

Қазақстан Республикасының білім және ғылым министрлігі

А.Байтұрсынов атындағы Қостанай өңірлік университеті

Электр энергетикасы кафедрасы

С. Ибрагимова

**СТАНЦИЯЛАР МЕН ҚОСАЛҚЫ
СТАНЦИЯЛАРДЫҢ ЭЛЕКТР ЖАБДЫҚТАРЫ**

Оқу құралы



Қостанай, 2021

ББК 31.277 я73
С76

Құрастырушы:

Ибрагимова Светлана Викторовна, к.т.н., электр энергетикасы кафедрасының

Рецензенттер:

Курманов А.К., д.т.ғ., А. Байтұрсынов атындағы ҚӨУ машина жасау кафедрасының профессоры

Айдарханов А.М., к.т.ғ., Рудный индустриалдық институтының Электр энергетикасы және жылу энергетикасы кафедрасының меңгерушісі міндетін атқарушы

Кошкин И.В., к.т.ғ., А. Байтұрсынов атындағы ҚӨУ Электр энергетикасы кафедрасының меңгерушісі

Ибрагимова С.В.

И 15 Станциялар мен қосалқы станциялардың электр жабдықтары. Техникалық мамандықтар студенттеріне арналған оқу құралы / С.В. Ибрагимова. - Қостанай, 2021. - 115 б.

ISBN 978-601-356-093-9

Оқу құралында "электр станциялары мен қосалқы станциялар" пәні бойынша оқытылатын мәселелер қаралды. Теориялық материал "Электр энергетикасы" мамандығының студенттері үшін оқылатын курс тақырыптарын қамтиды: электр қосалқы станцияларының тарату құрылғыларының электр жабдықтарының түрлері мен құрылымы; кернеудің әртүрлі класындағы электр жабдықтарын таңдауға негізделген теориялық мәліметтер. Қосымшада бүгінгі күні отандық және шетелдік өнеркәсіп шығаратын электр аппараттарының кейбір түрлерінің техникалық мәліметтері келтірілген.

Техникалық мамандықтардың бакалавр - студенттері мен магистранттарына, сондай-ақ колледждердің, жоғары оқу орындарының оқытушыларына және электр энергетикасы саласында жұмыс істейтін мамандарға арналған.

ББК 31.277 я73
С76

А. Байтұрсынов атындағы Қостанай өңірлік университетінің оқу-әдістемелік кеңесімен бекітілген хаттама 30.11.2021 ж. № 7.

ISBN 978-601-356-093-9

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	5
1 Электр станциялары мен қосалқы станциялардың электр жабдықтары	7
1.1 Балқымалы сақтандырғыштар: түрлері, құрылымы, техникалық параметрлері	7
1.1.1 Балқымалы сақтандырғыштардың негізгі сипаттамалары	7
1.1.2 1000 В дейінгі балқымалы сақтандырғыштар	8
1.1.3 1000 В жоғары балқымалы сақтандырғыштар	11
1.2 Жоғары вольтты ажыратқыштар	13
1.2.1 Аз көлемді май ажыратқыштар	14
1.2.2 Электромагниттік ажыратқыштар	17
1.2.3 Автогаз ажыратқыштары	19
1.2.4 Вакуумдық ажыратқыштар	21
1.2.5 Элегазды ажыратқыштар	24
1.3 Автоматты ауа ажыратқыштары	29
1.3.1 Жылдам әрекет ететін автоматтардың құрылысы	30
1.3.2 Пластмасса корпусы жоқ 630 А жоғары токтарға арналған автоматты ажыратқыштар	33
1.4 Контактторлар және магниттік стартерлер	36
1.4.1 Контактторлар	36
1.4.2 Магниттік стартерлер	38
1.4.3 Тиристорлық стартер	40
1.4.4 Вакуумдық контактторлар сериясы LSM/ TEL-1-4/400	43
2 Электр аппараттары мен өткізгіштерді таңдау	47
2.1 Жұмыс режимі бойынша аппараттар мен өткізгіштерді таңдау үшін есептік жағдайлар	47
2.2 Қысқа тұйықталу режимі бойынша аппаратураны және ток өткізгіш бөліктерді тексеруге арналған есептік шарттар	52
2.3 Кернеуі 1000 В жоғары электр аппараттарын таңдау	56
2.3.1 Ажыратқыштарды таңдау	56
2.3.2 Ажыратқыштарды, бөлгіштерді, жүктеме ажыратқыштарын және қысқа тұйықтағыштарды таңдау	61
2.3.3 Ток трансформаторларын таңдау	62
2.3.4 Кернеу трансформаторларын таңдау	65
2.3.5 Реакторларды таңдау	67
2.3.6 Кернеу шектегіштерін таңдау (ОПН)	70
2.4 1000 В-тан төмен электр аппараттарын таңдау	75
2.4.1 Ажыратқыштарды таңдау	75
2.4.2 Автоматты ауа ажыратқыштарын (автоматтарды) таңдау	76
2.4.3 Контактторлар мен магниттік стартерлерді таңдау	78
2.4.4 Сақтандырғыштарды таңдау	78
2.5 Таратушы құрылғылардың ток өткізгіш бөліктері мен оқшаулағыштарын таңдау	79
2.5.1 Қатты шиналарды таңдау	79
2.5.2 Шиналық оқшаулағыштарды таңдау	83
2.5.3 Икемді шиналарды таңдау	84
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	47
А қосымшасы	87
Б қосымшасы	92
В қосымшасы	97
Г қосымшасы	99
Д қосымшасы	104
Е қосымшасы	107
Ж қосымшасы	108

И қосымшасы	110
К қосымшасы.....	113
Л қосымшасы.....	115

КІРІСПЕ

Электр станциясы-бұл тікелей электр энергиясын өндіру үшін пайдаланылатын қондырғылар, жабдықтар мен жабдықтардың жиынтығы, сондай-ақ белгілі бір аумақта орналасқан ғимараттар мен құрылыстар үшін қажет. Техникалық сипаттамаларға, қолдануға болатын энергия көзінің түріне байланысты электр станцияларының көптеген түрлері бар.

Электр станцияларының негізгі жабдықтарына мыналарды жатқызуға болады:

- турбиналар;
- генераторлар;
- қазандар;
- трансформаторлар;
- тарату құрылғылары;
- қозғалтқыштар;
- ажыратқыштар;
- ажыратқыштар;
- электр беру желілері;
- автоматика және релелік қорғаныс құралдары.

Электр энергиясын қабылдау, түрлендіру және тарату үшін электр қосалқы станциялары қолданылады. Олар кернеудің барлық сатыларында орындалады, жоғарылататын (егер электр станцияларына тікелей жақын орналасса және олардан жоғары кернеулі электр энергиясын желіге беру үшін түрлендірсе) немесе төмендететін (оларға тұтынушыларды электрмен жабдықтау жүзеге асырылатын қосалқы станциялардың басым саны жатады) болуы тиіс.

Электр қосалқы станциясының мақсаты, қуаты және кернеу деңгейлері ол пайдаланылатын электр желісінің схемасымен және конфигурациясымен, қосылған электр энергиясын тұтынушылардың сипатымен және жүктемелерімен айқындалады. Негізінен электрлік қосалқы станциялардың келесі түрлері бөлінеді: тұйық (соңғы); ӘЖ-ге жақын өтетін тармақтарға қосылған; аралық, өз тұтынушыларын қоректендіру үшін қызмет ететін; тұтынушыларды қоректендіру үшін ғана емес, сонымен қатар өзінің және көршілес энергия жүйелерінің іргелес желілеріне қуат ағындарын беру үшін арналған транзитті (көп жағдайда-тораптық); түрлендіргіштер - тұрақты токтағы электр қуатын беру және қабылдау үшін; тартқыштар - электр тарту желілерін қоректендіру үшін.

Электр қосалқы станциялардың құрылымдық тарату құрылғылары ашық (негізгі жабдық ашық ауада орналасады) немесе жабық (қалалық жағдайда, қоршаған орта жағдайлары қанағаттанарлықсыз жерлерде) орындалуы мүмкін, өзінің ведомстволық тиістілігі бойынша қосалқы станциялар энергия жүйелерінің немесе өнеркәсіптік және электр энергиясының басқа да тұтынушыларының қарауында болады.

Жоғары кернеуі 330, 500, 750 кВ, 150 кВ айнымалы токтың электр қосалқы станциялары және 50-100 МВ-А және одан жоғары синхронды компенсаторлармен жабдықталған, ашық тарату құрылғысы,

трансформаторлар, ажыратқыштар және басқа да жоғары кернеулі жабдықтары бар электр қосылыстары дамыған 220 кВ қосалқы станцияларының кейбір бөлігі үлкен алаңдарға орналастырылады, жоғары білікті тұрақты кезекші персоналдың болуын және кең дамыған қашықтықтан және телемеханикалық ақпаратты талап етеді. Осы қосалқы станциялардың көмегімен, әдетте, біріктірілген және Біртұтас энергия жүйелерін құрайтын жүйелер арасындағы байланыстар жүзеге асырылады.

Жоғары кернеуі 110-220 кВ болатын жабық терең енгізу қосалқы станциялары, олардың құрылысы ірі қалалардың халық тығыз орналасқан аудандарында жүзеге асырылады, онда құрылысқа тек шектеулі аудандар бөлінуі мүмкін және маңызды коммуналдық - тұрмыстық және өнеркәсіптік жүктемелер шоғырланған. Мұндай қосалқы станцияларда тұрақты кезекшілік және халықты жұмыс істеп тұрған трансформаторлар мен басқа да жабдықтар тудыратын шудан қорғау бойынша қажетті шаралар көзделеді.

Басқару, қорғау, сигнал беру және автоматика аппаратурасы олардың шкафтарының алдыңғы жағында орналасқан және арнайы қалқанды үй-жайды талап етпейтін электр қосуларының оңайлатылған схемасы бар 35, 110 және 220 кВ электр қосалқы станциялары, көбінесе жоғары кернеу жағында ажыратқыштарсыз, төмен кернеулі жиынтық тарату құрылғылары (ЖТҚ, ЖТҚ және т.б.) бар.

Бұл қосалқы станцияларға тұрақты кезекші персонал қажет емес, оларды жедел көшпелі бригадалар (ЖҚБ) немесе үйдегі кезекшілер қызмет етеді және саны бойынша осы типтегі қосалқы станциялардың көпшілігін құрайды (қызмет көрсетуді жеңілдету және диспетчерлік бақылау үшін қосалқы станциялар тиісті байланыс және телемеханика құрылғыларымен жарақталады).

Станциялар мен қосалқы станциялардың қалыпты жұмысын қамтамасыз ету үшін қолданылатын электр аппараттарын екі топқа бөлуге болады:

- коммутациялық энергияны тарату аппараттары-электр энергиясын өндіретін және оны тұтынушыға беретін жүйелердегі негізгі тізбектерді автоматты және автоматты емес қосу және өшіру үшін қолданылады.

- электр энергиясын қабылдағыштарды басқару аппараттары.

Осы оқу құралында баяндалған теориялық материал "Электр станциялары мен қосалқы станциялар" курсының келесі тақырыптарын қамтиды: электр қосалқы станцияларының тарату құрылғыларының электр жабдықтарының түрлері мен құрылымы; кернеудің әртүрлі класындағы электр жабдықтарын таңдау мәселелері. Қосымшада бүгінгі күні отандық және шетелдік өнеркәсіп шығаратын электр аппараттарының кейбір түрлерінің техникалық мәліметтері келтірілген.

Оқу құралы техникалық мамандықтардың бакалавр студенттері мен магистранттарына, сондай-ақ колледждердің, университеттердің оқытушыларына және электр энергетикасы саласында жұмыс істейтін мамандарға пайдалы болуы мүмкін.

1 Электр станциялары мен қосалқы станциялардың электр жабдықтары

1.1 Балқымалы сақтандырғыштар: түрлері, құрылымы, техникалық параметрлері

1.1.1 Балқымалы сақтандырғыштардың негізгі сипаттамалары

Сақтандырғыштар-бұл электр қондырғыларын шамадан тыс жүктемелерден және қысқа тұйықталу токтарынан қорғауға арналған құрылғылар. Сақтандырғышпен тізбекті ажырату, ол арқылы өтетін қорғалған тізбектің тогымен жылытылатын балқымалы ендірменің еруіне байланысты болады.

Сақтандырғыштар электр қондырғыларында дизайнның қарапайымдылығы мен төмен құны арқасында кеңінен қолданылады.

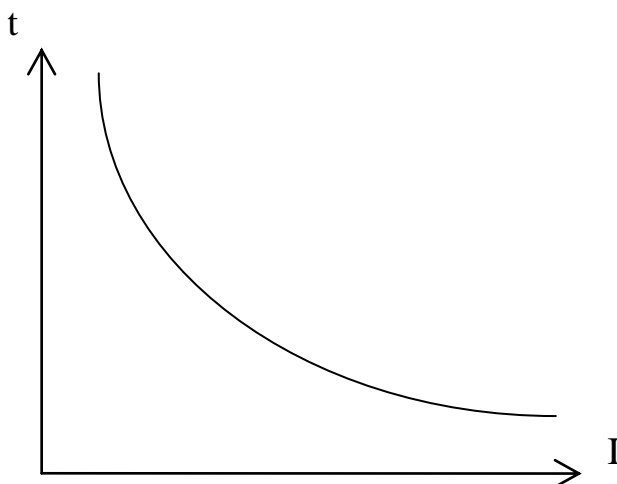
Ең көп қолданылатын сақтандырғыштар:

а) кварц, онда балқыту ендірмесі бар патрон кварц құмымен, яғни доға температурасының жоғары әсерінен газ шығармайтын материалмен толтырылған, түрлері: ДС-2, МПН, НПБ-2, ПК, ПКТ.

б) қатты газ генерациялайтын материалдарды, мысалы, фибраны, винипластты, ПР-2, ПСН түрлерін пайдалана отырып газ генерациялайтын материалдар.

Сақтандырғыш үшін кез-келген аппарат сияқты негізгі сипаттамалардың бірі - номиналды кернеу, сонымен қатар номиналды үздіксіз ток.

Сақтандырғыштардың ажырату қабілеті номиналды ажыратылатын токпен сипатталады, олар қысқа тұйықталудың ең үлкен күтілетін тогының периодты компонентін (бірінші кезеңдегі белсенді мән) білдіреді, оны сақтандырғыш көрсетілген кернеуде өшіре алады. Сақтандырғыштардың балқымалы кірістірулерінің негізгі сипаттамасы, олардың қоректендіруші желілер мен жабдықтарды қорғау қабілетін анықтайды, уақыт – ток сипаттамасы болып табылады (1-сурет).



1 сурет - Уақыт - сақтандырғыштардың ағымдағы сипаттамасы

1.1.2 1000 В дейінгі балқымалы сақтандырғыштар

Доғасын жабық көлемде сөндіретін балқымалы сақтандырғыштар.

ПР - 2 типті сақтандырғыштар (П - сақтандырғыш, Р - жиналмалы) (2-сурет) 220 және 500 В кернеуге және 15-1000 А патрондардың токтарына жасалады, ажыратудың шекті тогы сақтандырғыштың номиналды тогына байланысты және 1,2-1,5 кА аралығында болады. 2 балқыту қондырғысы мырыштан штамптау арқылы жасалады. Оңай балқитын металл – мырышты қолдану, коррозияға төзімді және балқымалы кірістірудің таңдалған формасы қолайлы қорғаныс сипаттамасын алуға мүмкіндік береді.

ПР-2 сақтандырғыш картриджі 1 қалың қабырғалы талшықты түтіктен жасалған, оның үстіне түтіктің жарылып кетуіне жол бермейтін жез жеңдер екі жағынан тығыз бекітілген. 4 қақпақтары жеңдерге бұралған, олар 2 контактілі пышақтарға бекітілген 6 балқымалы кірістіруді картриджге орнатпас бұрын бекітеді. Түйіспелі пышақтардың бұрылуын болдырмау үшін түйіспелі пышаққа арналған ойығы бар 5 шайба қарастырылған.

Номиналды ток кезінде мырыштың жылу өткізгіштігінің арқасында артық жылу балқыту қондырғысының кең бөліктеріне беріледі, сондықтан барлық балқыту қондырғысының температурасы бірдей болады.

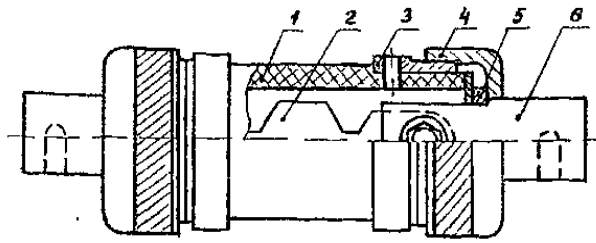
Шамадан тыс жүктеме кезінде тарылған жерлерді жылыту тезірек жүреді, өйткені жылудың бір бөлігі ғана кең аудандарға жіберіледі. Балқыту ендімесі ең ыстық жерде балқиды (А-А қимасы, 2Б-сурет).

Қысқа тұйықталу токтарында тар бөліктер тез қызады, сондықтан жылу беру іс жүзінде болмайды. Балқымалы ендірме бір мезгілде барлық немесе бірнеше тарылған жерлерде жанады (Б-Б қимасы, 2Б-сурет).

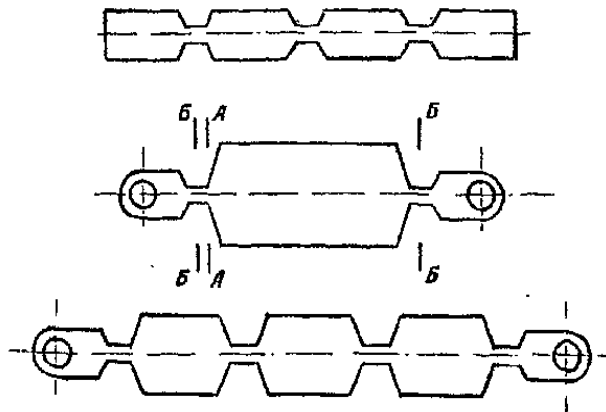
Балқыту қондырғысын күйдіргеннен кейін доға пайда болады, оның әсерінен талшық шамамен 40% сутегі бар газ шығарады. Ажыратылатын токқа байланысты картридждегі қысым бірнеше атмосфераға дейін көтеріледі. Жоғары қысым доғаның тарылуына, деионизациясына және сөндірілуіне ықпал етеді.

Қысқа тұйықталу кезінде балқымалы кірістірудің тарылған бөлігі қысқа тұйықталу тогы тұрақты ток тізбегіндегі (3А-сурет) немесе айнымалы ток тізбегіндегі соққы тогына (3Б-сурет) жеткенге дейін ери бастайды. Тізбектегі қысқа тұйықталу тогының мәні бірнеше рет шектеледі. Мұндай сақтандырғыштар токты шектеу деп аталады. Токты шектейтін сақтандырғыштармен қорғалған тізбектер қысқа тұйықталу токтарының термиялық және динамикалық әсеріне тексерілмейді.

ПР-2 сақтандырғыштарының артықшылығы – оларды қайта зарядтаудың қарапайымдылығы, кемшілігі-жаппай сақтандырғыштарға қарағанда біршама үлкен өлшемдер.



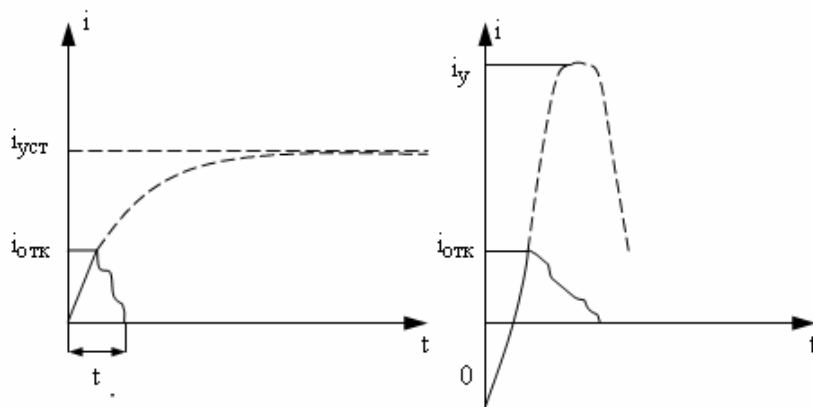
а)



б)

а) сақтандырғыштың конструкциясы; б) сақтандырғышқа ПР-2 балқыма-лы ендірімелері

2-сурет-ПР - 2 типті сақтандырғыш



а)

б)

а) тұрақты токтың тұрақты мәні; б) айнымалы ток тізбегіндегі соққы тогы

3-сурет-сақтандырғыштардың ағымдағы сипаттамалары

Ұсақ түйірлі толтырғышы бар балқымалы сақтандырғыштар

ПН-2 типті сақтандырғыштар (П - сақтандырғыш, Н - үйілмелі) (4-сурет) ауыспалы токтың 500 В дейінгі және тұрақ тогының 440 В дейінгі күш тізбектерін қорғау үшін қолданылады және 100-600 А номиналды токтарға дайындалады, ажыратылатын токтың шегі – 50 кА дейін.

1 сақтандырғыш корпусы күшті фарфордан немесе стейтиттен жасалған. Корпустың ішінде 2 таспалы балқыту кірістері және 3 толтырғыш-кварц құмы бар. Сыртқы жағынан, корпус шаршы түрінде, ішкі цилиндр түрінде болады. Балқытылған кірістірулер 4 дискісіне дәнекерленген, ол 5 байланыс пышағымен байланысқан 9 пластинаға бекітілген. 5 пластиналары корпусқа 10 бұрандаларымен бекітіледі, олар бұрандалы тесіктерге бұралады.

Балқымалы кірістіру қалыңдығы 0,1-0,2 мм мыс таспадан жасалған, ток шектеу әсерін алу үшін кірістірудің тарылған қималары бар 8. Балқымалы кірістіруді бірнеше параллель лента бұтақтарына бөлу (бұл жағдайда олардың үшеуі бар) толтырғыштың көлемін неғұрлым толық пайдалануға мүмкіндік береді. Кірістірудің балқу температурасын төмендету үшін металлургиялық әсер қолданылады-қалайы 7 шарлары мыс жолақтарына дәнекерленген.

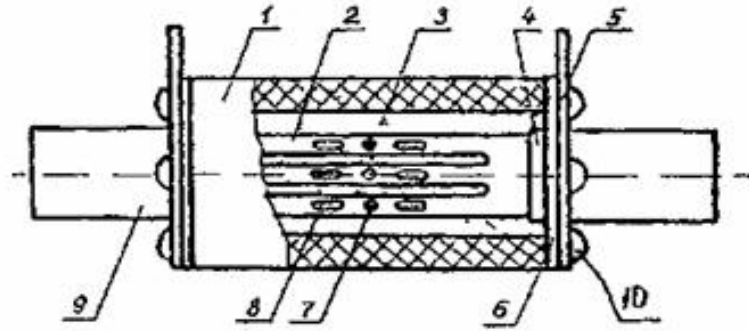
Толтырғыш ретінде таза кварц құмы қолданылады. Қысқа тұйықталу кезінде балқытын кірістіру жанады және құм түйірлерінен пайда болған арнада ойнайтын доға пайда болады. Кварц құм түйірлері жоғары жылу өткізгіштікке және жақсы дамыған салқындату бетіне ие.

Сақтандырғыш іске қосылғаннан кейін балқымалы ендірмелер 5 дискімен бірге алынып, орнына жаңалары орнатылады, содан кейін патрон құммен жабылады. Картриджді герметизациялау үшін 3 пластинаның астына 6 асбест төсемі қойылады, бұл құмды ылғалдан қорғайды.

МПН сақтандырғыштары ДС-ға ұқсас, бірақ түйіспелі пышақтары жоқ ажыратылмайтын патрон бар және 60 А дейінгі токтарға есептеледі.

Жабық патрондағы толтырғышы бар ПНБ-2 сақтандырғыштары – тез әрекет ететін, 40-600 А токтарына жартылай өткізгіш құрылғыларды қорғауға арналған. Жылдамдыққа балқыту қондырғысының дизайны арқылы қол жеткізіледі. Ол максималды қиманың минимумға қатынасы 10-50 аралығында болатын күміс парақтан жасалған.

Сақтандырғыштардың басты кемшілігі-олардың бір әрекеті және балқыту қондырғысын немесе бүкіл сақтандырғышты ауыстыру қажеттілігі. Сондықтан, қазіргі уақытта қажет болған жағдайда сақтандырғыштардың орнына 1000 В дейінгі электр қондырғыларында әдетте машиналар қолданылады.



4-сурет-ПН-2 типті сақтандырғыш

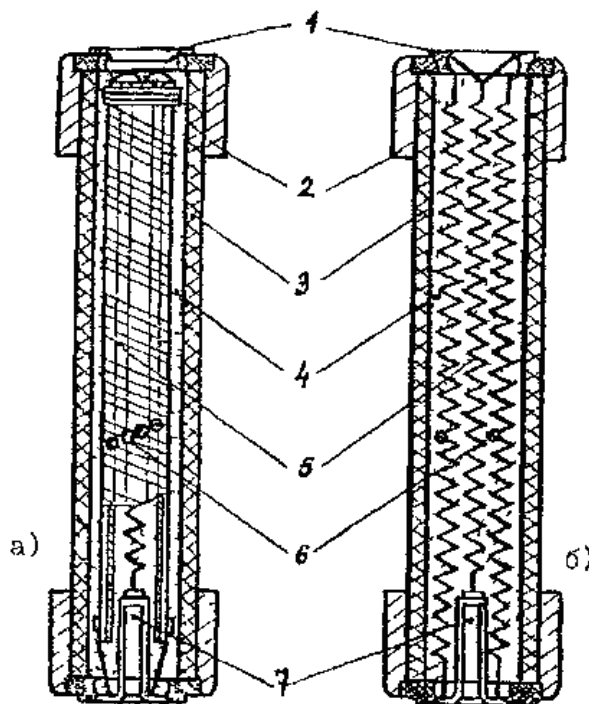
1.1.3 1000 В жоғары балқымалы сақтандырғыштар

Ұсақ түйірлі толтырғышы бар ПК сериялы балқымалы сақтандырғыштар (5-сурет) 6, 10, 35 кВ кернеуге және тиісінше 300, 200, 40 А дейінгі номиналды токтарға орындалады. Кварц сақтандырғыштары, жоғарыда айтылғандай, токты шектейтін болып табылады. Қысқа тұйықталу токтарындағы толық ажырату уақыты 0,005-0,007 с құрайды.

Сақтандырғыш Патрон 3 жез қалпақшалармен нығайтылған Фарфор түтіктен жасалған 2. Картридждің ішінде мыс немесе күміс балқитын 5 кірістері бар. Доғаны сөндірудің қалыпты жағдайларын қамтамасыз ету үшін балқытылған кірістірулер едәуір ұзындыққа және кішкене қимаға ие болуы керек. Бұған керамикалық жақтауға (5а-сурет) немесе үлкен токтарға (7.5 А-дан көп), бірнеше спиральды кірістірулерге (5б-сурет) оралған бірнеше параллель кірістірулерді қолдану арқылы қол жеткізуге болады. Түтікті 4 кварц құмымен толтырғаннан кейін, соңғы тесіктер 1 қақпақтарымен жабылады және мұқият дәнекерленеді. Сақтандырғыштардың қалыпты жұмысы үшін герметизация ерекше маңызды. Тығыздықты бұзу, құмды ылғалдандыру доғаны сөндіру қабілетінің жоғалуына әкелуі мүмкін. Сондықтан сақтандырғыштарды орнатқан кезде тығыздыққа назар аудару керек. Дәнекерлеу және цементтейтін сылақтың, қақпақтарды бекітетін орындар арнайы эмальмен жақсы боялуы тиіс. Пайдалану жағдайында сақтандырғышты қайта зарядтау мүмкін емес. Балқыту қондырғысының балқу температурасын төмендету үшін металлургиялық әсер қолданылды (қалайы шарлары 6). Сақтандырғыштың іске қосылуы 7-көрсеткішпен анықталады, ол серіппені қалыпты жағдайда ұстап тұратын болат ендіріме (орталық) жанғаннан кейін түтіктен серіппемен шығарылады. Болат кірістіру жұмыс істеп тұрған кірістірулерден кейін, барлық ток өткен кезде, ең соңында жанып кетеді.

Кернеу трансформаторларын қорғау үшін ПКТ сериялы сақтандырғыштар қолданылады, олар ПК сериялы сақтандырғыштардан айырмашылығы керамикалық жақтауға оралған. Мұндай сақтандырғыштардың ток шектейтін әсері әсіресе үлкен. Егер 10 кВ кернеуде ПК сақтандырғыштарында ажырату

қуаты 200 МВА болса, онда ПКТ – да-1000 МВА. ПК және ПКТ сериялы сақтандырғыштар жалын мен газсыз үнсіз жұмыс істейді.



а) қабырғалы керамикалық қаңқаға оралған бірнеше параллель ендірімелері бар; а) бірнеше спиральді ендірімелері бар

5-сурет-ұсақ түйірлі толтырғышы бар ПК сериялы балқымалы сақтандырғыштар

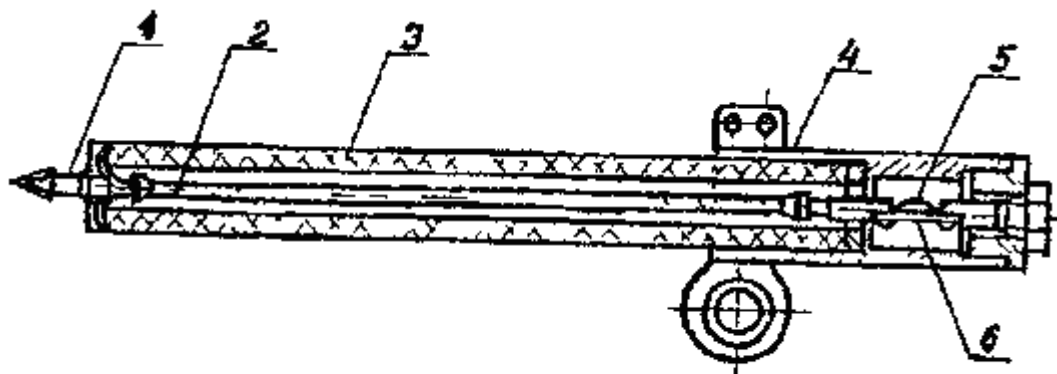
Доғасы автогазбен сөндірілген балқымалы сақтандырғыштар

ПС және ПСН (П - сақтандырғыш, С - атқыш, Н - сыртқы қондырғы) үлгісіндегі доғасы автогазбен сөндірілген балқымалы сақтандырғыштар 110 кВ дейін қоса алғанда номиналды кернеулі құрылғыларда сыртқы орнату үшін алдын ала тағайындалған.

Сақтандырғыштың негізгі бөлігі 3 газ шығаратын түтік болып табылады, оның ішінде 2 икемді өткізгіш бар, ол бір жағынан 6 балқыту қондырғысымен, екінші жағынан 1 түйіспелі ұшымен қосылған. Екінші ұшымен балқыту қондырғысы 4 металл бағанына бекітілген. 5 мыс балқыту қондырғысына параллель икемді өткізгішті түтіктен шығаруға тырысатын серіппелі күшті қабылдайтын 6 болат бар. Токтың негізгі бөлігі аз белсенді кедергісі бар мыс сым арқылы өтеді.

Қалыпты режимде тұтқа 1 ұшында әрекет етеді және болат кірістіруді созылған күйде ұстайды. Қысқа тұйықталу кезінде мыс кірістіру алдымен ериді, содан кейін болат. Серіппенің әсерінен иілу өткізгіші доға сөндіретін түтіктен шығарылады. Қондырғыларды балқытқаннан кейін пайда болған доға газ шығаратын материалдан жасалған түтікке тартылады. Доғаның әсерінен түтіктің қабырғалары газды қарқынды түрде шығарады, түтіктің ішіндегі қысым 0,1-0,2 МПА жетеді, доғаның тез сөнуін қамтамасыз ететін қарқынды

бойлық газ соққысы жасалады. Үлкен доғалық токтарда жану ұзақтығы 0,04 с, аз токтарда шамамен 800-1000 А, жану уақыты 0,3 с дейін артады.



6-сурет-Доғаның автогазды сөндіруі бар балқымалы сақтандырғыштар

Өшіру процесі ыстық газдардың шығарылуымен және қуатты дыбыстық әсермен – атумен бірге жүреді. Осыған байланысты ПСН сериялы балқымалы сақтандырғыштар ашық тарату құрылғыларында шығару аймағында электр аппараттары болмайтындай етіп орнатылады.

Ұзақ токтың өтуі кезінде, яғни қалыпты режимде, жоғары температураға дейін қызады. Ыдырау мен газдың пайда болуын болдырмау үшін, балқыту қондырғысы генераторлық түтіктен тыс 4 металл қақпағында орналасқан.

ПСН сериялы сақтандырғыштар толық трансформаторлық қосалқы станциялардан қолданылады және электр трансформаторларын қысқа тұйықталу токтарынан және шамадан тыс жүктеме токтарынан қорғауға арналған.

Өзін-өзі тексеруге арналған сұрақтар

1. Ажыратқыштар мен автоматтармен салыстырғанда сақтандырғыштардың артықшылықтары мен кемшіліктерін атаңыз.
2. Қандай себептермен ПК сериялы сақтандырғыштарға балқытын кірістірулер спиральға бұралған? Неліктен оларды бірнеше және әртүрлі бөлімдерден жасайды?
3. ПР сериясының сақтандырғыштары қандай себептерге байланысты бірнеше рет кесілген?
4. Сақтандырғыштардың өшіру қабілеті немен сипатталады?
5. Сақтандырғыштардың ток шектеу әсеріне қалай қол жеткізіледі?
6. Кварц сақтандырғыштарында герметизацияның бұзылуы қандай жағымсыз құбылыстарға әкелуі мүмкін?
7. Неліктен ПСН сериялы сақтандырғыштардағы балқымалы кірістірулер газ шығаратын түтіктен тыс орналасады?

1.2 Жоғары вольтты ажыратқыштар

Ажыратқыш-бұл кез-келген режимде электр тізбегінің тогын қосуға және өшіруге арналған коммутациялық құрылғы: ұзақ жүктеме, шамадан тыс жүктеме, қысқа тұйықталу, бос жұмыс, синхронды емес жұмыс. Ең ауыр және жауап-

ты операция-қысқа тұйықталу токтарын өшіру және қолданыстағы қысқа тұйықталуға қосу.

Қосқыштардың негізгі құрылымдық бөліктері: доға қондырғысы бар байланыс жүйесі, ток өткізгіш бөліктер, корпус, оқшаулағыш құрылым және жетек механизмі.

Құрылымдық ерекшеліктері мен доғаны сөндіру әдісі бойынша ажыратқыштардың келесі түрлері бөлінеді: май резервуары (көп қабатты май), аз май (аз көлемді май), ауа, элегаз, электромагниттік, автогаз, вакуумдық ажыратқыштар. Арнайы топқа қалыпты режимдегі токтарды ауыстыруға арналған жүктеме қосқыштары кіреді.

Орнату түріне сәйкес ішкі, сыртқы және толық тарату құрылғылары (КРУ) үшін ажыратқыштар бөлінеді.

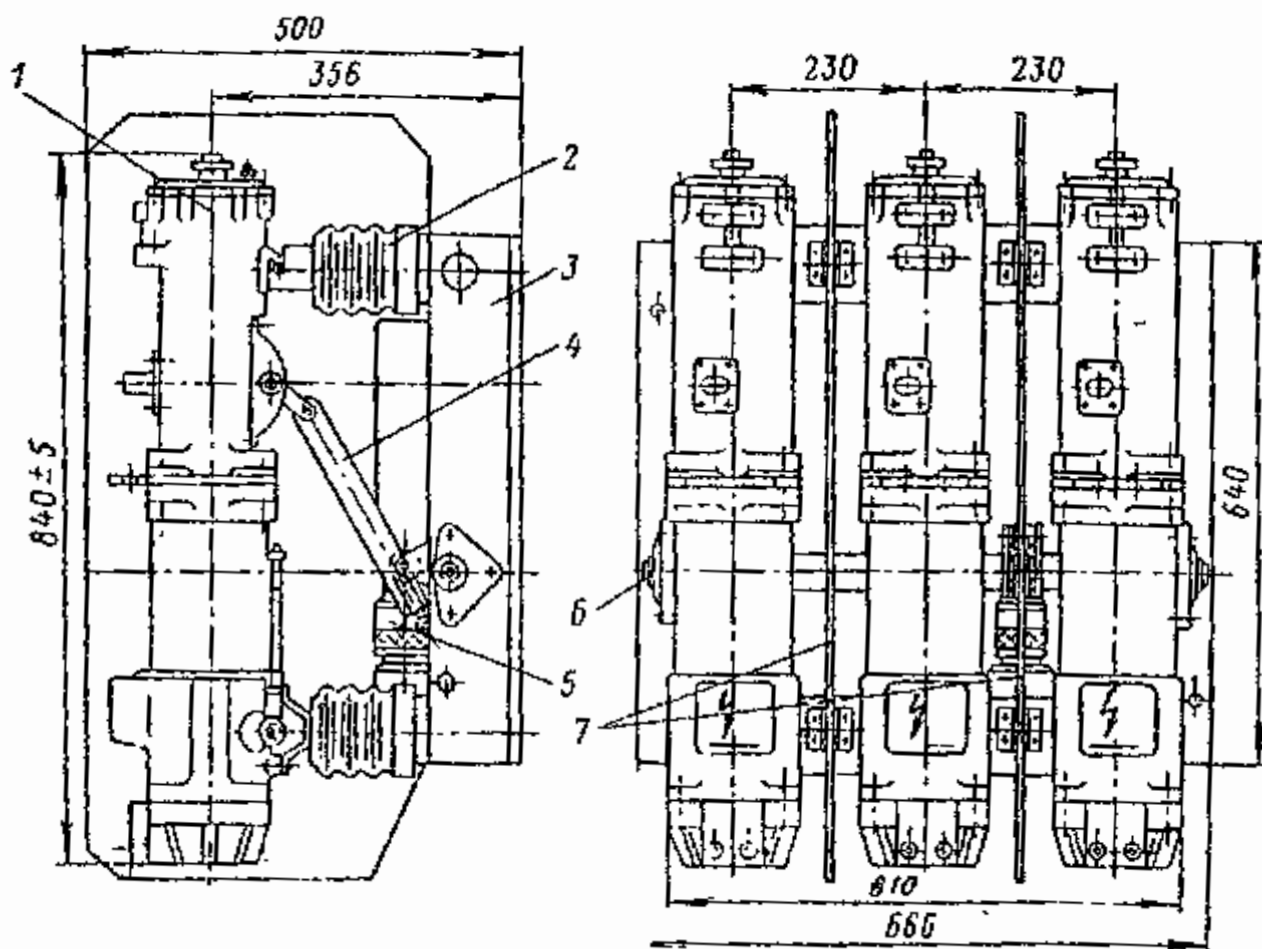
Өшіру жылдамдығының дәрежесі бойынша ($t_{c.B.}$), ажыратқыштар болуы мүмкін: өте жылдам $t_{c.B.} < 0,06$ с; жылдам әрекет ететін $t_{c.B.} = 0,06 \div 0,08$ с; жеделдетілген әрекет $t_{c.B.} = 0,08 \div 0,12$ с; тез әрекет етпейтін $t_{c.B.} = 0,12 \div 0,25$ с.

1.2.1 Аз көлемді май ажыратқыштар

Аз көлемді майлы ажыратқыштар 6, 10, 20, 35 және 110 кВ кернеулі станциялар мен қосалқы станциялардың жабық тарату құрылғыларында, 6, 10 және 35 кВ толық тарату құрылғыларында және 35, 110 және 220 кВ кернеулі қосалқы станциялардың ашық тарату құрылғыларында салыстырмалы түрде қысқа тұйықталу аз қуаты бар кеңінен қолданылады. Құмыра қосқыштарындағы май негізінен доғалы сөндіргіш ретінде қызмет етеді және тек жартылай ашық контактілер арасында оқшауланған. Токөткізгіш бөліктерді бір-бірінен және жерге тұйықталған құрылымдардан оқшаулау фарфор немесе басқа қатты оқшаулағыш материалдармен жүзеге асырылады.

Зертханалық жұмыста кернеуі 10 кВ ауыспалы токтың электр қондырғыларында жұмыс істеуге арналған ВМП-10 типті аз майлы ажыратқыш (аспалы майлы ажыратқыш) зерттеледі.

ВМП сериялы ажыратқыштар 6-10 кВ жиынтық және жабық ТҚ - да кеңінен қолданылады (7-сурет). Бұл ажыратқыштар олардың мақсатына байланысты әр түрлі болады. ВМП-10 кВ типтерінің алғашқы шығарылымдары КРУ үшін арналған, оларға жетек бөлек жеткізілетін. Кейінірек ВМПІ және ВМПЭ типтерінің серіппелі немесе электромагниттік жетегі бар ажыратқыштар пайда болды. Номиналды ток 600 – ден 3200 А-ға дейін, өшіру токтары 31,5 кА-ға дейін өзгереді.



1-ажыратқыштың корпусы; 2 - тірек изоляторы; 3 - болат жақтау; 4 - оқшаулағыш тарту; 5 - май буфері; 6 - ажыратқыш білік; 7-полюсті оқшаулағыш бөлімдер.

7-сурет-ВМП-10 ажыратқышының жалпы көрінісі

Ажыратқыштардың барлық сериялары үшін полюстің ішкі құрылғысы бірдей (8-сурет). Ажыратқыштың полюсі 5 ылғалға төзімді оқшаулағыш цилиндрден тұрады (шыны-эпоксидті пластик), оның ұштары металл фланецтермен өңделеді. Оқшаулағыш цилиндрдің жоғарғы фланецінде алюминий қорытпасы корпусы бекітілген, оның ішінде жетек түзеткіш механизмі, жылжымалы байланыс өзегі, роликті ток тартқыш және май бөлгіш бар. Силуминнің төменгі фланеці қақпақпен жабылады, оның ішінде розетка түйіспесі орнатылады, ал сыртынан майды ағызатын штепсель бар. Розетка түйіспесінің үстіндегі цилиндрдің ішінде бұйра тесіктері бар оқшаулағыш тақталардан жиналған сөндіргіш камера бар.

Пластиналар жиынтығы үш көлденең канал мен май қалталарын жасайды. Қосылған күйде байланыс өзегі розеткалық байланыста болады (8б-сурет).

Ажыратқан кезде жетек ажыратқыштың рамасында орналасқан ажыратқыш серіппені босатады және оның күшінің әсерінен 6 ажыратқыш білігі (7-сурет) бұрылады, қозғалыс 4 оқшаулау күшіне, ал одан 10 жетек механизміне (8-сурет) және жоғары қарай қозғалатын түйіспелі өзекке беріледі. Контактілерді ашқан кезде майды буландыратын және ыдырататын доға пайда болады. Алғашқы сәттерде байланыс өзегі доға камерасының көлденең арналарын жабады, сондықтан қысым күрт артады, майдың бір бөлігі буферлік көлемді 3 толтырады, ондағы ауаны қысады. Өзек бірінші көлденең арнаны ашқаннан кейін газдармен және май буларымен көлденең соққы жасалады.

Ток нөлден өткен кезде, бу көпіршігіндегі қысым төмендейді және буфер көлемінің сығылған ауасы поршень сияқты әрекет етеді, майды доғаның аймағына жібереді (8б-сурет).

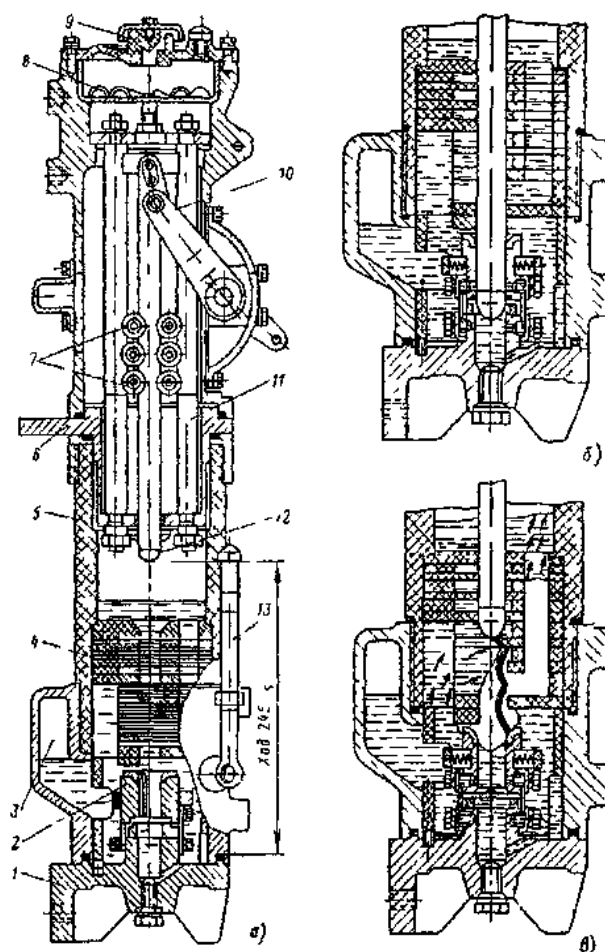
Үлкен токтарды өшірген кезде күшті көлденең соққы пайда болады және камераның төменгі бөлігінде доға сөнеді. Шағын токтарды өшірген кезде доға өзектің артына созылады және камераның жоғарғы жағында май қалтада буланып, қарсы радиалды соққы жасайды, содан кейін өзек камерадан шыққан кезде бойлық соққы пайда болады. Үлкен және кіші токтарды ажырату кезінде доғаны сөндіру уақыты 0,015-0,025 с аспайды.

Контактілердің электр доғасының әсеріне төзімділігін арттыру және олардың қызмет ету мерзімін арттыру үшін жылжымалы контактінің алынбалы ұшы және бекітілген контактінің ламелаларының жоғарғы ұштары керамика металымен қапталған.

Доғаны сөндіргеннен кейін, булар мен газдар корпустың жоғарғы жағына түседі, онда май буы конденсацияланады және газ қақпақтағы тесік арқылы шығады. Камера маймен толтырылған кезде, ажыратқыш келесі операцияларды орындауға дайын болады. Бұл қосқыштар үшін АПВ – да тоқтаусыз үзіліс өте үлкен-0,5 с.

ВМП-10 ажыратқышында барлығы 4,5 кг май бар. Цилиндрдегі май деңгейін бақылау май көрсеткіші бойынша жүргізіледі. Майдың сапасы оқшаулағыш майға қойылатын әдеттегі талаптарды қанағаттандыруы тиіс. Егер май қатты ластанған болса және камераның арналары күйіп кетсе, онда ажыратқыштың ажыратылған күйінде контактілер арасында қабаттасуға болады.

Жақтауда қосқышты қосқан кезде соққыны жұмсарту үшін май буфері бар (7-сурет). Сондай-ақ, өшіру кезінде соққыны жұмсартатын серіппелі буфер бар.



а) – "Ажыратылған" күйі; 1 - төменгі шығыс және ажыратқыш қақпағы; 2 - қозғалмайтын байланыс; 3 - ауа жастығы; 4 - сөндіру камерасы; 5 - оқшаулау цилиндры; 6 - жоғарғы шығыс; 7 - роликті ток ажыратқыш байланыс; 8 - май бөлгіш құрылғы; 9 - қақпақ; 10 - жетекті түзеткіш механизм; 11 - бағыттаушы өзек; 12 - жылжымалы байланыс; 13 - май көрсеткіші; б) – "Қосылған" күйдегі сөндіру камерасы; в) – өшіру процесінде сөндіргіш камера.

8-сурет-ВМП-10 ажыратқыш полюсі

1.2.2 Электромагниттік ажыратқыштар

Доғаны сөндіруге арналған электромагниттік ажыратқыштар майды да, сығылған ауаны да қажет етпейді, бұл олардың басқа ажыратқыштардан үлкен артықшылығы.

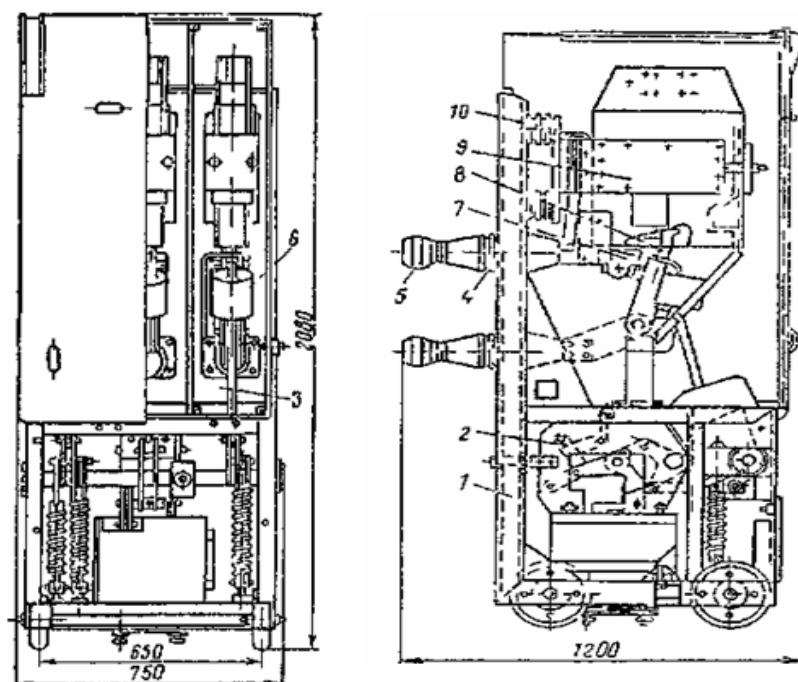
9 және 10-суреттерде арбаға орнатылған және КРУ ұяшығына арналған ВЭМ-6 ажыратқышы көрсетілген. Ажыратқыштың ашық ауада орналасқан жұмыс және доға сөндіргіш байланыстары бар. Ажыратқан кезде алдымен жұмыс, содан кейін доға пайда болатын доға контактілері ашылады. Поршеньдік құрылғы жасаған электр тізбегінің және ауа ағынының электродинамикалық күштерінің әсерінен доға алдыңғы доға сөндіргіш мүйізге жіберіліп, тізбекке магниттік соққы катушқасын қосады. Доға тогымен әрекеттесетін маг-

нит өрісі жасалады, оны доға камерасының ішіне шамамен 30 м/с жылдамдықпен жылжытады. Камера кішігірім ауа саңылауларымен бөлінген V – ойықтары бар керамикалық доғалы пластиналардан тұрады. Осының арқасында доғаның ұзындығы едәуір артады (1-2 м дейін), ал оның тар тілімдеріндегі қимасы азаяды.

Доға жоғары жылу өткізгіштігі бар плиталардың суық беттерімен байланыста болады. Бұл энергия шығыны мен кернеу градиентінің жоғарылауына әкеледі. Доғаның кедергісі тез артады және доға сөнгенге дейін ток азаяды.

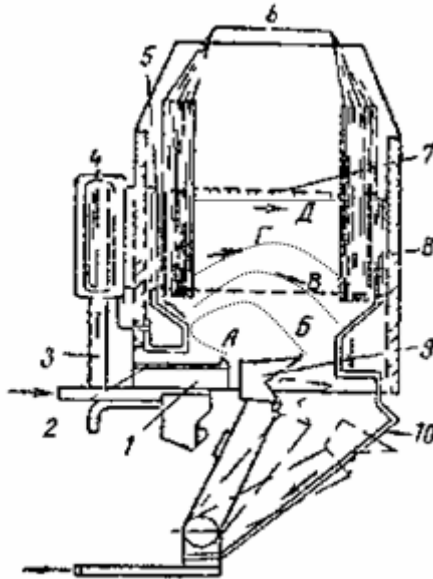
Электр магниттік ажыратқыштардың артықшылықтары: толық жарылыс және өрт қауіпсіздігі; доға сөндіргіш контактілердің аз тозуы; жиі қосу және өшіру жағдайларында жұмыс істеуге жарамдылығы; салыстырмалы түрде жоғары ажырату қабілеті.

Электромагниттік қосқыштардың кемшіліктері: магниттік үрлеу жүйесімен доға сөндіргіш дизайнының күрделілігі; номиналды кернеудің шектеулі жоғарғы шегі (20 кВ-тан аспайды); сыртқы қондырғылар үшін шектеулі жарамдылық; салыстырмалы түрде жоғары құны.



1- арбаның жақтауы; 2 - жетек; 3 - плита; 4 - өтпелі оқшаулағыштар; 5 - розеткалық контактілер; 6 - поршеньдік құрылғы; 7-негізгі бекітілген байланыс; 8 - жылжымалы байланыс; 9 - доға сөндіру камерасы; 10 - магниттік соққы катушкасы.

9-сурет-ВЭМ-6 ажыратқышының жалпы көрінісі



1-қозғалмайтын доға сөндіргіш түйіспе; 2 - екінші қабатты пластина; 3 - қозғалмайтын түйіспеге қосылған катушканың ұшы; 4 - магнитті үрлеу катушкасы; 5 - алдыңғы мүйіз; 6 - керамикалық пластиналар; 7 - полюсті ұштық; 8 - артқы мүйіз; 9 - жылжымалы доға сөндіргіш түйіспе; 10 - артқы мүйізді төменгі өту төлкесімен қосатын шина; А, Б, В, Г, Д, - ажырату процесіндегі доға қалпы.

10-сурет-ВЭМ-6 ажыратқышының доға сөндіргіш құрылғысы

1.2.3 Автогаз ажыратқыштары

Автогаз ажыратқыштарында доғаны сөндіру үшін доға сөндіру камерасының қатты газ генерациялайтын материалынан бөлінетін газ пайдаланылады. Қалалар мен өнеркәсіптік кәсіпорындардың электрмен жабдықтау жүйелерінде жүктеме қосқыштары өте кең таралған

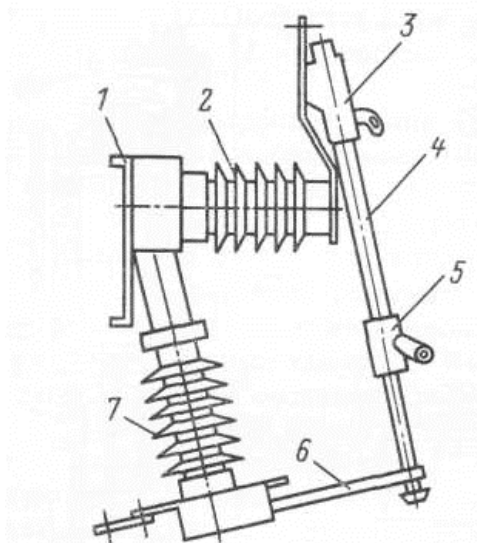
ВН-16 және ВН-17 6-10 кВ-та қарапайым доға сөндіргіш камерамен, органикалық шыныдан жасалған ішпектері бар. Алайда, бұл ажыратқыштар динамикалық кедергі тогына тең қысқа тұйықталу тогына қосыла алмайды және номиналды токтың салыстырмалы түрде аз ажыратылуына мүмкіндік береді.

Қазіргі уақытта бұл қосқыштар ВН-10 сериясына жаңартылды. Олар ҚТ токтарынан қорғау үшін ПК-6 немесе ПК-10 сақтандырғыштарымен, сақтандырғыш іске қосылған кезде ажыратуға арналған автоматты құрылғымен, ПРА жетегімен және жерге тұйықтау пышақтарымен жабдықталуы мүмкін.

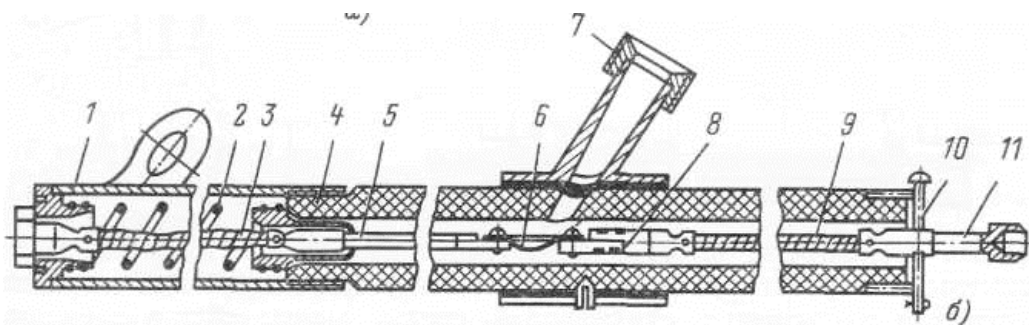
ПСН-35 сақтандырғыш негізінде УПС-35У1 автогаз ажыратқышы құрылды. 11а суретте бір полюстің жалпы көрінісі көрсетілген.

2 тірек оқшаулағышында газ шығаратын түтігі бар картридж бекітілген, оның ішінде балқыту қондырғысы мен байланыс жүйесі бар. Өшіру сигналын беру кезінде серіппелі жетек іске қосылады және үш полюстің ортақ білігі арқылы итергіш оқшаулағыштарды 50-60 мм төмен жылжытады. Бұл жағдайда

күш 6 пышақ арқылы 9 картриджінің ток өткізгіш байланыстарына (11 б сурет) және 8 байланыс жүйесіне беріледі. Байланыс жүйесінде контактілерді қосулы күйде ұстайтын жеңіл алюминий тойтармалар бар. 6 пышақ қозғалысынан алынған күш тойтармаларды кесуге жеткілікті. Иілгіш байланыстар босатылып, 6 пышақтары тоқтап, байланыстарды сыртқа шығарады. Пайда болған электр доғасы бойлық-көлденең газ үрлеуімен сөндіріледі. Балқыту қондырғысы іске қосылған кезде, ажыратқыш ПВТ сақтандырғышы ретінде жұмыс істейді. Ажыратқышты жұмысқа енгізу үшін балқыту қондырғысын және байланыс жүйесін ауыстыру қажет.



а)



б)

а) жалпы көрініс: 1 - дәнекерленген жақтау; 2-тірек изоляторы; 3-Металл құбыр; 4-винипласт шығаратын түтік; 5-көлденең соққы құбыры бар корпус; 6-істікшелі пышақ. Бір полюстің жалпы көрінісі УПС-35У1; б) – УПС-35У1 патрон "патрон - балқымалы ендіріме" орындалуы: 1-металл құбыр; 2-тарту серіппесі; 3-икемді трос; 4 - газ шығаратын түтік; 5-өзек; 6-балқымалы ендіріме; 7-үрлеу келте құбыры; 8-түйіспелі жүйе; 9-икемді ток өткізгіш бөлігі; 10-стопорлы бұранда; 11 - жебе тәрізді ұштағыш.

11 Сурет - Автогаз ажыратқышы УПС-35У1

Қарастырылған Ажыратқышты қуаты 6300 кВа-ға дейін қоса алғанда 35/6-10 трансформаторлары бар КТП ашық бөлігіне орнату үшін қолдануға болады. Ол 50-130А номиналды токқа арналған; өшіру тогы 1,6 — 2 кА. Автогаз ажыратқыштарының артықшылықтары: майдың болмауы; салмағы аз. Кемшіліктері: доға камерасының тез тозуы, контактілердің салыстырмалы түрде үлкен тозуы немесе олардың бұзылуы (УПС ажыратқышында).

1.2.4 Вакуумдық ажыратқыштар

Вакуумдық аралықтың электрлік беріктігі атмосфералық қысымдағы ауа аралығынан бірнеше есе көп екендігі белгілі. Бұл қасиет КДВ вакуумдық доға сөндіру камераларында қолданылады. Контактілер арасында алшақтық болған кезде олардың жанасу аймағы тез төмендейді, сондықтан байланыс нүктесіндегі температура өтпелі токтың әсерінен күрт көтеріліп, балқытылған металдан көпір пайда болады. Өте қысқа уақыт ішінде бұл көпір қызады және буланады. Металл буларының ортасында доға жанады. Терең вакуумның арқасында зарядталған бөлшектердің қоршаған кеңістікке тез таралуы орын алады. Ток нөл арқылы өткен кезде доға сөнеді. Шамамен 10 мкс-тен кейін контактілер арасында вакуумның электрлік беріктігі қалпына келеді. Металл буы камераның әйнек корпусын ластанудан қорғайтын 5 және 8 Болат экрандарға түседі. Түйіспелердің булануын азайту үшін баяу балқытын металдардан жасалған түйіспелі ұштықтар қолданылады. Камерадан ауаны сору жоғарғы фланецке дәнекерленген емізік арқылы жүргізіледі. Камерадағы қысым 10-4 Па. Камера бөліктерінің барлық қосылыстары вакуумды тығыз тігістермен орындалады. Ажырату кезінде контактілердің булануына байланысты вакуум нашарлайды, бірақ егер контактілер отқа төзімді металдан жасалған болса, онда камера көптеген ажыратуларға төтеп бере алады.

Ажыратқыш металл негізге орнатылған үш полюстен тұрады, онда электр магнитінің катушкасындағы ток тоқтағаннан кейін ажыратқышты шексіз ұзақ уақыт ұстап тұратын магниттік ысырмасы бар фазалық электромагниттік жетектер орналасқан.

Полюстердің қалған тораптары оларды пайдалануда болуы мүмкін механикалық зақымданулардан және қысқа тұйықталу тогының электр доғасының әсерінен қорғайтын мөлдір механикалық берік және доғаға төзімді Полимерлі материалдан (лексаннан) жасалған оқшаулау корпусына орналастырылады. Барлық үш полюстің дизайны бірдей.

Ажыратқышты қосу.

Басқару блогынан қосу үшін командамен 11 электромагнит катушкасына тұрақты кернеу беріледі (12-сурет). Электромагниттік күштердің әсерінен 12 якорь жоғары қарай қозғала бастайды және 10 қысу серіппесі арқылы 5 тарту оқшаулағышын және 3 жылжымалы контактіні жылжытады, 9 өшіру серіппесін қысады.

1 және 3 контактілері жабылғаннан кейін, арматура 2 мм-ге дейін тоқтап, 10 серіппесін қысып, вакуумды доғалы камерадағы (ВДК) ажыратқыштың контактілері арасында қажетті қысуды жасайды.

Зәкірдің жалпы соққысы-8 мм, ал жылжымалы байланыстың барысы - 6 мм.

Кернеуді алып тастағаннан кейін, арматура 13 электромагниттегі қалдық индукцияның арқасында қосулы күйде қалады.

Ажыратқышты өшіру.

Басқару блогынан ажыратуға арналған пәрмен 11 катушкасына қосылғанға қарағанда қарама-қарсы полярлықтың кернеуін береді. 13 магниті ішінара магниттеледі, 12 зәкір магниттік ысырмадан алынады және серіппелердің әсерінен 9 және 10 ажыратқыштың қозғалмалы бөліктерімен бірге ажыратылған күйге ауысады.

Бұл позицияда олар 9 өшіру серіппесінің күшімен ұсталады.

Қолмен өшіру қолмен өшіру батырмасына әсер етеді, ол 15 білікке байланған 8 итергіш арқылы және 7 зәкірі бар 12 камера арқылы магнитті ысырмадан якорьді алып, ажыратқышты ажыратады.

Вакуумдық доға сөндіру камерасының құрылғысы.

Ажыратқыштың негізгі элементтерінің бірі-Таврида Электрик компаниясының мамандары жасаған вакуумдық доға сөндіру камерасы.

TEL сериясы ВДК және заманауи технологиялардың соңғы жетістіктерін қолдана отырып, "Таврида Электрик" шығарады. Оның кішкентай өлшемдері мен массасы бар. Номиналды токты ажыратудың 50000 операциясы кезінде контактілердің тозуы 1 мм-ден аспайды..

ВДК құрылымы.

ВДК корпусы (13-сурет) екі 2 және 6 керамикалық оқшаулағыштан және оқшаулағыштарға дәнекерленетін 4 мыс экраннан тұрады.

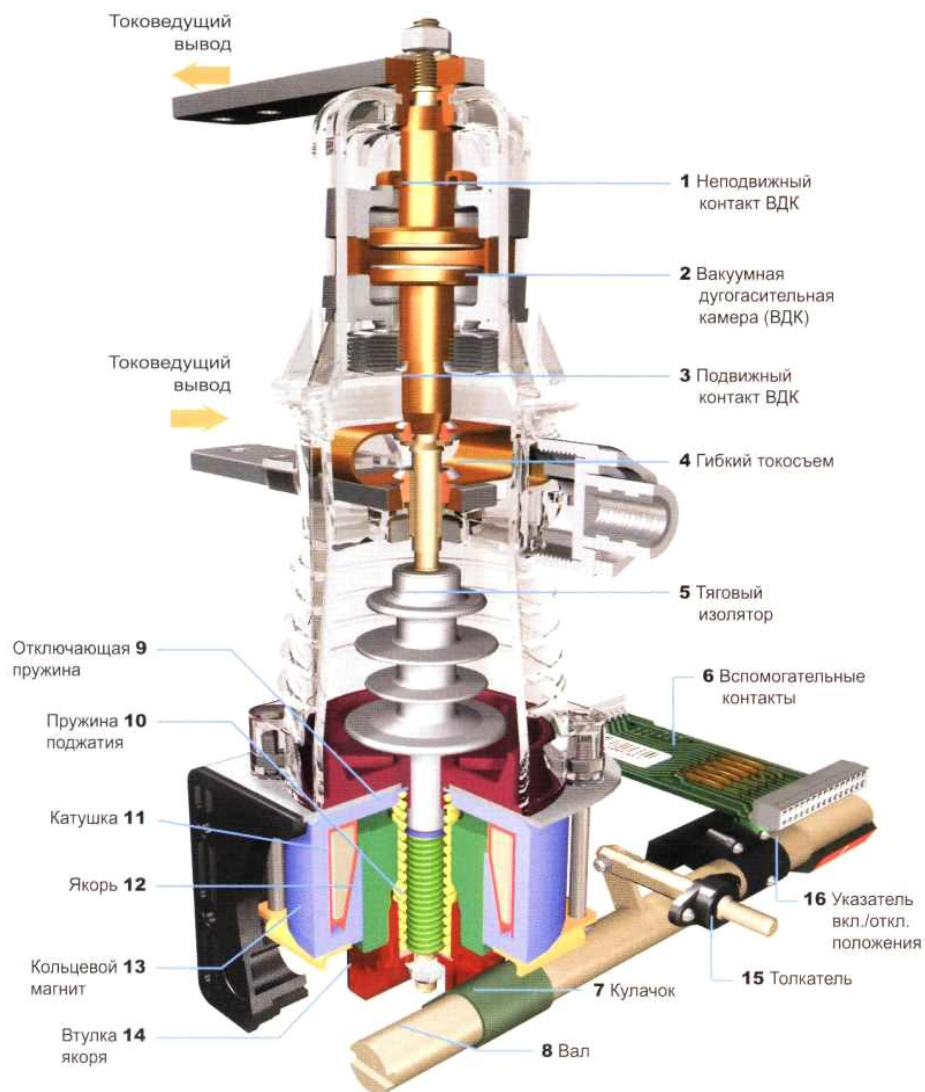
ВДК дизайнының ерекшеліктері-керамикалық оқшаулағыштардың тостаған тәрізді пішіні және ВДК салмағы мен өлшемдерін едәуір төмендететін дәнекерленген сальфон 7.

Сальфон 6-оқшаулағышқа және 8-шығарғышқа дәнекерленеді, жылжымалы түйіспені 5-тің герметикалығын бұзбай жылжыту мүмкіндігін қамтамасыз етеді.

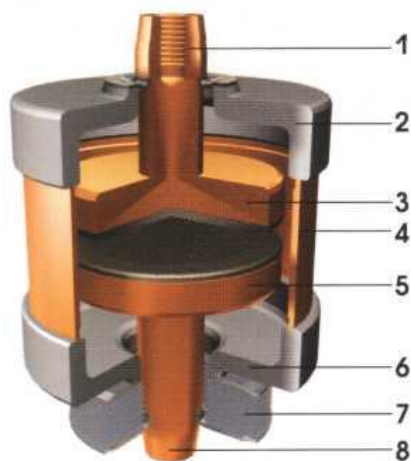
Бекітілген 3 және жылжымалы 5 түйіспелердің соңғы бөліктерінде керамикалық плиталар дәнекерленген, бұл олардың жоғары тозуға төзімділігін қамтамасыз етеді.

1 және 8 түйреуіштер ажыратқыштың терминалдарына қосылу үшін қолданылады.

Вакуумдық ажыратқыштардың кемшіліктері-бұл кішігірім токтар және кіші индуктивті токтар ажыратылған кезде коммутациялық шамадан тыс кернеулер, камерадағы доғаның өшуі токтың нөл арқылы табиғи өтуіне дейін жүреді.



12-сурет-ажыратылған күйдегі вакуумдық ажыратқыштың полюсі



13-сурет-вакуумдық доға сөндіру камерасының құрылымы

1.2.5 Элегазды ажыратқыштар

Номиналды токтардың және номиналды кернеулердің жоғарылауымен ажыратқыштардың құрылымын жақсарту ғана емес, сонымен қатар жоғары электрлік беріктігі мен доға сөндіру қабілеті бар доға сөндіргіштерін іздеумен айналысу қажет.

Фреон, көміртегі тетрахлориді және алтыфторлы күкірт зерттелді. Жоғары электрлік беріктігі мен үлкен доға сөндіру қабілетінің арқасында SF₆ алты фторлы күкірт таңдалды.

Бұл газ электр газы немесе элегаз деп аталады.

Элегаз - "электронегативті" газ. Оның молекулалары электрондарды ұстап алу қабілетіне ие. Бұл жағдайда белсенді емес, ауыр теріс иондар пайда болады, олар электр өрісі арқылы баяу үдетіледі. Осының арқасында элегаз жоғары электрлік беріктікке ие.

Элегаздың химиялық инерттілігіне байланысты (800 °C дейін) мыс контактілерінің рұқсат етілген температурасы 75-тен (ауа үшін) 90 °C-қа дейін көтерілуі мүмкін.

Жоғарыда сипатталған оң қасиеттер элегазды жоғары вольтты қосқыштарда, қуат трансформаторларында, жоғары вольтты кабельдерде және мөрленген толық тарату құрылғыларында кеңінен қолдануға мүмкіндік берді.

Элегаздың кемшілігі - салыстырмалы түрде жоғары температурада газ тәрізді күйден сұйық күйге ауысу. Мысалы, -40°C температурада элегаз шамамен 0,35 МПа қысымда сұйықтыққа айналады.

Бұл оны жылыту құрылғысымен немесе төмен қысымда қолдануға мәжбүр етеді.

Электр аппараттары үшін қоспалардан тазартудың жоғары дәрежесі бар газ пайдаланылады, бұл оны алуды қиындатады және қымбаттатады..

Элегазды ажыратқыштардың құрылымы.

Газ ағыны жоғары жылдамдықпен жанып тұрған доғаны жуған кезде элегаздың доға сөндіру қабілеті тиімді қолданылады.

Қазіргі уақытта келесі конструктивті орындау қолданылады:

а) автопневматикалық үрлеумен; мәжбүрлі үрлеу өшіру серіппелерінің энергиясы есебінен жасалады;

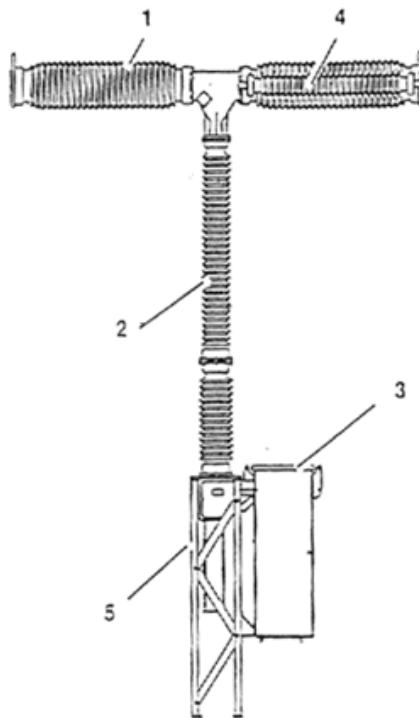
б) доғаның магнит өрісімен өзара әрекеттесуі есебінен элегазда доға қозғалысы;

в) доғаны сөндіру жоғары қысымды резервуардан төмен қысымды резервуарға (қос қысымды жүйе) газ ауысқан кезде пайда болатын қарқынды үрлеу арқылы жүзеге асырылады.

Элегазды колонкалық ажыратқыштарда (14-сурет) доға сөндіргіш камера оқшаулағышта орналасқан, ол фарфордан немесе құрама материалдан жасалуы мүмкін және жоғары кернеуде болады, оның деңгейін камераға талап етілетін оқшаулағыштың ұзындығы айқындайды. Жоғары кернеу деңгейіндегі оқшаулағыш конструкция үшін бірнеше доға сөндіргіш камералар элегазды колонкалы ажыратқышта рет-ретімен қосылады және тірек оқшаулағыш конструкцияға монтаждалады.

Ток трансформаторлары элегазды колонкалы ажыратқыштың алдында немесе артында жеке орнатылады. Элегаз колонкаларының ажыратқыштарының келесі ерекшелігі-салыстырмалы түрде кішкентай газ камерасының болуы. Газдың аз көлемінің артықшылығы техникалық қызмет көрсету жұмыстарының қысқаруына әкеледі.

Сейсмикалық аймақтардағы элегазды колонналық ажыратқыштардың қауіпсіз жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін ажыратқыштарды антифрикци-ялық қондырғыға бекітуге болады..



1-доға сөндіргіш құрылғы; 2 – тірек оқшаулау; 3 – жетек; 4 – конденсатор; 5-жақтау.

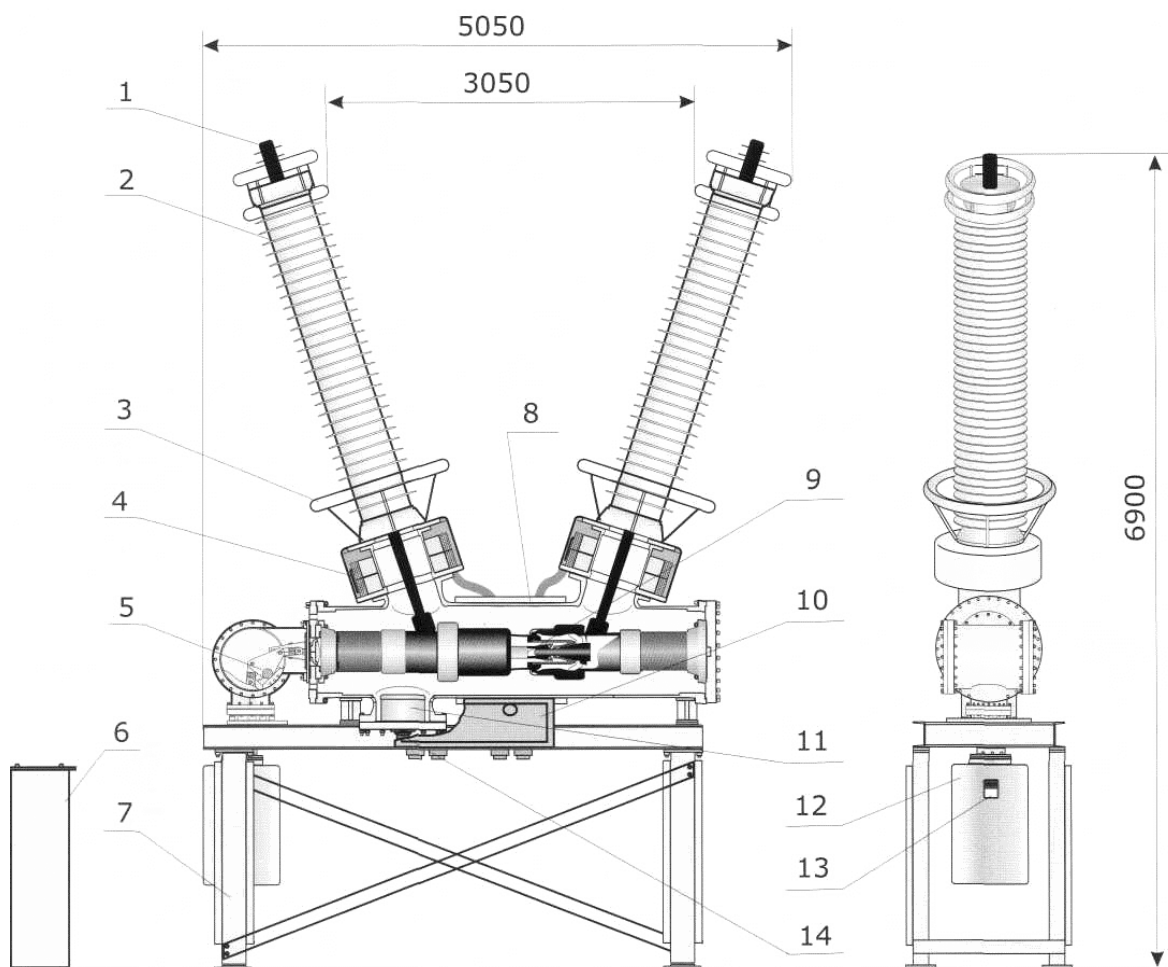
Сурет 14-HPL 550B2 ажыратқыш полюсі

Элегазды бактық ажыратқыштардың тән белгісі (15-сурет) доға сөндіргіш камераның жерге тұйықталған металл корпуста орналасуы болып табылады. Осы құрылымының арқасында элегаздардың ішінде байланыс тобының барлық тірі бөліктерін корпуста оқшаулайды. Жоғары кернеуге қосылу элегазбен толтырылған енгізу арқылы жүзеге асырылады. Ток трансформаторлары тікелей енгізу оқшаулағышына бекітіледі, соның арқасында оларды жеке орнатудың қажеті жоқ. Егер құрылымды қорғау үшін ажыратқыштың бір полюсіне бірнеше ток трансформаторларын қолдану қажет болса, элегазды бактық ажыратқыштың артықшылықтары болады.

Доға сөндіру камерасының алдында және одан кейін ток трансформаторларын орнату мүмкіндігі осы ажыратқыштағы қорғаныс тізбегін үнемді орындауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, ток трансформаторын ауыстыру оңайырақ. Қосымша артықшылығы: резервуардағы элегазды ажыратқыштар

әсіресе жер сілкінісіне төзімді, олардың ықшам құрылымы және ауырлық центрінің төмен орналасуы арқасында.

35, 110 және 220 кВ элегазбен жүктеме ажыратқыштарының конструкциялары әзірленді, бұдан басқа, екі және үш бағыттағы ажыратқыштардың конструкциялары әзірленді. Мұндай құрылғы екі немесе үш ажыратқышты ауыстырады, бұл оларды қосалқы станцияларға орнатқан кезде айтарлықтай үнемдеуге мүмкіндік береді.

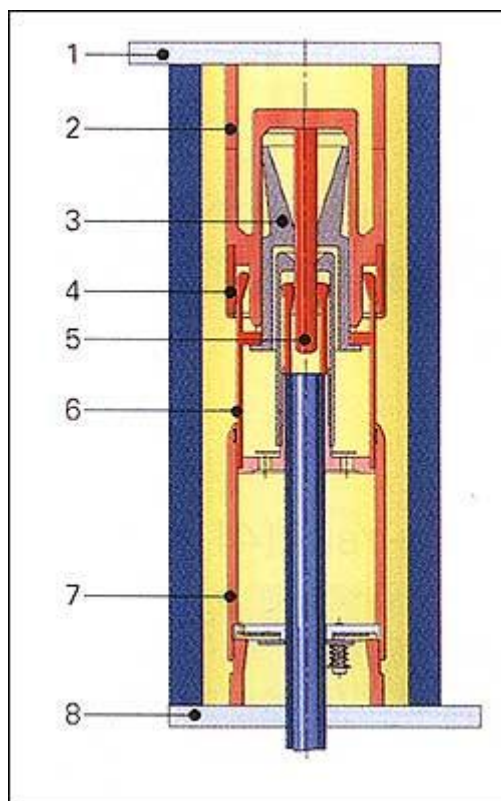


1-түйіспелі пластина; 2-енгізу (полимер кірісін жабу); 3-экран; 4-ток трансформаторларының блогы; 5-беру механизмі; 6-аппаратты шкаф; 7-рамка (жеткізу жинағына кіреді); 8-қыздыру элементі; 9-доға сөндіргіш құрылғы; 10-клеммді құрастырмалар шкафы; 11-сүзгі; 12-гидрожетек; 13-орналасу көрсеткіші; 14-элегазбен толтыруға арналған ажыратқыш.

15-сурет-ВГБ-330-40/3150 У1 типті элегазды оқшауланған бак ажыратқышының полюсі

Элегазды ажыратқыштың доға сөндіргіш камерасы 16-суретте көрсетілген.

Ток тізбегі (1) және (8), контакт ұстағыш (2), негіз (7) және жылжымалы байланыс цилиндрі (6) арқылы қалыптасады. Жабық күйде жұмыс тогы негізгі байланыс арқылы өтеді (4). Доғалық байланыс (5) оған параллель.



1,8-монтаждық тақталар; 2 - контакт ұстағыш; 3 - саптама ағындары; 4 – негізгі байланыс; 5 - байланыстар; 6 – жылжымалы байланыс цилиндрі; 7-негіз.

16-сурет-элегазды ажыратқыштың автокомпрессиялық жүйесі

Жұмыс токтарын өшіру.

Ажырату процесінде алдымен негізгі байланыс ашылады (4) және ток жабық доғалық контакт арқылы өтеді. Егер бұл байланыс кейінірек ашылса, (5) контактілер арасында доға пайда болады. Сонымен қатар, байланыс цилиндрі (6) жертөлеге (7) жылжиды, бұл онда орналасқан доға газының қысылуын тудырады. Газ байланыс цилиндрінің (6) қозғалысына қарама-қарсы бағытта доғалық контактіге (5) қарай ағып, доғаны сөндіреді.

Қысқа тұйықталу токтарын өшіру.

Қысқа тұйықталу кезінде жоғары ток болған жағдайда, доғалық контактілердегі доға газы доғаның энергиясымен едәуір қызады. Бұл байланыс цилиндріндегі қысымның жоғарылауына әкеледі. Бұл жағдайда қысымды өшіру процесі үшін қажетті энергияны жұмыс механизмі шығармауы керек. Кейіннен саптаманың (3) ағытқыштары бекітілген доғалық байланыстан шығады. Газ байланыс цилиндрінен саптамаға қайта түсіп, доғаны сөндіреді.

Элегазды ажыратқыштардың артықшылығы өрт - жарылыс қауіпсіздігі, әрекет ету жылдамдығы және жоғары ажырату қабілеті, ажыратқыштардың

тоқтаусыз, үнемді және сенімді жұмысы болып табылады. Мысалы, КРУЭ-де қолданылатын 110 кВ ажыратқыш номиналды ток 1250 А, ажыратқыштың өшіру тогы 31,5 кА, жеке өшіру уақыты 0,06 с құрайды.

Ажыратқыш жетегі.

Жоғары вольтты Ажыратқышты іске қосу, атап айтқанда, іске қосылған кезде механикалық энергия көзі ретінде қолданылатын серіппе принципінде жүзеге асырылуы мүмкін. 110 және 220 кВ кернеулер үшін осындай жұмыс механизмін пайдалану контактілерді ашу үшін қажетті механикалық энергияның минималды шығындарын талап ететін автокомпрессионды доға сөндіру камерасын жетілдірудің арқасында мүмкін болды.

Серіппелі механизмнің кейбір артықшылықтары (17-сурет):

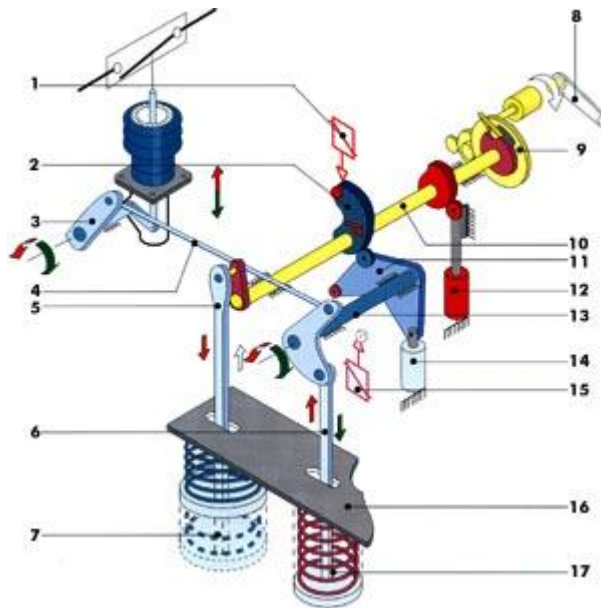
1) серіппелі механизм пайдалану сенімділігінің ең жоғары дәрежесін қамтамасыз етеді. Ол қарапайым және сенімді дизайнға ие;

2) жылжымалы бөліктерінің саны аз. Доғалы камераның автокомпрессиондық принципін байланысты аз күш қажет;

3) серіппелі механизмдер үнемі жұмыс күйінде болады және ұзақ қызмет ету мерзімімен сипатталады: серіппелі және жылжымалы мойынтіректерге минималды жүктеме сенімді және бұзылмайтын күш беруді қамтамасыз етеді;

4) серіппелі механизмге техникалық қызмет көрсетілмейді: серіппелі орам дискісі тозуға төзімді тісті доңғалақтарды қамтиды, ал жұмыс уақытының арасында жетек бөліктері стресске ұшырамайды.

Схема қарапайым және берік, жылжымалы бөліктердің саны аз және жоғары сенімділіктің дірілге қарсы құлыптау жүйесі болып табылады. Жұмыс механизмінің барлық компоненттері, бақылау және басқару жабдықтары бір шкафта жинақы орналастырылған. Қуат қосқышының моделіне байланысты әр полюсте бір диск бөлек немесе барлық үш полюсте бір уақытта қолданылады. Кернеу класына және ажыратқыштың орындалуына байланысты (үш немесе фазалық өшіру) екі нұсқада жасалған серіппелі жетектің жұмыс принципі бірдей. Серіппелі жетектер тек нұсқаға байланысты мөлшерде ғана ерекшеленеді.



1 – "Қосу" ажыратқышы; 2 - камера; 3 - айналмалы механизм; 4 - тарту; 5 - серіппені қосатын байланыстырушы өзек; 6 - серіппені ажырататын байланыстырушы өзек; 7 - серіппені қосу; 8 - қол зауыты; 9-тарту механизмі; 10 - тарту осі; 11 - ролигі бар тетік; 12 - "Өшіру" демпфері; 13 – қосатын білік; 14- "Қосу" демпфері; 15 - "Өшіру" ажыратқышы; 16 - жетек корпусы; 17-серіппені өшіру.

Сурет 17-Серіппелі жетек

Өзін-өзі тексеруге арналған сұрақтар

1. Ажыратқыштардың негізгі құрылымдық бөліктері қандай?
2. ВМП - 10 типті ажыратқыштың құрылғысы мен жұмыс принципі қандай?
3. Электромагниттік ажыратқыштың құрылғысы мен жұмыс принципі қандай?
4. Вакуумдық ажыратқыштың құрылғысы мен жұмыс принципі қандай?
5. Элегазды ажыратқыштың құрылғысы мен жұмыс принципі қандай?
6. Жүктеме ажыратқыштың құрылғысы, мақсаты және жұмыс принципі қандай?
7. Жоғары вольтты ажыратқыштар үшін жетектің мақсаты қандай?
8. Жоғары вольтты ажыратқыштарда қандай жетектер қолданылады?

1.3 Автоматты ауа ажыратқыштары

Автоматты ауа ажыратқышы (автомат) – бұл қалыпты жүктеме кезінде электр тізбегін жиі қосуға және өшіруге, сондай-ақ қалыпты емес режимдер: шамадан тыс жүктеме, қысқа тұйықталу және кернеудің жоғалуы немесе төмендеуі кезінде тізбекті автоматты түрде өшіруге арналған құрылғы.

Ажыратқыштарда доғаны сөндіру үшін арнайы орта қолданылмайды, ол ауада сөнеді, сондықтан оларды ауа деп атайды.

Полюстер санына сәйкес машиналар бір, екі және үш полюсті.

t_{cp} іске қосылу уақыты бойынша ажыратады:

- қалыпты (жылдам әсер етпейтін) автоматтар $t_{cp}=0,02-0,1$ с бастап;
- 1 с дейін реттелетін уақыт ұстамды селективті автоматтар;
- $t_{cp} \leq 0,005$ с жылдам әрекет ететін автоматтар.
- өрісті сөндіру машиналарын бөлек топқа бөлу керек.

Меншікті іске қосу уақыты деп ток ол үшін белгіленген мәннен (t_{cp}) асып кеткен сәттен бастап контактілердің алшақтығы (I_{cp}) басталған сәтке дейінгі ($I_{откл}$) уақыты түсініледі. Автоматты өшірудің толық уақыты дегеніміз-доғаны сөндіргіш құрылғының тиімділігіне байланысты өзінің жұмыс уақытын және t_f доғасын сөндіру уақытын түсіну.

Селективті қорғаныс-бұл апат орнына жақын учаске ажыратылатын, учаскелердің әртүрлі уақыт кідірісі есебінен селективтілікке қол жеткізілетін қорғаныс.

Жылдам әрекет ететін машиналар токты шектейтін әсерге ие, сондықтан оларды кез-келген, мүмкін болатын қысқа тұйықталу токтары бар тізбектерді қорғау үшін қолдануға болады.

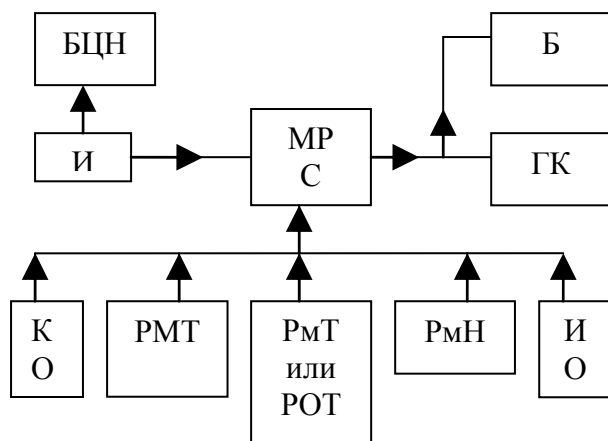
Жылдам әрекет ететін ажыратқыштар кері тұтану кезінде анодты тізбектерді қорғау үшін барлық түзеткіш қондырғыларда, электрлендірілген темір жолдарда, метрополитен, трамвай және троллейбус желілерінде, сондай-ақ қысқа беріліс сызықтары бар көптеген қуатты қондырғыларда қолданылады.

Өрісті сөндіру автоматтары ірі синхронды машиналардың қоздыру тізбектерінде қолданылады. Егер машинаның ішіндегі оқшаулаудың бұзылуы нәтижесінде қысқа тұйықталу пайда болса, онда аварияны шектеудің жалғыз жолы-тез нөлге дейін төмендету, яғни қоздыру орамасының магнит өрісін сөндіру. Бұл тапсырманы өрісті сөндіру машиналары орындайды.

1.3.1 Жылдам әрекет ететін автоматтардың құрылысы

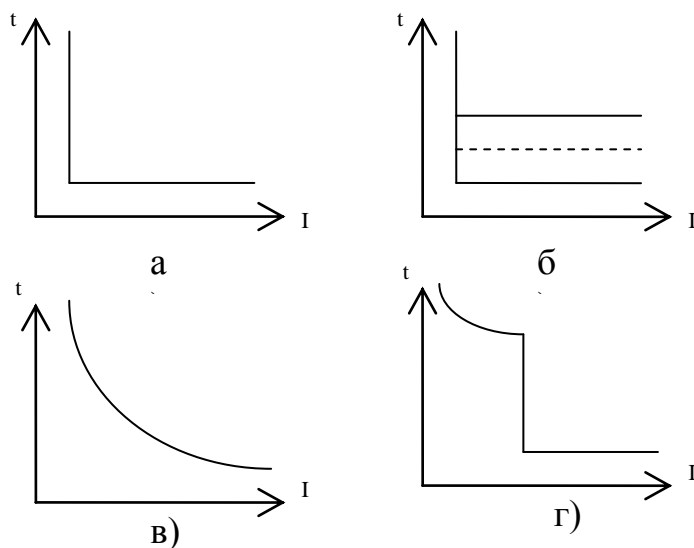
Барлық жедел емес машиналардың құрылымдық схемасы бірдей. Айырмашылық 18-суретте көрсетілген элементтердің барлығының немесе бір бөлігінің болуы.

Жеткізу желілері мен жабдықты қорғау қабілетін анықтайтын машинаның негізгі сипаттамасы уақыт болып табылады – автоматта орнатылған ажыратқыштың ағымдағы сипаттамасы. 19-суретте ажыратқыштардың теориялық сипаттамалары көрсетілген.



БЦН-сәйкессіздік тізбектерінің блок-түйіспесі; П-жетек; МРС-еркін ағыту механизмі; Б – блок-түйіспелер; ГК – басты түйіспелер; ОК – ажырату батырмасы; РМТ – ең жоғарғы токты ағытқыш; РМТ және РОТ – ең төменгі немесе кері токты ағытқыш; РМН – ең төменгі кернеуді ағытқыш; ИО – тәуелсіз ағытқыш.

18-сурет-Жедел емес автоматтардың элементтері арасындағы механикалық байланыс схемасы



а) тәуелсіз ажыратқыш; б) уақыт кідірісі бар тәуелсіз ажыратқыш; в) кері тәуелді ажыратқыш; г) аралас ажыратқыш.

19-сурет-Автоматтарды ажыратқыштардың уақыт-ток сипаттамаларының түрі

Пластмасса корпусы бар 630 А дейінгі токтарға арналған автоматты ажыратқыштар.

Оларға А-3100, АП-50, АК-63, АЕ, А-4100, ВА-50 сериялы автоматтар және т. б. жатады.

Барлық машиналардың дизайны бір-біріне ұқсас, сондықтан біз 100 А-дағы А3120 ажыратқышының мысалын қолдана отырып, машинаның құрылғысын зерттеуді қарастырамыз (20-сурет).

Пластикалық негіздер 1 және 2 қақпақтарында доғаның берілуін болдырмау үшін қажет лабиринтті тығыздағышы бар полюстер арасында бойлық сутегі бар. Үлкен қысқа тұйықталу токтарын ажыратқан кезде корпус ішіндегі газдардың қысымы жоғары, ал қақпақ жарылып кетпеуі үшін 200 А және одан жоғары ток машиналарында ол негізге алты бұрандамен бекітіледі. Бекітілген байланыс 3 және жылжымалы байланыс 4 күміс, никель және графит негізінде әртүрлі құрамдағы металл композициялардан жасалған. 600 А токқа арналған машина, кішіден айырмашылығы, әр полюсте екі негізгі байланыс және бір үзіліс бар. Доға сөндіргіш камерада 10 болат табақшалары бар, Каракаста 11 нығайтылған, парақ талшығынан жасалған. Автоматты ажыратудан кейін механизмді көтеру үшін 5 басқару тұтқасы төменгі позицияға ауысады және 6 тұтқасы 7 тұтқасымен қосылады. Енді тұтқаның қозғалысы кезінде қосу және өшіру 8 серіппелерінің әсерінен жүзеге асырылады, 9 сынған тұтқаны олардың метрлік позициясынан бір немесе басқа жаққа жылжытады және байланыс тұтқасын 12 бекітілген осьтің айналасында 13 бұрады. Автоматты ажыратқаннан кейін машинаны өлшеу үшін Сіз 1-4 минут күтуіңіз керек. термобиметалды салқындату үшін. Автоматты түрде өшіру 14 рельс бұрылып, оның 15 тісі 7 тұтқасын ұстап тұрған 6 тұтқаны босатқанда пайда болады. Бұл рельстің айналуы электромагнит 16 арматурасының 17 магниттік тізбегіне тартылуының әсерінен болады, оның ішінде негізгі ток өткізетін шина өтеді немесе термобиметалдың 18 иілуінің әсерінен ол өте жоғары токпен қызған кезде өтеді. 7 тұтқасын босатқаннан кейін, 8 серіппелерінің әсерінен механизм "автоматты түрде өшіріледі" күйіне өтеді. Бұл жағдайда басқару тұтқасы орташа позицияны алады, бұл ажыратудың автоматты түрде болғанын немесе қолмен жасалғанын білуге мүмкіндік береді.

А3120 автоматы мен автоматтарды үлкен токтарға ажыратқыш-алмалы-салмалы – оны ажыратқышпен басқа номиналды токқа ауыстыруға болады.

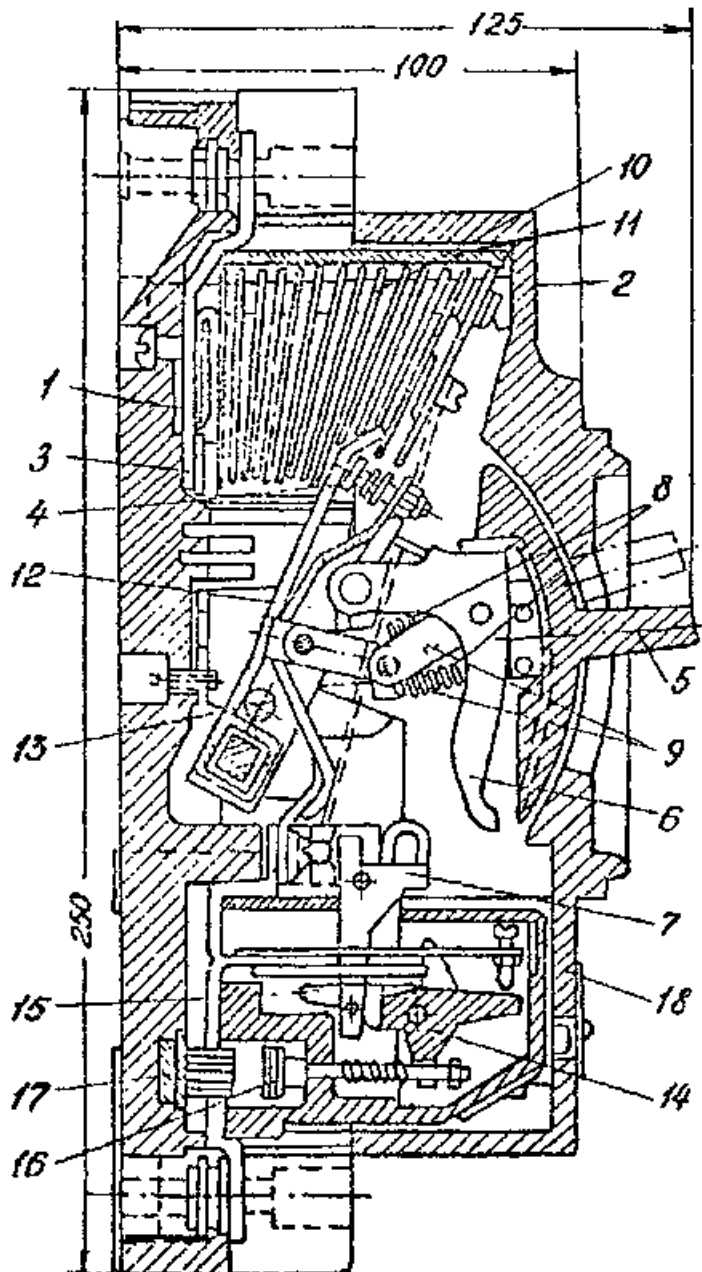
Ажыратқыштар белгілі бір іске қосу тогына орнатылады, содан кейін олар мөрленеді және жұмыс кезінде бөлшектенбейді және реттелмейді, яғни оларда реттеу шкаласы жоқ.

100 А-дан жоғары номиналды токқа арналған термобиметалдық ажыратқыш инварнемагниттік болаттан жасалған. Ол токпен ағып кетпейді, бірақ ток өтетін іргелес жылытқыштан қызады.

100 А және одан төмен токтардағы термобиметалдық элемент негізгі токпен немесе оның бір бөлігімен ағады. Соңғы жағдайда токтың басқа бөлігі шунт-жылытқыш арқылы өтеді.

Доғаны сөндіру доға 10 болат табақшалары бар доға сөндіру құрылғысында жүзеге асырылады, онда доға қатарға қосылған қысқа доғаларға

бөлінеді. Бұл U_3 доғасындағы кернеудің электрлік төмендеуін арттыруға мүмкіндік береді. Доға сөндіргіш тор жапырақ талшығының 11 жақтауына орнатылады, ол қызған кезде жабық көлемде газдар шығарады, нәтижесінде доғаның білігіндегі қысым E_d жоғарылайды, бұл доғаның тез сөнуіне ықпал етеді.



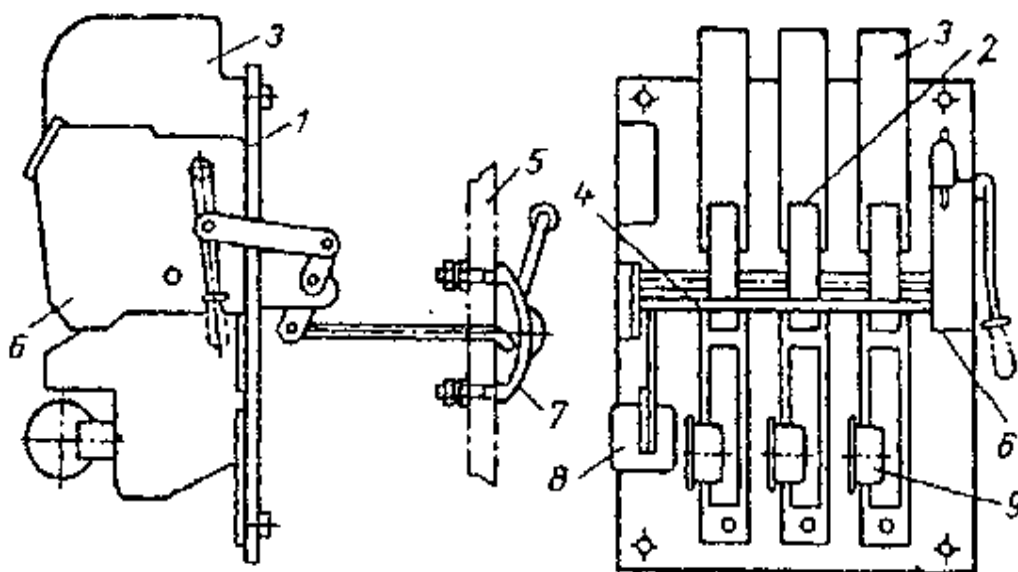
20-сурет-100 А-ға А-3120 типті автомат

1.3.2 Пластмасса корпусы жоқ 630 А жоғары токтарға арналған автоматты ажыратқыштар

Оларға АВ және АВМ сериялы автоматтар; Э- "Электрон" сериялы автоматтар; ВА-75 және ВА-53 жаңа сериялы автоматтар жатады.

21-суретте АВМ-10 автоматы көрсетілген. Оның бөліктері тарату құрылғысының ішінде орналасқан 1 пластикалық табаққа (АГ4 пластиктен) орнатылады. 5 алдыңғы жағында 7 тұтқасының тұтқасы орналасқан. Тұтқадан иінтіректер жүйесі және еркін ағыту механизмі арқылы қозғалыс 6 доға сөндіргіш камералардың ішіне кіретін 2 түйіспеге беріледі 3.

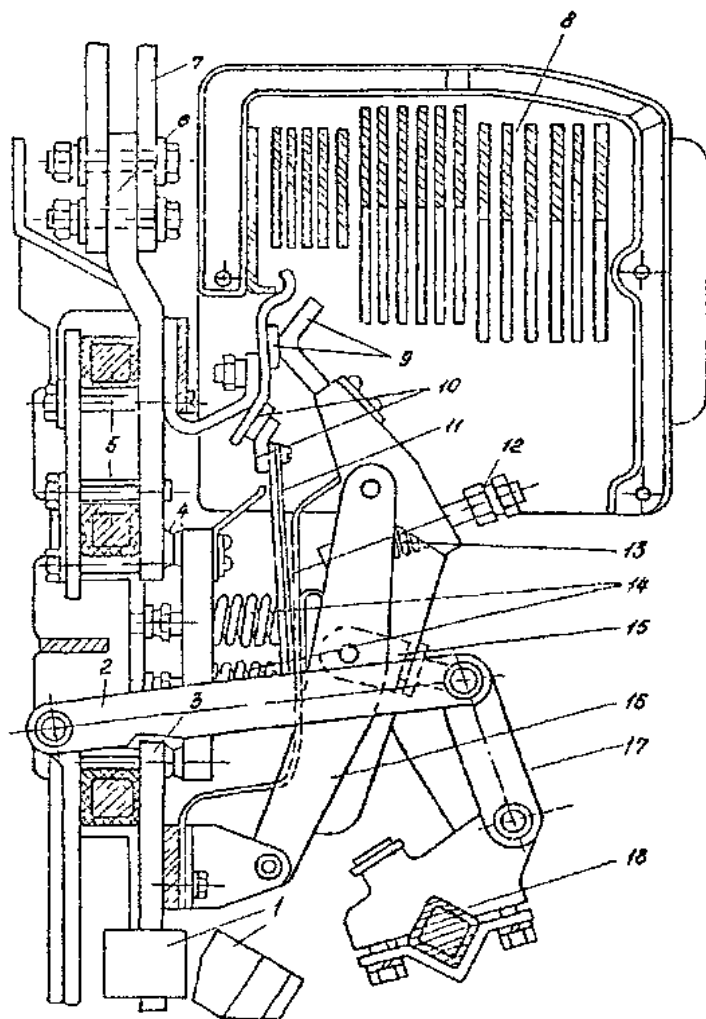
Ең төменгі кернеу ажыратқышы (немесе тәуелсіз ажыратқыш) 8 немесе ең жоғары ажыратқыш 9 іске қосылған кезде ажыратқыш білікше 4 бұрылады, бұл механизмнің ажыратылуына әкеледі. Содан кейін келісімшарттық жүйе өшіру серіппесінің әсерінен ажыратылған күйге келеді.



21-сурет-АВМ-10 типті 1000 А-ға арналған үш полюсті автомат, қашықтан басқару пульті бар.

Автоматтың байланыс жүйесі 22-суретте көрсетілген. Автоматта 3 параллель байланыс жұбы бар: негізгі 4, алдын-ала 10 және доға сөндіргіш 9. Көпір түріндегі негізгі контактілер шағын өтпелі байланыс кедергісін алуға мүмкіндік береді және автомат қосылған кезде ұзақ уақыт ток өткізуге арналған. Олар мыстан жасалған және күміс-никель қорытпаларымен қапталған.

Алдын ала және доға сөндіргіш контактілер электр доғасының әсеріне төтеп бере отырып, электр тізбектерін ажыратады. Алдын-ала контактілер жылжымалы да, қозғалмайтын да мыстан жасалған; доғалы контактілерде жылжымалы байланыс мыстан, ал қозғалмайтын металл керамикадан (мыс графит құрамы) жасалған. Автоматты қосқан кезде алдымен доға сөндіргіш контактілер жабылады, содан кейін аралық және соңғы негізгі контактілер.



22-сурет-АВ-10Б автоматының түйіспелі және доға сөндіргіш жүйелері

Өшіру кезінде, керісінше, негізгі контактілер бірінші болып ашылады, содан кейін аралық және соңғы доғалар өшіріледі. Негізгі контактілердегі контактілердің сәтсіздігі 14 цилиндрлік серіппелер көмегімен, аралық – 11 тақтайша серіппесі, ал доға сөндіргіштерде-13 цилиндрлік серіппе арқылы жүзеге асырылады. Сонымен қатар, доға сөндіргіш контактілерді жабу кезінде жылжымалы контактіні қозғалмайтын беттің бойымен домалату арқылы қамтамасыз етіледі, осылайша байланыс нүктелері толығымен жабық контактілермен және олар ашылған кезде бөлінеді. Жылжымалы байланыстар 18, 17, 15, 16, 2 тұтқалар жүйесімен оқшауланған білікпен байланысты.

Ток беру және бұру автоматқа 7, 6 және 3 мыс шиналармен жүзеге асырылады. Контактілі дәнекерлеу пластикалық платаға орнатылады. Машинаның төменгі бөлігінде 1 ажыратқыштар орналасқан. Доға сөндіру камерасы доғаны сөндіруге, сондай-ақ полюстер арасында машинаның корпусына және оның басқа тірі бөліктеріне ауысуға жол бермейді.

9 доға байланыстарында пайда болған электр доғасы электродинамикалық күштердің әсерінен доға камерасына тартылады, ол асбест-цемент камерасында бекітілген бірнеше болат плиталардан дионикалық тор 8 болып табыла-

ды. Бұл жағдайда доға қысқа доғалар қатарына бөлінеді және токтың полярлығы өзгерген кезде сөнеді.

Осы сәтте доғаның сөнуінің себебі әр катодтың жанында пайда болады (және олар камерадағы плиталардан көп болады), токтың полярлығы өзгерген кезде электрондардың осы аймақтан кетуіне байланысты зарядталған бөлшектердің аз мөлшері бар қоршаған орта қабаты. Доғаның қайтадан жануы үшін әр доғаның саңылауындағы кернеу электр доғасы камерада қанша бөлікке бөлінсе, сонша есе көп болуы керек.

Өзін-өзі тексеруге арналған сұрақтар

1. Автоматты ажыратқыштарға анықтама беріңіз.
2. Автоматты машиналар жұмыс уақыты бойынша қалай ерекшеленеді?
3. Селективті қорғаныс дегеніміз не?
4. Автоматы машиналар қандай негізгі элементтерден тұрады?
5. Еркін ажырату механизмінің мақсаты қандай?
6. Автомат жетегі не үшін қызмет етеді?
7. Электромагниттік ажыратқыштың мақсаты мен құрылғысы қандай?
8. Жылу ажыратқыштың мақсаты мен құрылғысы қандай?
9. Аппараттарда доғаны сөндірудің шарты қандай?
10. А-3100 сериялы автоматты машиналарда доға қалай сөндіріледі?
11. АВМ сериялы автоматты машиналарда доға қалай сөндіріледі?
12. Автоматты машиналардың ағымдағы сипаттамалары қандай?

1.4 Контактторлар және магниттік стартерлер

1.4.1 Контактторлар

Контакттор-бұл тиісті электр тізбектерінің шамадан тыс жүктеме токтарынан аспайтын токтарды жиі ауыстыруға арналған қос позициялы құрылғы. Контакттордың контактілерін жабу және ашу мотор, электромагниттік, пневматикалық немесе гидравликалық жетек арқылы жүзеге асырылуы мүмкін. Ең көп таралған электромагниттік контактторлар, онда байланыс жүйесін қосу электромагнит арқылы жүзеге асырылады.

Контактторлар негізгі контактілер жүйесінен, доға сөндіргіштен, электромагниттік жүйеден және көмекші контактілерден тұрады. Контакттордың жұмыс принципі шартты схемаға сәйкес қарастырылады (23-сурет). Электр жүйесінен көріп отырғанымыздай (23а – сурет), К контакттарының негізгі контактілері Д қозғалтқышының тізбегіне, ал катушкалар басқару түймелерімен, *Іске қосу, Тоқтату* және ВК көмекші контактілерімен қатар басқару тізбегіне енеді.

Құрылымдық диаграммада (23б сурет) контакттор ажырату сәтінде, өзекке 14 орнатылған катушканың 15 кернеуі жойылған кезде және серіппенің әсерінен қозғалатын жүйе өзінің қалыпты орнына келген кезде бейнеленген. 2 және 7 контактілер арасында пайда болған доға 5 камерасында 4 оқшаулағыш бөлімдерімен сөндіріледі. Доғаны камераға тарту негізгі тізбекке, 1 болат ядро-

сына және 17 полюсті ұштарына кезекпен қосылған 16 катушкасына байланысты болады. Камерадан шыға берісте иондалған газдардың камерадан тыс шығуына кедергі келтіретін 3 жалын өшіргіш тор орнатылады.

Контакторды қосу үшін 13 катушкасының қысқыштарына кернеу *Бастау* түймесін басу арқылы беріледі. Катушкада 10 якорьді өзекке тартатын Ф магнит ағыны жасалады. Зәкірде жылжымалы байланыс 7 бекітілген, ол бекітілген контактімен жанасқаннан кейін 2 оның бетіне сырғып, контактілердің бетіндегі оксидтердің қабығын бұзады. Контактілерді басу 8 серіппесі арқылы жасалады.

6 күміс контактілері ең аз өтпелі қарсылықты қамтамасыз етеді. Кейбір жағдайларда төсеніштер доғаға төзімді керамикадан жасалады. Контактор катушкасымен қосылған күйде ұсталады. Контакторды қосқаннан кейін 12 (ВК) қосалқы контактілері *Іске қосу* түймесін айналып өтеді, сондықтан іске қосу түймесінің ашылуы 15 (К) катушкалар тізбегін бұзбайды.

10 зәкірінде 9 магниттік емес жезден жасалған тығыздағыш бар, ол ядро-дағы қалдық индукцияға байланысты тартылыс күшін азайтады. Осылайша, 15 катушкасынан кернеуді алып тастағанда, арматура "жабыспайды". Басқару тізбегіндегі кернеу айтарлықтай төмендеген кезде, сондай-ақ ол жоғалған кезде контактор автоматты түрде өшеді.

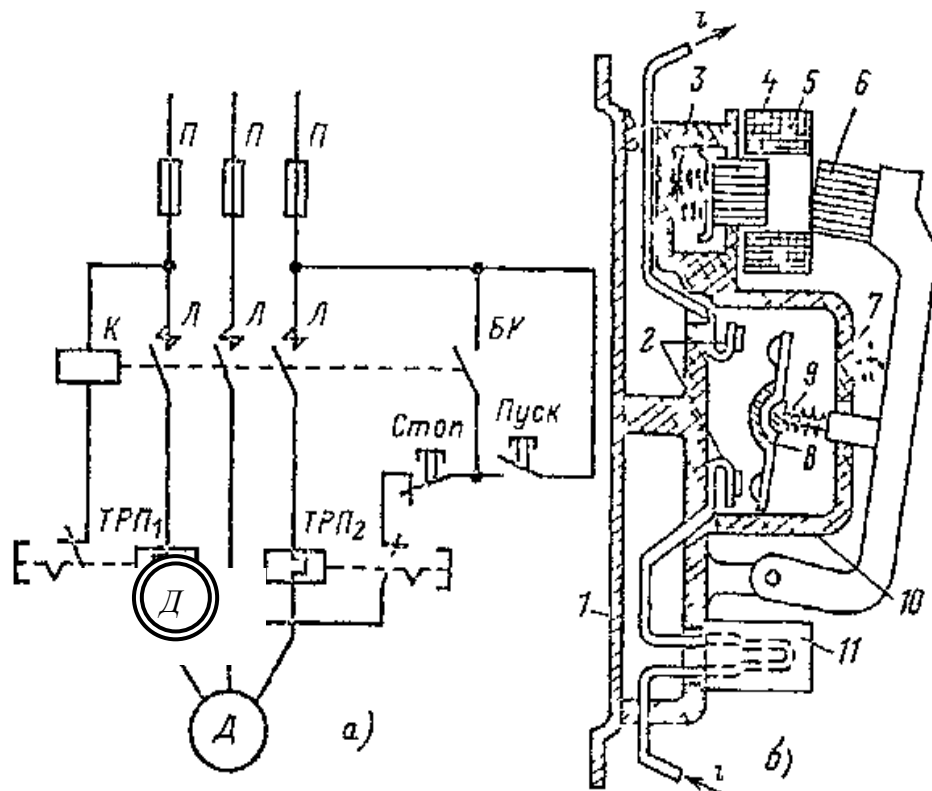
Тұрақты ток тізбектерінде КПД-100 сериялы контакторлар 300 А дейінгі токтарға, КПВ-600 630 А дейінгі токтарға және 600 В дейінгі кернеуге, сондай-ақ КМ-2000 300 А дейінгі токтарға және т. б. қолданылады.

Айнымалы ток тізбектерінде КТВ сериялы контакторлар 600 А дейінгі және 500 В кернеу үшін қолданылады, 600 А және 380 В кернеудегі ауыр жұмыс үшін КТ-6000, сағатына 1200 басталуға мүмкіндік береді.

Заманауи контакторлар жабық пластикалық қорапта шығарылады (КТУ сериясы).

Контакторлар қондырғыны қалыптан тыс режимдерден қорғамайды (шамадан тыс жүктеме, қысқа тұйықталу токтары), сондықтан автоматты басқару тізбектерінде олар қалыпты емес режимдерге жауап беретін және электромагнит катушкаларының тізбегін ашатын арнайы релемен біріктіріледі.

6 электромагнит зәкірі 4 өзегіне тартылып, O_1 осінің айналасында айналады. Бұл жағдайда 2 қозғалмайтын контактілер 8 жылжымалы байланыс көпірімен жабылады. Контактілерді басу 9 серіппемен қамтамасыз етіледі. Бұл кезде БК қосалқы контактілері жабылады (24а сурет), олар *Бастау* батырмасын айналып өтеді.



а) электр схемасы; б) конструкциялық схема

Сурет 24-ПА сериялы магниттік стартер

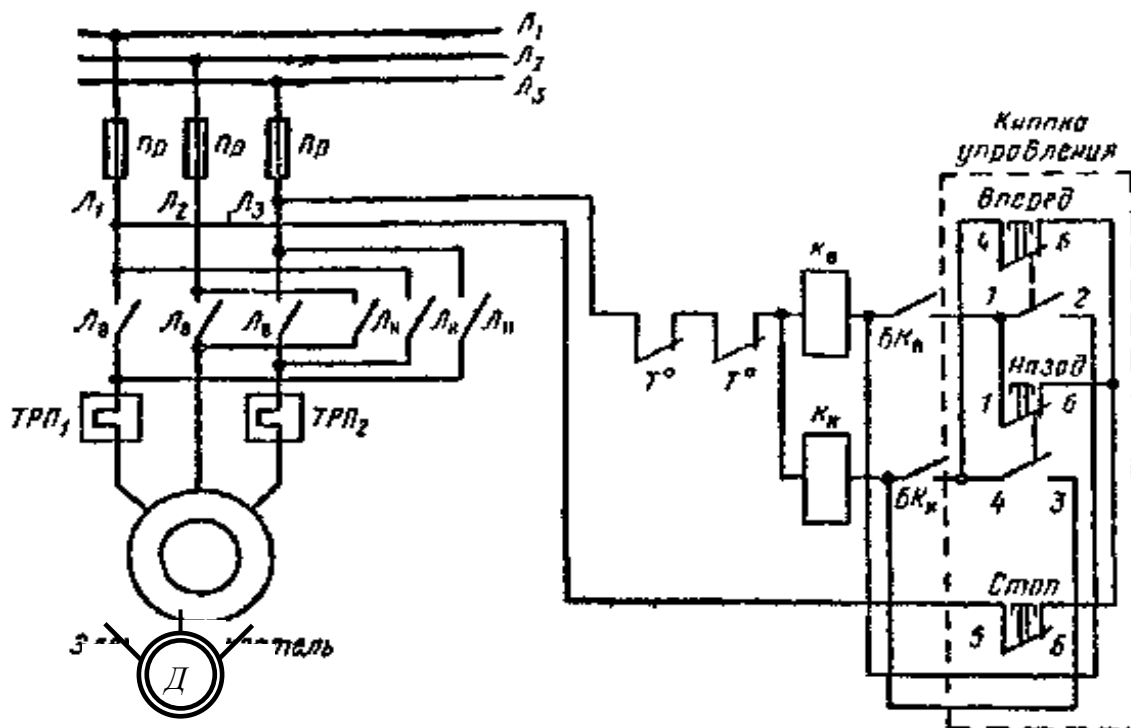
Электр қозғалтқышының шамадан тыс жүктелгенде екі немесе бір жылу релесі 11 іске қосылады, катушканың тізбегі ТРП1 және ТРП2 түйіспелерімен ашылады. Бұл жағдайда 6 якорь енді өзекпен ұсталмайды және өзінің массасы мен серіппесінің әсерінен 7 жылжымалы жүйе контактілерді бұлдыратып, ажыратылған күйге өтеді. Әр фазадағы қосарлы үзіліс және жабық камера 10 доғаны арнайы қондырғыларсыз сөндіреді.

Сол сияқты, *Стоп* түймесін басқан кезде стартер өшіріледі.

3 соққыны сіңіретін серіппе қозғалмалы бөлікті қосқан кезде өткір соққылардан қорғайды. Стартердің барлық бөліктері 1 металл негізіне бекітілген.

Қозғалтқышты қысқа тұйықталудан қорғау үшін тізбекке П сақтандырғыштары кіреді.

Қайтымды магниттік стартердің схемасы 25-суретте көрсетілген.



Сурет 25-Қайтымды магниттік стартер схемасы

"Алға" басқару батырмасында 1-2 түйіспелері және 4-6 ашылатын контактілер бар. Қозғалтқышты «Артқа» қарама-қарсы бағытта қосу батырмасы ұқсас контактілерге ие. Тиісінше, "в" индексі Алға жұмыс істеуге қатысатын элементтерге және кері жұмыс кезінде "н" индексіне жатады. "Алға" іске қосылған кезде осы батырманың 1-2 түйіспелері жабылады және процесс қайтымсыз стартермен бірдей жүреді, тек айырмашылығы-КВ катушкасының тізбегі "артқа"батырмасының 1-6 ашылатын контактілері арқылы жабылады. Сонымен қатар, 4-6 "Алға" батырмасының ашылатын контактілері ашылады, ал КН катушкасының тізбегі үзіледі. "Артқа" түймесін басқан кезде алдымен 1-6 контактілері ашылады, КВ катушкасы өшіріледі және "алға"стартері өшіріледі. Содан кейін 4-3 контактілері "артқа"стартердің электромагнитін іске қосады. "Алға" және "Артқа" батырмаларын бір уақытта басқан кезде, ешқандай Стартер қосылмайды.

Блок-контактілер қазіргі уақытта әртүрлі қосқыштарда орнатылуы мүмкін бірыңғай блоктар түрінде шығарылады.

1.4.3 Тиристорлық стартер

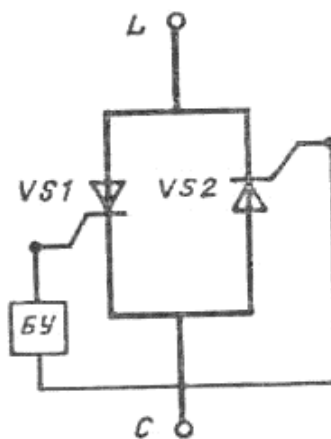
Ағымдағы сөндірулер кезінде пайда болатын доғаны сөндіруге арналған контактілері мен қондырғылары бар дәстүрлі коммутациялық құрылғылардың орнына қазіргі кезде жартылай өткізгіштерді қолдануға негізделген байланыссыз құрылғылар енгізілуде.

Электр тізбектерінде тиристорларға негізделген құрылғылар токты өшіру үшін қолданылады. Тиристор-р-п-р-п құрылымы бар төрт қабатты кремний кристалынан тұратын басқарылатын жартылай өткізгіш құрылғы.

Шеткі қабаттардан алынған сыртқы түйреуіштер катод және анод ретінде қызмет етеді, ал бір ішкі базалық аймақтан шығу электродты басқару ретінде қызмет етеді

Егер басқару электродына ток берілмесе, онда тиристор құлыпталады (әсер ететін кернеулердің белгілі бір шегінде).

Егер ток басқару электродына берілсе, онда анод кернеуінің астындағы тиристор өткізгіштік күйіне өтеді. Тиристордың бұл қасиеттері айнымалы ток коммутациясына арналған бір фазалы қуат кілтінің құрылғысына негізделген (26-сурет). VS1, VS2 тиристорлары параллель қосылған. Егер басқару электродтарына анодты кернеумен синхронды БУ басқару блогынан төмен қуатты импульстар берілсе, онда VS1 тиристоры кезеңнің бірінші жартысын, ал VS2 — кезеңнің екінші жартысын өткізеді. Басқару импульстары берілген кезде тізбек бүкіл уақыт бойына қосылады. Оларды алып тастағанда, тиристорлардың құлыпталуы айнымалы ток электр тізбегінде нөл арқылы өткеннен кейін автоматты түрде жүреді. Демек, өшіру уақыты жарты кезеңді құрайды, яғни 0,01 с, бұл дәстүрлі ажыратқыштардан 10-20 есе аз.



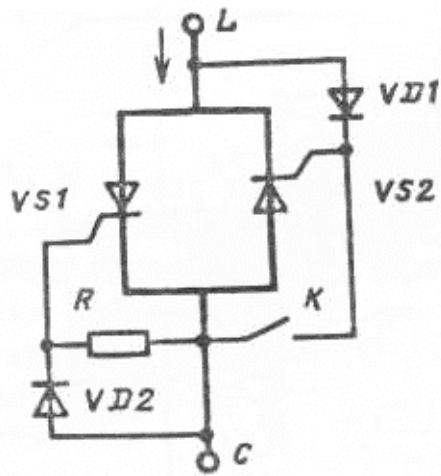
Сурет 26-бір фазалы тиристорлық қуат кілті

Бекітілген күйде тиристор белгілі бір кернеуге төтеп береді ("кері кернеу"). Тізбектің ажыратылған бөліктерінің гальваникалық байланысы жартылай өткізгіш байланыстың жетілмегендігіне байланысты сақталады, яғни тізбекте ағып кету тогы өтеді. Бұл кемшілік электр тізбегіне тізбекті кернеуді ажырататын байланыс құрылғысын тізбектей қосу арқылы жойылады.

Тиристорлардың ерекшелігі-жартылай өткізгіш байланыстағы кернеудің төмендеуі, бұл қуаттың едәуір бөлінуіне және осылайша контактінің қызуына әкеледі. Жартылай өткізгіш құрылғылар қарқынды салқындатуды қажет етеді-ауа немесе су.

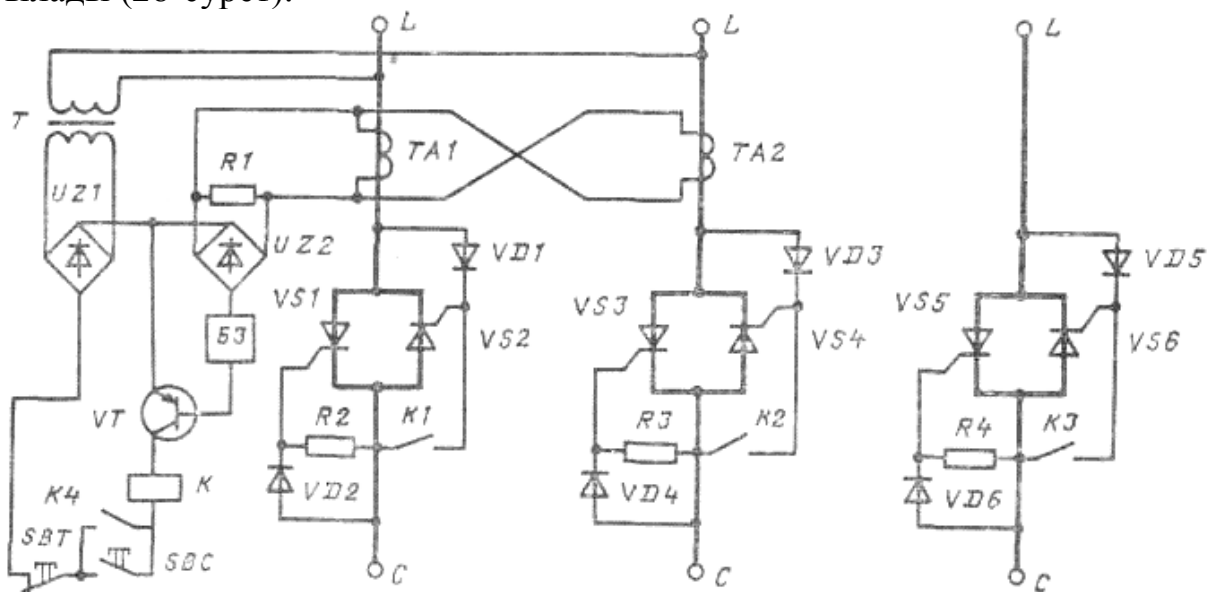
Белсенді айнымалы кернеумен қатаң синхронды басқару импульстарын құратын басқару блогы ретінде магниттік күшейткіштері немесе импульстік модуляторлары бар тізбектерді қолдануға болады.

27-суретте диодтарды қолдана отырып тиристор кілтінің схемасы көрсетілген. Басқару импульстері тиристорлардың анодтық кернеулерінен қалыптасады. Егер VS1 тиристорының анодында оң жартылай кернеу толқыны болса, онда реле контактілері VD1 диоды мен R резисторы арқылы жабылған кезде, басқару тогының импульсі VS1 тиристорының басқару электродына өтеді. Нәтижесінде VS1 тиристоры қосылады, анод кернеуі нөлге дейін төмендейді, сондықтан басқару сигналы жоғалады, бірақ тиристор ток нөлге ауысқанға дейін өткізгіш күйде қалады. VS2 тиристоры келесі жарты кезеңге ұқсас түрде қосылады. К релесінің контактілері қосылған кезде тиристорлар автоматты түрде кезек-кезек қосылып, токтың көзден жүктемеге өтуін қамтамасыз етеді.



27 - сурет-Диодтарды қолданатын тиристорлық кілт

Тиристорлық кілттер тиристорлық стартер схемаларының негізі болып табылады (28-сурет).



28-сурет-Тиристорлық стартер схемасы

VS1 — VS6 қуат тиристорлары ток өткізеді. K1 — K3 контактілері К релесімен басқарылады, ол Т бөлгіш трансформаторы, UZ1 түзеткіші және VT транзисторы арқылы негізгі желіге қосылады. SBC түймесін басу арқылы іске қосылған кезде К релелік тізбегі жабылады, ол тиристорлық кілттер тізбегіндегі контактілерді қамтиды және күш тізбегі VS1 — VS6 тиристорлары арқылы жабылады. SBT түймесін басу арқылы электр қозғалтқышы тоқтаған кезде К релесінің тізбегі ашылады, K1 — K3 контактілері ашылады, басқару импульстері тиристорларға енбейді және ток нөлдік мәннен өткен кезде олар жабылады. Басқару автоматты түрде жүзеге асырылуы мүмкін.

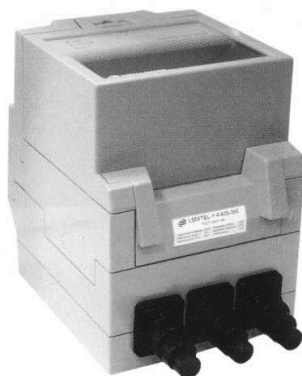
1.4.4 Вакуумдық контакторлар сериясы LSM/ TEL-1-4/400

LSM/TEL-1-4/400 төмен вольтты вакуумды контактор номиналды кернеуі 1140 В дейінгі өнеркәсіптік жиіліктегі айнымалы үш фазалы ток желілеріндегі электр тізбектерін ауыстыруға арналған.

Контактор (29-сурет) қалыпты жағдайларда және жұмыс жүктемелерінде токтарды қосуға, жүргізуге және өшіруге қабілетті. Ол электр тізбектерін жиі ауыстыру үшін қолданылады. Қысқа тұйықталған және фазалық роторы бар асинхронды электр қозғалтқыштардың іске қосу құрастырмаларында, станцияларында және басқару блоктарында, жетектерді қашықтықтан басқару жүйелерінде және резервті автоматты қосу құрылғыларында орнатылады.

Айрықша ерекшеліктері:

- пайдаланудың барлық мерзімі ішінде контакторға қызмет көрсету қажеттілігінің болмауы;
- үлкен механикалық және коммутациялық ресурс;
- басқару тізбегінің өзін-өзі бақылауы және басқару блогының температурасы;
- қосалқы тізбектердегі кернеу құлауына сезімталдық;
- әр түрлі күйлер мен жұмыс режимдерінің жарық индикациясы;
- коммутация және тұйықталған күйде ұстап қалу кезіндегі қуатты аз тұтыну;
- орнатудың икемділігі мен ыңғайлылығы.



Сурет 29-Вакуумдық контакторлар сериясы LSM/ TEL-1-4/400

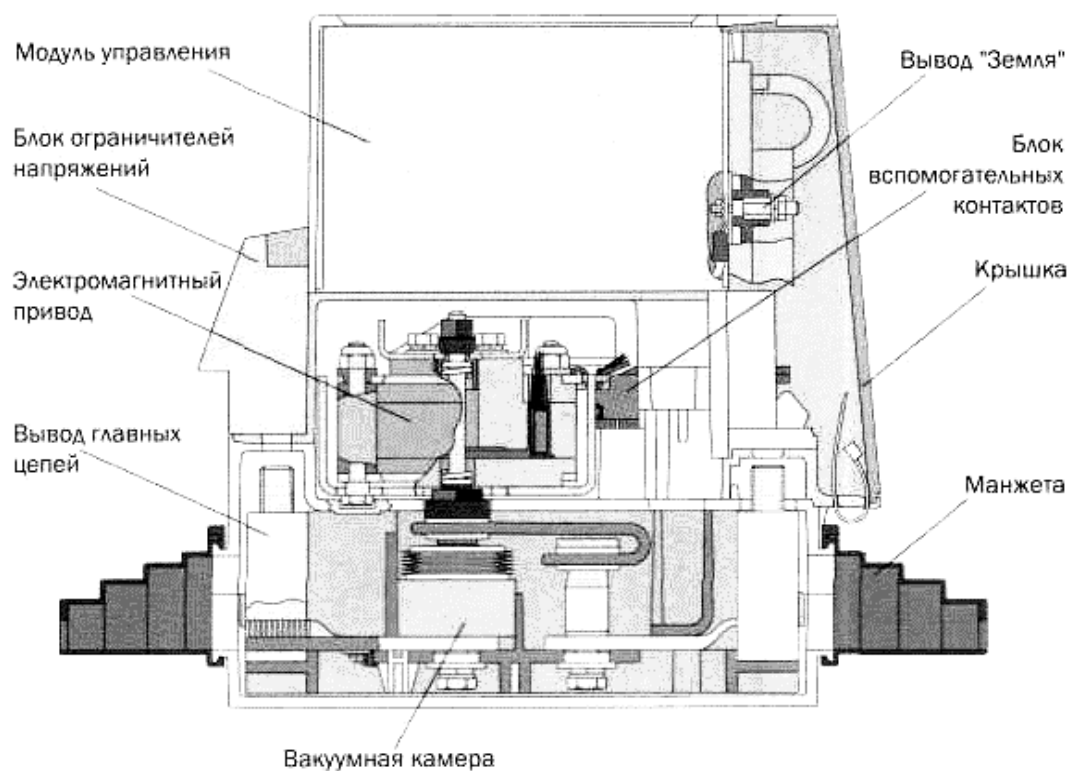
Контактордың дизайны.

LSM/ TEL-1-4/400 контакторы (30-сурет) коммутациялық модуль мен басқару блогынан тұрады.

Коммутациялық модульдің конструкциясында электромагниттік жетектен вакуумдық камералардың жылжымалы байланыстарына күш беру үшін қосымша құрылғылар жоқ. Айналымды біліктерді, тіректерді және бұрыштық тұтқаларды пайдаланбай жылжымалы контактілер мен жетектің қатаң сызықтық қозғалысы кинематикалық тізбекті айтарлықтай жеңілдетеді және контактордың жоғары сенімділігін қамтамасыз етеді.

Кірістірілген басқару блогы қосу және өшіру операцияларын, сондай-ақ контактілерді жабық күйде ұстауды қамтамасыз етеді. Конденсаторды қосу принципін қолдану жұмыс кернеуінің қысқа мерзімді сәтсіздіктері кезінде негізгі байланыстардың толық жабылуына кепілдік береді.

Контактордың барлық компоненттері ылғалға төзімді полимерлі материалдан жасалған оқшаулағыш корпусқа салынған.



30-сурет-Контактордың дизайны LSM/ TEL-1-4/400

Контактордың жұмыс принципі (31-сурет).

Контакторды қосу.

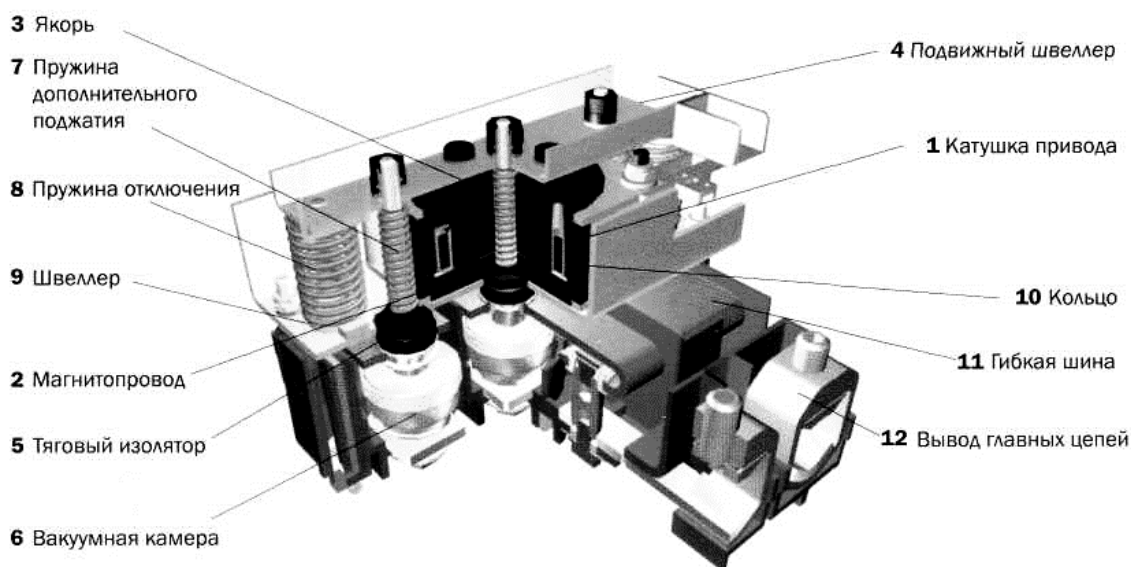
Қуат конденсаторларын батареядан қосу пәрменін бергеннен кейін тұрақты кернеу 1 электромагниттік жетектің орамасына беріледі. Өсіп келе жатқан ток магниттік тізбек 2 мен қозғаушы катушка арасындағы электромагниттік тартуды күшейтеді, ол зәкірді 3, жоғарғы каналды 4, тарту оқшаулағыштарын 5 және ва-

куумдық камераның қозғалмалы түйіспелерін 6 қозғалысқа келтіреді. Контактілер жабылған кезде арматура шамамен 1 мм алға жылжып, байланыс серіппесін 7 және ашылатын серіппені 8 қысып, контакторды келесі ажырату операциясына дайындайды.

Контактілер қосу тогымен сәйкес келетін ұстап тұру тогына байланысты жабық күйде қалады.

Контакторды ажырату

Ажырату пәрмені кезінде ұстап қалу тогының берілуі тоқтатылады. Өшіру серіппелерінің әсерінен арматура босатылып, тез жеделдетіледі. Ашылған кезде мобильді байланыстардың жылдам үдеуі жоғары ажыратымдылықты қамтамасыз етеді. Зәкір төтенше жағдайға жеткенде, жылжымалы контактілер ажырату серіппелерінің күшімен ашық күйде ұсталады.



31-сурет-Коммутация модулінің дизайны

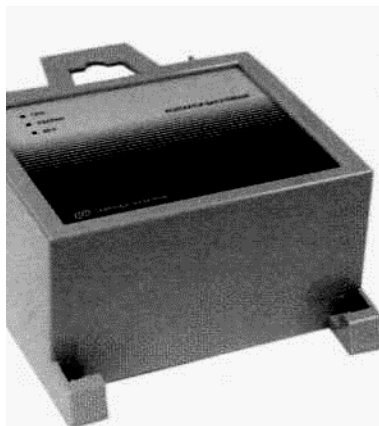
Басқару блогы.

Жалпы көрінісі 32-суретте көрсетілген СМ/TEL-20R басқару блогы-контакторды қашықтан басқаруға арналған микропроцессорлық құрылғы коммутациялық қондырғыға орнатылады және LSM/TEL контакторының ажырамас бөлігі болып табылады.

Басқару блогының жұмысына конденсаторды қосу принципі енгізілген, онда контактілерді жабық күйде қосу және ұстап тұру басқару блогының ішіндегі шартты түрде бөлінген қуат көздерінің энергиясы есебінен жүзеге асырылады.

Негізгі қуат тұтынуы зарядталған конденсатордың сақталған энергиясына байланысты контакторды ауыстыру кезінде пайда болады. Қуат тогы жетек арматурасының жеткілікті үдеуін қамтамасыз етеді, бұл сыртқы тізбектегі кернеу деңгейінен тәуелсіздігін сақтай отырып, қосу процесі үшін оңтайлы. Контактілерді жабық күйде ұстау тогы аз қуат көзінен энергияны тұтынады, ал қысқа мерзімді кернеу кезінде резервтік қуат көзі зарядталған конденсатор батареясы

бола алады. Осылайша, басқару блогы тұтастай алғанда қуат шығынын едәуір азайтады, сонымен қатар қайталама тізбектегі кернеудің төмендеуі кезінде контактордың тұрақты жұмысын қамтамасыз етеді. Басқару блогы контактор тізбектерінің жарамдылығын және блок корпусының ішіндегі температураны бақылауды жүзеге асырады. Контактордың әртүрлі күйлері мен жұмыс режимдері туралы ақпарат блок панеліндегі жарық дабылы арқылы көрсетіледі.



32-сурет-Контакторды басқару блогының жалпы көрінісі

Контактор екі өзара алмастырылатын қосалқы байланыс блоктарымен, кірістірілген қосалқы коммутациялық контактімен және ауыспалы кернеу шектегіштерімен (ОПН) жабдықталған. Қосымша жабдықты орнату және ауыстыру құрылғының алдында негізгі схемаға кедергі келтірмей жүзеге асырылады, ол орнатудың қарапайымдылығы мен ыңғайлылығымен сипатталады. Стандартты жиынтықтың қосалқы түйіспелер блогында бір қалыпты ашық (НПК) және бір қалыпты жабық (НЗК) түйіспелері болады. Кернеуді шектеу блогы электр қабылдағышты коммутациялық шамадан тыс кернеулердің пайда болуынан қорғау үшін қолданылады.

LSM/TEL вакуумдық контакторы айтарлықтай аз мөлшерде және массада жөндеу және қайта өңдеусіз жұмыс циклдарының саны бойынша дәстүрлі ауа контакторларынан алда келеді.

Өзін-өзі тексеруге арналған сұрақтар

1. Контакторлардың құрылымы және жұмыс принципі.
2. Контактордың қорғаныс функциялары қандай?
3. Магниттік стартерлерде доғаны сөндіру үшін қандай әдістер мен құрылғылар қолданылады?
4. Магниттік стартердің қорғаныс функциялары қандай?
5. Тиристорлық стартерлердің құрылымы мен жұмыс принципі.
6. Вакуумдық стартерлердің құрылымы және жұмыс принципі.
7. Қайтару коэффициенті дегеніміз не және ол нені сипаттайды?

2 Электр аппараттары мен өткізгіштерді таңдау

Станциялар мен қосалқы станциялардағы барлық электр аппараттары, ток өткізгіш бөліктер мен оқшаулағыштар ұзақ жұмыс жағдайлары бойынша таңдалуы және қысқа тұйықталу жағдайлары бойынша тексерілуі тиіс.

Жобаланған қондырғы үшін құрылғылар мен өткізгіштерді таңдау берілген электр схемасы бойынша есептеу жағдайларын анықтаудан басталады, атап айтқанда: қосылулардың есептік жұмыс токтары, қысқа тұйықталудың есептік токтары және т.б.

Есептелген шамалар каталогтар мен анықтамалар бойынша таңдалған құрылғылар мен өткізгіштердің тиісті номиналды параметрлерімен салыстырылады.

Құрылғыларды таңдау кезінде қондырғының түрін (сыртқы немесе ішкі), қоршаған ауаның температурасын, бөлменің ылғалдылығы мен ластануын, сондай-ақ құрылғының өлшемдерін, салмағын, құнын, оны тарату құрылғысына орналастырудың ыңғайлылығын ескеру қажет.

1000 В-тан жоғары қондырғылардағы электр желілерінің және оларға қосылған электр энергиясының көздері мен қабылдағыштарының келесі кернеулерге бөлінеді: номиналды интерфейс кернеуі $U_{ном}$, ең жоғары жұмыс кернеуі U_{max} және орташа номиналды кернеу $U_{ср}$. Электр желілері кернеулерінің мәні 1-кестеде келтірілген.

1-кесте-Электр желілерінің кернеуі

$U_{ном}$, кВ	3	6	10	20	35	110	150	220	330	500	750
$U_{ср}$, кВ	3,15	6,3	10,5	21	37	115	154	230	340	515	770
U_{max} , кВ	3,6	7,2	12	24	40,5	126	172	252	363	525	787

Электр аппараттары мен кабельдерді оқшаулау қондырғының номиналды кернеуіне U_y сәйкес келуі тиіс, ол үшін шарт орындалуы тиіс:

$$U_y \leq U_{ном}, \quad (1)$$

мұндағы $U_{ном}$ - құрылғының немесе кабельдің номиналды кернеуі.

2.1 Жұмыс режимі бойынша аппараттар мен өткізгіштерді таңдау үшін есептік жағдайлар

Жұмыс режимі қалыпты және ауыр болып бөлінеді. Қалыпты орнату режимі жұмыс жоспарында қарастырылған режимді білдіреді. Қалыпты режимде осы электр қондырғысының барлық элементтері мәжбүрлі ажыратуларсыз және

артық жүктемелерсіз жұмыс істейді. Ауыр режим-бұл зақымдануына немесе профилактикалық жөндеуге байланысты қосылыстардың бір бөлігін мәжбүрлі түрде өшіру режимі. Сонымен қатар, басқа қосылыстардың жұмыс токтары айтарлықтай артуы мүмкін. Осылайша, қалыпты режимдерде құрылғылар мен өткізгіштерді таңдау үшін қалыпты $I_{раб.норм}$ және ауыр $I_{раб.утж}$ режимдердің қосылыстарының жұмыс токтарының мәндерін білу қажет.

Шиналар мен кабельдердің көлденең қимасын экономикалық ток тығыздығы бойынша таңдағанда, олар қысқа жүктемелерді ескерместен қалыпты жұмыс режимінен шығады.

Ұзақ қыздыру шарты бойынша аппараттар мен өткізгіштер ауырлатылған режимді қанағаттандыруы тиіс.

Есептеу токтарын анықтаудың кейбір нақты жағдайларын қарастырамыз.

Генераторларды, синхронды компенсаторларды, электр қозғалтқыштарды қосу үшін қалыпты режимдегі есептік жұмыс тогы тиісті номиналды токқа тең қабылданады

$$I_{раб.норм} = I_{ном.г} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3}U_{ном} \cos \varphi_{ном}}, \quad (2)$$

мұндағы $P_{ном}$ - генератордың номиналды қуаты.

Генераторларда, синхронды компенсаторларда және электр қозғалтқыштарында ауыр режимі іс жүзінде жоқ, өйткені ток бойынша рұқсат етілген ұзақ жүктеме 5%-тен аспайды:

$$I_{раб.утж} = 1,05 \cdot I_{ном} \quad (3)$$

Күштік трансформаторларды қосу үшін қалыпты режимдегі есептік жұмыс тогы трансформатордың номиналды тогына тең болуы мүмкін, трансформатордың мақсаты мен резервтік әдісіне байланысты одан аз немесе көп болуы мүмкін. Сонымен, генераторлары бар блоктарға қосылған күшейткіш трансформаторларды қосу үшін ауыр режимі алынып тасталады, себебі

$$I_{раб.норм} = I_{ном.т} = \frac{S_{ном}}{\sqrt{3}U_{ном}}, \quad (4)$$

мұндағы $S_{ном}$ - генератордың қуатына сәйкес келетін трансформатордың номиналды қуаты,

Екі трансформаторы бар қосалқы станцияларда әр трансформатордың номиналды қуаты $S_{ном.т}$ шарттан таңдалады:

$$I_{ном.т} = 0,7 \cdot P_{max}, \quad (5)$$

мұндағы P_{max} - жобалық деңгейде қосалқы станцияның максималды жүктемесі бес жылды құрайды.

Қалыпты жұмыс кезінде әр трансформатордың жүктемесі оның номиналды қуатының шамамен $2/3$ құрайды, сондықтан жоғары және төменгі кернеулерден трансформатордың $I_{раб.норм}$ қалыпты қосылу режимінің есептелген жұмыс тогы тең қабылдануы керек

$$I_{раб.норм} = \frac{2}{3} I_{ном.т} \quad (6)$$

Бір трансформаторды мәжбүрлі түрде тоқтату жағдайында, екіншісі қосалқы станцияның барлық жүктемесін қабылдайды және 5 күнде, күніне 6 сағат ішінде $1,4$ номиналды қуатқа дейін жүктеледі.

Ауырлатылған режимдегі есептік ток

$$I_{раб.утж} = 1,4 \cdot I_{ном.т} \quad (7)$$

Үш орамалы трансформаторлар мен автотрансформаторлардың қосылыстарының есептік жұмыс токтарын айқындау кезінде қалыпты және ауырлатылған режимдердегі орамдар арасындағы қуаттың бөлінуін ескеру қажет. Мысалы, үш орамалы трансформатордың немесе қосалқы станциядағы автотрансформатордың жоғары кернеу тізбегінде қалыпты және ауыр режимдегі есептік токтар екі орамалы трансформатор тізбегіндегідей анықталады.

Жұмыс істеп тұрған екі трансформатор (автотрансформаторлар) кезіндегі орташа және төмен кернеулер жағында:

$$I_{раб.норм} = \frac{S_{нагр}}{2\sqrt{3}U_{ном}}, \quad (8)$$

мұндағы $S_{нагр}$ - орташа немесе төменгі кернеу жағында ең үлкен перспективалық жүктеме.

Бір трансформаторды ажыратқан кезде

$$I_{раб.утж} = 2 \cdot I_{раб.норм}. \quad (9)$$

Сызық тізбегі. Бір радиалды сызық үшін

$$I_{\text{раб.норм.}} = I_{\text{раб.утж}} \quad (10)$$

және желінің ең үлкен жүктемесі бойынша анықталады.
Параллель жұмыс істейтін екі желі үшін

$$I_{\text{раб.норм.}} = \frac{S_{\text{нагр}}}{2\sqrt{3}U_{\text{ном}}}; \quad (11)$$

$$I_{\text{раб.утж}} = 2 \cdot I_{\text{раб.норм.}}, \quad (12)$$

мұндағы $S_{\text{нагр}}$ - желілер арқылы берілетін ең үлкен қуат.

n параллель сызықтар үшін

$$I_{\text{раб.норм.}} = \frac{S_{\text{нагр}}}{n\sqrt{3}U_{\text{ном}}}; \quad (13)$$

$$I_{\text{раб.утж}} = \frac{n}{n-1} I_{\text{раб.норм.}} \quad (14)$$

Параллель сызықтарға арналған салмақ режимі олардың біреуі өшірілген кезде пайда болады; кабельдердің тізбектері үшін - кабельдердің шамадан тыс жүктеме сыйымдылығын пайдалану кезінде. Мәселен, кернеуі 10 кВ және одан төмен қағаз сіндірілген оқшауламасы бар кәбілдер үшін электр қондырғыларын орнату қағидаларына сәйкес аварияны жою кезінде кәбілді $1,3 \cdot I_{\text{доп}}$ дейін қайта тиеуге жол беріледі, егер жүктеме максимум сағаттарында $0,8 \cdot I_{\text{доп}}$ аспаса. Көрсетілген қайта тиеуге ең жоғары жүктеме кезеңінде (тәулігіне 6 сағаттан аспайтын) бес тәулік ішінде жол беріледі.

Станциялардың және қосалқы станциялардың, аппараттар мен шиналардың жинамалы шиналары үшін шинақосқыш және секциялық ажыратқыштар тізбектерінде ауырлатылған режимдегі ток пайдалану режимі неғұрлым қолайсыз болған кезде шиналар бойынша ток бөлуді ескере отырып анықталады. Мұндай режимдер генераторлардың бір бөлігін өшіру, шығатын желілерді бір шиналар жүйесіне, ал қуат көздерін екіншісіне ауыстыру болып табылады. Әдетте, префабрикалық шиналар, секциялық және шиналық қосқыштар арқылы өтетін ток $I_{\text{раб.утж}}$ осы шиналарға қосылған ең қуатты қуат көзінен аспайды.

Топтық қосарланған реактор тізбегінде қалыпты режимде реактор тармақтары біркелкі жүктеледі

$$I_{\text{раб.норм}} = \frac{S_{\text{нагр}}}{\sqrt{3}U_{\text{ном}}}, \quad (15)$$

мұндағы $S_{\text{нагр}}$ - тармақтарға қосылған тұтынушылардың жүктемесі.

Ауыр режим реактор тармағына қосылған тұтыну желілерінің бірі ажыратылған кезде, басқа тармақтың жүктемесі тиісінше артуы мүмкін болған кезде пайда болады

$$I_{\text{раб.утж}} = \frac{n}{n-1} I_{\text{раб.норм}}, \quad (16)$$

мұндағы n - реактордың бір тармағына қосылған желілер саны.

Дұрыс таңдалған реакторда $I_{\text{раб.утж}}$ реактор тармағының номиналды тогынан аспайды..

Сонымен, ұзақ қыздыруды таңдау шарттары:

1) аппараттар үшін

$$I_{\text{раб.утж}} \leq I_{\text{ном}}; \quad (17)$$

2) шиналар мен кабельдер үшін

$$I_{\text{раб.утж}} \leq I_{\text{доп}}, \quad (18)$$

мұндағы $I_{\text{раб.утж}}$ - ауыр жұмыс режиміндегі тізбек тогы;

$I_{\text{ном}}$ - номиналды ток аппараты;

$I_{\text{доп}}$ - өткізгіштің ұзақ рұқсат етілген тогы.

Аппараттардың номиналды тогы $I_{\text{ном}}$ қоршаған ауаның температурасы $\theta_{\text{о.ном}} = +35^\circ\text{C}$ болғанда, ток $I_{\text{доп}}$ - қоршаған ауаның температурасы $\theta_{\text{о.ном}} = +25^\circ\text{C}$ болғанда немесе жердің температурасы $\theta_{\text{о.ном}} = +15^\circ\text{C}$ болғанда нормаланады.

Егер қоршаған ортаның нақты температурасы θ_0 номиналды температурадан $\theta_{\text{о.ном}}$ өзгеше болса, онда номиналды токты қатынасы бойынша қайта есептеу керек:

1) аппараттар үшін

$$I'_{ном} = I_{ном} \sqrt{\frac{\theta_{доп} - \theta_o}{\theta_{доп} - 35}}; \quad (19)$$

2) шиналар мен кабельдер үшін

$$I'_{доп} = I_{доп} \sqrt{\frac{\theta_{доп} - \theta_o}{\theta_{доп} - \theta_{о.ном}}}, \quad (20)$$

мұндағы $I'_{ном}$ және $I'_{доп}$ - қоршаған орта температурасында номиналды және ұзақ рұқсат етілген ток θ_o ;

$\theta_{доп}$ - аппараттың немесе өткізгіштің ұзақ рұқсат етілген температурасы.

2.2 Қысқа тұйықталу режимі бойынша аппаратураны және ток өткізгіш бөліктерді тексеруге арналған есептік шарттар

Тарату құрылғыларының электр аппараттары мен шиналық конструкциялары электродинамикалық және термиялық орнықтылыққа тексерілуі тиіс. Ажыратқыш аппараттарды (ажыратқыштар, сақтандырғыштар), бұдан басқа, ажырату қабілеті бойынша тексереді. Ол үшін қысқа тұйықталудың есептік токтарын алдын ала, алмастыру схемасын, есептік схеманы жасап және қысқа тұйықталудың есептік нүктелерін (И қосымшасы) белгілей отырып анықтау қажет.

Бір тізбектің аппараттары мен өткізгіштерін таңдау үшін жобалық схеманы құру кезінде орнату режимі таңдалады, онда осы тізбекте үлкен қысқа тұйықталу тогы болады. Бұл ретте ұзақ мерзімді пайдалану үшін көзделмеген режимдер ескерілмейді (мысалы, станцияның өз қажеттіліктерінің резервтік және жұмыс трансформаторының қысқа мерзімді қатар жұмысы және басқалары).

Қысқа тұйықталудың есептік нүктесі ретінде зақымдалған кезде таңдалған құрылғы немесе өткізгіш арқылы ең үлкен ток өтетін нүктені қабылдау керек. Қысқа тұйықталудың есептік нүктелерін таңдау оқу әдебиетінде егжей-тегжейлі қарастырылады/18/, /19/, /20/.

Реакциялық желі тізбегіндегі аппараттар мен өткізгіштерді таңдау кезінде мыналарды ескеру қажет:

а) шиналардан тармақтарды шиналау және құрама шиналар мен айырғыштар арасындағы өтпелі оқшаулағыштар (бөлгіш сөрелер болған кезде) реакторға дейінгі қысқа тұйықталудан шыға отырып таңдалуы тиіс;

б) реакторға дейін орнатылатын шиналық айырғыштарды, ажыратқыштарды, ток трансформаторларын, өтпелі оқшаулағыштар мен ошиновкаларды таңдау реактордың артындағы қысқа тұйықталу токтарының мәндері бойынша орындалуы тиіс.

Аппараттар мен қатты шиналардың электродинамикалық тұрақтылығын тексеру кезінде оларға қатысты қолдау және тірек конструкциялары бар қысқа тұйықталудың есептік түрі үш фазалы қысқа тұйықталу болып табылады. Термиялық төзімділікті үш фазалы қысқа тұйықталу арқылы да тексеру керек. Генератор тізбегіндегі аппараттар мен өткізгіштер ерекшелік болып табылады, олар үшін генератордың резервтік қорғанысының әрекет ету уақыты кезінде олардың термиялық тұрақтылығын тексеру қажет. Қуаты 60 МВт және одан жоғары генераторлардың тізбектерінде, сондай-ақ бірдей қуатты генератор-трансформатор блоктарының тізбектерінде қолданылатын жабдықтар мен өткізгіштер жылу өткізгіштікке тексерілуі керек, қысқа тұйықталу уақыты $4s/2$. Сондықтан генератор тізбегі үшін үш фазалы және екі фазалы қысқа тұйықталуды қарастырған жөн.

Жерге тұйықталмаған немесе резонанстық-жерге тұйықталған желілердегі (кернеуі 35 кВ дейінгі желілер) аппараттардың ажырату қабілетін үш фазалы қысқа тұйықталу тогы бойынша тексеру керек.

Тиімді жерге тұйықталған желілерде (кернеуі 110 кВ және одан жоғары желілер) үш фазалы және бір фазалы қысқа тұйықталу кезіндегі токтар анықталады, ал ажырату қабілетін тексеру кернеуді қалпына келтіру жағдайларын ескере отырып, ауыр режимге сәйкес жасалады.

Электр жабдықтарын электродинамикалық және электротермиялық төзімділікке тексеру бұдан әрі сипатталады.

1) Электродинамикалық төзімділікке тексеру. Қысқа тұйықталудың соққы токтары электр аппараттары мен шина конструкцияларының бұзылуына әкелуі мүмкін. Бұған жол бермеу үшін құрылғылардың әр түрі зауытта сыналады, ол үшін ең үлкен рұқсат етілген қысқа тұйықталу тогы (толық токтың амплитудасы) $i_{дин}$ орнатылады. Әдебиетте бұл токтың тағы бір атауы бар-қысқа тұйықталу тогының шегі $i_{пр.с}$.

Электродинамикалық төзімділікті тексеру шарты келесідей

$$i_{y\partial} \leq i_{дин}, \quad (21)$$

мұндағы $i_{y\partial}$ - тізбектегі есептелген соққы тогы.

Ажыратқыштар мен ток трансформаторларының электродинамикалық тұрақтылығын тексеру осы құрылғыларды таңдау кезінде қарастырылатын кейбір ерекшеліктерге ие.

Шиналар мен шиналар құрылымдары қысқа тұйықталу кезінде пайда болатын электродинамикалық күштердің әсерінен механикалық беріктікке тексеріледі.

2) Термиялық төзімділікті тексеру. Қысқа тұйықталу кезінде өткізгіштер мен аппараттар қысқа мерзімді қыздыруға арналған нормалармен белгіленген рұқсат етілген температурадан жоғары қыздырылмауы тиіс.

Аппараттардың термиялық тұрақтылығы үшін шарт орындалуы тиіс

$$B_{\kappa} = I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}} \quad (22)$$

мұндағы B_{κ} - қысқа тұйықталу кезінде шығарылған жылу энергиясының мөлшеріне пропорционалды қысқа тұйықталу тогының квадраттық импульсі;

$I_{\text{тер}}$ - құрылғының жылу кедергісінің номиналды тогы;

$t_{\text{тер}}$ - құрылғының жылу кедергісінің номиналды уақыты.

Құрылғы $t_{\text{тер}}$ уақытында $I_{\text{тер}}$ токына төтеп бере алады.

Қысқа тұйықталу тогының квадраттық импульсі:

$$B_{\kappa} = \int_0^{t_{\text{отк}}} i_t^2 dt = B_{\kappa.n.} + B_{\kappa.a.}, \quad (23)$$

мұндағы i_t - бір сәтте t қысқа тұйықталу тогының лездік мәні;

$t_{\text{отк}}$ - қысқа тұйықталудың басынан бастап оны өшіруге дейінгі уақыт;

$B_{\kappa.n.}$ - қысқа тұйықталу тогының периодтық компонентінің жылу импульсі;

$B_{\kappa.a.}$ - қысқа тұйықталу тогының аперидоттық компонентінің жылу импульсі.

B_{κ} жылу импульсі электр тізбегіндегі қысқа тұйықталу нүктесінің орналасқан жеріне байланысты әр түрлі анықталады. Үш негізгі жағдайды ажыратуға болады: қашықтан қысқа тұйықталу, генераторлар немесе синхронды компенсаторлар жанындағы қысқа тұйықталу қуатты электр қозғалтқыштары тобына жақын қысқа тұйықталу.

Бірінші жағдайда қысқа тұйықталудың толық жылу импульсі

$$B_{\kappa} = I_{no}^2 \cdot (t_{\text{отк}} + T_a), \quad (24)$$

мұндағы I_{no} - бастапқы қысқа тұйықталу тогының периодтық компонентінің қолданыстағы мәні,

T_a - қысқа тұйықталу тогының аперидоттық компонентінің ыдырау уақытының тұрақты мәні.

Индикативті есептеулер үшін 2-кестеге сәйкес T_a мәнін қабылдауға болады.

B_K анықтаудың бұл әдісі төмендеткіш қосалқы станциялардың тізбектерінде (ірі электр қозғалтқыштары немесе синхронды компенсаторлар қосылған қосалқы станциялардың 3-тен 10 кВ-қа дейінгі шиналарында қысқа тұйықталуды қоспағанда), электр станцияларының жоғары кернеу тізбектерінде, электр станцияларының генератор кернеуінің тізбектерінде, егер қысқа тұйықталу орны реактордың артында болса, жылу импульсін есептеу кезінде ұсынылады.

Басқа екі қысқа тұйықталу жағдайында B_K жылу импульсін анықтау өте қиын. Егжей-тегжейлі бағалау әдістері B_K осы жағдайларда /2/, /5/ сипатталған.

Индикативті есептеулер үшін берілген өрнекті B_K пайдалана аласыз. Бұл жағдайда жылу импульсінің есептелген мәні біршама жоғары болады, өйткені іс жүзінде ток өшеді.

/8/ сәйкес өшіру уақыты $t_{p.з.}$ осы тізбектің негізгі релелік қорғанысының әрекет ету уақытынан $t_{p.з.}$ және ажыратқыштың толық өшу уақытынан $t_{p.з.}$ тұрады

$$t_{отк} = t_{p.з.} + t_{o.в} \quad (25)$$

60 МВт және одан жоғары генератор тізбектерінде жылу тұрақтылығын генератордың резервтік қорғанысының әрекет ету уақыты бойынша тексеріп, $t_{отк} = 4$ с қабылдау керек.

/8/ сәйкес электродинамикалық төзімділік бойынша - 60А дейінгі номиналды тогы бар сақтандырғыштармен қорғалған аппараттар мен өткізгіштерді, термиялық төзімділік бойынша – номиналды токқа және сақтандырғыштардың түріне қарамастан балқымалы сақтандырғыштармен қорғалған өткізгіштер мен аппараттарды тексермеуге рұқсат етіледі.

В / 8 / аппараттарды қысқа тұйықталу режимі бойынша тексермеуге жол берілетін бірқатар жағдайлар айтылған.

2-кесте-Қысқа тұйықталу тогының аперидоттық құрамдас бөлігінің және соққы коэффициентінің тұрақты ыдырау уақытының мәні

Энергия жүйесінің элементтері немесе бөліктері	$T_{a,c}$	K_y
1	2	3
Қуаты бар турбогенераторлар:		
12-60 МВт	0,16–0,25	1,94–1,955
100-1000 МВт	0,4–0,54	1,975–1,98
Генератордың номиналды кернеуі кезінде қуаты 60МВт турбогенератордан және трансформатордан (ВН жағында) тұратын блоктар:		
6,3 кВ	0,2	1,95
10 кВ	0,15	1,935

Генераторлардың қуаты кезінде турбогенератордан және жоғарылататын трансформатордан тұратын блоктар:		
100-200 МВт	0,26	1,965
2-кестенің жалғасы		
1	2	3
300 МВт	0,32	1,977
Энергия жүйесінің элементтері немесе бөліктері	$T_{a,c}$	K_y
500 МВт	0,35	1,983
800 МВт	0,3	1,967
Шиналармен байланысты жүйе, онда к. э., кернеулі әуе желілері қарастырылады:		
35 кВ	0,02	1,608
110-150 кВ	0,02–0,03	1,608–1,717
220–330 кВ	0,03–0,04	1,717–1,78
500-750 кВ	0,06–0,08	1,85–1,895
Қуаты трансформаторлар арқылы 6-10 кВ құрама шиналармен байланысты жүйе:		
Бірлікте 80 МВА және одан жоғары	0,06–0,15	1,85–1,935
Бірлікте 32-80 МВА	0,05–0,1	1,82–1,904
Номиналды ток реакторымен қорғалған тармақтар:		
1000 А және одан жоғары	0,23	1,956
630 А және одан төмен	0,1	1,904
Кернеуі бар тарату желілері:		
6-10 кВ	0,01	1,369

2.3 Кернеуі 1000 В жоғары электр аппараттарын таңдау

2.3.1 Ажыратқыштарды таңдау

Ажыратқыштар оларда қолданылатын доға сөндіргіш және оқшаулағыш ортаға байланысты май, ауа, элегаз, вакуум және доғаны магнитті сөндіретін ажыратқыштар болып бөлінеді.

Ажыратқыштардың түрін таңдағанда мыналарды ескеру қажет:

1) $U_{ном}$ 6-дан 10 кВ-ға дейін және сирек коммутациялар кезінде аз майлы және вакуумды ажыратқыштарды қолданған жөн.

Жиі коммутация кезінде ұзақ қызмет ету мерзімі бар вакуумды және элегазды ажыратқыштарды қолдану ұсынылады.

2) $U_{ном}$ 35-тен 110 кВ-қа дейін және 20 кА-дан кем $I_{отк.н}$ кезінде шағын майлы және элегазды ажыратқыштарды қолданған жөн.

3) 110 кВ астам $U_{ном}$ және 20 кА астам $I_{отк.н}$ кезінде әуе және элегазды ажыратқыштар қолданылады.

Вакуумдық ажыратқыштардың құны жоғары болғанына қарамастан, оларды пайдалану техникалық қызмет көрсетудің аз шығындарына және

қашықтан басқару құралының ұзақ қызмет ету мерзіміне (25 жылға дейін) байланысты аз майлы ажыратқыштарды қолданудан гөрі негізделген.

6-дан 20 кВ-қа дейінгі желілерде қуатты блоктардың генераторлық ажыратқыштары және синхронды компенсаторлар ретінде ауа ажыратқыштары қолданылады.

Отандық өнеркәсіп шығаратын ажыратқыштардың негізгі сипаттамалары /5/, /7/, /9/, /12/, /14/. Ажыратқыштарды, сондай-ақ басқа жабдықтарды тандағанда, жұмысты жеңілдететін біркелкілікке ұмтылу керек.

Ажыратқыштар тандау:

1) номиналды кернеу бойынша

$$U_{уст} \leq U_{ном}; \quad (26)$$

2) номиналды ток бойынша

$$I_{раб.утж} \leq I_{ном}; \quad (27)$$

3) ажырату қабілеті бойынша.

ГОСТ 687-78 бойынша ажыратқыштардың ажырату қабілеті үш көрсеткішпен берілген:

а) токтың периодтық құраушының $I_{отк}$ әрекет етуші мәні түріндегі ажыратудың номиналды тогымен;

б) токтың аperiodтық құраушысының $\beta_{ном}$ рұқсат етілген салыстырмалы құрамы ;

в) қалпына келтіретін кернеудің нормаланған параметрлері. Номиналды ажырату тогы $I_{отк}$ және ажыратқыштың $\beta_{ном}$ доға сөндіргіш контактілерінің τ түйісуін тоқтату сәтіне жатады. Қысқа тұйықталудың басынан доға сөндіргіш контактілердің түйісуінің тоқтауына дейінгі уақыт τ өрнекпен анықталады:

$$\tau = t_{з.мин} + t_{с.в}, \quad (28)$$

мұндағы $t_{з.мин}$ – релелік қорғаныс әрекетінің ең аз уақыты, $t_{з.мин} = 0,01$ с;

$t_{с.в}$ - ажыратқышты ажыратудың жеке уақыты (каталог бойынша) /5/, /7/, /9/, /12/, /14/.

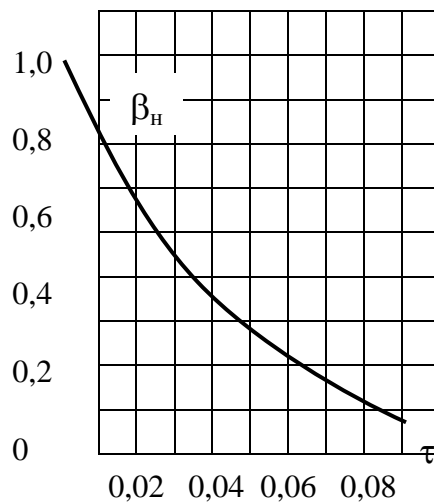
Номиналды өшіру тогы ажыратқыштардағы каталогта көрсетілген /5/, /7/, /9/, /12/, /14/.

Аperiodтық құраушының рұқсат етілген салыстырмалы құрамы (номиналды ажырату тогының нормаланған асимметриясы), тең

$$\beta_{ном} = \frac{i_{a,ном}}{\sqrt{2} \cdot I_{отк}}, \quad (29)$$

мұндағы $i_{a,ном}$ - доға сөндіргіш байланыстар ашылған кездегі токтың аперидтық құраушысы.

$\beta_{ном}$ ГОСТ-та 33-суретте көрсетілген $\beta_{ном} = f(\tau)$ қисық түрінде берілген немесе /9/бойынша анықталады.



Сурет 33 - Тәуелділік $\beta_{ном} = f(\tau)$

$\beta_{ном} \leq 0,2$ кезінде оны нөлге тең деп санау керек.

Бірінші кезекте шартты симметриялық ажырату тогына тексеру жүргізіледі:

$$I_{n,\tau} \leq I_{отк}, \quad (30)$$

мұндағы $I_{n,\tau}$ - уақыт үшін қысқа тұйықталу тогының периодтық компонентінің тиімді мәні τ есептеу арқылы анықталады.

Содан кейін контактілердің сәйкес келмеуі кезінде қысқа тұйықталу тогының $i_{a,\tau}$ аперидтық компонентін τ ажырату мүмкіндігі тексеріледі:

$$i_{a,\tau} \leq i_{a,ном} = \sqrt{2} \cdot \beta_{ном} \cdot I_{отк}, \quad (31)$$

мұндағы $i_{a,ном}$ - уақыт үшін τ өшірілген токтағы аперидтық компоненттің номиналды рұқсат етілген мәні.

Егер шарт $I_{n,\tau} \leq I_{отк}$ орындалса, ал $i_{a,\tau} > i_{a,ном}$ болса, онда қысқа тұйықталудың толық тогы бойынша ажырату қабілеті бойынша тексеруге рұқсат етіледі: $I_{n,\tau} > 0,4 \cdot I_{отк}$

$$\sqrt{2} \cdot I_{n,\tau} + i_{a,\tau} \leq \sqrt{2} \cdot I_{отк} \cdot (1 + \beta_{ном}). \quad (32)$$

Қысқа тұйықталуды ажыратқаннан кейін ажыратқыштың түйіспелері арасында пайда болатын қалпына келтірілетін кернеудің (СВН) жылдамдығы бойынша ажырату қабілетін тексеру оған сезімтал ауа ажыратқыштары үшін ғана талап етіледі.

Ажыратылатын ток $I_{n,\tau} > 0,4 \cdot I_{отк}$ болған жағдайда ауа ажыратқыштарын тексеру ұсынылады. Төмендету кернеуінің жылдамдығын жеңілдетілген формула бойынша анықтауға болады:

$$v_{\epsilon} = K \cdot \frac{I_{n,\tau}}{n} \quad (33)$$

мұндағы v_{ϵ} - СВН есептік мәні, кВ/мкс;

$I_{n,\tau}$ - қысқа тұйықталудың (бір фазалы немесе үш фазалы) ажыратылатын тогының периодтық құраушысы, кА;

n - қысқа тұйықталуды ажыратқаннан кейін жұмыста қалатын әуе желілерінің саны:

$n_l \leq 3$ үшін

$$n = n_l - 1; \quad (34)$$

$n_l \geq 4$ үшін,

$$n = n_l - 2, \quad (35)$$

мұндағы n_l - құрама шиналарға қосылған әуе желілерінің жалпы саны (желілер саны төрттен көп болған кезде олардың біреуі жөндеуде болуы мүмкін екендігі ескеріледі);

K - фазадағы сымдардың санына байланысты коэффициент, фазадағы бір сымы бар желілер үшін 0,2; екі 0,17; үш 0,14 тең.

Егер оңайлатылған формула бойынша айқындалған СВН 0,4 кВ/мкс-тен асатын болса, онда /5/, /7/ келтірілген нақтыланған есептеулерді жүргізу талап етіледі.

Ажыратқыштың электродинамикалық тұрақтылығы екі мән түрінде электродинамикалық тұрақтылықтың номиналды тогымен берілген:

1) қысқа тұйықталудың шекті өтпелі тогының $I_{np.c}$ әрекеттегі мәні (каталог бойынша);

2) қысқа тұйықталудың шекті өтпелі тогының $i_{np.c}$ амплитудалық мәні (каталог бойынша).

Бұл токтар өзара байланысты

$$i_{np.c} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot I_{np.c} = 2,55 \cdot I_{np.c}, \quad (36)$$

мұндағы $1,8 = K_y$ - ажыратқыштар үшін нормаланған соққы коэффициенті.

Электродинамикалық төзімділікке тексеру шарттары бойынша орындалады

$$I_{n,o} \leq I_{np.c}, \quad (37)$$

$$i_y \leq i_{np.c}, \quad (38)$$

мұндағы $I_{n,o}$ - ажыратқыш тізбегіндегі қысқа тұйықталу тогының периодтық компонентінің бастапқы мәні;

i_y - сол тізбектегі соққы қысқа тұйықталу тогы.

Екі шарт бойынша тексеру қажеттілігі белгілі бір жүйе үшін есептік мән K_y ажыратқыштар үшін ГОСТ-та 1,8 көрсетілгеннен көп болуы мүмкін екендігімен түсіндіріледі.

Жылу кедергісіне ажыратқыш жылу импульсі бойынша тексеріледі

$$B_k \leq I_{тер}^2 \cdot t_{тер}, \quad (39)$$

мұндағы B_k - есептеу бойынша жылу импульсі;

$I_{тер}$ - каталог бойынша термиялық тұрақтылықтың шекті тогы;

$t_{тер}$ - жылу ағынының ұзақтығы, с.

Жоғары вольтты ажыратқыштардың жетектері ажыратқыштың түріне сәйкес каталог бойынша таңдалады. Жедел тұрақты ток жетектері аккумуляторды немесе оны алмастыратын құрылғыларды орнатуды қажет ететінін еске-

ру қажет. Ажыратқыштардың номиналды деректері/5/, /7/, /9/, /12/, /14/ келтірілген.

2.3.2 Ажыратқыштарды, бөлгіштерді, жүктеме ажыратқыштарын және қысқа тұйықтағыштарды таңдау

Ажыратқыштар, бөлгіштер және жүктеме ажыратқыштары таңдалады:

1) номиналды кернеу бойынша

$$U_{уст} \leq U_{ном}; \quad (40)$$

2) номиналды ұзақ ток бойынша

$$I_{раб.утж} \leq I_{ном}; \quad (41)$$

3) құрылымы, орнату түрі бойынша;

4) электродинамикалық төзімділік бойынша

$$i_y \leq i_{пр.с}, \quad (42)$$

$$I_{н,о} \leq I_{пр.с}, \quad (43)$$

мұндағы $i_{пр.с}$, $I_{пр.с}$ - каталог бойынша анықталатын қысқа тұйықталудың шекті өтпелі тогы (амплитудасы және әрекет етуші мәні);

5) жылу төзімділігі бойынша

$$B_k \leq I_{тер}^2 \cdot t_{тер}, \quad (44)$$

мұндағы B_k - есептеу бойынша жылу импульсі;

$I_{тер}$ - каталог бойынша термиялық тұрақтылықтың шекті тогы;

$t_{тер}$ - жылу кедергісі тогының ағымының ұзақтығы /9/,/14/ бойынша анықталады.

Қысқа тұйықтағыш бірдей шарттар бойынша таңдалады, бірақ номиналды ток бойынша таңдау қажет емес.

Жүктеме қосқыштарын таңдағанда, өшіру тогын таңдау шартын қосу керек:

$$I_{\text{раб.утж}} \leq I_{\text{отк}}, \quad (45)$$

мұндағы $I_{\text{отк}}$ - жүктеме ажыратқышының номиналды өшіру тогы.

Жүктеме ажыратқыштарының өшіру қабілеті жұмыс режимінің токтарын ажыратуға арналған.

Қаралған аппараттардың номиналды деректері /5/, /7/, /9/, /12/, /14/, (Д қосымшасы) келтірілген.

2.3.3 Ток трансформаторларын таңдау

Өлшеу құралдарын қуаттауға арналған ток трансформаторлары таңдалады:

1) номиналды кернеу бойынша

$$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}; \quad (46)$$

2) номиналды ұзақ ток бойынша

$$I_{\text{раб.утж}} \leq I_{\text{ном}}; \quad (47)$$

сонымен қатар, номиналды ток қондырғының жұмыс тогына мүмкіндігінше жақын болуы керек, өйткені бастапқы ораманың дұрыс жүктелмеуі қателіктердің көбеюіне әкеледі;

3) дизайн және дәлдік класы бойынша;

4) электродинамикалық төзімділік бойынша;

5) термиялық төзімділік бойынша.

Дәлдік класын таңдау ток трансформаторының мақсатын анықтайды.

/8/ сәйкес:

а) Электр өлшеу аспаптарын қосуға арналған ток трансформаторларының дәлдік сыныбы 0,5-тен төмен болмауы тиіс;

б) ақшалай есеп айырысулар жүргізілетін есептеуіштерді қосуға арналған ток трансформаторларының орамаларында 0,5 дәлдік сыныбы болуы тиіс;

в) техникалық есепке алу үшін 1 дәлдік класындағы ток трансформаторларын қолдануға жол беріледі.

Таңдалған дәлдік класын қамтамасыз ету үшін екінші реттік z_2 тізбегінің нақты жүктемесі берілген $z_{2\text{ном}}$, Ом жүктеме дәлдігінің класы үшін нормаланғаннан аспауы керек, яғни

$$z_2 \leq z_{2\text{ном}}. \quad (48)$$

Екінші жүктеме үшін ток трансформаторларын таңдауды толығырақ қарастырайық. Ток тізбектерінің индуктивті кедергісі аз, сондықтан $z_2 \approx r_2 \cdot r_2$ екінші жүктемесі $r_{приб}$ құрылғыларының кедергісінен, $r_{пр}$ байланыстырушы сымдарынан және r_k түйіспелерінің өтпелі кедергісінен тұрады:

$$r_2 = r_{приб} + r_{пр} + r_k \cdot \quad (49)$$

Құрылғылардың кедергісі өрнек бойынша анықталады

$$r_{приб} = \frac{S_{приб}}{I_{2ном}^2}, \quad (50)$$

мұндағы $S_{приб}$ - аспаптармен тұтынылатын қуат;

$I_{2ном}^2$ - құрылғының екінші номиналды тогы.

Түйіспелердің кедергісі екі – үш аспапта 0,05 Ом және аспаптардың көп санында 0,1 Ом қабылданады. Байланыстырушы сымдардың кедергісі олардың ұзындығы мен қимасына байланысты. Ток трансформаторы берілген дәлдік класында жұмыс істеуі үшін сіз шартты сақтауыңыз керек:

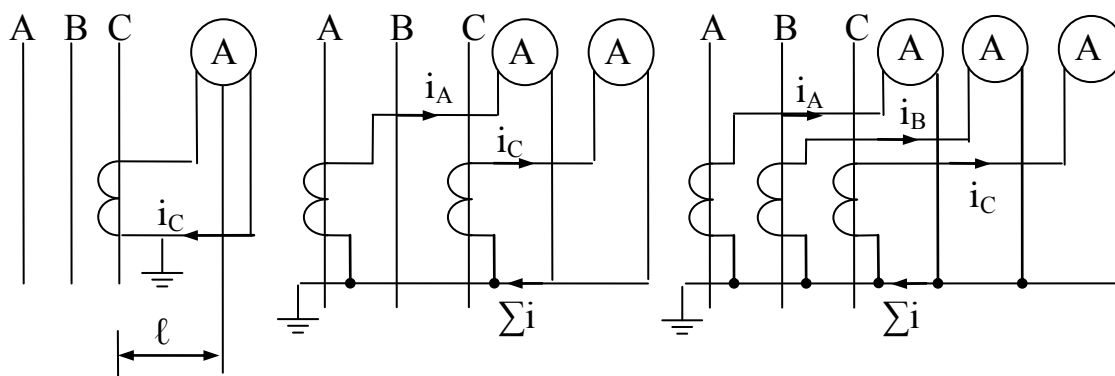
$$r_{приб} + r_{пр} + r_k \leq z_{2ном} \cdot \quad (51)$$

$r_2 = z_{2ном}$ қабылдау арқылы байланыстырушы сымдардың көлденең қимасын анықтауға болады

$$q = \frac{\rho \cdot \ell_{расч}}{z_{пр}}, \quad (52)$$

мұндағы ρ - сым материалының кедергісі.

Мыс желілері бар сымдар ($\rho=0,0175$) 100 МВт және одан жоғары агрегаттары бар қуатты электр станцияларының негізгі және қосалқы жабдықтарының екінші тізбектерінде, сондай-ақ жоғары кернеуі 220 кВ және одан жоғары қосалқы станцияларда қолданылады. Басқа жағдайларда қайталама тізбектерде алюминий желілі сымдар ($\rho=0,0283$) қолданылады; $\ell_{расч}$ - аспаптар мен ток трансформаторларын қосу схемасын ескеретін жалғастырушы сымдардың есептік ұзындығы (34-сурет).



34-сурет - Аспаптар мен ток трансформаторларын қосу схемалары

Ток трансформаторларынан аспаптарға (бір ұшында) қосылатын сымдардың ұзындығын 3-кестеде келтірілген параметрлерге шамамен тең әр түрлі қосылыстар үшін қабылдауға болады.

3-кесте-Ток трансформаторларынан аспаптарға дейінгі жалғағыш сымдардың шамамен алынған ұзындығы

Тұтынушы түрі	Жалғағыш сымдардың ұзындығы, м
6-10 кВ ГРУ барлық тізбектері, тұтынушыларға желілерден басқа	40–60
Блоктық электр станцияларының генераторлық кернеу тізбектері	20–40
Тұтынушы түрі	Жалғағыш сымдардың ұзындығы, м
Тұтынушыларға 6-10 кВ желілері	4-6
Барлық тізбектер РУ	
35 кВ	60-75
110 кВ	75-100
220 кВ	100-150
330-500 кВ	150-175
Синхронды компенсаторлар	25-40

Беріктік жағдайында байланыстырушы сымдардың көлденең қимасы 2,5 мм²-ден кем болмауы керек. 6 мм²-ден асатын бөлім әдетте қолданылмайды.

Каталогтағы электрлік тұрақтылық екі форманың бірінде берілген:

а) электродинамиклық тұрақтылықтың номиналды тогы $i_{дин}$ (толық токтың максималды мәні);

б) электродинамиклық тұрақтылықтың номиналды тогының еселігі

$$K_{дин} = \frac{i_{дин}}{\sqrt{2} \cdot I_{ном}} \cdot \quad (53)$$

Электродинамикалық төзімділік бойынша тексеру шарты

$$i_y \leq i_{дин} \quad (54)$$

немесе

$$i_{уд} \leq K_{дин} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{ном} \cdot \quad (55)$$

Каталогтағы жылу тұрақтылығы екі форманың бірінде де берілген:

а) термиялық тұрақтылықтың номиналды тогының еселігі

$$K_{тер} = \frac{I_{тер}}{I_{ном}} \quad (56)$$

және ток ағымының $I_{тер}$ рұқсат етілген уақыты $t_{тер}$.

б) жылу кедергісінің номиналды тогы $I_{тер}$ және оны ажыратудың рұқсат етілген уақыты $t_{тер}$ берілген .

Термиялық тұрақтылықты тексеру шарты келесідей:

$$B_k \leq (K_{тер} \cdot I_{ном})^2 \cdot t_{тер} \quad (57)$$

немесе

$$B_k \leq I_{тер}^2 \cdot t_{тер} \cdot \quad (58)$$

Ток трансформаторларының номиналды деректері/5/, /7/, /9/, /12/, /14/, (қосымша А) келтірілген.

2.3.4 Кернеу трансформаторларын таңдау

Электр өлшеу құралдарын қуаттандыру үшін кернеу трансформаторлары келесі шарттар бойынша таңдалады:

1) кернеу бойынша

$$U_{уст} \leq U_{ном} ; \quad (59)$$

- 2) орамалардың құрылымы мен қосылу схемасы бойынша;
- 3) дәлдік сыныбы бойынша;
- 4) қайталама жүктеме бойынша

$$S_{2\Sigma} \leq S_{2ном}, \quad (60)$$

мұндағы $S_{2ном}$ - таңдалған дәлдік класындағы қайталама орамның номиналды қуаты; жұлдызға жалғанған бір фазалы трансформаторлар үшін барлық үш фазаның жалпы қуатын, ал ашық үшбұрыш схемасы бойынша қосылғандар үшін - бір трансформатордың қуатын екі есеге көбейту керек екенін есте ұстаған жөн.

$S_{2\Sigma}$ - кернеу трансформаторына қосылған барлық өлшеу құралдары мен релелерінің жүктемесі, ВА.

Екі кернеу орамасы (ваттметрлер, есептегіштер) бар аспаптарды қоректендіру үшін ашық үшбұрыш немесе КТМК үлгісіндегі үш фазалы схема бойынша қосылған екі бір фазалы кернеу трансформаторын қолданған жөн. Оқшауланған немесе резонанстық-жерге тұйықталған бейтарабы (3-35 кВ желісі) бар желілерде оқшаулауды бақылау үшін кернеу трансформаторын пайдалану кезінде КТМИ кернеуінің бес кернеулі трансформаторын немесе ЗНОМ, ЗНОЛ үлгісіндегі үш бір фазалы кернеу трансформаторларының тобын қолданған жөн.

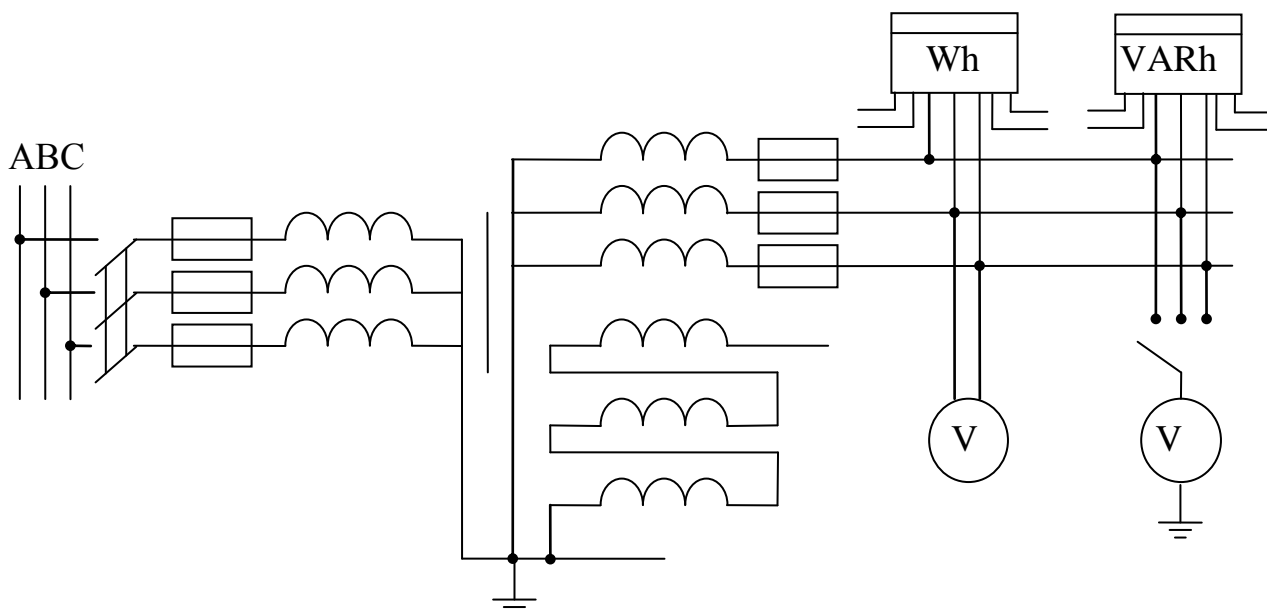
$S_{2\Sigma}$ және қажетті дәлдік класын анықтау үшін олар құрылғылар мен релелерді қосудың үш фазалы схемасын жасайды (35-сурет), каталог /6/ құрылғылар тұтынатын белсенді және реактивті қуаттарды табады.

Есептеулерді жеңілдету үшін құрылғылардың жүктемесін фазаларға бөлуге болмайды, сонда

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{(\sum S_{приб} \cos \varphi_{приб})^2 + (\sum S_{приб} \sin \varphi_{приб})^2}. \quad (61)$$

Егер $S_{2\Sigma} > S_{2ном}$ таңдалған дәлдік класында болса, онда екінші кернеу трансформаторы орнатылып, оған кейбір құрылғылар қосылады.

Есептегіштердің кернеу тізбектерін қоректендіретін сымдар мен кабельдердің қималары мен ұзындығын олардағы кернеудің жоғалуы қайталама орамалардың номиналды кернеуінің 0,5% - ынан аспайтын етіп таңдау керек.



35-сурет - Құрылғылар мен релелерді қосудың үш фазалы схемасы

2.3.5 Реакторларды таңдау

Реакторды таңдау керек:

1) номиналды кернеу бойынша

$$U_{уст} \leq U_{ном}; \quad (62)$$

$x_p = 8 \div 12\%$ 2) номиналды ток бойынша

$$I_{раб.утж} \leq I_{ном}. \quad (63)$$

Схемадағы қосылу орнына сәйкес сызықтық және секциялық реакторлар бөлінеді.

Сызықтық реактор ретінде қарапайым (жалғыз немесе топтық) немесе қосарланған реакторды қолдануға болады. Реактордың номиналды тогы тізбектің өлшенген режимінің тогымен анықталады. Қарапайым жалғыз реактор үшін тұтынушылардың резервтік қорек тізбегінде резервтік тізбек ажыратылған кезде ауыр режим пайда болады. Қос реактордың иықтың номиналды тогы реактордың иығына қосылған желілердің бір бөлігі ауыр режимде жұмыс істейтіндігімен анықталады.

Секциялық реактор үшін номиналды ток секциялар арасындағы ең үлкен қуат ағынының режиміне сәйкес таңдалады (мысалы, генераторды немесе байланыс трансформаторын өшіру). Секциялық реактордың индуктивті кедергісі $x_p = 8 \div 12\%$ қабылданады.

Сызықтық реактордың индуктивті кедергісі анықталады. Қысқа тұйықталу тогын берілген деңгейге дейін шектеу жағдайларына сүйене отырып. Көп

жағдайда реактордың артында зақымдалған кезде қысқа тұйықталу тогының рұқсат етілген мәні желінің осы нүктесінде орнатуға белгіленген немесе орнатылған ажыратқыш аппараттардың (ажыратқыштардың, сақтандырғыштардың) параметрлерімен анықталады.

Сызықтық реактордың кедергісін анықтау тәртібі келесідей. $I_{n,o}$ қысқа тұйықталудың периодты тогының бастапқы мәні белгілі. Бұл тізбекте номиналды өшіру тогы $I_{отк}$ бар ажыратқышты орнатуға болатындай етіп $I_{n,o}$ шектеу қажет (өшіру тогының периодтық компонентінің қолданыстағы мәні). Біз $I_{n,o,троб} = I_{отк}$ қабылдаймыз. Реакторды орнатпас бұрын алынған қысқа тұйықталу тізбегінің кедергісі өрнекпен анықталады:

$$x_{рез} = \frac{U_{cp}}{\sqrt{3} \cdot I_{n,o}} \cdot \quad (64)$$

$I_{n,o,троб}$ қамтамасыз ету үшін қажетті қысқа тұйықталу тізбегінің кедергісі анықталады

$$x_{рез}^{троб} = \frac{U_{cp}}{\sqrt{3} \cdot I_{n,o,троб}} \cdot \quad (65)$$

Реактордың қажетті кедергісі

$$x_p^{троб} = x_{рез}^{троб} - x_{рез} \cdot \quad (66)$$

Каталог және анықтамалық материалдар бойынша /5/, /7/, /9/, /12/, /14/, /Е-қосымшасы/ ең жақын үлкен индуктивті кедергісі бар реактор түрін таңдаңыз. Реакторды ескере отырып, қысқа тұйықталу тізбегінің кедергісінің мәнін есептейміз:

$$x'_{рез} = x_{рез} - x_p \cdot \quad (67)$$

содан кейін қысқа тұйықталу тогының периодтық компонентінің бастапқы мәнін анықтаймыз:

$$I_{n,o} = \frac{U_{cp}}{\sqrt{3} \cdot x'_{рез}} \cdot \quad (68)$$

Сол сияқты топтық және қос реакторлардың кедергісі таңдалады. Бұл жағдайда қосарланған реактор тармағының кедергісі анықталады

$$x_p = x_{\epsilon} \cdot \quad (69)$$

Таңдалған реактор шарт бойынша электродинамикалық төзімділікке тексеріледі

$$i_{\max} \geq i_y^{(3)}, \quad (70)$$

мұндағы $i_y^{(3)}$ - реактордың артындағы үш фазалы қысқа тұйықталу кезіндегі соққы тогы;

i_{\max} - реактордың электродинамикалық төзімділік тогы (каталог бойынша).

Реактордың жылу тұрақтылығы I_m жылу кедергісінің тогымен және t_m жылу кедергісінің уақытымен сипатталады (каталог бойынша).

Жылу тұрақтылығы бойынша тексеру шарты:

$$B_{\kappa} \leq I_m^2 \cdot t_m, \quad (71)$$

мұндағы B_{κ} - реактордың артындағы қысқа тұйықталу кезіндегі есептелген жылу импульсі.

Кейбір жағдайларда реактордың артында қысқа тұйықталу кезінде шиналардағы қалдық кернеу деңгейін анықтау қажет

$$U_{ост} \% = x_p \frac{\sqrt{3} \cdot I_{н.о.}}{U_{ном}} \cdot 100. \quad (72)$$

Тұтынушылардың жұмыс шарттары бойынша $U_{ост}$ кем дегенде 65-70% болуы керек.

Таңдалған реактор жұмыс режимінде кернеудің жоғалуы бойынша тексеріледі:

а) жалғыз реактор үшін:

$$U_p \% = x_p \frac{\sqrt{3} \cdot I_{раб}}{U_{ном}} \cdot \sin \varphi \cdot 100; \quad (73)$$

б) қосарланған реактор үшін:

$$U_p \% = x_p (i - K_{св}) \frac{\sqrt{3} \cdot I_{\max}}{U_{ном}} \cdot \sin \varphi \cdot 100, \quad (74)$$

мұндағы $K_{св}$ - байланыс коэффициенті реактордың каталогы бойынша анықталады.

Реактордағы кернеудің рұқсат етілген жоғалуы 2% - дан аспауы тиіс.

2.3.6 Кернеу шектегіштерін таңдау (ОПН)

Қолданудың әрбір нақты жағдайы үшін шектегіш түрін дұрыс таңдау шектегіш сипаттамаларын оңтайлы пайдалану кезінде электр жабдықтарын шамадан тыс кернеуден тиімді қорғауды қамтамасыз етуде өте маңызды.

Таңдаудың негізгі мақсаттары:

- қорғалатын объектілерді оқшаулау үшін қордың үйлестіру аралығын кепілді қамтамасыз ету;
- тұтынушының электр энергетикалық желісіндегі шектегіштердің сенімді және қауіпсіз пайдаланылуын қамтамасыз ету.

Әрбір нақты қолдану үшін шектегіштің сипаттамаларын таңдау әрқашан жабдықты қорғау деңгейі мен шектегіштің пайдалану қауіпсіздігі арасындағы ымыраға келу болып табылады. Қорғаныс аппараттарының түрін таңдаудың оңтайлылығы шектегішке әсер етудің нақты параметрлері туралы мәліметтердің толықтығы мен сенімділігіне байланысты.

Көрсетілген мақсаттарға қол жеткізу үшін тұтынушының нақты энергетикалық жүйесінің (желісінің) деректерін пайдалану керек.

ОПН параметрлеріне мыналар жатады:

- шектегіштің ең ұзақ рұқсат етілген кернеуі;
- ток импульсінің максималды амплитудасы 4/10 мкс;
- номиналды разряд тогы;
- сіңірілетін кернеу энергиясы;
- өткізу қабілеті;
- қорғаныс сипаттамалары.

1) $U_{нд}$ шектегіштің ең ұзақ рұқсат етілген кернеуі шектегіштің жұмыс қауіпсіздігі жағдайларын қамтамасыз ететін және жабдық оқшаулауының кепілдендірілген қорғау деңгейін айқындайтын аса маңызды параметр болып табылады.

$U_{нд}$ әрдайым желілік кернеуден кем болмауы тиіс, ол пайдалану процесінде шектегіштің шығысына ұзақ уақыт қоса берілуі мүмкін, шектегіштегі кернеу анықтамалық әдебиетте көрсетілген "кернеу – уақыт" ОПН сипаттамасымен рұқсат етілетін әсер ету уақытында $U_{нд}$ -дан асып кетуі мүмкін, желіде қысқа мерзімді асқын кернеулердің пайда болу жағдайларын қоспағанда (М қосымшасы).

Осы екі шарттың орындалуы шектеуіштің сенімді және қауіпсіз жұмыс істеуіне және қорғаудың қолайлы деңгейіне кепілдік береді.

$U_{нд}$ есептеу кезінде басты рөлді желінің бейтарап режимі және шектегіштің қосылу схемасы ойнайды. ТМД елдерінде және кейбір басқа орта кернеу желілерінде дәстүрлі түрде оқшауланған немесе өтемдік бейтарап ре-

жимдер қолданылады. Көптеген жағдайларда электр жабдықтарын оқшаулаудың шамадан тыс кернеуінен қорғау үшін шектегіш "фаза – жер"схемасына сәйкес қосылады. Бұл құжатта бейтарап жұмыстың басқа режимдерімен желілердегі жұмыс ұлттық энергетикалық жүйелер үшін практикалық маңыздылығы аз болғандықтан қарастырылмайды.

Сонымен бірге, асқын кернеуді шектегіштерді қолдану қажет болған жағдайда тұтынушы басқа жағдайларда дайындаушы кәсіпорынға консультация алу үшін жүгінуі қажет.

Оқшауланған немесе өтемдік бейтарабы бар желілерде бір фазалы тұйықталу пайда болған кезде, жерге қатысты зақымдалмаған фазалардағы кернеу $U_{нр}$ желісінің ең ұзақ рұқсат етілген жұмыс кернеуіне жетуі мүмкін, тұйықталудың болу уақыты (зақымдалған бөліктің ауытқу уақыты) қорғаныс құралдарының болуына және желіге қызмет көрсету санатына байланысты 24 сағатқа немесе одан да көп уақытқа жетуі мүмкін.

"Фаза – жер" схемасы бойынша шектегіштерді қосқан кезде $U_{нд}$ кем дегенде $U_{нр}$ болуы тиіс:

$$U_{нд} \geq U_{нр} \quad (75)$$

Белгілі t уақыты бар оқшауланған немесе компенсацияланған бейтарабы бар желілерде "фаза – жер" схемасы бойынша шектегіштерді қосу кезінде бір фазалы тұйықталу (релелік қорғаныс немесе персонал) учаскесін ажырату $U_{нд}$ қысқа мерзімді асқын кернеулерге T тұрақтылығын ескере отырып, $U_{нр}$ -ден кем болмауы тиіс:

$$U_{нд} \geq \frac{U_{нр}}{T}, \quad (76)$$

мұндағы T – $U_{нд}$ шектеуішінің ең үлкен рұқсат етілген кернеуінің үлесінде $U_{нр}(t)$ желісінің ең үлкен рұқсат етілген жұмыс кернеуі, оның қолданылу уақытына байланысты t

$$T=U_{нр}(t)/U_{нд}, \quad (77)$$

ол шектегіштер үшін "кернеу – уақыт" сипаттамасы бойынша анықталады.

Қорғаныс немесе қызмет көрсететін персонал арқылы желінің зақымдалған бөлігін t ажыратудың максималды уақыты белгілі болған кезде, T -ны анықтауға болады, сондықтан инд шектегішке қойылатын талаптар.

Желінің $U_{НР}$ -ін дәл анықтау мүмкін болмаған жағдайда, желінің ең үлкен кернеуін немесе онда орнатылған жабдықтың ең үлкен жұмыс кернеуін пайдалану ұсынылады.

2) 4/10 мкс ток импульсінің максималды амплитудасы (4/10 мкс толқын пішініндегі разряд тогы) найзағайдың жақын немесе тікелей соққысына байланысты факторларға шектегіштің төзімділігін тексеру үшін қолданылады және

найзағай импульстарына энергетикалық төзімділіктің консервативті бағасы болып табылады. ANSI / МЭК бойынша 4/10 мкс стандартты ток амплитудасы 65 кА және 100 кА құрайды.

Амплитудасы 100 кА болатын разрядтардың пайда болу ықтималдығы шектегішке найзағайдың тікелей түсу жағдайына сәйкес келеді және нақты жағдайларда әуе желілері үшін өте аз, ал кабельдік желілер үшін іс жүзінде алынып тасталады. Сондықтан, бұл параметр, әдетте, кабельдік желілерде пайдалануға арналған шектегіштер үшін таңдау объектісі болып табылмайды. Сонымен қатар, 4/10 мкс стандартты ток амплитудасы шектегіштің басқа сипаттамасымен – номиналды разряд тогымен тығыз байланысты.

МЭК 99-4 стандартының номиналды разряд тогына байланысты шектегіштің ток импульсіне төзімділігіне қойылатын талаптары 4-кестеде келтірілген.

4-кесте - Шектегіштің ұзақтығы 4/10 мкс ток импульсіне төзімділік параметрлері

Номиналды разряд ағымдағы 8/20 мкс	Ағымдағы импульстің максималды амплитудасы 4/10 мкс
5 кА	65 кА
10 кА	100 кА
20 кА	100 кА

8/20 мкс найзағай импульсінің номиналды разрядтық тогы кернеу шектегіштерін жіктеу үшін қолданылады. Бұл қорғаныс сипаттамаларын және шектегішпен артық кернеуді жою қабілетін анықтайтын негізгі параметр.

ОПН номиналды разрядтық тогы шектеуішті орнату орнында күтілетін найзағай разрядының тогына байланысты таңдалады. Номиналды разрядты тогы 5 кА шектегіштер, әдетте, РВО немесе РВП типті вентильді ажыратқыштардың орнына ӘЖ электр жабдығын қорғау үшін қолданылады. Мұндай ОПН пайдаланудың қолайлы тиімділігіне олардың арасындағы қашықтық 5 км-ден аспаған кезде қол жеткізілетінін ескеру қажет. Найзағай белсенділігі жоғары және атмосфералық ластанудың жоғары деңгейі бар аудандарда, сондай-ақ қымбат жабдықты сенімді қорғау үшін 10 кА номиналды разряд тогы бар ОПН қолдану ұсынылады.

Жабдықты оқшаулауды негізінен коммутациялық асқын кернеулерден қорғау үшін шектегіштерді пайдалану кезінде 10 кА және одан жоғары номиналды разрядты тогы бар шектегіштерді қолдану ұсынылады. Бұл жағдайда номиналды разряд тогын таңдаудың анықтаушы факторы шектегіштің артық кернеу энергиясын сіңіру қабілеті болып табылады.

4) шектегіштің сенімді және қауіпсіз жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін оның артық кернеу энергиясын сіңіру қабілеті пайдалану процесінде күтілетін әсерлерден асуы тиіс. Сіңірілетін артық кернеу энергиясын есептеу бұдан әрі сипатталған әдістеме бойынша жүргізіледі.

Операциялық энергия әсерлерінің ішінде ең жоғары энергия 4/10 мкс 100 кА найзағай импульстарына ие. Алайда, осы әсерлердің энергиясын анықтау

бойынша есептеулерді орындау стандартты сынақтар кезінде өндіруші растаған шектегішпен сіңірудің кепілдендірілген қабілетіне және найзағай импульсінің стандартты түріндегі токтың амплитудасы, жағы мен оның интегралды сипаттамасы – импульс энергиясы арасындағы айқын байланысқа байланысты ұсынылмайды. Бұл мәлімдеме разряд тогының номиналды амплитудасы бар найзағай импульсіне де қатысты.

Шектегішке келесі энергия әсері коммутациялық шамадан тыс кернеулер болып табылады, олардың ішіндегі ең қауіптісі ұзын кабель желілері мен конденсатор батареялары ажыратқыштың бірнеше рет сынуымен ажыратылған кезде пайда болады. Соңғы жағдайда шектегіш сіңіруі тиіс W (Дж) энергиясы C_{ϕ} кабельдің (конденсаторлар батареясының)(мкФ) сыйымдылығымен, $U_{\phi T}$ желісінің фазалық кернеуімен (амплитудасы)(кВ) және МЭК 99-4 U_n бойынша ОПН номиналды кернеуімен анықталады, оны нормаланған энергетикалық әсерлерден (кВ) кейін 10 секунд ішінде ОПН-ге қолдануға жол беріледі және келесі деңгеймен анықталады:

$$W = \frac{1}{2} \times C_{\phi} \times \left[(3 \times U_{\phi m})^2 - (\sqrt{2} \times U_n)^2 \right]. \quad (78)$$

Алынған мәнді коммутациялық кернеу кезінде таңдалған шектегіш түрінің энергиясын сіңіру қабілетімен салыстыру қажет.

Егер таңдалған шектегіш түрінің энергетикалық тұрақтылығы жеткіліксіз болса, жоғары $U_{нд}$, демек U_n ($U_n \approx 1,25 U_{нд}$) шектегішті таңдау керек. Егер бұл қолайсыз қорғаныс деңгейіне әкелсе, онда жоғары энергияны сіңіру үшін параллель орнатылған бір типті шектегіштерді қолдану қажет. Бұл ретте шектегіштер олардың арасында энергияны біркелкі бөлу үшін жақын қорғаныш сипаттамаларына (5% - ға дейін) ие болуы тиіс.

5) тік бұрышты нысандағы ток импульстарының әсер етуі кезінде асқын кернеулерді шектегіштердің өткізу қабілеті шектегіштердің коммутациялық асқын кернеулердің энергиясын варисторларға зақым келтірмей сіңіру мүмкіндігін өндірушінің растауына арналған параметр болып табылады. Өткізу қабілеті мен $U_{нд}$ -ға қатысты меншікті энергия сыйымдылығы бойынша ОПН сыныптары 5-кестеде келтірілген.

5-кесте- $U_{нд}$ -ға қатысты өткізу қабілеті және меншікті энергия сыйымдылығы бойынша ОПН сыныптары

Өткізу қабілеті класы	1	2	3	4	5
Ұзындығы 2000 мкс болатын тікбұрышты импульстің амплитудасы, А	250– 400	450– 850	900– 1100	1200– 1600	1700– 2100
Меншікті энергия сыйымдылығы, кДж/кВ $U_{нд}$	1,2– 2,5	2,6– 4	4,1– 5,6	5,7– 7,5	7,6– 8,7

Коммутациялық асқын кернеулер кезіндегі шектеуіштегі токты бағдарлы бағалау деңгейге сәйкес жүргізіледі

$$I_k = \frac{U_k - U_p}{Z}, \quad (79)$$

мұндағы I_k – коммутациялық асқын кернеулер пайда болған кезде шектегіштің күтілетін тогы, А;

U_k – коммутациялық асқын кернеулердің амплитудасы, (В);

U_p – ток кезіндегі шектегіштегі қалған кернеу I_k , (В);

Z – желінің (кабельдің) толқындық кедергісі, (Ом).

Теңдеуді дәйекті жуықтау әдісімен шешуге ыңғайлы. Графикалық-аналитикалық әдісті де ұсынуға болады. Бұл ретте T (мс) ток импульсінің ұзақтығы ұзындығы L (км) сызық бойынша асқын кернеу толқынының жүруінің екі еселенген уақытына тең қабылданады

$$T = \frac{2 \cdot L}{300}. \quad (80)$$

б) Орташа кернеу класындағы желілерде оқшаулау өнеркәсіптік жиіліктің бір минуттық сынақ кернеуімен және импульстік әсермен тексеріледі, ал біріншісі кейбір ескертулермен негізгі жиіліктері 50 Гц – ке жақын коммутациялық асқын кернеулер кезіндегі сипаттамаларды, ал екіншісі-бірнеше ондаған немесе жүздеген килogerц негізгі жиіліктері бар найзағай және коммутациялық асқын кернеулер кезіндегі сипаттамаларды көрсетеді.

Аса кернеулі шектегіштің түрін таңдау кезінде шектегіштің сипаттамаларын қорғалатын оқшаулау сипаттамасымен үйлестіруді қамтамасыз ету қажет: оқшаулаудың электрлік беріктігі кейбір U_x қорымен шектегіштің қорғаныш сипаттамасынан асып кетуі тиіс

$$U_x = \frac{U_d - U_p}{U_d}, \quad (81)$$

мұндағы U_d – оқшаулаудағы рұқсат етілген кернеу;

U_p – ОПН қалған кернеуі.

Найзағай кернеулері үшін үйлестіру аралығын есептеу үшін U_d ретінде ГОСТ 1516.3-96 сәйкес найзағай сынақ импульсінің мәні қабылданады, ал ішкі кернеулер үшін ол есептеледі

$$U_d = 1,414 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot U_{исп}, \quad (82)$$

мұндағы K_1 – 50 Гц кернеуінің әсерімен салыстырғанда ішкі асқын кернеулердің әсері кезінде оқшаулаудың қатаюын ескеретін коэффициент, $K_1=1,3$;

K_2 – кумулятивтілік коэффициенті, $K_2=0,9$; $U_{исп}$ – өнеркәсіптік жиіліктің бір минуттық сынау кернеуі.

Орташа кернеулі желілер үшін U_x ұсынылған мәні найзағай кернеулері үшін кемінде 0,2 және ішкі кернеулер үшін 0,15 құрайды.

Жоғары вольтты электр машиналарын оқшаулаудағы рұқсат етілген асқын кернеулердің амплитудасы мынадай формула бойынша анықталады:

а) электр қозғалтқыштар мен синхронды компенсаторлар үшін

$$U_d = \sqrt{2} \cdot 1,7 \cdot U_{ном}, \quad (83)$$

б) қуатты генераторлар үшін

$$U_d = \sqrt{2} \cdot 1,5 \cdot U_{ном}, \quad (84)$$

мұндағы $U_{ном}$ – машиналардың номиналды кернеуі.

Есептік мәндерге сәйкес асқын кернеуді шектегіштің түрі таңдалады (К қосымшасы).

2.4 1000 В-тан төмен электр аппараттарын таңдау

2.4.1 Ажыратқыштарды таңдау

Ажыратқыштар келесі шарттар бойынша таңдалады:

1) қондырғының кернеуі бойынша

$$U_{уст} \leq U_{ном}; \quad (85)$$

2) жүктеме тогы бойынша

$$I_{раб.утж} \leq I_{ном}; \quad (86)$$

3) конструктивті орындау бойынша.

Таңдалған ажыратқышты тексеру екі шарт бойынша жүзеге асырылады:

1) электродинамикалық төзімділік бойынша

$$i_y \leq i_{нр.с}; \quad (87)$$

2) жылу төзімділік бойынша

$$B_{\kappa} \leq I_m^2 \cdot t_m \cdot \quad (88)$$

Номиналды ток $I_{ном}$, шекті ток $I_{пр.с}$, жылу кедергісінің тогы I_m мен уақыты t_m , /5/, /7/, /9/, /12/, /14/ каталогтар мен анықтамалықтарда келтірілген.

2.4.2 Автоматты ауа ажыратқыштарын (автоматтарды) таңдау

Автоматтарды келесі параметрлер негізінде таңдалады:

1) орнату кернеуі

$$U_{уст} \leq U_{ном}; \quad (89)$$

2) номиналды ток

$$I_{раб.утж} \leq I_{ном}; \quad (90)$$

3) конструктивті орындау;

4) шекті ажыратылатын ток.

Қысқа тұйықталу кезінде уақыт кідірісімен әрекет ететін селективті автоматтар шарт бойынша тексеріледі

$$I_{н.о} \leq I_{отк}, \quad (91)$$

мұндағы $I_{н.о}$ - бастапқы сәтте үш фазалы қысқа тұйықталу тогының периодтық компонентінің тиімді мәні;

$I_{отк}$ - автоматты ажыратқышдың шекті тогының қолданыстағы мәні.

5) электр төзімділігі бойынша $i_y \leq i_{пр.с}$.

Токты шектейтін (тез әрекет ететін) автоматтар шарт бойынша тексеріледі

$$I_y^{(3)} \leq I_{отк}. \quad (92)$$

Ток шектеуші эффектінің арқасында жылдам әрекет ететін автоматтар электродинамикалық төзімділікке тексерілмейді.

Жылу тұрақтылығы бойынша тек селективті автоматтар тексеріледі

$$B_{\kappa} \leq I_m^2 \cdot t_m, \quad (93)$$

мұндағы $i_{пр.с}$ - қысқа тұйықталудың шекті тогының амплитудалық мәні;

I_m - термиялық төзімділіктің шекті тогы;

t_m - термиялық төзімділіктің тогының ағу уақыты - /9/, /14 / арқылы анықталады.

Қозғалтқыштарды қорғау автоматтары үшін электромагниттік ажыратқыштың ток параметрлері есептеледі:

а) қысқа тұйықталған ротормен

$$I_{уст.эм} \geq (1,5 \div 1,8)I_{\Pi}; \quad (94)$$

б) фазалық роторлы қозғалтқыш үшін

$$I_{уст.эм} \geq (2,5 \div 3)I_{ном.дв}; \quad (95)$$

в) қысқа тұйықталған қозғалтқыштар тобы үшін

$$I_{уст.эм} \geq (1,5 \div 1,8) \left[\sum I_{ном.дв} + (I_{\Pi} - I_{ном.дв}) \right]; \quad (96)$$

мұндағы $(I_{\Pi} - I_{ном.дв})$ ең жоғары ток мәні бар қозғалтқыштар үшін алынады;

г) фазалық роторлы қозғалтқыштар тобы үшін

$$I_{уст.эм} \geq (1,5 \div 2)I'_{ном.дв} + \sum I_{ном.дв}; \quad (97)$$

мұндағы $I'_{ном.дв}$ - ең жоғары іске қосу тогы бар қозғалтқыш тогы;

д) қайта-қысқа мерзімді режимде жұмыс істейтін қозғалтқыштар үшін жылу немесе аралас ажыратқыштың номиналды тогы

$$I_{ном.расц} \geq 1,5I_{ном.дв}. \quad (98)$$

Қысқа тұйықталу тогы бойынша автоматтарды таңдау:

а) электромагниттік ағытқышы бар автоматтар үшін

$$\frac{I_k}{I_{уст.эм}} \geq 1,5 \div 1,4; \quad (99)$$

б) аралас ажыратқышы бар автоматтар үшін

$$\frac{I_k}{I_{н.расц}} \geq 3. \quad (100)$$

Автоматтардың номиналды параметрлері анықтамалық әдебиетте /5/, /7/, /9/, /12/, /14/, (қосымша Б) келтірілген.

2.4.3 Контактторлар мен магниттік стартерлерді таңдау

Контактторлар мен магниттік стартерлер келесі шарттар бойынша таңдалады:

1) қондырғының кернеуі бойынша

$$U_{уст} \leq U_{ном}; \quad (101)$$

2) токтың түрі мен мәні бойынша

$$I_{раб.утж} \leq I_{ном}; \quad (102)$$

3) қосылатын электр қозғалтқыштарының қуаты бойынша

$$P_{подк} \leq P_{дон}. \quad (103)$$

Есептелген мәндерге сәйкес контакттордың, стартердің түрі таңдалады /5/, /7/, /9/, /12/, /14/, (қосымша Г).

2.4.4 Сақтандырғыштарды таңдау

Төмен вольтты сақтандырғыштар таңдалады:

1) қондырғының кернеуі бойынша

$$U_{уст} \leq U_{ном}; \quad (104)$$

2) номиналды ток бойынша

$$I_{раб.утж} \leq I_{ном}; \quad (105)$$

3) құрылымы және орнату түрі бойынша;

4) ажырату тогы бойынша

$$I_{п.о} \leq I_{отк.п}, \quad (106)$$

мұндағы $I_{отк.п}$ - шекті ажыратылған ток (симметриялы компонент).

1000 В дейінгі қондырғыларда сақтандырғышты балқытудың номиналды тогы желіні қорғау шарттары бойынша, сондай-ақ таңдау шарттары бойынша таңдалады.

Есептеулерді жеңілдету үшін құрылғылардың жүктемесін фазаларға бөлуге болмайды, содан кейін

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{(\sum S_{приб} \cos \varphi_{приб})^2 + (\sum S_{приб} \sin \varphi_{приб})^2} \quad (107)$$

Сақтандырғыштардың номиналды мәндері /5/, /7/, /14/, (қосымша Г) келтірілген.

2.5 Таратушы құрылғылардың ток өткізгіш бөліктері мен оқшаулағыштарын таңдау

Электр станциялары мен қосалқы станциялардың 35 кВ және одан жоғары тарату құрылғыларындағы ток өткізгіш бөліктері әдетте АС немесе АСО болат-алюминий сымдарымен орындалады. Ашық тарату құрылғыларының кейбір конструкцияларында шиналар мен шиналардың бір бөлігі немесе барлығы қатты алюминий құбырларынан жасалуы мүмкін. Трансформаторды 6-10 кВ жабық құрылғымен немесе 6-10 кВ жиынтық тарату құрылғысымен жалғау икемді аспалы ток өткізгішпен, шина көпірімен немесе жабық жиынтық ток өткізгішпен жүзеге асырылады. 6-10 кВ жабық тарату құрылғысының ішіндегі барлық қосылыстар, құрама шиналарды қоса алғанда, тік бұрышты немесе қорапты қималы қатты жалаңаш алюминий шиналармен орындалады..

2.5.1 Қатты шиналарды таңдау

6-10 кВ жабық тарату құрылғыларында 3000 А дейінгі ток кезінде бір жолақты және екі жолақты алюминий шиналар қолданылады. Жоғары токтар үшін қораптық шиналар ұсынылады, өйткені олар жақсы салқындату жағдайларын қамтамасыз етеді және жақындық пен беттік әсерінен аз жоғалтуды қамтамасыз етеді.

Шиналау қимасын таңдау (кұрастырмалы шиналардан электр аппараттарына тармақталу) токтың экономикалық тығыздығы бойынша жүргізіледі

$$S = \frac{I_{раб.норм}}{j_3}, \quad (108)$$

мұндағы $I_{раб.норм}$ - қалыпты режимдегі ток (артық жүктемесіз);

j_3 - токтың нормаланған экономикалық тығыздығы, А/мм², /6/, /7/.

Табылған қима жуықталады. Бұл ретте, егер ол экономикалық мәннен 15% - дан артық ерекшеленбесе, ең жақын стандартты қима қабылданады. Әйтпесе, ең жақын стандартты қима /5/, /7/, /9/, /12/, /14/ қабылданады.

Экономикалық тығыздық бойынша таңдалған шиналар тексеріледі:

- қыздыру шарттарынан рұқсат етілген ток бойынша;
- қысқа тұйықталу кезіндегі термиялық төзімділікке;

- қысқа тұйықталу кезінде динамикалық төзімділікке.

1) *Шиналарды қыздыру шарттары бойынша тексеру.*

Барлық кернеулердің шиналарының қимасы рұқсат етілген токқа сәйкес таңдалады, өйткені шиналардың ұзындығы бойынша жүктеме біркелкі емес және көптеген учаскелерде жұмыс тогынан аз болады. Рұқсат етілген токқа сәйкес, шинаның көлденең қимасы мен қосалқы қажеттіліктерге арналған резервтік желілер мен резервтік трансформаторлардың кабельдері таңдалады, өйткені олар кейде қосылады; барлық уақытша құрылғылардың ток өткізгіш бөліктерінің қимасы; қондырғылардағы шиналау мен кабельдердің қимасы 1000 В-қа дейін, егер $T_{\max} < 4500$ сағ, өйткені энергия шығыны аз.

Рұқсат етілген ток бойынша тексеру-ауырлатылған режимнің ең жоғары жүктемелері кезіндегі қыздыру шарттарынан

$$I_{\text{раб.утж}} \leq I_{\text{доп}}, \quad (109)$$

мұндағы $I_{\text{доп}}$ - таңдалған қиманың шиналарына шиналардың тегіс орналасуы немесе кестеде қабылданғаннан өзгеше салқындату ортасының температурасы кезіндегі түзетуді ескере отырып, рұқсат етілген ток ($\theta_{\text{о.ном}} = 25^\circ\text{C}$).

Соңғы жағдайда

$$I_{\text{доп}} = I_{\text{доп.ном}} \sqrt{\frac{\theta_{\text{дл.доп}} - \theta_{\text{о}}}{\theta_{\text{дл.доп}} - \theta_{\text{о.ном}}}}, \quad (110)$$

мұндағы $\theta_{\text{дл.доп}} = 70^\circ\text{C}$, $\theta_{\text{о.ном}} = 25^\circ\text{C}$ – шиналар үшін.

$I_{\text{доп.ном}}$ - салқындату ортасының температурасы кезінде кестелер бойынша рұқсат етілген ток;

$\theta_{\text{о.ном}} = 25^\circ\text{C}$;

$\theta_{\text{о}}$ - салқындату ортасының нақты температурасы.

Тік бұрышты шиналарды көлденең төсеу және олардың тегіс орналасуы кезінде рұқсат етілген токты ені 60 мм-ге дейін жолақтар үшін 5% - ға және ені үлкен жолақтар үшін 8% - ға азайту керек.

2) *Шиналарды термиялық төзімділік жағдайы бойынша тексеру.*

Қысқа тұйықталу кезінде шиналарды термиялық төзімділікке тексеру шарт бойынша жүргізіледі

$$\theta_{\text{к}} \leq \theta_{\text{к.доп}}, \quad (111)$$

мұндағы θ_{κ} - қысқа тұйықталу тогымен қызған кездегі шиналардың температурасы;

$\theta_{\kappa.доп}$ - қысқа тұйықталу кезіндегі шиналарды қыздырудың рұқсат етілген температурасы.

Бұл сынақ жағдайы толығырақ / 7 /, / 9 / -де сипатталған.

Тарату қондырғылары мен желілерді жобалау кезінде көбінесе қысқа тұйықталудың термиялық кедергісіне қойылатын талаптарды қанағаттандыратын өткізгіштің минималды қимасын S_{\min} анықтау қажет.

$$S_{\min} = \sqrt{\frac{B_{\kappa}}{A_{\kappa} - A_{\text{н}}}}, \quad (112)$$

мұндағы B_{κ} - қысқа тұйықталу тогымен шығарылатын жылу импульсі;

A_{κ} , $A_{\text{н}}$ - қисықтар бойынша анықталатын дәлелдер сәйкесінше $\theta_{\text{н}}$ және θ_{κ} үшін (қысқа тұйықталу кезіндегі өткізгіштің бастапқы және соңғы температурасы).

Шамамен есептеулерде жеңілдетілген формуланы қолдануға болады

$$S_{\min} = \frac{\sqrt{B_{\kappa}}}{C}, \quad (113)$$

мұндағы $C = \sqrt{A_{\kappa} - A_{\text{н}}}$ $\theta_{\text{н}} = 70^{\circ}\text{C}$ кезінде.

Алюминий шиналар мен сымдар үшін C мәні 91, мыс шиналар үшін 167. 6 және 10 кВ кәбілдер үшін тиісті мәндер /3/, /4/ келтірілген.

3) *Шиналарды электродинамикалық төзімділікке тексеру.*

Оқшаулағыштарға бекітілген қатты шиналар-бұл электродинамикалық күштер әсер ететін динамикалық тербелмелі жүйе. Егер оқшаулағыш шиналардың тербелмелі жүйесінің меншікті жиіліктері электродинамикалық күштердің өзгеру жиілігіне сәйкес келсе, онда шиналар мен оқшаулағыштарға жүктеме артады. Егер табиғи жиілік 30 Гц-тен аз болса және 200 Гц-тен көп болса, онда механикалық резонанс пайда болмайды. Іс жүзінде қолданылатын шина конструкцияларының көпшілігінде бұл шарттар сақталады, сондықтан ПУЭ /8/ шина конструкциясының механикалық тербелістерін ескере отырып, электродинамикалық төзімділікке тексеруді талап етпейді. Кейбір жағдайларда, мысалы, жаңа құрылымдарды жобалау кезінде алюминий шиналары үшін табиғи тербелістердің жиілігі анықталады / 8/

$$f_0 = \frac{173,2}{\ell^2} \sqrt{\frac{J}{S}}, \quad (114)$$

мұндағы ℓ - оқшаулағыштар арасындағы аралықтың ұзындығы, м;

J - иілу күшінің бағытына перпендикуляр оське қатысты шинаның көлденең қимасының инерция моменті, см⁴;

S - шинаның көлденең қимасы, см².

Инерция моментінің мәні /9/, /12/ кестелерінен алынады.

ℓ және S -ді өзгерту арқылы біз механикалық резонансты болдырмауға тырысамыз, яғни $f_0 \geq 200$ Гц.

Егер $f_0 \leq 200$ Гц болса, онда шиналарды арнайы есептеу жүргізіледі /2/, /3/, /5/ қысқа тұйықталу кезіндегі шиналардың ауытқуын ескере отырып. Бір жазықтықта орналасқан тікбұрышты, профильді, дөңгелек немесе құбырлы қиманың бір жолақты шиналарын механикалық есептеу. Үш фазалы қысқа тұйықталу кезінде пайда болатын ең үлкен күш анықталады, Н

$$F_{расч} = \sqrt{3} \cdot 10^{-7} \cdot i_y^2 \frac{\ell}{a}, \quad (115)$$

мұндағы i_y - соққы тогы, А;

a - көршілес фазалар арасындағы қашықтық, м;

ℓ - шина аралығы (бір фазаның көршілес оқшаулағыштары арасындағы қашықтық), м.

Екіден артық аралықтар саны кезінде шинаға ең көп иілу сәті (шина тіректерде еркін жатқан көп аралықты сәуле ретінде қарастырылады), Н·м

$$M = \frac{F_{расч} \cdot \ell}{10}, \quad (116)$$

Шина материалындағы кернеу. Туындайтын әсері кезіндегі иілу сәті, МПа

$$\sigma_{расч} = \frac{M}{W} = \frac{F_{расч} \cdot \ell}{10 \cdot W} = \sqrt{3} \cdot 10^{-8} \cdot \frac{i_y^2 \cdot \ell}{W \cdot a}, \quad (117)$$

мұндағы W - күш әсеріне перпендикуляр оське қатысты шинаның кедергі сәті, см³, /4/, /6 / келтірілген.

Шиналар динамикалық тұрақты, егер

$$\sigma_{расч} \leq \sigma_{доп}, \quad (118)$$

мұндағы $\sigma_{доп}$ - шина материалындағы рұқсат етілген механикалық кернеу. Бұл ретте А0, А1 $\sigma_{доп} = 82,3$ МПа маркалы алюминий үшін, АД31Т $\sigma_{доп} = 89,2$ маркалы алюминий қорытпасы үшін /4/.

Егер есептеу кезінде шиналар материалындағы кернеу рұқсат етілгеннен үлкен болса, онда анықтау үшін $\sigma_{расч}$ өрнекке кіретін бір немесе бірнеше шамаларды өзгерту шараларын қабылдау керек.

Үшбұрыштың шыңдарында орналасқан екі жолақты, қорапты қималы шиналарды, шиналарды механикалық есептеу әдістемесі /4 / беріледі.

2.5.2 Шиналық оқшаулағыштарды таңдау

Тарату құрылғыларындағы қатты шиналар таңдалған тірек оқшаулағыштарына бекітіледі:

1) номиналды кернеу бойынша

$$U_{уст} \leq U_{ном}; \quad (119)$$

2) рұқсат етілген жүктеме бойынша

$$F_{расч} \leq F_{доп}, \quad (120)$$

мұндағы $F_{расч}$ - изоляторға әсер ететін күш;

$F_{доп}$ - оқшаулағыштың басына рұқсат етілген жүктеме.

Оқшаулағыштың басына рұқсат етілген жүктеме мына формула бойынша анықталады

$$F_{доп} = 0,6 \cdot F_{разр} \quad (121)$$

мұндағы $F_{разр}$ - иілу жүктемесі, Н.

Барлық фазалардың оқшаулағыштарының көлденең немесе тік орналасуы кезінде есептік күш Н

$$F_{расч} = \sqrt{3} \frac{i_y^2}{a} \cdot \ell \cdot K_n \cdot 10^{-7}, \quad (122)$$

мұндағы K_n - шинаның биіктігіне түзету коэффициенті, егер ол "қырынан" орналасса, мынадай формула бойынша айқындалады

$$K_n = \frac{H}{H_{из}}; \quad (123)$$

$$H = H_{из} + b + \frac{h}{2}, \quad (124)$$

мұндағы $H_{из}$ - оқшаулағыштың биіктігі; b и h - шинаның өлшемдері.

Шиналар $F_{расч}$ үшбұрышының шындарында орналасқан кезде /4/ қаралады.

Өтпелі оқшаулағыштар таңдалады:

1) номиналды кернеу бойынша

$$U_{уст} \leq U_{ном}; \quad (125)$$

2) номиналды ток бойынша

$$I_{раб.утж} \leq I_{ном} \quad (126)$$

3) рұқсат етілген жүктеме бойынша

$$F_{расч} \leq F_{доп}. \quad (127)$$

Өтпелі оқшаулағыштар үшін есептік күш, F

$$F_{расч} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{i_y^2}{a} \cdot \ell \cdot 10^{-7} \quad (128)$$

2.5.3 Икемді шиналарды таңдау

35 кВ және одан жоғары тарату құрылғыларында АС сымдарымен орындалған иілгіш шиналар қолданылады. Икемді шиналардың көлденең қимасы таңдалады:

1) токтың экономикалық тығыздығы бойынша (ошиновка)

$$S = \frac{I_{раб.норм}}{j_s}; \quad (129)$$

2) үздіксіз ток бойынша (құрама шиналар)

$$I_{раб.утж} \leq I_{доп}; \quad (130)$$

3) қысқа тұйықталу тогының термиялық әрекеті бойынша

$$\theta_k \leq \theta_{к.дон} \quad (131)$$

немесе

$$S_{\min} = \frac{\sqrt{B_k}}{C} \leq S, \quad (132)$$

сонымен қатар, /2/ сәйкес ашық ауада жалаңаш сымдармен жасалған шиналар термиялық әсерге тексерілмейді;

4) қысқа тұйықталу тогының электрлік әсері бойынша.

Иілгіш шиналар фазалар арасында жеткілікті үлкен қашықтықта ілулі оқшаулағыштардың гирляндларына орнатылады. Сонымен, құрама шиналар үшін қашықтық қабылданды: 35 кВ – 1,5 м; 110 кВ – 3 м; 220 кВ – 4 м; 330 кВ – 4,5 м; 500 кВ – 6 м; 750 кВ – 10 м.

Мұндай қашықтықта фазалар арасындағы өзара әрекеттесу күштері аз, сондықтан икемді шиналар үшін электродинамикалық әсер есептеу әдетте жүргізілмейді. Бірақ қысқа тұйықталудың үлкен токтарымен фазалардағы сымдар түсіп кетуі мүмкін. ПУЭ сәйкес қысқа тұйықталу токтарының электродинамикалық әсеріне (соқтығысуға) 6-кестеде келтірілген мәндерге тең немесе одан үлкен қысқа тұйықталу қуаты кезінде иілгіш шиналар тексерілуі тиіс. Тексеру тәртібі /6/ көрсетілген.

6-кесте-Қысқа тұйықталу қуатының нормаланған мәндері

Номиналды кернеу, кВ	110	150	220	330	500
Қысқа тұйықталу қуаты, МВА	4000	6000	8000	12000	18000

Тәжді сынау 35 кВ және одан жоғары кернеудегі икемді өткізгіштер үшін жасалады. Тәж шартына сәйкес сымдардың көлденең қимасын таңдаудың есептеу тәртібі /6/ -де қарастырылған. Сондай-ақ, ПУЭ-де келтірілген әуе электр желілері сымдарының тәж жағдайларына сәйкес минималды рұқсат етілген қималарын қолдануға болады: 110 кВ кернеу үшін - АС-70; 150 кВ - АС-120; 220 кВ - АС-240; 330 кВ - АС-600 немесе 3хАС-150; 500 кВ - 2хАС-240, немесе 3хАС-330, немесе 2хАС-700/6 /.

Пайдаланылган әдебиеттер тізімі

- 1 Родштейн Л.А. Электрические аппараты низкого напряжения. – М.: Энергия, 1989.
- 2 Чухинин А.А. Электрически аппараты. – М.: Энергия, 1988.
- 3 Правила устройства электроустановок. Астана.: Союз инженеров-энергетиков, 2012.
- 4 Постников Н.П. Монтаж электрооборудования промышленных предприятий. Курсовое и дипломное проектирование. – Л.: Энергия, 1991.
- 5 Рожкова Л.Д., Карнеева Л.К., Чиркова Т.В. Электрооборудование электрических станций и подстанций 4-е изд., стер. М.: Академия, 2007. - 448 с. <http://www.twirpx.com/file/383282/>
- 6 Ермилов А.А. Основы электроснабжения промышленных предприятий. – М.: Энергия
- 7 Кисаримов Р.А. Справочник электрика. – М.: Энергоиздат, 1999
- Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. – М.: Высшая школа, 1990. – 366 с.
- 8 Неклепаев Б.Н. Электрическая часть станций и подстанций. Справочник. – М.: Энергия, 1989.
- 9 Основы современной энергетики: учебник для вузов: в 2 т./ под общей редакцией чл.-корр. РАН Е.В. Аметистова. – 4-е изд., перераб. И доп. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008.
- 10 Васильев А.А., Крючков И.П. и др. Электрическая часть станций и подстанций. – М.: Энергоатомиздат, 1990 - 576 с.
- 11 Алиев И.И. Справочник по электротехнике и электрооборудованию. – М.: Высшая школа, 2000.
- 12 Карнеева Л.К., Рожкова Л.Д. Электрооборудование электростанций и подстанций. Практикум для студентов образовательных учреждений сред. проф. образования. Примеры расчетов. Задачи. Справочные данные. - Иваново: МЗЭТ ГОУ СПО ИЭК. 2006. - 224 с. <http://www.twirpx.com/file/973234/>
- 13 Электротехнический справочник: В 4 т. Т. 3. Производство, передача и распределение электрической энергии / Под общ. ред. профессоров МЭИ В.Г. Герасимова и др. (гл. ред. А.И. Попов). – М.: Издательство МЭИ, 2002 – 964 с.
- 14 Шеховцов В.П. Методическое пособие для курсового проектирования. - М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. — 214 с. <http://www.twirpx.com/file/1108229/>
- 15 Пособие для изучения правил техники безопасности электростанций и сетей (Электрооборудование). – М.: Энергия, 2000.
- 16 Электрические станции и подстанции. Учебное пособие / сост.: Мясоедов Ю.В., Савина Н.В., Ротачева А.Г. - Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2013.

А қосымшасы
(Анықтамалық)
Ток трансформаторлары

А.1 ТШЛ - 0,66 токтың шиналық трансформаторлары

ТШЛ-0,66 шиналық ток трансформаторлары (А.1-сурет) толық трансформаторлық қосалқы станцияларда орнатуға арналған және өлшеу құралдарына, қорғанис және басқару құрылғыларына өлшеу ақпаратының сигналын беру үшін қолданылады..



Сурет А.1-Шиналы ТШЛ-0,66 ток трансформаторы

Кесте А.1 - ТШЛ-0,66 ток трансформаторларының техникалық сипаттамалары

Номиналды кернеу, кВ	0,66
Номиналды бастапқы ток, А	2000, 3000, 4000, 5000.
Ең үлкен бастапқы ток, А	2000, 3200, 4000, 5000.
Номиналды жиілік, Гц	50,60
Ең кіші қайталама ток, А	5
$\cos \varphi = 0,8$ кезіндегі номиналды қайталама жүктеме, ВА	150

А. 2 ТШЛ-10 тогының шиналық трансформаторлары

ТШЛ-10 шиналық ток трансформаторлары (А. 2-сурет) толық трансформаторлық қосалқы станцияларға орнатуға арналған және 10 кВ кернеу класына айнымалы ток электр қондырғыларындағы жоғары кернеуден екінші ток

тізбектерін қорғау және оқшаулау тізбектерін басқаруға қызмет етеді. Трансформаторлар тұйықталған шиналарға және толық тарату құрылғыларына біріктіру үшін қолданылады.



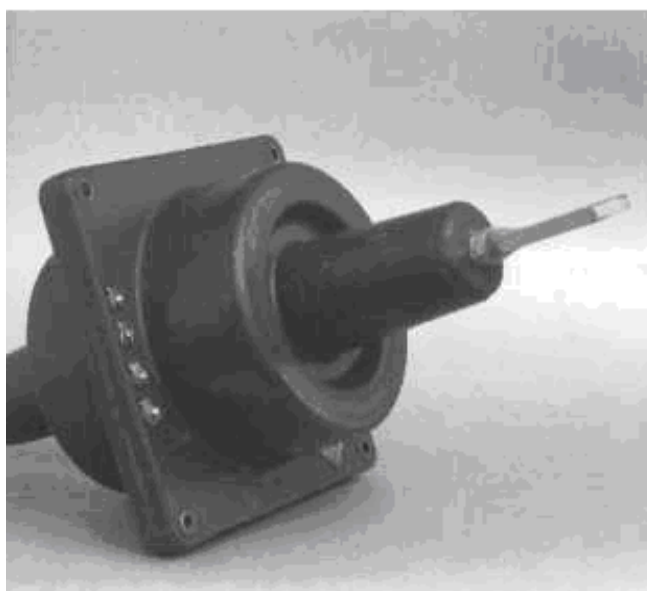
Сурет А.2-Шиналы ТШЛ-10 ток трансформаторы

Кесте А.2 - ТШЛ-10 ток трансформаторларының техникалық сипаттамалары

Номиналды кернеу кВ	10
Номиналды бастапқы ток А	1000, 2000, 3000, 3200, 4000.
Номиналды жиілік Гц	50,60
Ең кіші қайталама ток А	5
$\cos \varphi = 0,8$ кезіндегі номиналды қайталама жүктеме, ВА	150

А.3 ТПЛ-20; 35 трансформаторы

ТПЛ-20; 35 трансформаторлары (А. 3-сурет) жиынтық тарату құрылғыларында орнатуға арналған және өлшеу ақпаратының сигналын өлшеу аспаптарына немесе қорғау және басқару құрылғыларына беру үшін, 20 кВ – ТПЛ 20 және 35 кВ – ТПЛ 35 дейінгі кернеу класындағы айнымалы ток электр қондырғыларындағы жоғары кернеуден екінші реттік қосылыстар тізбектерін оқшаулау үшін қызмет етеді. Трансформатордың техникалық деректері А. 3 кестесінде келтірілген.



Сурет А.3 – ТПЛ – 20;35 ток трансформаторлары

Кесте А. 3– ТПЛ-20;35 ток трансформаторларының техникалық сипаттамалары

Номиналды кернеу, кВ	20;35
Номиналды бастапқы ток, А	300;400;600;800;1000;1500;320;400;630;800;1000;1600
Номиналды жиілік, Гц	50,60
Ең кіші қайталама ток, А	5

А.4 ТЛК-35 трансформаторы

ТЛК-35 трансформаторлары (А.4-сурет) толық тарату құрылғыларында орнатуға арналған және өлшеу ақпаратының сигналын өлшеу құралдарына немесе қорғаныс және басқару құрылғыларына беру үшін, кернеу класы 35 кВ дейінгі айнымалы ток электр қондырғыларындағы жоғары кернеуден екінші реттік тізбектерді оқшаулау үшін қызмет етеді. Трансформатор толық құрылғылардың, соның ішінде металлургия кәсіпорындарының электр пештерінде, сондай-ақ экскаваторлардың тарату қондырғыларында қолданылатын шкафтарға біріктіруге арналған және оның құрамдас бөлігі болып табылады. Трансформатордың техникалық деректері А.4 кестесінде келтірілген.

Кесте А.4 – ТЛК-35 ток трансформаторларының техникалық сипаттамалары

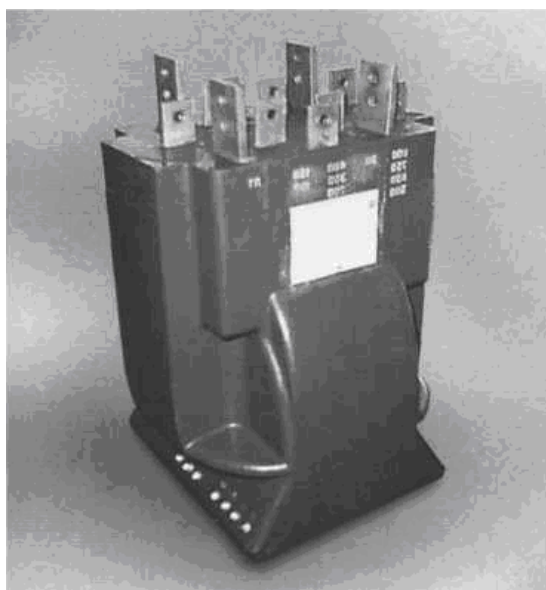
Номиналды кернеу, кВ	35
Номиналды бастапқы ток, А	300;400;600;800;1000;1500;2000;3000
Номиналды жиілік, Гц	50,60
Ең кіші қайталама ток, А	5



Сурет А.4 – ТЛК-35 ток трансформаторлары

А.5 ТЛК-35 ток трансформаторлары

ТЛК-35 ток трансформаторлары (А.5-сурет) өндірістік кәсіпорындардың зертханаларында немесе сынақ станцияларында кернеу класы 35 кВ-қа дейінгі айнымалы ток электр қондырғыларында екінші реттік қосылыстардың тізбектерін жоғары кернеуден оқшаулау үшін ток, қуат және энергияны өлшеу тізбектерін қоректендіруге арналған. Трансформатордың техникалық деректері А.5 кестесінде келтірілген.



Сурет А.5– ТПЛ-35 ток трансформаторлары

Кесте А. 5- ТПЛ -20;35 ток трансформаторларының техникалық сипаттамалары

Номиналды кернеу, кВ	35
Номиналды бастапқы ток, А	1;5;10;20;30;40;50;75;80;100;150;200;250;300;400;500;600;750;800;1000;1200;1500;2000;3000;4000
Номиналды жиілік, Гц	50,60
Ең кіші қайталама ток, А	5

Ток трансформаторларының номиналды бастапқы токтарының қатары А.6 кестесінде келтірілген.

Кесте А.6-Ток трансформаторларының номиналды бастапқы токтары

$I_{но}, А$	1;5;10;20;30;40;50;75;80;100;150;200;250;300;400;500;600;750;800;1000;1200;1500;2000;3000;4000;5000;6000;8000;10000; 12000; 14000;16000;18000;20000;25000;28000;30000
-------------	---

Б қосымшасы
(Анықтамалық)
Автоматты ауа ажыратқыштары (автоматтар)

Б. 1 Әр түрлі типтегі машиналардың сипаттамасы

BM 40-BM 40 автоматты ажыратқыштары жиілігі 50, 60 Гц, кернеуі 400 В дейінгі электр тізбектерінде қолдануға, шамадан тыс жүктеме мен қысқа тұйықталу кезінде оларды қорғауға, қалыпты режимде ток өткізуге және көрсетілген тізбектерді жедел қосуға және өшіруге арналған.

BA 60-26-кеңінен қолданылатын автоматты ажыратқыштар. Тұрғын және қоғамдық ғимараттарда электр энергиясын тарату жабдықтарының құрамында тұтынушыларды қорғау үшін қолданылады. Аралас ажыратқышы бар. Бекіту әдісі-рельсте 35 мм. олар өте кішкентай өлшемдермен ерекшеленеді, бірақ көптеген өлшемдерде ол ISO 9001 стандартына сәйкес келмейді, бұл оны бірыңғай модульдік қалқандарда қолдануға мүмкіндік бермейді.

BA 16-26 - AE 1031 қосқышының аналогы және онымен келісілген орнату өлшемдері бар. 35 мм рельсте орнатуға арналған модификациясы бар.

S230, S240 сериялы ABB – модульдік конструкциядағы ABB концерні өндірісінің автоматты ажыратқыштары рельске лезде бекітілетін бір, екі, үш және төрт полюсті орындаушылықта әр полюсте жылу және электромагниттік ағытқыштармен немесе екі және төрт полюсті орындау үшін, фазалық полюстерде ағытқыштармен және бейтараптағы ажыратқыштармен шығарылады. Бір, екі және үш полюсті қосқыштар қоймадан, төрт полюсті қосқыштар тапсырыс бойынша жеткізіледі.

S250 сериялы ABB-модульдік конструкцияның автоматты ажыратқыштары (S250 ABB концернінің өндірісі) рельске лезде бекітілетін бір -, екі -, үш – және төрт полюсті орындауында әр полюсте жылу және электромагниттік ажыратқыштарымен, екі полюсті және төрт полюсті орындауында-фазалық полюстерде ажыратқыштарымен және бейтарапта ажыратқыштарымен шығарылады.

S290 сериялы ABB - модульдік конструкцияның автоматты ажыратқыштары (S290 ABB концернінің өндірісі) рельске жылдам бекітілетін әрбір полюсте жылу және электромагниттік ағытқыштары бар бір және үш полюсті нұсқада шығарылады. Олар номиналды ток пен шекті коммутация қабілеті бойынша жоғары нақты сипаттамалары бар ықшамдылықпен сипатталады.

AE1031-кеңінен қолданылатын ажыратқыш. Ол тұрғын және қоғамдық ғимараттарда электр энергиясын тарату жабдықтарының құрамында тұтынушыларды қорғау үшін қолданылады.

AE2044-кеңінен қолданылатын ажыратқыш. Ол тұрғын және қоғамдық ғимараттарда электр энергиясын тарату жабдықтарының құрамында тұтынушыларды қорғау үшін қолданылады. Аралас ажыратқышы бар.

A63-жылжымалы құрам аппаратурасының құрамында, негізінен, электр көлігінде энергия қабылдағыштарды қорғауға арналған. Тек электромагниттік ажыратқыш бар.

AE2043, AE2046-кеңінен қолданылатын ажыратқыш. Ол тұрғын және қоғамдық ғимараттарда электр энергиясын тарату жабдықтарының құрамында

тұтынушыларды қорғау үшін қолданылады. АЕ2043 ажыратқышында тек электромагниттік, ал АЕ2046-жылу және электромагниттік ажыратқыштар бар. Жалпы орнату өлшемдері АЕ2056 ажыратқыштарына сәйкес келеді.

АП50 - кеңінен қолданылатын ажыратқыш. Ол тұрғын және қоғамдық ғимараттарда электр энергиясын тарату жабдықтарының құрамында тұтынушыларды қорғау үшін қолданылады. Тән ерекшелігі – корпуста "қосу-өшіру" батырмаларының болуы және контактілерді қорғаудың жоғарылауы. Түпнұсқа дизайн мен пайдаланылған технологияның арқасында ол өз класындағы ең арзан ажыратқыш болып табылады.

АЕ2053, АЕ2056-кеңінен қолданылатын ажыратқыш. Ол тұрғын және қоғамдық ғимараттарда электр энергиясын тарату жабдықтарының құрамында тұтынушыларды қорғау үшін қолданылады. Электромагниттік (АЕ2053) немесе аралас (АЕ2056) ажыратқышы бар. Жалпы орнату өлшемдері АЕ2046 ажыратқыштарына сәйкес келеді.

ВА51-25-кеңінен қолданылатын ажыратқыш. Ол тұрғын және қоғамдық ғимараттарда электр энергиясын тарату жабдықтарының құрамында тұтынушыларды қорғау үшін қолданылады. Аралас ажыратқышы бар. Өзінің электрлік және габариттік сипаттамалары бойынша өндірістен алынған АЕ2026 ажыратқышын ауыстырады. Қосымша контактілерді немесе тәуелсіз Ажыратқышты орнату өлшемдерді біршама арттырады. ВА51Г25 дизайнындағы автоматты сөндіргіш индуктивті мақсаттарда қолдануға арналған.

ВА2129 - ВА 21 сериялы автоматты ажыратқыштар электр тізбектерін шамадан тыс жүктемелерден және қысқа тұйықталулардан, осы тізбектерді (соның ішінде асинхронды қозғалтқыштарды) жедел қосудан және ажыратудан қорғауға және номиналды режимде ток өткізуге арналған.

Ажыратқыштар үш түрде жасалады: ВА21-29 – орташа ажырату қабілетімен; ВА21–29В – жоғары ажырату қабілетімен; ВА21-29Т – қалалық көлік үшін (үш полюсті габариттегі бір полюсті).

ВА51-35, ВА57-35, ВА57Ф35, ВА52-37, ВА04-36-кеңінен қолданылатын ажыратқыштар. Өндірістегі және әкімшілік ғимараттардағы тарату құрылғыларының құрамында тұтынушыларды қорғау үшін қолданылады. ВА04-36 ажыратқышы өзінің техникалық сипаттамалары мен жалпы өлшемдері бойынша ВА54 – 35 ажыратқышының аналогы болып табылады.

А3790-арнайы мақсаттағы ажыратқыш. Тұтынушыларды қорғау үшін (электр энергиясын тарату аппаратурасының құрамында) орташа қуатты аппарат ретінде пайдаланылады. Олар салыстырмалы түрде жоғары салмақ пен шығын көрсеткіштерімен ерекшеленеді. Олардың жартылай өткізгіші бар, бұл тұтынушыға құрылғыны объектіде орнатуға мүмкіндік береді. Көптеген модификациялары бар. Қазіргі уақытта, әдетте, жөндеу мақсаттары үшін пайдаланылады және тек тапсырыс бойынша жеткізіледі.

ВА51-39-кеңінен қолданылатын ажыратқыш. ЩО70 сериялы қалқандарда, орташа қуатты аппарат ретінде қоғамдық ғимараттарда тұтынушыларды қорғау үшін электр энергиясын тарату аппаратурасының құрамында пайдаланылады.

ВА55 - 41, ВА55-43-кеңінен қолданылатын ажыратқыштар. Жоғары қуатты аппарат ретінде қоғамдық ғимараттарда электр энергиясын тарату аппаратурасының құрамында тұтынушыларды қорғау үшін пайдаланылады. Қолданудың негізгі саласы-ЩО70 сериялы қалқандар және негізгі тарату қалқандары. ВА55-41 және ВА55-43 ажыратқыштары негізінде жасалған ажыратқыш үлкен қызығушылық тудырады. Бұл модификацияда автоматты ажыратқыштар автоматты түрде шығарылмайды және қолмен басқарылады немесе электр жетегімен жұмыс істейді. Қазіргі уақытта олар 600 А-дан астам ток күші бар желілердің жалғыз отандық ажыратқыштары болып табылады.

АВ2М - АВ2М автоматты ажыратқыштары ескірген және істен шыққан АВМ ажыратқыштарын ауыстыру үшін шығарылады. Осы уақытқа дейін жұмыс істеп тұрған трансформаторлық қосалқы станциялардың үлкен саны осындай ажыратқыштармен жабдықталған.

Ва53-41, ВА55-41, ВА53-43 және ВА55-43 сериялы автоматтар негізінде жасалған ажыратқыштар габаритті, орнату және қосу өлшемдері бойынша, қосу схемасы бойынша АВМ автоматтарымен толық үйлесімді.

АВ2М ажыратқыштары шығарылады:

- стационарлық және жылжымалы орындауда
- қолмен басқарылатын, оның ішінде дистанциялық жетегі бар немесе электр жетегі бар
- селективті және селективті емес

АВ2М ажыратқыштары бөлшектелетін АВМ автоматын соңғысының ерекшелігі бойынша ауыстыру үшін тапсырыс бойынша ғана шығарылады.

"Электрон" сериялы электронды ажыратқыштар қысқа тұйықталу және шамадан тыс жүктеме кезінде токтарды өшіруге, сондай-ақ сирек жұмыс істейтін қосулар мен жүктемелерді өшіруге арналған. Қосалқы станцияларда және қуатты тарату құрылғыларында қолданылады. "Электрон" автоматты ажыратқыштары: "Электрон-Э06" - қол және электр жетегімен, қалғандары – тек электр жетегімен; стационарлық артқы жалғаумен; жылжымалы артқы жалғаумен орындалады. Соңғы жағдайда ажыратқыш оған бекітілген контактілері бар рамамен; тәуелсіз ажыратқыштармен; кернеуді ең аз ажыратқыштармен жабдықталған. Барлық қосқыштарда 8 көмекші байланыс бар – 4з және 4р. "Электрон" қосқыштары тапсырыс бойынша жеткізіледі.

Жоғарыда аталған машиналардың техникалық деректері В.1 кестесінде келтірілген.

Б.1-кесте-Автоматты ауа ажыратқыштарының техникалық деректері

Түрі	Қорғау дәрежесі	Қосылған сымның көлденең қимасы, мм ²	Полюстер саны	Номиналды ток, А	Номиналды кернеу, В		Шекті коммутациялық қабілет, кА
					Айнымалы ток	Тұрақты ток	
1	2	3	4	5	6	7	8
BM 40	IP20	1,5-25	1; 2; 3; 4	40	230/400	(1П) 40 (2П) 90	4,5
BA60-26	IP20	2,5-10	1; 2; 3; 4	31,5	380/440	-	3,5
BA16-26	IP20	6-25		25	380	-	38
S230, S240	IP20	до 25	1; 2; 3; 4	40	230/440	60/110	4,5
S250	IP20	25	1; 1+N; 2; 3; 3+N; 4	63	230/440	60/110	6
S290	IP20	50	1; 3	125	230/440	60/110	10
AE1031	IP20	1-10	3	25	220/380	-	2,5
AE2044	IP20	6-25	3	63	220/380/440	-	5
A63	IP33	2,5-6	3	25	110	380	2,5
AE2043, AE2046	IP20	1-6	3	63	660	-	5
АП50	IP20	2,5-6	2 немесе 3	63	500	220	до 4
AE2053, AE2056	IP20	1-6	3	100	380/660	-	5
BA51-25	IP20	1,5-6	3	31,5	660	-	5
BA21-29	IP00, IP20, IP54	1-6	1; 2; 3	63	380/660	-	1П – 6, 2П – 10, 3П - 20
BA51-35, BA57-35, BA57Ф35, BA52-37, BA04-36	IP20	I _H =31,5 2,5-95 I _H =250 50-185 I _H =400 95-240	3 немесе 2	250 250 250 400 400	380/660	220/440	18 40 10 18 35
A3790	IP20	16-70	2 немесе 3	630	660	440	380 В – 75 кезінде 660 В – 55 кезінде
BA51-39	IP20	16-150	2 немесе 3	630	660	220	380 В – 35 кезінде 660 В – 20 кезінде

Б.1 кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8
BA55-41 BA55-43	IP00	60×12,5 100×12,5	2 немесе 3	1000 1600	660	440	
AB2M	IP00		3		500	440	айнымалы 35 айнымалы 45
Электрон	IP00		2 немесе 3	630, 6300	660	440	айнымалы 115 айнымалы 85
ISOMAX S1			3; 4	125	500		16

В қосымшасы
(Анықтамалық)
Төмен вольтты сақтандырғыштар

В.1 кестесі- ПН2 және НПН2 сақтандырғыштарына балқымалы ендірімелердің техникалық деректері

Атауы	Номиналды ток, А	Ағымдағы кірістіру, А
1	2	3
Кірістіру:	63	
НПН2-60/6 А		6
НПН2-60/10 А		10
НПН2-60/16 А		16
НПН2-60/20 А		20
НПН2-60/25 А		25
НПН2-60/31,5 А		31,5
НПН2-60/40 А		40
НПН2-60/63 А		63
Губка 60 А	63	
Кірістіру:	100	
ПН2-100/31,5 А		31,5
ПН2-100/40 А		40
ПН2-100/50 А		50
ПН2-100/63 А		63
ПН2-100/80 А		80
ПН2-100/100 А		100
Губка 100А	100	
Кірістіру:	250	
ПН2-250/80 А		80
ПН2-250/100 А		100
ПН2-250/125 А		125
ПН2-250/160 А		160
ПН2-250/200 А		200
ПН2-250/250 А		250
Губка 250 А	250	
Кірістіру:	400	
ПН2-400/200 А		200
ПН2-400/250 А		250
ПН2-400/315 А		315
ПН2-400/355 А		355
ПН2-400/400 А		400
Губка 400 А	400	
Кірістіру:	600	

В.1 кестенің жалғасы

1	2	3
ПН2-600/315 А		315
ПН2-600/400 А		400
ПН2-600/500 А		500
ПН2-600/600 А		600
Губка 600 А	600	

В.2 кестесі-ПРС сериялы сақтандырғыштардың техникалық деректері

Сақтандырғыш түрі	Номиналды ток, А	
	Сақтандырғыш	Балқыту кірістіру
ПРС-10	10	1; 2; 4; 6,3; 10
ПРС-25	25	4; 6,3; 10; 16; 20; 25
ПРС-63	63	20; 25; 40; 63

Г қосымшасы
(Анықтамалық)
Контакторлар

Г.1 КТ6000 сериялы контакторлар

КТ6000 сериялы контакторлар электр энергиясын қашықтан қосуға және өшіруге арналған. КТ6000 сериялы контакторлардың техникалық деректері Г.1-кестеде келтірілген.

Кесте Г.1-КТ6000 сериялы контакторлардың техникалық деректері

Атауы	Басқару катушкаларының кернеуі, В	Орындау	Негізгі тізбек тогы, А
КТ 6013	220, 380	IP00	100
КТ 6023	220, 380	IP00	160
КТ 6033	220, 380	IP00	250
КТ 6633	220, 380	IP00	250
КТ 6043	220, 380	IP00	400
КТ 6053	220, 380	IP00	630
КТ 6063	220, 380	IP00	1000

Кесте Г.2 - АВВ концерні өндірісінің контакторлары, В миниконтакторлары, А контакторлары

Сипаттамасы	В-7	А-9	А-12	А-16	А-25	А-30	А-40	А-50	А-63	А-75
Белсенді жүктемемен жұмыс істеу кезіндегі максималды рұқсат етілген ток, А	16	22	24	28	45	55	70	100	115	125
Индуктивті жүктемемен жұмыс істеу кезіндегі максималды рұқсат етілген ток, А	7	9	12	16	25	33	40	53	65	75
	7	9	12	16	25	30	37	50	65	75
Жүктеме қуаты, кВА	3	2,2	3	4	6,5	9	11	15	18,5	22
	5,5	4	5,5	7,5	11	15	18,5	22	30	37

Г.2 АВВ концернінің ЕН сериялы контакторлары

АВВ концерні өндірісіндегі "ЕН" сериялы контакторлар (іске қосқыштар) негізінен желіге тікелей қосылу арқылы қашықтықтан іске қосуға, жиілігі 50 Гц айнымалы токтың 380 және 660 В дейінгі кернеуі бар қысқа тұйықталған роторы бар үш фазалы асинхронды электр қозғалтқыштарын тоқтатуға және реверсиялауға, және жылу немесе электрондық релемен бірге электр қозғалтқыштарын қорғауға арналған. ЕН сериялы контакторлардың техникалық деректері Г.3-кестеде келтірілген.

Кесте Г.3-ЕН сериялы АВВ Контакторлары

Сипаттамасы	ЕН-90	ЕН-100	ЕН-145	ЕН-175	ЕН-210	ЕН-260	ЕН-300	ЕН-370	ЕН-550	ЕН-700
Белсенді жүктемемен жұмыс істеу кезіндегі максималды рұқсат етілген ток, А	160	200	230	260	300	400	445	550	800	1000
Индуктивті жүктемемен жұмыс істеу кезіндегі максималды рұқсат етілген ток, А	100	120	150	185	210	260	305	400	550	700
Жүктеме қуаты, кВА	30	30	45	55	59	80	90	110	160	220
220	45	55	75	90	110	140	160	200	280	370
380										
Қосылған кезде айнымалы ток басқару катушкасы тұтынатын қуат, Вт	280	430	430	800	800	1100	1100	2600	2600	3500
Ұстау, Вт	25	30	30	44	44	52	52	90	90	125
Электрге төзімділік, млн. цикл	>1,0	>1,0	>1,0	>1,0	>1,0	>0,6	>0,6	>0,5	>0,5	>0,5

Г.3 АВВ концернінің ESB контакторлары өндірісі

АВВ концерні шығарған ESB сериялы миниконтакторлар белсенді және аз индуктивті сипаттағы тізбектерде жұмыс істеуге арналған.

Миниконтактор әртүрлі кернеулер үшін тұрақты және айнымалы токпен басқару катушкасымен жұмыс істейді. Контакторлардың сипаттамалары Г.4-кестеде келтірілген.

Кесте Г.4-ESB сериялы АВВ контакторлары

Сипаттамасы	ESB 20	ESB 24	ESB 40	ESB 63
1	2	3	4	5
Белсенді жүктемемен жұмыс істеу кезіндегі максималды рұқсат етілген ток, А	20	24	40	63
Жүктеме қуаты 220 В, кВА 400 В, кВА	4 -	9 16	16 26	24 40
Инструктивті жүктемеге жұмыс істеу кезіндегі ең жоғары рұқсат етілетін қуат Жүктеме қуаты 220 В, кВА 400 В, кВА	1,3 -	2,2 4	5,5 11	8,5 15
Электрлік төзімділігі	0,15	0,13	0,17	0,24
Номиналдан бастап катушкалар жұмыс кернеу ауқымы	0,85 – 1,1			
Басқару катушкасы тұтынатын қуат, қосылған кезде Вт	8	3,7	4,4	70
Ұстау тұру кезінде	3,2	3,7	4,4	4,2
Ажыратуды қосқан кезде іске қосу уақыты, мсек	9...12 10...12	23...30 25...30	32...40 25...32	18...33 16...21
Көмекші байланыстың максималды рұқсат етілген тогы 220 В кезінде, А 400 В кезінде, А	6 3			

Г.4 «SCHNIEDER ELECTRIC» компаниясының TELEMECANIQUE контакторлары

TELEMECANIQUE контакторлары электр машиналарын іске қосуға арналған және келесі жабдықпен жабдықталуы мүмкін:

- қолмен және автоматты режимде қайтарылатын жылу релесі
- қосымша байланыс блоктары

- коммутациялық асқын кернеуді шектеу модулі
- кері контакторға арналған механикалық құлыптау
- контакторлардың Қорғаныш қақпақтары
- бүйірлік немесе алдыңғы кернеуді шектеу модулі

DIN-рельсінде мотор-автоматы бар бірыңғай құрастыруға арналған қосымша элементтер: жалғағыш, автоматтың астына қоятын тіреу, қоректендірудің серіппелі терминалы, жылу релесі бар жүктемені қосу модулі, басқару модулі, басқару тізбектерін коммутациялауға және сигнал беруге арналған алдыңғы құрастыру панелі. TELEMECANIQUE контакторларының сипаттамалары Г5, Г6 кестелерінде келтірілген.

Кесте Г.5 – «SCHNIEDER ELECTRIC» компаниясының TELEMECANIQUE контакторлары

Сипаттамасы	LC1– D09	LC1– D12	LC1– D18	LC1– D25	LC1– D32	LC1– D38	LC1– D40	LC1– D50
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Белсенді жүктемемен жұмыс істеу кезіндегі максималды рұқсат етілген ток, А	25		32	40	50		60	80
Индуктивті жүктемемен жұмыс істеу кезінде барынша рұқсат етілген, А	9	12	18	25	32	38	40	50
Мах. Сым қимасы, мм ²	4	4	6	10	10	25	25	25
Номиналды кернеу, В	690	690	690	690	690	690	690	690
Полюстер саны	3	3 4	3	3 4	3	3	3 4	3
Максималды рұқсат етілген қуат	2,2	3	4	5,5	7,5	9	11	15
Жылу релесі Класс 10 А Класс 20 А	0,10– 10; 2,5– 10	0,10– 13; 2,5– 13	0,10– 18; 2,5– 18	0,10– 32; 2,5– 32	0,10– 40	0,10– 40	17– 40; 17– 40	17– 65; 17– 65

Кесте Г.6 – «SCHNIEDER ELECTRIC» компаниясының TELEMECANIQUE
контакторлары

Сипаттамасы	LC1– D65	LC1– D80	LC1– D95	LC1– D115	LC1– D150	LC1– F115	LC1– F150
Белсенді жүкте- мемен жұмыс істеу кезіндегі максималды рұқсат етілген ток, А		125	125	250	250	200	250
Индуктивті жүктемемен жұмыс істеу кезінде барынша рұқсат етілген, А	65	80	95	115	150	115	150
Мах. Сым қима- сы, мм ²	25	50	50	120	120	95	120
Номиналды кернеу, В	690	690	690	690	690	1000	1000
Полустер саны	3 или 4	3 или 4	3	3 или 4	3 или 4	3 или 4	3 или 4
Максималды рұқсат етілген қуат	18,5	22	25	30	40	30	40
Жылу релесі Класс 10 А Класс 20 А	17-70 17-70	17-80 17-80	17-104	80-120	80-140	LR9-F LR9-F	LR9-F LR9-F

Д қосымшасы
(Анықтамалық)
Ажыратқыштар

SGF сериясының ажыратқыштары (ABB концерні) электр тізбектерінде көрінетін үзілістер жасауға және (қажет болған жағдайда) ажыратылған учаскелерді жерге тұйықтауға арналған. Олар сондай-ақ шағын токтармен немесе олардың терминалдарында кернеудің айтарлықтай өзгеруі болмайтын токтармен байланысуға жарамды. Көлденең-бұралу типіндегі SGF сериясының екі бағанды ажыратқыштары номиналды кернеуі 72,5 кВ-тан 550 кВ дейінгі кезкелген типтегі жоғары вольтты подстанцияларда қолданыла алады. Түріне байланысты ажыратқыштар номиналды токтар үшін 1600-ден 4000 А-ға дейін шығарылады, тізбектің ажыратылған учаскелерін жерге қосу үшін, айырғыштың әр полюсі бір немесе екі жерге тұйықталу қалақшаларымен жабдықталуы мүмкін. Ажыратқыштар Ресейдің РАО ЕЭС бекіткен ТУ 16–96 №2 БП.055 001 ТУ техникалық сипаттамаларына сәйкес дайындалады; ГОСТ 689–90, сондай-ақ МЭК, DIN / VDE 0670 сәйкес келу; сертификатталған орыс және қазақ жағдайларына толық бейімделген. SGF ажыратқыштарының техникалық деректері Д.1 кестесінде келтірілген.

Д.1-кесте-SGF (ABB) ажыратқыштарының техникалық сипаттамалары

Ажыратқыш	SGF 72,5	SGF 123	SGF 145	SGF 170	SGF 245	SGF 300	SGF 420	SGF 550	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Номиналды кернеу, кВ	72,5	123	145	170	245	300	420	550	
Номиналды ток, А									
N түрі	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	
p түрі	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	
pc түрі	–	3150	3150	3150	3150	3150	3150	3150	
q түрі	–	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	
Ажыратқыш пен жерге тұйықтағышқа арналған электродинамикалық төзімділік тогы, кА									
n түрі	100	100	100	100	100	100	100	100	
p/ pc/ q түрі	100	100/ 125	100/ 125	100/ 125	100/ 125	100/ 125	100/ 125	125/ 160	125/ 160
Ажыратқыш пен жерге тұйықтағышқа арналған электродинамикалық төзімділік тогы, кА	40	40/50	40/50	40/50	40/50	40/50	40/50/ 63	40/50/ 63	
50 Гц, 1 мин, кВ салыстырмалы сынау кернеуі									
– жер және полюстер арасында	140	230	275	325	460	380	520	620	

Д.1 кестесінің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8	9
– ажыратқыштың ашық түйіспелері арасында	160	265	315	375	530	435	610	800
Найзағай импульсінің сынау кернеуі 1,2 / 50 мкс, кВ қатысты								
– жер және полюстер арасында	325	550	650	750	1050	1050	1425	1550
– ажыратқыштың ашық түйіспелері арасында	375	650	750	860	1200	1050 (+70)	1425 (+240)	1550 (+315)
Коммутациялық импульстің сынау кернеуі 250/2500 нс, кВ қатысты								
– жерге	–	–	–	–	–	850	1050	1175
– А сыныптың ашық контактілері арасында	–	–	–	–	–	850	1050	1175
– ашық контактілер арасында В класы	–	–	–	–	–	700 (+245)	900 (+345)	900 (+450)
Жауын астында 50 Гц жиіліктің разрядтық кернеуі, кВ	>46	>80	>95	>110	>160	>230	>270	>270
Кернеу радио кедергісі, мкВ	–	<500	<500	<1000	<500	<1000	<1000	<1500
Индуктивті немесе сыйымдылықты жүктеме кезінде үш фазалы тізбектегі сыну қабілеті, А	2	2	2	2	1,5	1	1	1
Оқшаулағыш құрылымы								
– минималды бұзушы жүктеме, кН	4,0–6,0	4,0–6,0–8,0	4,0–6,0–8,0	4,0–6,0–8,0	4,0–6,0–8,0	6,0–8,0	8,0–10,0	8,0–10,0
– толық биіктігі, мм	770	1220	1500	1700	2300	2650	4200	4200
– минималды сығылу қашықтығы, мм	1450	2460	2900	3400	4900	4900	10500	10500

Д.1 кестесінің жалғасы

Шығаруға рұқсат етілген механикалық жүктеме, кН								
– статикалық және динамикалық	2,5– 2,5	3,0– 4,5– 6,0	3,1– 4,7– 6,0	3,1– 5,1– 6,0	3,2– 5,1– 6,0	5,1– 6,0	4,0– 4,0	4,0– 4,0
– статикалық үлес	0,5– 0,5	1,5– 2,5– 2,5	1,5– 2,5– 2,5	1,5– 2,5– 2,5	1,5– 2,5– 2,5	2,5– 2,5	1,0– 1,0	1,0– 1,0
Ескертпе: SGF 245P125 тапсырыс беру кезінде шектеуіштің белгісін жазу, мұнда 245-номиналды кернеу, кВ; р-номиналды ток 2500 А, электро-динамикалық төзімділік тогы.								

Е қосымшасы
(Анықтамалық)
Реакторлар

Е.1-кесте - "Запорожтрансформатор" ОАО реакторларының техникалық деректері

Түрі	Қуат, кВАр	Номиналды кернеу, кВ	Номиналды ток, А
РОДЦУ-60000/500	60000	500	198
РОДЦ-25000/110	25000	110	114
РКОД-30000/20	30000/20	20	1350
РОМ-33300/500	33300	500	115
РОМ-33300/400	33300	400	145
РТМ-40000/345	40000	345	67
РОМ-16700/500	16700	500	58
РОДЦ-110000/750	110000	750	242
РОМ-120000/800	120000	800	260
РОМ-30000/330	30000	330	143
РОМ-6000/110	6000	110	100
РТМ-20000/35	20000	35	300
РОМ-720/40	720	110	40
РОМ-97,5/73	97,5	73	8,5
РОМ-84/123	84	123	10

Ж қосымшасы
(Анықтамалық)
Вакуумдық ажыратқыштар

ВВ/TEL сериялы вакуумдық ажыратқыштар қалыпты және авариялық режимдерде оқшауланған және компенсацияланған бейтараппен 10 кВ дейінгі номиналды кернеуге 50 Гц жиіліктегі үш фазалы айнымалы ток желілерінде пайдалануға арналған.

ВВ/TEL сериялы вакуумдық ажыратқыштар ішкі және сыртқы орнату КРУ ұяшықтарында, сондай-ақ КСО камераларында жаңа құрылыс кезінде де, өткен шығарылған ажыратқыштарды ауыстыру кезінде де қолданылады. ВВ/TEL сериялы ажыратқыштардың номиналды параметрлері Ж.1 кестесінде көрсетілген.

ВВ/TEL ажыратқыштар сериясының айырықша ерекшеліктері:

- жоғары коммутациялық және механикалық ресурстар;
- ағымдағы және орташа жөндеу жүргізу қажеттілігінің болмауы;
- тұрақты, түзетілген және ауыспалы операциялық ток желісінен басқару тізбектерін қоректендіру;
- жедел қоректендіру жоғалған кезде ажырату мүмкіндігі;
- бас және қосалқы тізбектер бойынша ескірген аз майлы ажыратқыштармен толық өзара алмасу;
- кез келген кеңістікте жұмыс істеу мүмкіндігі;
- шағын өлшемдер мен масса.

Ж.1 кестесі-ВВ/TEL сериялы вакуумдық ажыратқыштардың техникалық параметрлері

Параметр атауы	ВВ/TEL-10- -12,5/1000 У2	ВВ/TEL-10- -20/1000 У2	ВВ/TEL-10- -20/1600 У2
1	2	3	4
Номиналды кернеу, кВ	10	10	10
Номиналды ток, А	630,1000	630,1000	1600
Номиналды өшіру тогы, кА	12,5	20	20
Электродинамикалық төзімділік тогы, (амплитуда), кА	32	51	51
Өнеркәсіптік жиіліктің сы- налатын қысқа мерзімді кернеуі (бір минуттық), кВ	42	42	42
Коммутациялық төзімділік ресурсы:			
номиналды ток кезінде, "ВО" циклдары	50000	50000	50000
номиналды токта ажырату, "О" операциялары	100	150	150

Ж.1 кестенің жалғасы

1	2	3	4
номиналды ажырату тогы кезінде, "ВО" циклдары	100	100	50
Жеке ажырату уақыты, мс, артық емес	15	15	15
Ажыратудың толық уақыты, мс, артық емес	25	25	25
Өзіндік қосу уақыты, мс, артық емес	70	70	70
Механикалық әсерлерге төзімділік, ГОСТ 17516.1–90 тобы бойынша	M6, M7	M6, M7	M6, M7

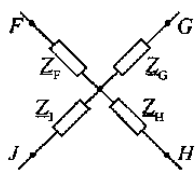
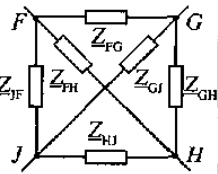
И қосымшасы
(Есептік)

Қысқа тұйықталу токтарын есептеу кезіндегі ауыстыру схемалары мен параметрлері

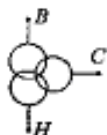
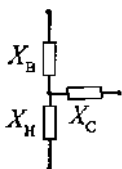
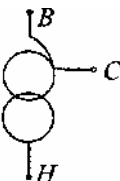
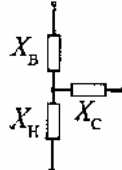
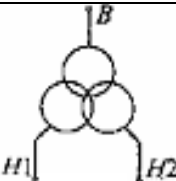
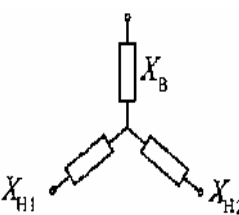
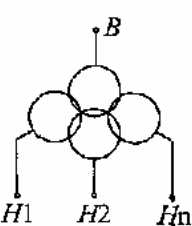
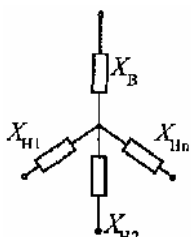
Кесте И. 1-Схемаларды түрлендірудің негізгі формулалары

Түрлендіру түрі	Бастапқы сұлба	Түрлендірілген схема	Түрлендірілген тізбек элементтерінің кедергісі
1	2	3	4
Тізбектей қосылу			$\underline{Z}_{\text{эк}} = \underline{Z}_1 + \underline{Z}_2 + \dots + \underline{Z}_n$
Параллель қосылу			мұнда $\underline{Z}_{\text{эк}} = \frac{1}{\underline{Y}_{\text{эк}}}$, $\underline{Y}_{\text{эк}} = \underline{Y}_1 + \underline{Y}_2 + \dots + \underline{Y}_n$; $\underline{Y}_1 = \frac{1}{\underline{Z}_1}; \underline{Y}_2 = \frac{1}{\underline{Z}_2}; \underline{Y}_n = \frac{1}{\underline{Z}_n}$ екі тармақты кезінде $\underline{Z}_{\text{эк}} = \frac{\underline{Z}_1 \underline{Z}_2}{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2}$
Бірнеше көздерді эквивалентпен ауыстыру			$\dot{E}_{\text{эк}} = \frac{1}{\underline{Y}_{\text{эк}}} \sum_{k=1}^n \underline{Y}_k \dot{E}_k$ екі тармақты кезінде $E_{\text{эк}} = \frac{\dot{E}_1 \underline{Z}_1 + \dot{E}_2 \underline{Z}_2}{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2}$
Үшбұрыштың жұлдызға айналуы			$\underline{Z}_F = \frac{\underline{Z}_{FG} \underline{Z}_{HF}}{\underline{Z}_{FG} + \underline{Z}_{HF} + \underline{Z}_{GH}}$ $\underline{Z}_G = \frac{\underline{Z}_{FG} \underline{Z}_{GH}}{\underline{Z}_{FG} + \underline{Z}_{HF} + \underline{Z}_{GH}}$ $\underline{Z}_H = \frac{\underline{Z}_{GH} \underline{Z}_{HF}}{\underline{Z}_{FG} + \underline{Z}_{HF} + \underline{Z}_{GH}}$
Үш сәулелі жұлдызды үшбұрышқа айналдыру			$\underline{Z}_{FG} = \underline{Z}_F + \underline{Z}_G + \frac{\underline{Z}_F \underline{Z}_G}{\underline{Z}_H}$ $\underline{Z}_{GH} = \underline{Z}_H + \underline{Z}_G + \frac{\underline{Z}_H \underline{Z}_G}{\underline{Z}_F}$ $\underline{Z}_{HF} = \underline{Z}_F + \underline{Z}_H + \frac{\underline{Z}_F \underline{Z}_H}{\underline{Z}_G}$

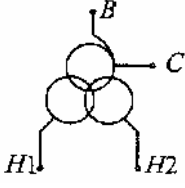
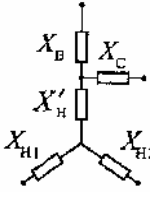
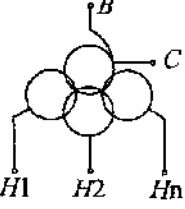
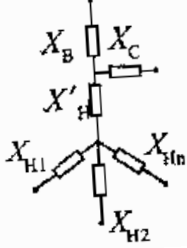
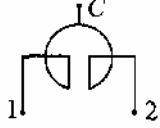
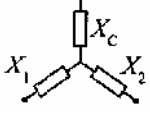
И.1 кестесінің жалғасы

1	2	3	4
Көп сәулелі жұлдызды толық үшбұрышқа айналдыру			$\underline{Z}_{FG} = \underline{Z}_F \cdot \underline{Z}_G \cdot \sum \underline{Y}$ $\underline{Z}_{HG} = \underline{Z}_H \cdot \underline{Z}_G \cdot \sum \underline{Y}$ <p>мұнда</p> $\sum \underline{Y} = \underline{Y}_F + \underline{Y}_G + \underline{Y}_H + \underline{Y}_J$ <p>Сол сияқты және тармақтардың саны көп кезінде</p>

И.2 кестесі-Трансформаторларды, автотрансформаторларды және қос реакторларды алмастыру схемалары

Атауы	Бастапқы схема	Ауыстыру схемасы	Есептеу өрнектері
1	2	3	4
Үш орамалы трансформатор			$x_B = 0,005(u_{kB-H} + u_{kB-C} - u_{kC-H})$ $x_C = 0,005(u_{kB-C} + u_{kC-H} - u_{kB-H})$ $x_H = 0,005(u_{kB-H} + u_{kC-H} - u_{kB-C})$
Автотрансформатор			$x_B = 0,005(u_{kB-H} + u_{kB-C} - u_{kC-H})$ $x_C = 0,005(u_{kB-C} + u_{kC-H} - u_{kB-H})$ $x_H = 0,005(u_{kB-H} + u_{kC-H} - u_{kB-C})$
Екі тармаққа бөлінген төмен кернеу орамасы бар екі орамалы трансформатор			$x_B = 0,01(u_{kB-H} - 0,25u_{kH1-H2})$ $x_{H1} = x_{H2} = 0,005u_{kH1-H2}$
N тармақтарына бөлінген төмен кернеу орамасы бар екі орамалы трансформатор			$x_{H1} = x_{H2} = \dots = x_{Hn} = 0,005u_{kH1-kHn}$ $x_B = 0,01 \left(u_{kB-H} - \frac{u_{kH1-Hn}}{2n} \right)$

И.2 кестесінің жалғасы

1	2	3	4
<p>Екі тармаққа бөлінген төменгі кернеу орамасы бар автотрансформатор</p>			$X_B = 0,005(u_{kB-H} + u_{kB-C} - u_{kC-H})$ $X_C = 0,005(u_{kB-C} + u_{kC-H} - u_{kB-H})$ $X_H = 0,005(u_{kB-H} + u_{kC-H} - u_{kB-C})$ $X_{H1} = X_{H2} = 0,005u_{kH1-H2}$ $X'_H = X_H - 0,0025u_{kH1-H2}$
<p>N тармаққа бөлінген төменгі кернеу орамасы бар автотрансформаторлар</p>			$X_B = 0,005(u_{kB-H} + u_{kB-C} - u_{kC-H})$ $X_C = 0,005(u_{kB-C} + u_{kC-H} - u_{kB-H})$ $X_H = 0,005(u_{kB-H} + u_{kC-H} - u_{kB-C})$ $X_{H1} = X_{H2} = \dots = X_{Hn} = 0,005u_{kH1-kHn}$ $X'_H = X_H - 0,01 \frac{u_{kH1-kHn}}{2n}$
<p>Қос реактор</p>			$X_C = -K_{cb} X_p$ $X_1 = X_2 = (1 + K_{cb}) X_p$

К қосымшасы
(Анықтамалық)

Сызықты емес асқын кернеуді шектегіштер (ОПН)

Кесте К.1-ОПН техникалық сипаттамалары

ОПН түрі	Кернеу классы кВ	Ең ұзақ рұқсат етілген жұмыс кернеуі, кВ	Тік бұрышты импульс-пульстегі өткізу қабілеті 2000 мкс, А	Максималды ток амплитудасы 4/10 мкс, кА	Номиналды разряд тогы, кА	Ток импульсіндегі қалған кернеу 30/60мкс, кА		Ток импульсіндегі қалған кернеу 8/20 мкс, кА			
						250А	500А	500 А	1000 А	1000 А	2000 А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ОПН-РС УХЛ 1	6	7,6	200	65	5	18,9	-	19	-	25,7	-
	10	12,7	200	65	5	31,5	-	31,7	-	42,8	-
ОПН-КР/ТЕ L УХЛ 1 (УХЛ 2)	6	6	250	100	10	-	14,8	-	15,6	19,3	-
		6,6	250	100	10	-	16,2	-	17,3	21	-
		6,9	250	100	10	-	17	-	18	22	-
	10	10,5	250	100	10	-	26,1	-	27,5	34	-
		11,5	250	100	10	-	28,4	-	29,9	37	-
		12	250	100	10	-	30,7	-	32,4	40	-
ОПН-КС УХЛ 2	6	6	450	100	10	14	14,6	14,7	-	18,5	-
		6,9	450	100	10	16,2	16,9	17	-	21,5	-
	10	10,5	450	100	10	24,9	26	26,2	-	33	-
		11,5	450	100	10	27,1	28,2	28,4	-	35,8	-
ОПН-Т УХЛ 1	6	6	450	100	10	14	14,6	14,7	-	18,5	-
		6,9	450	100	10	16,2	16,9	17	-	21,5	-
		7,6	450	100	10	17,7	18,5	18,6	-	23,6	-

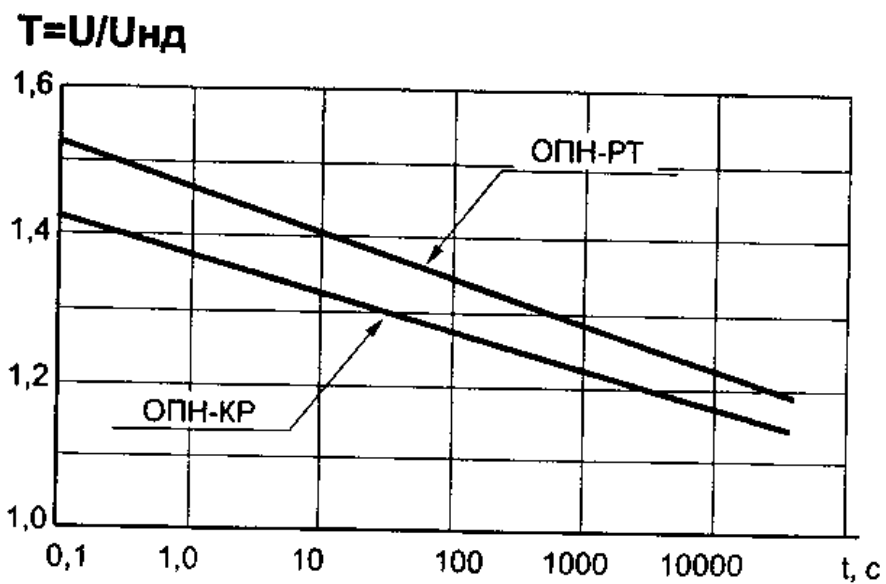
К.1 кестесінің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ОПН-Т УХЛ 1	10	10,5	450	100	10	24, 9	26	26, 2	-	33	-
		11,5	450	100	10	27, 1	28,2	28, 4	-	35,8	-
		12,7	450	100	10	30	31,2	31, 5	-	39,6	-
ОПН- РТ/ТЕ L УХЛ 2	3	3	500	100	10	7	7,2	-	-	9,3	10,4
		4	500	100	10	9,4	9,6	-	-	12,5	14
	6	6	500	100	10	14	14,4	-	-	18,7	21
ОПН- РТ/ТЕ L УХЛ 2	6	6,9	500	100	10	16, 1	16,6	-	-	21,5	24,1
		7,2	500	100	10	16, 8	17,3	-	-	22,4	25,1
	10	10,5	500	100	10	24, 5	25,2	-	-	32,7	36,6
		11,5	500	100	10	26, 9	27,6	-	-	35,8	40,1
ОПН- У УХЛ 1	27	30	450	100	10	72	75	76	-	97	-
		33	450	100	10	80	83	84	-	107	-
	35	38,5	450	100	10	91, 5	95	96	-	122	-
		40,5	450	100	10	96	100	10 1	-	128	-
		42	450	100	10	10 0	104	10 5	-	133	-
	110	73	450	100	10	17 8	183	18 5	-	233	251
		77	450	100	10	18 6	193	19 5	-	245	264
		84	450	100	10	20 3	211	21 3	-	269	289
	220	146	450	100	10	35 6	366	37 0	-	466	502
		154	450	100	10	37 2	386	39 0	-	492	528
		168	450	100	10	40 6	422	42 6	-	538	580

Л қосымшасы

(Есептік)

"Кернеу-уақыт" ОПН сипаттамасы



Сурет Л.1 – "кернеу-уақыт" сипаттамасы