір фазалы тұйықталудан қорғау сөндіру әрекетімен осындай қорғау желіде болған жағдайда ғана орнатылады.

Орамдық тұйықталу кезінде тұйықталған орамда оқшаулауды және трансформатордың магниттік сымын бұзатын тоқ пайда болады. Сондықтан, зақымдану жылдам әрекет ететін қорғаумен ажыратылуы қажет. Бірақ, осы тоқтардың мәні тұйықталған орамның саны аз кезде біршама шағын болатындықтан, қазіргі уақытта осы мақсаттар үшін орамның қолда бар қорғауын пайдалануға болмайды.

Майлы трансформаторлар үшін ішкі зақымдалудан қорғау тоқтық айырумен толтырылған, газ қорғауы болып табылады. Қалыпты емес режимдер: трансформатор орамы арқылы номиналдыдан асатын тоқтар өтетін сыртқы КЗ, ол орамның оқшаулануына және оның ескіруіне және зақымдалуына әкеледі; біршама уақыт ішінде мүмкін трансформаторды қайта жүктеу болып табылады (17.2-бөлімді қараңыз).



20.12-сурет. 6... 10/0,4 кВ: KA1, KT1 кернеулі трансформаторларды қорғау сызбасы - MT3 жүктелуден; KA2, KA3 – бұл да бір фаза аралық КЗ-дан; KA4, KA5, KA6, KT2 - MT3 сыртқы КЗ-дан; KA7, KT3 - MT3 нөлдік реттілік бір фазалы КЗ-дан; 1 - дабылға; 2 - аспаптарға

Трансформатордың бактары зақымдалған кезде жүруі мүмкін, трансформатордағы май деңгейінің жарамсыз төмендеуі.

6... 10/0,4 кВ кернеулі трансформаторлары бар шағын станцияларға әдетте максималды тоқтық қорғауды, жерге бір фазалы тұйықталудан қорғауды, қуаттылығы 400 кВ-А және одан жоғары трансформаторларға арналған газ қорғауын орнатады.

20.12-суретте бастапқы кернеу жағында трансформаторды рөлі қосылумен радиалды кабелдік желіден қоректендірілетін, цехтік трансформаторларды қорғаудың толық сызбасы келтірілген. Кабелдік желінің басты учаскесінде Q шығыс ажыратқышы болады, екінші 0,4 кВ кернеу жағында автоматты QF ажыратқыш бар.

KA1, KT2 релесі – дабылға әсер ететін шамадан тыс жүктемеден трансформаторының бір фазалы бір релелі МТҚ;

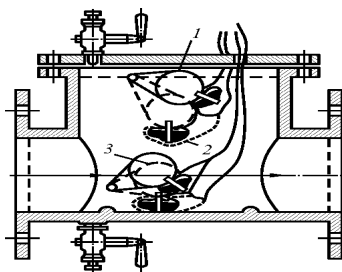
KA2, KA3 релесі – қоректендіру жағынан орнатылған, трансформатордағы бір фаза аралық КЗ-дан оның ажырауына әсер ететін уақытты сақтамай ТА екі фазалы екі релелі қорғау;

KA4, KA5, KA6 релесі – қоректендіру жағынан орнатылған, сыртқы КЗ-дан трансформатордың екі фазалы үш релелі МТҚ (KA4, KA5 реле фазалық токтарға, KA6 релесі – қорғаудың іске қосылу сенімділігін арттыру үшін фазалық токтар сомасына қосылады)

KA 7 релесі – 0,4 кВ кернеуімен тізбекте бір фазалы КЗ-дан, трансформаторға бейтарап орнатылған нөлдік реттілік МТҚ;

KSG релесі – орамдық тұйықталуға, корпусқа оқшаулаудың тесігі және корпусқа, май деңгейін төмендетуге әсер ететін, бірақ трансформатор өткізгіштерінде КЗ-ға әсер етпейтін майлы трансформаторларды газдық қорғау.

Газды қорғау ПГЗ-22 типті газ релесімен іске асырылады (20.13-сурет). Орамды және фазааралық тұйықталумен туындаған, трансформатор ішіндегі зақымдану газ бөлумен және



20.13-сурет. Қалтқылы типтегі газдық реле құрылғысы

трансформатордағы май деңгейінің төмендеуімен ілесіп жүреді. Зақымданудың барлық түрлерінде майдың жайылуы және сымдарды оқшаулау нәтижесінде пайда болған газдар құбыр желісінде орнатылған, трансформетрдің бағын кеңейткішпен біріктіретін газ релесі арқылы бағытталады және май реле камерасынан кеңейткішті ығыстырады.

Осының нәтижесінде газ релесіндегі майдың деңгейі төмендейді, орнатылған

қалтқылар 1 төмен түсіріледі, ал оған біріктірілген 3 қалпақшалар сынапты байланыстармен бұрылады. Бұл ретте ескертуші дабыл әрекет етеді.

Қатты газ пайда болған кезде, ағынымен ілесіп жүретін май кернеумен қалтқы және 2 байланысты қалпақшалар бұрылады.

Соңғысы, тұйықтала отырып, ажыратуға аралық және көрсеткіш реле арқылы әрекет етеді.

Төрт сымды жүйеде 0,4 кВ бір фазалы КЗ жағынан жерге және нөлдік сымға фазаның тұйықталуы зақымданудың елеулі тоқтарымен ілесіп жүреді және трансформатор үшін қауіптілік төндіреді. Сондықтан, трансформатордың төменгі кернеуі жағында көрсетілген зақымданулар кезінде қорғау ажыратуда әрекет етуі қажет. Жұлдыз орамын біріктіру сызбасымен цехті трансформатор – жерлендірілген бейтараптану жұлдызы НН /ном.тнн орамның номиналды тоғы 25% артпаған бейтарап жүктеменің жалғаспалы тоғына есептеледі. Бұл ретте фазалардың бірінде тоқ 5 %-дан аспайтын номиналды мәннен аспауы қажет. Сол себепті, реленің жұмыс істеу тоғы мына шартпен таңдап алынады:

$$I_{c.p} = (0.25 k_{отс} k_{пер} I_{ном.тнн}) / (k_B K_I) \quad (20.8)$$

мұнда $k_{пер}$ – трансформатордың ықтимал жүктелу коэффициенті; K_I – тоқ трансформаторын трансформациялау коэффициенті; $k_{отс} = 1, 1.1, 1.2$; k_B – қайтару коэффициенті.

Уақытты сақтауды қорғау ажыратылған желілерді қорғау әрекетінің уақытымен келісіледі. Сезімталдықты қорғау 0,4 кВ кернеулі желідегі бір фазалы КЗ минималды тоқ бойынша тексеріледі:

$$I_{k min} = I_k^{(I)} \approx 3U_\phi / (|Z_n + Z_T|) \quad (20.9)$$

мұнда U_ϕ – желінің фазалы кернеуі; Z_T , - трансформатордың толық кедергісі; Z_n - фаза-нөл ілмегінің толық кедергісі (10-бөлімді қараңыз). $k_B > 1,5$ болса сезімталдық жеткілікті деп саналады.

Желіде 1 кВ дейінгі кернеулі трансформатордың жерлендірілген бейтарап үшбұрыш-жұлдыз біріктіру сызбасымен зақымданған кезде бір фазалы және үш фазалы КЗ тоқтың бір тәртіптегі мәні болады және зақымдану трансформатордың сыртқы КЗ-дан қорғалу сөндірілуі тиіс. Фазааралық КЗ-дан ТА жұмыс істеу тоғы келесі шарт бойынша таңдап алынады

$$I_{c.3}^{TO} = k_{отс} I_{п0}, \quad (20.10)$$

мұнда $I_{п0}$ – трансформатор артындағы НН шиңасында зақымданған кезде анықталатын, сыртқы үш фазалы КЗ максимал тоғы;
 $k_{отс} = 1,2 \dots 2,0$.

Уақытты сақтамай тоқтық айыру әдетте трансформатордың магниттеу тоғының лақтыруынан салынуын көрсетеді.

МТҚ жұмыс істеу тоғы шамадан тыс жүктеуден келесі шарт бойынша таңдап алынады

$$I_{с,р} = (k_{отс} I_{ном.тВН}) / (k_B K_I), \quad (20.11)$$

мұнда $I_{номт}$ ВН - ВН байламның номиналды тоғы; $k_{отс} = 1,05$; K_I – ток трансформаторын трансформациялау коэффициенті; k_B – қайтару коэффициенті.

Уақытты сақтау сыртқы КТ-дан қорғаудың жұмыс істеу уақытына қарағанда, таңдамалықтың бір сатысына артық қабылданады. Қорғаудың әрбір типін таңдаудың орнына трансформаторды қорғаудың кешенді құрылғысын, соның ішінде микропроцестік түрін жиі таңдап алады.

20.12. Кернеуі 1 кВ дейінгі асинхронды электр қозғалтқыштарын қорғау

Кернеуі 1 кВ дейінгі асинхронды электр қозғалтқыштары:

жерге қосылған және корпустары нөлдік фазада болған жағдайда көпфазалықтан, сондай-ақ ҚТ бір фазалықтан;

егер жетек механизмін пайдалану жағдайлары мен сипаттамасы бойынша мүмкін болса артық жүктемеден;

егер қозғалтқышты өзінен-өзі қосу мүмкін болмаса немесе болмаса кернеудің төмендеуінен қорғайды.

Кернеуі 1 кВ дейінгі АД балқымалы сақтандырғыштармен, автоматты ажыратқыштың босатқыштарымен немесе магнитті іске қосқыштың жылу релесімен қорғайды (4-тарауды қараңыз).

Тұйықталып жерге қосылған бейтарап желілерде ҚТ қозғалтқыштарды қорғау үш фазалы түрде (жерде ҚТ фазааралық және бір фазалықтан) орындалады. Қозғалтқыштарды ҚТ қорғау әрбір қозғалтқыш үшін жеке орындалады. Сақтандырғыштардың таңдауын 18-тараудан қараңыз.

Автоматы ажыратқыштармен қорғау барлық қорғаныс түрлерін жүзеге асыруға мүмкіндік береді:

ҚТ-дан – электромагниттік және жартылай өткізгіштік

босатқыштармен;

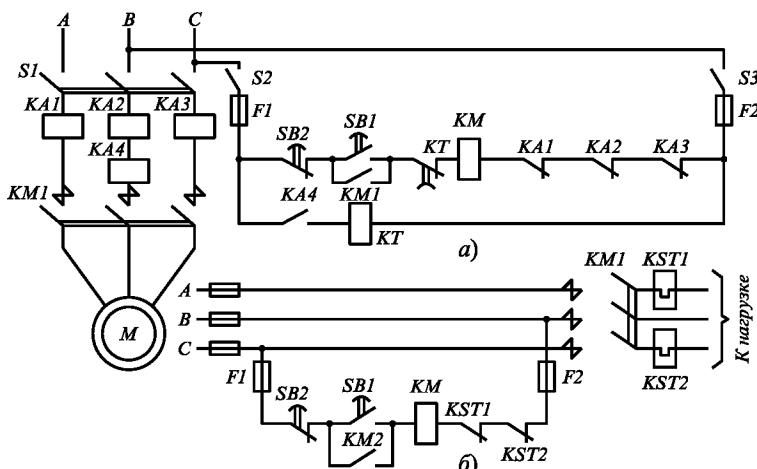
Артық жүктеме – электр жылу босатқыштарымен;

Кернеуді азайту – ең төменгі кернеу босатқыштарымен.

Қозғалтқыштарды ҚТ-дан қорғау тоқты бөлу түрінде РЭВ типіндегі барынша тоқтың көмегімен жүзеге асырылуы мүмкін. ТО схемасы үш фазалық орындаумен белгі бір уақытсыз 20.14-суретте келтірілген КА1...КА3 тоғының релесі статордың әрбір фазасына тікелей қосылған. Бір ғана реле іске қосылған кезде КМ контактор катушкасының тізбегінде КА1...КА3 тиісті байланыс тұйықталады және электр қозғалтқышы желіден ажыратылады. Қорғаныс үшін ТТ арқылы қосылатын релені пайдалануға болады. Электр қозғалтқышын шығару кезінде ҚТ іске қосылу тоғын таңдау $\cos \phi = 1,3 \dots 1,5$, а $\kappa > 2,0$.

Қозғалтқыштарды артық жүктемеден қорғау тоқтың сондай-ақ температуралық қорғаныстың ұлғаюына ден қоятын тоқ қорғанысын жүзеге асырады. Тоқ қорғанысы электр механикалық, жартылай өткізгіштік немесе электр жылу релесімен орындалады. Қозғалтқышты артық жүктемеден қорғау қысқа уақыттағы артық жүктеме кезінде іске қосылуға тиіс, сондықтан ол белгілі бір уақытқа арналған және ажырату, сигнал немесе механизмді жүктеу үшін әрекет етеді.

Артық жүктемеден қорғаныс технологиялық жүктеме орын алса немесе іске қосу ұзақтығын шектеу



20.14-сурет Кернеуі 1 кВ дейінгі электр қозғалтқышын қорғаудың принципті схемасы: а - фазааралық ҚТ-дан (барынша тоқ релесі КА1, КА2, КА3) және артық жүктемеден (барынша тоқ релесі КА4); б - КСТ1 және КСТ2 электр жылу релесінің көмегімен артық жүктемеден немесе қозғалтқыштарды өзіндік қосу қажет болған кезде белгіленеді.

Электромагниттік реле көмегімен орындалатын артық жүктемеден

қорғаныс тоқ релесін және уақыт релесін қамтиды (КА4 және КТ 20.14-суретте, а). Егер қорғаныс фаза үзілген кезде қозғалтқышты ажыратуы тиіс болса, онда ол екі фазаны орындайды. Екі фазалыда қозғалтқыштарды ҚТ-дан қорғау үшін пайдаланылатын балқымалы сақтандырғыштар болған кезде де қорғауы тиіс. Электромагнитік ток релесінің іске қосылу тоғын таңдау шарттары:

$$I_{c.p} \geq (k_{отс} k_{сх} I_{д.ном}) / (k_b K_I), \quad (20.12)$$

онда /д.ном – номиналды ток қозғалысы; $k_{отс} = 1,1 \dots 1,2$; $k_b = 0,8$.

Бірінші жағдай бойынша реле қозғалтқыштың қалыпты жұмыс режимінде іске қосылмауы тиіс; екінші жағдайда егер іске қосылу созылып кетсе, реле қозғалтқыш іске қосылған кезде әрекет етуі тиіс.

Ұзақ артық жүктеме және ұзаққа созылған қозғалтқышты іске қосу кезінде ҚТ уақыт релесі іске қосылып үлгереді және КМ контактор катушкасының тізбегіне ҚТ байланысын тұйықтай отырып (20.14-суретті қараңыз), қозғалтқышты ажыратады.

Артық жүктемеден қорғаныс іске қосылған кезде автоматы ажыратқыштардың жартылай өткізгіштік босатқыштарын іске қосу тоғы жоғарыда келтірілген екі жағдай бойынша таңдалады. Қорғаныс тиімді болып саналады, егер

$$I_{c.p} \leq (1,2 \dots 1,4) I_{д.ном} \quad (20.14)$$

Соңғы жағдай төмен $k_b = 0,75$ және айтарлықтай $k_{отс} = 1,3 \dots 1,5$ болғандықтан «Электрон» автоматты ажыратқыштың босатқыштарымен орындалмайды.

«Электрон», АЗ700, ВА типіндегі автоматты ажыратқыштардың жартылай өткізгіштік босатқыштары тоқ еселігі кезінде 61расцном тең кезінде белгілі бір реттелген уақыты (4 ...16 с) бар. Бұл қалыпты іске қосу режимінде қорғаныстың жұмыс істемеуін қамтамасыз етеді.

Жылу босатқыштарының немесе автоматы ажыратқыштардың электр жылу релесінің көмегімен орындалатын артық жүктемеден қорғаныс егер $I_{расц.ном.} = I_{д.ном}$ аса тиімді болады.

20.14-суретте, б артық жүктемеден қорғау үшін электромагнитік реленің пайдаланылуы көрсетілген, себебі бұл қорғаныс қозғалтқышты екі фазадағы жұмыстан қорғау үшін пайдаланылады, ал магнитті іске қосқыш екі жылу релесін (KST1 и KST2) қамтиды. Электр жылу релесінің номиналды тоғы мынадай жағдайда анықталады.

$$I_{p.ном} \geq I_{нг.ном} \approx I_{д.ном} / K_I, \quad (20.15)$$

онда $I_{нг.ном}$ – электр жылу релесінің ауыспалы қыздырғыштың номиналды

ТОҒЫ.

Ең төменгі кернеуден қорғау аппараты магнитті іске қосқыш немесе контактор болып табылады, себебі (0,6 ...0,7) ином кемінде кернеуі автоматты түрде ажыратылады және оны желідегі кернеуді қалпына келтіру кезінде басқару схемасының көмегімен қосуға болады.

Пайдаланылған әдебиет тізімі:

1. **П. И. Головкин**, Энергия жүйесі және электр энергиясын тұтынушылар. - М.: Энергия, 1979.
2. **А. А. Ермилов**, Өнеркәсіптік кәсіпорындарды электрмен жабдықтау негіздері. - М.: Энергоатомиздат, 1983.
3. **В. С. Иванов, В. И. Соколов** Өнеркәсіптік кәсіпорындарда электр энергиясы жүйесін тұтыну режимі және сапасы. - М.: Энергоатомиздат, 1987.
4. **В.И. Идельчик**, Электр жүйелері және желілер: ЖОО арналған оқу құралы. - М.: Энергоатомиздат, 1989.
5. **Э. А. Киреева, Т. Юнес, М. Айюби** Өнеркәсіптік электрмен жабдықтау жүйелеріндегі электр энергиясын автоматтандыру және үнемдеу: Анықтамалық материалдар және есептік мысалдар. - М.: Энергоатомиздат, 1998.
6. **Б. А. Князевский, Б.Ю. Липкин** Өнеркәсіптік кәсіпорындарды электрмен жабдықтау. - М.: Жоғары мектеп., 1986.
7. **Б. И. Кудрин**, Өнеркәсіптік кәсіпорындарды электрмен жабдықтау.. - М.: Энер- гоатомиздат, 1995.
8. **Б.Ю. Липкин**, Өнеркәсіптік кәсіпорындарды және қондырғыларды электрмен жабдықтау.. - М.: Жоғары мектеп., 1990.
9. **Б. Н. Неклепаев**, Электр станцияларының электрлік бөлігі. - М.: Энергия, 1986.
10. **Электр жабдықтау жүйелеріндегі ауыспалы процестер:** Оқулық / В.Н.Винославский, Г.Г. Пивняк, Л. И. Несен и др.; В.Н. Винославскийдің ред.. - Киев: Жоғары мектеп., 1989.
11. **Электр қондырғыларын** орнату қағидалары. - М.: Энергоатомиздат, 1998.
12. **Өнеркәсіптік электр желілерін жобалау** / В. И. Крупович, А.А. Ермилов, В. С. Иванов, Ю. В. Крупович. - М.: Энергия, 1979.
13. **Анықтамалық:** Жинақталған электротехникалық қондырғылар. - М.: Энер- гоатомиздат, 1999.
14. **Электр желілерін және электр жабдықтарын жобалау** бойынша анықтамалық / В.И. Круповичтің ред. және басқалар. 3-басылым. - М.: Энергия, 1981.
15. **Электрмен жабдықтауды жобалау** бойынша анықтамалық. Өнеркәсіптік кәсіпорындардың электр қондырғылары / В. И. Крупович, Ю. Г. Барыбина, М. Л. Сомовера ред.. - М.: Энергия, 1980.
16. **Өнеркәсіптегі электрді тұтыну бойынша анықтамалық** / Г. П. Минина және Ю. В. Копытова ред. - М.: Энергия, 1978.
17. **Тұрғын үйлердің электр желілері** / Г.В. Мирер, И. К. Тульчин, Г. С. Гринберг, В.Н. Смирнов. - М.: Энергия, 1974.

18. **Электротехникалық анықтамалық:** В 3 т. Т. 3. В 2 кн. Кн.1. Электр энергиясының өндірісі және тарату. - М.: Энергоатомиздат, 1988.

Мазмұны

Кіріспе	3
I Тарау Объектілерді электрмен қамтамасыз.....	4
ету жүйесінің негізгі мәліметтері	
1.2.Электр қуатының жүйелерінің электрлік параметрлері.....	7
1.3.Электр желілерінің кернеуі.....	9
1.4.Электр энергетикалық жүйелерді басқару.....	11
1.5.Тұтынушылардың құрылымы және олардың электр.....	12
жүктемелерінің графигінің түсінігі	
1.6. Электр энергетикалық жүйелерді біріктірудің.....	14
артықшылығы	
1.7.Энергетикалық жүйе мен тұтынушылар арасындағы қарым- қатынасты ұйымдастыру.....	17
2 Тарау Электрмен жабдықтау жүйелеріне	18
бейтарап жұмыс режимдері.....	
2.1.Кернеуі 1 кВ-дан жоғары қондырғыларда бейтарап режимі.....	18
2.2.1 кВ-ға дейінгі қондырғыларда бейтарап жұмыс режимі.....	21
3 Тарау Электрикалық желілерде	22
конструкциялық орындау.....	
3.1.Жалпы мәліметтер.....	22
3.2.Әуе желілері.....	22
3.2.1.Жалпы мәліметтер.....	22
3.2.2.Әуе желілерінің сымдары.....	24
3.2.3.Әуе желісі оқшаулағыштары.....	26
3.2.4.Әуе желілерінің тіреуіші.....	27
3.3.Кабель желілері.....	29
3.3.1.Кабель құрылымдары.....	29
3.3.2.6 ... 10 кВ кернеуі бар кабельдерді төсеу жолдары.....	32
3.4.6... 35 кВ-ға дейінгі кернеулі токөткізгіштер.....	38
3.5.Кернеуі 1 кВ-ға дейінгі цехтық желінің конструкциялық орын- далуы.....	41
3.5.1.Жалпы мәліметтер.....	41
3.5.2.Электр өткізгіштер.....	42
3.5.3.Шинасымдар.....	45

4 Тарау Шағын станциялардың негізгі электр жабдығы..... 53

4.1.Күш трансформаторлары, автотрансформаторлар және түрлендіргіш агрегаттар.....	53
4.1.1.Күш трансформаторлары туралы жалпы мәліметтер.....	53
4.1.2.Автотрансформаторлар туралы жалпы мәліметтер.....	55
4.1.3.Түрлендіргіш агрегаттар.....	56
4.2.Кернеуі 1 кВ-дан жоғары коммутациялық аппарат.....	58
4.2.1.Кернеуі 1 кВ-дан жоғары ажыратқыштар.....	58
4.2.2. Кернеуі 1 кВ-дан жоғары жүктеме ажыратқыштары.....	59
4.2.3.Кернеуі 1 кВ-дан жоғары ерімтал сақтандырғыштар.....	59
4.3.Кернеуі 1 кВ-дан жоғары айырғыш, бөлгіш және қысқа тұйықтағыш.....	60
4.4.Кернеуі 1 кВ-дан жоғары таратушы құрылғылардың оқшаулағыштары мен шиналары.....	61
4.5.Кернеуі 1 кВ-қа дейінгі коммутациялық аппараттар.....	63
4.5.1.Кернеуі 1 кВ-қа дейінгі сақтандырғыштар.....	63
4.5.2. Автоматты ажыратқыштар.....	63
4.5.3. Түйістіргіштер және магниттік қосқыштар.....	65

5 Тарау Электрмен жабдықтау жүйесінде электрлік жалғау сызбалары..... 66

5.1. Жалпы мәліметтер.....	66
5.2. Номинальдық кернеулерді таңдау.....	67
5.3. Қуат көздері және 1 кВ жоғары кернеуде объектілердің электр энергияны қабылдау пункттері.....	68
5.3.1. Қуат көздері және электрмен жабдықтау сенімділігіне талаптар.....	68
5.3.2. Қуат көздерін қосу сызбалары.....	69
5.3.3. Шағын электр станциясының типтері.....	70
5.4. Электр энергияны тарату сұлбасын таңдау принциптері.....	71
5.5. 6...10 кВ кернеуінде объекті ішіндегі электр желілерінің сызбалары.....	72
5.6. 1 кВ дейінгі кернеумен қалалық тарату желілерінің сызбасы....	79
5.7. 1 кВ дейінгі кернеумен цехтық электр желілерінің сызбалары.	82
5.8. Жарық беретін желілердің сызбалары.....	87

6 Тарау Шағын станциялардың электрлік жалғауларының сызбалары..... 90

6.1. Шағын электр станциялардың сызбаларын таңдау принципі.....	90
6.2. Негізгі түсіруші шағын станциялардың және терең енгізу шағын станцияларының сызбалары.....	91
6.2.1. Негізгі түсіруші шағын станциялар мен терең енгізу шағын станцияларын 35 ...220 кВ кернеулі желілерге қосу.....	91
6.2.2. 6...10 кВ кернеулі айырғыш құрылғыларды төмендейтін трансформаторларға қосу.....	95
6.2.3. Шиналардың екі жүйесі бар сызбалар.....	97
6.4. 6...10/0,4...0,66 кВ кернеулі трансформаторлық шағын станциялардың сызбасы.....	102
6.4.1. Цехтық трансформаторлық шағын станцияларды 6... 10 кВ кернеулі желілерге қосу.....	102
6.4.2. Трансформаторлық шағын станцияларды қала тұтынушыларын қуаттандыру үшін 6... 10 кВ кернеулі желілерге қосу.....	103
6.5. 1 кВ дейін кернеулі бөлгіш шағын станцияның сызбасы.....	105

7 Тарау Трансформаторларды және бөлгіш шағын станцияларды конструктивті орындау..... 107

7.1 Трансформаторларды және бөлгіш шағын станцияларды құрастыру және орналастыру принциптері.....	107
7.1.1. Жалпы мәліметтер.....	107
7.1.2. Шағын станцияларды орналастыру.....	109
7.2. 1 кВ дейін кернеулі кешенді бөлгіш құрылғылар.....	110
7.3. Кернеуі 1кВ-дан жоғары жиынтықты тарату құрылғылар.....	114
7.4. Ішкі тарату құрылғылары.....	118
7.5. Кернеуі 220 кВ дейінгі ашық тарату құрылғылары.....	120
7.6. Жиынтықты трансформаторлық шағын станциялар.....	121
7.6.1. Міндеттері мен жіктелуі.....	121
7.6.2. Жиынтықты трансформаторлық шағын станцияларды конструкциялық орындау.....	124
7.7. Кернеуі 6...10 кВ тарату шағын орталықтарын жиынтықты орындау.....	130
7.8. Кернеуі 6... 10/0,4... 0,66 кВ шағын станцияларды орындау мысалдары.....	132

8 Тарау Электрмен жабдықтау жүйелері элементтерінің жүктеме тәртібінің сипаты..... 134

8.1. Электрлік жүктемелер кестесі.....	134
--	-----

8.1.1. Жүктемелердің жеке кестесі.....	134
8.2. Электрлік жүктемелердің топтық кестесі.....	136
8.3. Электрлік жүктемелердің математикалық сипаты.....	137
8.3.1. Жүктемені кездейсоқ процеспен ұсыну.....	137
8.3.2. Жүктемелерді кездейсоқ шама ретінде көрсету.....	139
8.4. Электрлік жүктеме кестелерінің көрсеткіштері.....	142
8.4.1. Пайдалану коэффициенттері.....	142
8.4.2. Қосу коэффициенті.....	143
8.4.3. Жүктеме коэффициенті.....	143
8.4.4. Жүктеме кестесінің формасының коэффициенті.....	144
8.4.5. Кестені толтыру коэффициенті.....	145
8.4.6. Энергия пайдалану коэффициенті.....	146
8.4.7. Жүктеме максимумдарының бір мезеттілік коэффициенті.....	147

9 Тарау Өнеркәсіптік электр желілерінің есептік электрлік жүктемелері..... 157

9.1. Электр құрылғыларының жүктемелік қабілеттілігі.....	148
9.1.1. Жалпы мәліметтер.....	148
9.1.2.Сымдар мен кабельдердің қыздырылуы.....	149
9.2.Есептік электр жүктемесі ұғымы.....	151
9.3.Қуаттың есептік белсенділік коэффициенті бойынша электр жүктемелерін есептеу.....	154
9.4. Электрлік жарық беру жүктемесін есептеу.....	158
9.5.Электр қабылдағыштар тобын 1 кВ дейінгі кернеумен қуаттандыратын желі элементінің есептік жүктемесін анықтау тәртібі.....	159
9.6.Шыңдық жүктемені анықтау.....	159

10 Тарау Қалалық электр жүйелерінің есептік электрлік жүктемелері..... 164

10.1. Тұрғын үйлердің есептік электрлік жүктемелері.....	164
10.2. Қоғамдық ғимараттардың есептік электрлік жүктемелері.....	166
10.3.Кернеуі 1 кВ дейінгі тарату желілерінің электрлік жүктемелері.....	167
10.4. Кернеуі 6... 10 кВ қалалық электр желілері мен қуат беру орталықтарының есептік электрлік жүктемелері.....	167

11 Тарау Электроқуаттың шығыны мен жоғалтылуы..... 169

11.1. Қуатпен жабдықтау объектісінің электр қуатын белсенді	
---	--

тұтынуын анықтау.....	169
11.2. Электр желілерінде берілетін белсенді электр қуатының жоғалуы.....	170
11.3 Желілердегі электр қуатының жүктемесінің жоғалуын есептеу	171
11.3.1. Орташа жүктеме бойынша желілердегі электр энергиясының жүктемесінің жоғалуын есептеу.....	171
11.3.2. Шығын уақытында электр энергиясының жүктемесінің жоғалуын есептеу.....	171
11.4 Трансформаторларда белсенді электр қуатының жоғалуы	172
12 Тарау Электр желілерінің және олардың қалыпты режимдерінің параметрлері.....	173
12.1. Желілердің электрлік параметрлері.....	173
12.2. Симметриялық синусоидалы жұмыс режимдеріне сипаттама	174
12.3. Желіні ауыстыру жүйесі.....	175
12.4. Желілердің есептеу параметрлері.....	176
12.5. Желіні ауыстыру схемасы.....	180
12.6. Трансформаторлардың кедергісі және өткізгіштігі.....	181
12.7. Ауыстыру схемаларының жүктемелері.....	183
12.8. Өнеркәсіптік кәсіпорындардың электрмен жабдықтау жүйесінің электр желілері элементтерінің параметрлері.....	186
12.8.1. Жалпы ақпарат.....	186
12.9. Ашық тарату желісін есептеудің негізгі ұғымдары.....	188
12.10. Желілік элемент үшін электрлік шамалар арасындағы тәуелділік.....	189
12.11. Режим параметрлерін есептеудің жеңілдетілген әдісі.....	190
12.12. Энергия қабылдағыштар мен конденсаторлық банктердің статикалық сипаттамаларын ескере отырып, өндірістік кәсіпорындардың электр желілерінің элементтеріндегі қуат пен кернеудің жоғалуы.....	193
12.12.1. Тұтынушылардың статикалық сипаттамаларының желі элементіндегі жүктеме жоғалуына әсері.....	194
12.12.2. Жүктің статикалық сипаттамаларын ескере отырып, кәсіпорынның электр желілері элементтеріндегі кернеудің жоғалуы.....	197
13 тарау Электрмен жабдықтау жүйесіндегі реактивті қуаттардың өтемі.....	198
13.1. Электр жүйелері режимдерінің параметрлері.....	198
13.2. Белсенді қуаттардың балансы.....	199

13.3. Реактивті қуаттың балансы.....	200
13.4. Өндірістік кәсіпорындардың электрмен жабдықтау жүйелеріндегі реактивті қуаттың (орнын толтыру) өтемақысы туралы бастапқы ережелері.....	202
13.5. Өнеркәсіптік кәсіпорындарда реактивті қуаттың негізгі тұтынушылары.....	203
13.6. Асинхронды қозғалтқыштармен реактивті қуатты тұтыну.....	204
13.7. Реактивті қуат көздері (компенсаторлық құрылғылар).....	207
13.7.1. Реактивті қуат көзі ретіндегі синхронды қозғалтқыштар...	207
13.7.2. Қуаттық конденсаторлар.....	207
13.8. Өндірістік кәсіпорындардың электрмен жабдықтау жүйесіне теңелткіш қондырғылар орнату.....	208
13.9 Теңестіргіш құрылғылардың қуаттылығын реттеу.....	211
13.10 Теңестіргіш құрылғылардың электрлік жүйе режимінің параметрлеріне ықпал етуі.....	212
13.11. Күрт өзгермелі және вентильді жүктеме желілеріндегі конденсаторлар батареясы.....	215

14 Тарау Электрмен жабдықтау жүйелеріндегі қысқатұйықталу 217

14.1. Жалпы мәліметтер.....	217
14.2. Қысқа тұйықталулардың пайда болу себептері және олардың салдарлары.....	218
14.3. ҚТ токтарын есептеу мақсаты.....	219
14.4. Шектеусіз қуат көзінен қоректену кезінде қарапайым үш фазалы тізбекте қысқа тұйықталу кезіндегі ауыспалы процесс.....	220
14.5. Генератор қысқыштарындағы үш фазалы қысқа тұйықталу кезіндегі ауыспалы процесс.....	222
14.6. Үш фазалы ҚТ кезіндегі тоқтар арасындағы негізгі қатынастар.....	224
14.7. Салыстырмалы бірліктер жүйесі.....	225
14.8. Есептеу схемалары және қысқа тұйықталу тізбегінің қорытынды кедергілерін анықтау.....	227
14.9. Қуаты шексіз жүйедегі ҚТ тоғын есептеу.....	230
14.10. Есептік қисықтар бойынша ерікті сәттегі ҚТ токтарын анықтау.....	231
14.11. 6... 10 кВ қайталанба кернеулі төмендеткіш бағыныңқы станциялардағы ҚТ токтарын есептеу.....	233
14.12. Электр қозғалтқышын ескергендегі кернеуі 6... 10 кВ желілердегі және құрылғылардағы ҚТ тоғын есептеу.....	235
14.12.1. Жалпы мәліметтер.....	236
14.12.2. 1 кВ жоғары кернеудегі синхронды қозғалтқыштардан ҚТ	

тоқтарын есептеу.....	238
14.12.3 Кернеуі 1 кВ жоғары синхронды емес қозғалтқыштардың ҚТ тоғын есептеу.....	239
14.12.4. 1 кВ жоғары кернеулі синхронды және синхронды емес қозғалтқыштармен жасалған ҚТ тоғын есептеу.....	239
14.13. Кернеуі 1 кВ-қа дейінгі желілер мен қондырғылардағы үш фазалы ҚТ тоғын есептеу.....	240
14.13.1. Жалпы мағлұматтар.....	240
14.13.2. Кернеуі 1 кВ дейінгі бар қондырғылардағы ҚТ үш фазалық тізбегі элементтерінің кедергілері.....	241
14.13.3 Кернеуі 1 кВ-қа дейінгі желілер мен қондырғылардағы үш фазалы ҚТ тоғын есептеу.....	243
14.14. Кернеуі 110 және 220 кВ желіде және қондырғыларда симметриялы емес ҚТ тоғының есептемесі.....	244
14.14.1. Жалпы мәліметтер.....	244
14.14.2 Кері және нөлдік реттіліктегі кедергі.....	245
14.15. Кернеуі 0,38 кВ шинасымының соңғы нүктесіндегі бірфазалы ҚТ тоғын есептеудің тәртібі.....	247
14.16. ҚТ тоғының электродинамикалық және термиялық әсері...	248
14.16.1. ҚТ тоғының электродинамикалық әсері.....	248
14.16.2. ҚТ тоғының термиялық әсер етуі.....	250
14.17. ҚТ тоғын шектеу тәсілдері.....	251

15 Тарау Кернеуі 1 кВ жоғары нысандардың электрмен жабдықтау жүйесінің өткізгіштері мен аппараттарын таңдау..... 252

15..1. Жалпы мағлұматтар.....	252
15.2. Кернеуі 1... 220 кВ ажыратқыштарын таңдау және тексеру.....	254
15.3. Кернеуі 1 кВ жоғары қорғағыштарды таңдау мен тексеру.....	256
15.4. Айырғыштар, бөлгіштер, қысқатұйықтағыштарды таңдау және тексеру.....	257
15.5. Реакторларды таңдау және тексеру.....	258
15.6. Шиналар мен оқшаулағыштар таңдау.....	262
15.7. Тоқ трансформаторларын таңдау және тексеру.....	262
15.8. Кернеу трансформаторларын таңдау.....	265

16 Тарау Кернеуі 1 кВ жоғары өткізгіш сымдар таңдау..... 266

16.1. Жалпы мәліметтер.....	266
16.2. 6... 35 кВ Кернеуі бар кабельдердің рұқсат етілген жүктемесі.	267
16.3. Кернеуі 1 кВ жоғары кабельдердің қималарын таңдау.....	270
16.4. Оқшауланбаған өтізгіштерге қосымша жүктемелер.....	270

16.5. Кернеуі 1 кВ жоғары әуе желілерінің жалаңаш сымдарының көлденең қималарын таңдау.....	271
17 Тарау Қуатты трансформаторлар таңдау.....	272
17.1. Негізгі мәліметтер.....	272
17.2. Шекті температурада трансформаторлардың рұқсат етілген жүктемелері.....	275
17.3. Негізгі төмендеткіш станция трансформаторларын іріктеу....	278
17.4. Цехтағы шағын станциялардың бірліктік қуатын таңдау принциптері.....	278
17.5. Кәсіпорындағы цехты трансформаторлардың санын реактивті қуат өтемінің өтелуін ескере отырып, таңдау.....	279
17.5.1. Кәсіпорындағы цех трансформаторларының санын таңдау.	279
17.5.2. Кернеуі 1 кВ дейін және одан жоғары конденсатордың қуатын анықтау.....	280
17.5.3. Цех трансформаторларының сандар нұсқасын таңдау.....	280
17.6. Әрбір цехта трансформаторлардың санын анықтау.....	282
17.7. Цехтың трансформаторлық шағын станциясынан қоректенетін электр қабылдағыштар жиынтығын таңдау.....	282
18 Тарау Қуаты 1 кВ кернеуге дейінгі электрлік жабдықты таңдау.....	284
18.1. Автоматты сөндіргіштерді таңдау.....	284
18.2. Шинаөткізгіштерді таңдау.....	285
18.3. Кернеуі 1 кВ дейінгі сақтандырғыштарды таңдау.....	285
18.4. Қорғау түрін ескере отырып, кернеуі 1 кВ дейінгі сым және кабельдік қиманың учаскелерін таңдау.....	286
19 Тарау Нысандарды электр қамтамасыз ету жүйелеріндегі электр қауіпсіздігінің сапасы.....	288
19.1. Жалпы мәліметтер.....	288
19.2. Электроэнергиясы сапасының көрсеткіштері.....	289
19.2.1. Электроэнергиясы сапасының негізгі және қосымша көрсеткіштері.....	289
19.2.2. Жиіліктік ауытқу және оның пайда болу себептері.....	290
19.2.3. Кернеудің ауытқуы.....	290
19.2.4. Кернеудің ауытқуы.....	291
19.2.5. Синусоидалы кернеу.....	293
19.2.6. Кернеудің асимметриясы.....	294

19.2.7. Кернеудің құлауы.....	295
19.2.8. Импульстік кернеу.....	296
19.2.9. Ток кернеуінің уақытша ұлғаюы.....	297
19.3. Электр энергиясының электр қабылдағыштардың жұмысына әсері.....	297
19.3.1. Энергожүйе жиілігінің ауытқуының электр қабылдағыштардың жұмысына әсері.....	297
19.3.2. Кернеу ауытқуының электр қабылдағыштардың жұмысына әсері.....	299
19.3.3. Асинхрондық қозғалтқыштардың статикалық сипаттамасы.	302
19.3.4. Кернеудің ауытқуының электр қабылдағыштардың жұмысына әсері.....	304
19.3.5. Электрқабылдағыштардың жұмысына симметриясыз кернеулердің әсері.....	305
19.3.6. Электрқабылдағыштардың қызметіне синусоидальсыз кернеудің әсері.....	307
19.4.Объектілерді электрмен қамтамасыз ету жүйелеріндегі кернеу сапасының көрсеткіштерін реттеу.....	307
19.4.1. Симметриялық режимдегі кернеуді реттеу міндеттері.....	307
19.4.2. Электрэнергия сапасын жақсарту үшін электрмен қамтамасыз ету сызбасын таңдау.....	313

20 Тарау Нысандарды электрмен қамтамасыз ету жүйесіндегі автоматтандыру мен релелік қорғаныс..... 315

20.1. Автоматика мен релелік қорғаныстың қолданылуы.....	315
20.2 Автоматика мен релелік қорғанысқа қойылатын негізгі талаптар.....	316
20.3 Релелік қорғаныс әрекеттерінің негізгі принциптері.....	318
20.4. Реттеудің, бақылау мен басқарудың автоматты және телемеханикалық жүйелері.....	321
20.5 Релелік қорғаныстың өлшемдері.....	323
20.6. Ерімтал сақтандырғыштармен қорғану.....	324
20.7. Автоматты ажыратқыштармен қорғау.....	327
20.8. Реле және олардың әртүрлілігі.....	328
20.9. Реленің типтері.....	329
20.10. Кабель желілерін қорғау.....	333
20.11. 6... 10/0,4 кВ кернеулі трансформаторларды қорғау.....	337
20.12. Кернеуі 1 кВ дейінгі асинхронды электр қозғалтқыштарын қорғау.....	342

Пайдаланылған әдебиет тізімі..... 351

