

КӘСІБИ БІЛІМ БЕРУ

Л.Д. РОЖКОВА, Л. К. КАРНЕЕВА, Т. В. ЧИРКОВА

# ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАРЫ МЕН ҚОСАЛҚЫ СТАНЦИЯЛАРЫНЫҢ ЭЛЕКТР ЖАБДЫҚТАРЫ

ОҚУЛЫҚ

*Орта кәсібі білім беру бағдарламаларын  
жүзеге асыратын білім беру мекемелері  
оқу үдерісінде оқулық ретінде қолдануы үшін  
«Білім беруді дамытудың федералдық институты»  
атты федералдық мемлекеттік мекемесі  
ҰСЫНҒАН*

*Лицензияның тіркеу нөмірі 328  
2009ж. 16 маусымнан бастап ФМAM «БДФИ»*

*11-басылым, стереотипті*



МӘСКЕУ

«Академия» баспа орталығы

2014

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

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

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

*Аударманы «Delta Consulting Group» ЖШС жүзеге асырды, заңды мекенжайы: Астана қ., Иманов көш., 19, «Алма-Ата» БО, 809С, телефоны: 8 (7172) 78 79 29, эл. поштасы: info@dcg.kz*

**Рецензенттер:**

*«ВИПКЭНЕРГО» электрліктердің біліктілігін арттыру институтының ректоры, техника ғ.д., проф. О.А. Терешко; Мәскеу экономикалық-энергетикалық колледжінің «Электр станциялары мен қосалқы станцияларының электр жабдықтары» пәнінің оқытушысы К.И. Красавина*

**Рожкова Л.Д.**

**Р631** Электр станциялары мен қосалқы станцияларының электр жабдықтары: орта кәсібі білім беретін мекеме студ. арналған оқулық / Л.Д. Рожкова, Л. К. Карнеева, Т. В. Чиркова. — 11-басылым., стер. — М. : «Академия» баспа орталығы, 2014. — 448 б.

ISBN 978-601-333-089-1 (каз.)

ISBN 978-5-4468-1308-7 (рус.)

Электро-энергетикалық жүйелер, әртүрлі электростанциялардың технологиялық үдерісіндегі ерекшеліктері жайлы мәліметтер келтірілген.

Жоғары қысымды желілердің жұмыс тәртібі, өтемақы құрылғыларын таңдау қарастырылған. Негізгі электр станциялары мен қосалқы станцияларының электр жабдықтарының құрылымы — синхронды генераторлар мен трансформаторлардың суреттемесі берілген. Қысқа тұйықталу кезіндегі физикалық үдерістердің мәні және олардың жабдық таңдау мен қысқа тұйықталу тогының есебі бойынша жаңа жетекші көрсеткіштерге сәйкес есептеу әдісі жазылған. Электр қондырғыларында қолданылатын электр құрылғыларын, станциялар мен қосалқы станциялардағы өлшеу жүйесін сипаттауға көп көңіл бөлінді. Станциялар мен қосалқы станциялардың электрлік қосылымының құрылымы, тарату құрылғыларының құрылымдары қарастырылған.

Оқулық «Электр станциялары, желілері мен жүйелері» мамандығы бойынша «Электр станциялары, желілері мен жүйелерінің электрлік жабдықтауына қызмет көрсету» ПМ.01 кәсіби модулін игеруде қолданылуы мүмкін.

Орта кәсіби білім беретін мекемелердің студенттеріне арналған.

**ӘОЖ 621.316.717 КБЖ**  
**31.277.1ші723**

**ISBN 978-601-333-089-1 (каз.)**

**ISBN 978-5-4468-1308-7 (рус.)**

© Рожкова Л.Д., Карнеева Л.К., Чиркова Т.В., 2004

© «Академия» білім беру-баспа орталығы, 2004

© Безендіру. «Академия» баспа орталығы, 2004

## АЛҒЫ СӨЗ

Бұл кітап «Электр станциялары мен қосалқы станцияларының электр жабдықтары» пәні арнайы циклдің негізгі пәні болып есептелетін орта арнайы оқу орындарының студенттеріне арналған.

Кітапта электр станциялары мен қосалқы станциялардың негізгі жабдықтары: синхронды генераторлар мен компенсаторлар, қуатты трансформаторлар мен автотрансформаторлар, коммутация құрылғылары, өлшегіш трансформаторлар қарастырылған. Қысқа тұйықталу тогының есептеу әдісі жазылып, олардың динамикалық және жылу әрекеттері қарастырылған және электр құрылғылары мен ток өткізгіш бөліктердің таңдауы қарастырылған. Электр станциялары мен қосалқы станциялардың электрлік қосылуларының құрылымына сенімділігі мен үнемділігі тұрғысынан қарағанда талдау жасауға көп көңіл бөлінген.

Кітапта ашық, жабық және комплектті типтегі таратушы құрылғылардың типтік құрылымы көрсетілген.

Бұл құралды жазуда авторлар оны жаңа шешімдерге, нұсқауларға, жетекші көрсеткіштерге және басқа директивті құралдарға сәйкестендіруге тырысты. Теориялық құралда мысалдарды шешу және өз-өзін тексеру сұрақтары бар.

Авторлар Н.Д.Уткина жетекшілік ететін Жалпыресейлік сырттай бөлімді энергетикалық колледждің редакциялық-баспа бөліміне қолжазбаны безендіруге көмегі үшін алғыс білдіреді.

## КІРІСПЕ

Барлық өнеркәсіпке құрылған мемлекеттердің негізгі экономикасы электр энергетикасы болып табылады. XX ғасыр өнеркәсіптің осы бір маңызды саласының қарқынды дамуының кезеңіне айналды. Көп ұзамай КСРО құрылғаннан кейін оның экономикалық саясатының негізінде жаңадан құрылған мемлекеттің қуатты экономикалық базасын құру тұрды. 1920 жылы 10-15 жылда жалпы қуаты 1750МВт болатын жылына 8,8 ТВтч дейін электр энергиясын шығаратын 30 аудандық электр станцияларының құрылысын қарастыратын Ресейді электрлендірудің мемлекеттік жоспары – ГОЭЛРО қабылданды.

Бұл жоспар 10 жыл ішінде жүзеге асты. 1930 жылы электр станцияларының орнатылған қуаты 8,4 ТВт-с электр энергиясының шығынымен 2875 МВт болды.

Халық шаруашылығын дамытудың келесі жоспарларының негізгі ұстанымдары ГОЭЛРО жоспарына бекітілген болды. КСРО-дағы электр энергетика базасының даму қарқыны ең жоғарғы дәрежеде болған және тек Ұлы Отан соғысы жылдары (1941 — 1945) ғана төмендеген. Егер электр энергиясын шығарудан Кеңестік Ресей құрылғанының алғашқы жылдарында әлем бойынша соңғы орындардың бірінде тұрса, 1980 жылдары Кеңес Үкіметі Америка Құрама Штаттарынан кейін екінші орында болған.

КСРО электр станцияларының орнатылған қуат пен электр энергиясының шығынының өсу динамикасы келесі деректермен сипатталады.

| Жыл  | Электр стан.<br>қуаттылығы<br>ГВт | Электр энергиясы шы<br>энергия шығыны<br>ТВт-с |
|------|-----------------------------------|------------------------------------------------|
| 1945 | 11                                | 43                                             |
| 1950 | 20                                | 91                                             |
| 1955 | 37                                | 170                                            |
| 1960 | 67                                | 292                                            |
| 1965 | 115                               | 507                                            |
| 1970 | 166                               | 740                                            |
| 1975 | 217                               | 1038                                           |
| 1980 | 284                               | 1294                                           |
| 1985 | 315                               | 1545                                           |
| 1990 | 320                               | 1674                                           |

КСРО энергетикасының дамуының негізі аса қуатты электр станциялардың құрылуы болды. 1990 жылға қарай барлық түрленген қуаттың жартысы шоғырландырылған әрқайсысы 1 ГВт – тан жоғары орнатылған қуаттан тұратын 80 электр станциясы жұмыс жасады. Жылу электрстанцияларында (ЖЭС) 150-ден бастап 1200МВт бірдей қуатпен 400-ден астам энергия блокторы, атом электрстанцияларында (АЭС) 440,1000 және



1500МВт қуатпен энергия блоктары, гидроэлектростанцияларда (ГЭС) — 600 и 640 МВт қуатпен электр блоктары жұмыс істеді.

Көмірден 500МВт және газдан 800 МВт қуатпен энергия блоктарын құру және игеру Екібастұзда ГРЭС (4000МВт) және Сургут ГРЭС-2 (4800МВт) құруға негіз болды.

Атом энергетикасы аса жылдам қарқынмен дамыт жатты. Алғашқы 5 МВт қуаты бар Обнинск АЭС бастап атом энергетикасы 4000 МВт қуаты бар электр станциясына қол жеткізді. Запорож, Балаковск, Ленинград, Курск, Чернобыль, Смоленск, Оңтүстік Украина және т.б. АЭС қолданыста болды.

Мемлекетте гидроэнергетикаға көп көңіл бөлінді. Еуропа бөлігінде Волга мен Камада ГЭС каскадының құрылысы аяқталды. Кавказдың көптеген өзендерінде қарқынды түрде ГЭС-лар құрылды. Сібірде 3,8 және 6,4ГВт қуаты бар Усть-Илимская және Саян-Шушенск ГЭС-лары орналасқан Ангара-Енисей каскадын дамыту жалғасты, Сібірде Братск

(4,5 ГВт) Красноярск (6 ГВт) ГЭС-лары жұмыс істейді.

Электр желілік шаруашылық жоғарғы қарқынмен дамыды. Солтүстік-Батыс, Орталық, Орта Волга, Оңтүстік, Қазақстан, Закавказья, Орал, Солтүстік Кавказ, Орта Азия, Сібір және Шығыс сияқты ірі электр қауымдастықтарының қалыптасуы елдің Бірыңғай электрлік жүйесін (КСРО БЭЖ) құру мәселесін сәтті шешуге жағдай жасады

1990 ж. 80% астам халық тұратын елдің 2/3 аумағын қамтитын 11 электр қауымдастықтың 9-ы БЭЖ құрамына кірді.

Жүйеаралық байланыстар 500кВт (30348 км) күшпен электр тасымалдау сызықтары арқылы жүзеге асты, 750 кВ (2811 км) и 1150 кВ (958 км) күш сызықтары қолданысқа енгізілді.

Мемлекетте күн, геотермалды, жел, су ағынының және т.б. жаңартылған энегия көздері дамыту және қолдану жоспарланды. Кеңестік мемлекеттің энергетикалық саясатның маңызды құрамдас бөлігі КСРО БЭЖ шетел энергия жүйелерімен интеграция (бірігу) еді. Электр энергетикасында Еуропа елдерімен ынтымақтасу Екінші дүниежүзілік соғыстан кейін, құрамында электр энегетикасы бойынша Тұрақты комиссия құрылған, Экономикалық өзара көмек көрсету кеңесі жолымен дами бастады. 1962 ж. шілде айында Прагада Болгария, Венгрия, ГДР, Польша, Румыния, КСРО және Чехославакияның біріккен энергия жүйесінің Орталық диспетчерлік басқармасын құру жөніндегі келісімге қол қойылды.

Бұл келісім ішкі жүйелік сұрақтарды шешуде толық дербестікті сақтай отырып, әр елдің мүддесі сай паралелді жұмыстың барлық артықшылықтарын оңтайлы қолдана отырып ұлттық энергия жүйелерін келісілген жоспар бойынша жүзеге асыруды қарастырады.

Келісімге сәйкес Экономикалық өзара көмек көрсету кеңесіне (ЭКК) мүше мемлекеттер өзара біріккен еді. Кеңес Одағы Венгрия және Польшамен 220кВ кернеулі электр тасымалдау сызықтарымен, Румыния және Чехославакиямен 400кВ кернеу сызықтарымен жалғанды.

1967 жылдың өзінде электр энергиясын алмасу мен жеткізудің жалпы өлшемі 8,5 ТВт-с болса, ал Кеңес Одағының электр энергиясының экспорты— 1,8 ТВт-с. Жекелеген мемлекеттерде электр жүйелерін біріктірудің артықшылығы есебінен күрделі салымдар мен пайдалану шығынын үнемдеу электр тасымалдау сызықтарының жүйеаралық құрылымының шығын соммасынан 2 еседен де асып түсті.

1970 жж. ЭКК мүшесі болған елдердің энергия жүйелерін біріктіруден түскен пайда қосымша жүйеаралық ӘЖ құру туралы шешім қабылдаудың алғышарты болды. 1973 ж. 400 кВ кернеулі Молдаваның ГРЭС — Вулканешты — Добруджа мемлекетаралық байланысының құрылысы аяқталды. 1978 ж. алғашқы 750 кВ КСРО— Венгрия ӘЖ енгізілді. Кейінірек тағы 750 кВ СССР — Польша және СССР — Болгария екі ӘЖ енгізілді.

1981 ж. КСРО БЭЖ Выборгтегі түрлендіргіш қосалқы станцияларын қолданысқа енгізу арқылы Скандинавиялық елдердің NORDEL энергия қауымдастығымен бірге жұмыс істей бастады.

1980 ж. соңына қарай жалпы қуаты 400 млн кВт-тан асатын, Жердегі ең ірі әрі Еуразияның Берлиннен бастап Ұлан-Батырға дейінгі ең үлкен аумағын қамтыған ЭКК мүше мемлекеттерінің бірегей мемлекетаралық энергия қауымдастығы «Мир» электр жүйесі құрылды.

КСРО-дан ЭКК құрамындағы елдерге электр энергиясын жеткізу шамамен жылына 40 ТВт-с құрады. КСРО БЭЖ желілерінен Финляндия, Норвегия, Турция, Ауғанстанға электр энергиясы экспортталды.

1991 ж. елдің экономикасы бірыңғай орталықтандырылған басқару кешені болған соңғы жыл еді. КСРО аумағында тәуелсіз мемлекеттердің құрылуы мен олардың арасындағы электр энергиясының бөлінуі бұрынғы КСРО аумағындағы электр энергиясын басқару үлгісін түбегейлі өзгертті. Тәуелсіз елдерде меншікті басқару органдары мен электр энергетикасында шаруаландырудың дербес субъектілері құрылды. 1991 ж. БЭЖ-нің көрші елдерге электр энергиясын жеткізуі 21,5 ТВт-с дейін төмндеді. Бұл Шығыс Еуропа елдеріне электр энергиясын жеткізу еркін айырбасталатын валюта төлеміне көшу және соның себебінен шартты жеткізулер көлемі қысқарды, сонымен қатар Украинада отын ресурстарының жетіспеушілігі мен бұл елдің «Мир» энергия қауымдастығына мүше, БЭЖ елдеріне электр энергиясын экспорттауын мәжбүрлі түрде қысқартуына байланысты болды.

1993 ж. қараша айында Украинадағы қуаттың үлкен тапшылығы Ресейдің БЭЖ және Украинаның Біріккен ӘЖ бөлек жұмыс істеуге мәжбүрлі түрде көшуі жүзеге асты, ал бұның ақыры Прагадағы ОДБ мүшелері болған елдердің басқа да энергия жүйелерінің бөлек жұмыс істеуіне алып келді. «Мир» энергия қауымдастығы бірнеше бөлікке бөлініп кетті. «Мир» энергия қауымдастығының шеңберіндегі ары қарай ыдырап жатқан жағдайлар Германияның Шығыс бөлігінің энергия жүйесі VEAG 1995 ж. қыркүйекте Батыс Еуропа елдерінің энергия қауымдастығы UCTE-ге паралелді жұмысқа қосылуына, ал сол жылдың қазан айында UCTE құрамына құрамына Венгрия, Польша, Словакия және Чехияның энергожүйелері кіретін CENTREL энергия қауымдастығы паралелді жұмысқа қосылуына алып келді.

XX ғ. соңғы онжылдығында КСРО-ның бұрынғы аумағында тәуелсіз елдердің құрылуымен дамуы экономиканың барлық дерлік салаларында үлкен экономикалық дағдарыспен қатар келді. Қайта құрылған Тәуелсіз Мемлекеттер Достастығы (ТМД) ұйымына кіретін қатысушы мемлекеттердің өнеркәсіп өндірісінің күрт төмендеуі электр энергиясында да көрініс тапты.

1990-2001 ж. ТМД елдерінің энергия жүйесіндегі электр энергиясын өндіру қарқыны В.1. кестесінде көрсетілген.

Егеменді мемлекеттер шеңберінде электр энергетика саласын орталықтандырылған басқарудан функцияландыруға көшу энергия жүйелерінің оқшауланған жұмысы

сенімділіктің толық әрі жеткілікті деңгейінде экономиканың және халықтың қажеттіліктерін электрия энергиямен қанағаттыра алмайтынын көрсетті.

Осыны ескете отыра, 1992 жылдың ақпан айында ынтымақтасқан елдердің үкімет басшылары «Тәуелсіз Мемлекеттерэлектр энергетика саласындағы мемлекетаралық қатынастарды үйлестіру туралы келісімге» қол қойылды

ТМД Келісімінің негізгі мақсаты электр энергетикалық жүйелерді біріктіруді тиімді іске асырудың негізінде халықты және халық шаруашылығын сенімді әрі тұрақты энергиямен қамтамасыз етуге бағытталан ортақ үйлестірілген әрекеттер жасау болды.

XX ғ. соңғы жылдары мен XXI ғ. басында ТМД елдерінің электр энергия жүйесін белгіленген тұрақты жұмысқа келтіру арқылы жұмыс көрсеткішінің сан және сапа жағынан өскенін көрсетуге болады.

Негізгі мәселе ұлттық энергия жүйелерді ТМД кеңістігі шеңберінде бірігуін интеграциялау қажеттілігін түсіну. Бүгінгі таңда ынтымақтас елдердің 12 энергия жүйесінің 11-і (Армения энергия жүйесінен басқа) ортақ паралелді жұмыс жүргізі жатыр. Бұндай тәртіп энергия жүйелерді функцияландыру сенімділігін айтарлықтай дәрежеде арттырды, мемлекеттер арасындағы өзара тиімді қарым-қатынастардың алғышартына айналды. Бұл әсіресе күзгі-қысқы ауыртпалық кезінде және апаттық жағдайларды тарату жағдайларында көрініс тапты.

| Жыл         | 1990   | 1991   | 1992   | 1993   | 1994   | 1995   | 1996   | 1997   | 1998   | 1999   | 2000   | 2001   |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Әзербайджан | 23,2   | 23,5   | 19,8   | 19,0   | 17,6   | 17,0   | 17,0   | 16,8   | 18,0   | 18,2   | 18,7   | 18,5   |
| Армения     | 10,4   | 9,6    | 9,0    | 6,3    | 5,7    | 5,6    | 6,2    | 6,0    | 6,2    | 5,7    | 6,0    | 5,7    |
| Беларусь    | 39,5   | 38,7   | 37,6   | 33,4   | 31,4   | 24,9   | 23,7   | 26,1   | 23,5   | 26,5   | 26,1   | 24,7   |
| Грузия      | 14,2   | 13,4   | 11,5   | 10,2   | 7,0    | 7,1    | 7,2    | 7,2    | 8,1    | 8,1    | 7,4    | 7,5    |
| Қазақстан   | 87,4   | 86,0   | 82,7   | 77,4   | 66,4   | 66,7   | 59,0   | 52,0   | 49,1   | 47,5   | 51,4   | 55,2   |
| Қырғызстан  | 13,4   | 14,2   | 11,9   | ПД     | 12,9   | 12,3   | 13,8   | 12,6   | 11,6   | 13,2   | 14,9   | 13,6   |
| Молдова     | 15,7   | 13,2   | 11,2   | 10,4   | 8,2    | 6,2    | 6,2    | 5,4    | 4,8    | 4,1    | 3,6    | 4,9    |
| Ресей       | 1082,2 | 1068,2 | 1008,5 | 956,6  | 875,9  | 860,0  | 847,2  | 834,1  | 827,2  | 846,2  | 876,0  | 888,4  |
| Тәджікстан  | 18,1   | 17,6   | 16,8   | 17,7   | 17,0   | 14,8   | 15,0   | 14,0   | 14,4   | 15,8   | 14,3   | 14,3   |
| Түркменстан | 14,6   | 15,0   | 13,2   | 12,6   | 10,5   | 9,9    | 10,1   | 9,5    | 9,3    | 8,8    | 9,8    | 10,5   |
| Өзбекстан   | 56,3   | 54,2   | 50,9   | 49,1   | 47,8   | 47,4   | 45,4   | 46,0   | 45,9   | 45,3   | 46,8   | 48,1   |
| Украина     | 298,5  | 278,7  | 252,5  | 229,9  | 202,9  | 194,0  | 183,0  | 178,0  | 172,8  | 172,1  | 169,0  | 172,2  |
| ТМД бой-ша  | 1673,5 | 1632,3 | 1525,6 | 1433,7 | 1303,3 | 1265,9 | 1233,8 | 1207,7 | 1190,9 | 1211,5 | 1244,0 | 1263,6 |

Бүгінгі күннің маңызды мәселесі ТМД-ның электр энергетикасын еуропаның және азияның электр энергетикасымен интеграциялау болып табылады.

ТМД-ның энергия жүйелерінің қауымдастығымен қатар Балтық елдерінің энергия жүйелерінің жұмыс істейтінін және ТМД энергия жүйесін Шығыс Еуропа мен Азияның жанындағы елдермен мемлекетаралық байланыстардың жалғап тұруын ескерсек, Еуразия кеңістігінде глобальды электр желісін дамытудың стратегиялық жоспарын жүзеге асыру негізгі тапсырма болып көрінеді.

Қазіргі таңда мынандай энергия қауымдастықтары қалыптасты: Батыс және Орталық Еуропа елдерінің – UCTE, Шығыс Еуропаның — CENTREL, Скандинавия елдерінің — NORDEL энергия қауымдастықтары. UCTE мен CENTREL қауымдастықтарының толық бірігуінен кейін және оларға Болгария мен Румынияның энергия жүйелерінің қосылуынан соң жаңа қауымдастық TESIS деген атауға ие болды. Қазіргі қолда бар жобада Еуропаның оңтүстік-шығысындағы тағы бірнеше мемлекеттер мен Түркияның энергия жүйелерін біріктіру арқылы оны кеңейту қарастырылған. Сондай-ақ Жерорта теңізі аймағындағы энергия жүйелерді біріктіру де жоспарға кіреді.

ТМД елдерінің энергия жүйелерінің TESIS электр қауымдастығымен паралелді жұмысты ұйымдастыруға бірігуі үшін 220—750 кВ кернеулі 11 ӘЖ қолданылуы мүмкін. Жүйеаралық байланыспен үйлесімді біріккен жұмыс нәтижесінде отынды үнемдеу мен өндіруші қуат ең көбіне кететін шығынның азаюы есебінен маңызды экономикалық тиімділікке қол жеткізуге болады.

Алдын ала баға берулерге сенсек, интеграцияланған қауымдастықтардың жүйеаралық әсерлерін жүзеге асыру үшін осы байланыстардың өткізу қабілеті жеткілікті болуы мүмкін.

Құрылған ынтымақтас елдердің энер.жүйелерінің қауымдастығының негізі ТМД-дағы ең ірі болып есептелетін РФ ұлттық энергия жүйесі – Ресейдің бірыңғай энергетикалық жүйесі болып табылады. Электр желілері мемлекеттің орасан аумағын қамтиды — шығыстан батысқа қарай алты уақыт белдеуі. Ресейдің БЭЖ-нің техникалық негізін мыналар құрайды:

Шамамен 200 ГВт орнатылған қуаты бар 440 электр станциясы;

Жалпы ұзындығы 3018 мың км болатын электр тасымалдау сызығы (ЭТС);

Барлық дерлік энергетикалық объектілерді 50 Гц электр тогының бірыңғай жиілігімен жұмыс істеуге біріктіретін диспетчерлік бақылаудың бірыңғай жүйесі.

В.2 кестесінде Ресейдің ірі электр станцияларының тізімі келтірілген.

### Ресей Федерациясындағы ірі электр стансалары

| № р/н                           | Электр станция    | Орнатылған қуат, МВт |
|---------------------------------|-------------------|----------------------|
| Жылу электростансалары          |                   |                      |
| 1                               | Сургутск ГРЭС-2   | 4800                 |
| 2                               | Рефтинск ГРЭС     | 3800                 |
| 3                               | Костромск ГРЭС    | 3600                 |
| 4                               | Сургутск ГРЭС-1   | 3324                 |
| 5                               | Рязанск ГРЭС      | 2800                 |
| 6                               | Троицк ГРЭС       | 2455                 |
| 7                               | Ставропольск ГРЭС | 2400                 |
| 8                               | Зайнск ГРЭС       | 2400                 |
| 9                               | Конаковск ГРЭС    | 2400                 |
| 10                              | Новочеркасск ГРЭС | 2400                 |
| 11                              | Ириклинск ГРЭС    | 2400                 |
| 12                              | Пермск ГРЭС       | 2400                 |
| 13                              | Киришск ГРЭС      | 2102                 |
| Гидравликалық электр стансалары |                   |                      |
| 1                               | Саян-Шушенск ГЭС  | 6400                 |
| 2                               | Красноярск ГЭС    | 6000                 |

|                        |                              |      |
|------------------------|------------------------------|------|
| 3                      | Братск ГЭС                   | 4500 |
| 4                      | Усть-Илимск ГЭС              | 3840 |
| 5                      | КОКП XX съезд ат. Волжск ГЭС | 2541 |
| 6                      | Ленин ат. Волжск ГЭС         | 2300 |
| 7                      | Чебоксарск ГЭС               | 1370 |
| 8                      | Саратов ГЭС                  | 1360 |
| 9                      | Зейск ГЭС                    | 1330 |
| 10                     | Нижекамск ГЭС                | 1205 |
| 11                     | Воткинск ГЭС                 | 1020 |
| 12                     | Чиркейск ГЭС                 | 1000 |
| 13                     | Загорск ГАЭС                 | 1000 |
| Атом электр стансалары |                              |      |
| 1                      | Балаков АЭС                  | 4000 |
| 2                      | Ленинград АЭС                | 4000 |
| 3                      | Курск АЭС                    | 4000 |
| 4                      | Смоленск АЭС                 | 3000 |
| 5                      | Калинин АЭС                  | 2000 |
| 6                      | Нововоронеж АЭС              | 1834 |
| 7                      | Кольск АЭС                   | 1760 |
| 8                      | Ростов АЭС                   | 1000 |

### Ресей БЭЖ ұйымдастыру негізін мыналар құрайды:

Жалпыжүйелік әсерден басталатын Ресейдің БЭЖ дамытудың және жұмыс істетудің мемлекет бекіткен жалпы шарттарын жүзеге асырушы жалпы үйлестіруші орталықтың қызметін атқаратын және Ресейдің БЭЖ экономикалық тиімділігін арттыру үшін жедел жоспарлы түрде бірыңғай диспетчерлік басқаруды қамтамасыз ететін «Ресей БЭЖ» РАҰ; РФ аумағында тұтынушыларға электр және жылу энергиясын жеткізуді қамтасыз ететін 74 энергия жүйесі;

Электр энергиясының (қуатының) көтерме сауда нарығының Федералды (жалпыресейлік) өзіндік субъектілер ретіндегі 34 ірі электр станциялары; Ресей БЭЖ-де негізгі технологиялық үдерісті қарайтын және дамытатын 300-ден астам ұйым;

«Ресей БЭЖ» РАҰ балансында 330 кВ және одан жоғары кернеулі 121 қосалқы станциялар, оның ішінде кернеу кластары бойынша: 750 кВ — 7 дана, 500 кВ — 79 д., 400 кВ — 1 д., 330 кВ — 34 д., трансформаторлардың орнатылған қуатымен 130 мың. МВ-А, шунтталған реакторлар 17,3 мың Мвар және синхронды компенсаторлар 1,3 мың. Мвар.

Ресей БЭЖ әлемдегі ең ірі орталықтандырылған басқару энергия қауымдастығы болып табылады.

Электр энергиясы мен қуатының федералды көтерме сауда нарығы жүзеге асыратын негізгі электр желілерінде 330—1150 кВ кернеулі Ресейдің БЭЖ-нің диспетчерлік (технологиялық және коммерциялық) басқаруы екі деңгейлі жүйе арқылы іске асырылады:

Мәскеуде орналасқан Ресей БЭЖ-нің орталық диспетчерлік басқармасы (ОДБ);

Жеті аймақтық біріккен энергия жүйелердің (БЭЖ) біріккен басқармалары (ББ): Орталық (Мәскеу), Солтүстік-Батыс (Санкт-Петербург), Орта Волга (Самара), Солтүстік Кавказ (Пятигорск), Урал (Екатеринбург), Сібір (Кемерово), Шығыс (Хабаровск).

Ресей БЭЖ орталық диспетчерлік басқармасы мен БДБ диспетчерлік басқарудың барлық циклін қамтамасыз етеді. Оның ішінде: бір айға және бір жылға алдын ала ұзақ уақытқа жоспарлау тәртібі кіреді (Бірыңғай ЭЖ мен Біріккен ЭЖ тәртіптерін активті және реактивті қуаттары бойынша оңтайландыру, статистикалық және динамикалық тұрақтылықтың есебі, релелік қорғаныстың (РҚ) және апатқа қарсы автоматиканың (АҚА) орнату құралдары мен құрамын таңдау және т.б.);

ФКНЭҚ (федералды көтерме сауда нарығындағы электр энергиясы мен қуаты) субъекттері арасындағы электр энергиясы мен қуатын жеткізу үшін бір жылға және одан көп уақытқа келісім-шарттар жасау;

бір күнге және бір аптаға тәртіпті қысқа мерзімді жоспарлау (Бірыңғай және Біріккен ЭЖ тәртібін активті қуатпен жүзеге асыру, негізгі электр желісінің ағымдық өткізу қабілетін анықтау, сенімділік пен үнемділік талабын ескере отырып жүктеме кестесін құру), ФКНЭҚ-на қысқа мерзімді келісім-шарттар құру;

Бірыңғай және Біріккен ЭЖ нақты уақытта жедел басқару (сенімді әрі жедел тәртіпті енгізу), электр энергиясы мен қуатының жедел нарығын жүзеге асыруды қамтамасыз ету;

қалыпты тәртіпті жиілігі мен кернеуі бойынша автоматты түрде басқару, РҚ және АҚА көмегімен мүмкін болған апаттық жағдайды тарату, апаттың каскадтық дамуын болдырмау.

Ресей БЭЖ Автоматтандырылған жүйесінің диспетчерлік басқармасының (АЖДБ) негізі нақты уақытта БЭЖ тәртібін жоспарлауға қатысты сұрақтарын шешуге, тәртіптерді қысқа және ұзақ мерзімді жоспарлауға арналған жедел-ақпараттық басқару кешені (ЖАБК) болып табылады.

Қазіргі таңда ОДБ, БДБ және электр жүйелерінің диспетчерлік пунктінде 77 ЖАБК жұмыс істейді.

1990 жылдары ДБАЖ-да (диспетчерлік басқарудың автоматизацияланған жүйесі), ЭЕМ БЖ (электронды есептеу машинасының бірыңғай жүйесі) арқылы шешілетін барлық тапсырмалар жаңа сапалы деңгейге – персоналды компьютерге (ПК) ауыстырылды. ПК-дің локальді желілері пайда болды, диалог пен көріністің заманауи жүйесі бар телекоммуникацияның техникалық және бағдарламалық құралдары енгізілді. Соңғы жылдары заманауи бағдарламалық-техникалық құралдарды: бірыңғай мәліметтер базасын (ORACLE); сарапшы жүйелер негізіндегі әртүрлі қосымшаларды; компьютерлік телефонияны; жедел-диспетчерлік ақпараттарды жеткізу және жинаудың кемелденген жүйелерін игеру басталды.

Ресейдің Бірыңғай және Біріккен ЭЖ автоматты жән диспетчерлік басқарудың әрекет етіп тұрған жүйесі жоғарғы тиімділікті көрсетті. Бұл келесі фактілермен расталады. Ресейде соңғы 50 жыл ішінде АҚШ және Канада (соңғы 33 жылда 14 жағдай), сондай-ақ Жапония, Франция, Швеция және Еуропаның басқа да елдерінде орын алған глобальді жүйенің апаттары болған жоқ.

2005 ж. электр энергиясы өндірісінің өндірілген энергетикалық стратегиясына сәйкес 1020 млрд кВт-с, ал орнатылған қуаты — 229 млн кВт.

Бұл тапсырмаларды іске асыру үшін өз ресурсын өндіріп максимальды бөлшектейтін құрылғыны және оны жаңасымен ауыстыруды қарастыратын электр станциялары мен желілерін жаңа өндіруші қуаттар мен техникалық қайта жарақтандыруды енгізу қажет.

# І БӨЛІМ

## ЭЛЕКТР ҚҰРЫЛҒЫЛАРЫ ЖАЙЛЫ ЖАЛПЫ МӘЛІМЕТТЕР

### 1.1 Электр энергиясының тұтынушылары

*Электр құрылғылары* — бұл электр энергиясын өндіру, түрлендіру, трансформациялау, жеткізу, бөлуге және оның энергияның басқа түріне ауыстыруға арналған машиналардың, аппараттардың, электр тасымалдау сызықтарының және көмекші қондырғылардың жиынтығы [1.12].

Электр энергияның тұтынушыларына өндіріс кәсіпорындары, электрлендірілген көлік, құрылыс объектілері, тұрмыстық тұтынушылар, қалалар мен аудандарға қызмет көрсету салалары, сондай-ақ электр станциялардың жеке қажеттіліктерінің тұтынушылары – электр энергиясын өндірудің технологиялық үдерісін қадағалайтын механизмдер жатады.

Электр энергиясын тұтыну тәртібі жүктеме сипатына, тәуліктің және жылдың уақытымен анықталады және активті, реактивті және толық қуатты уақытқа тәуелді жүктеме кестесімен көрсетілуі мүмкін. 1.1, а—в үш өндіріс цехының жұмыс тәулігінің активті жүктемесінің тәуліктік кестесі көрсетілген. Дәл сол координаттар осында варметр көрсеткіші бойынша цехтардың реактивті жүктемелерінің тәуліктік кестесін құруға болады.

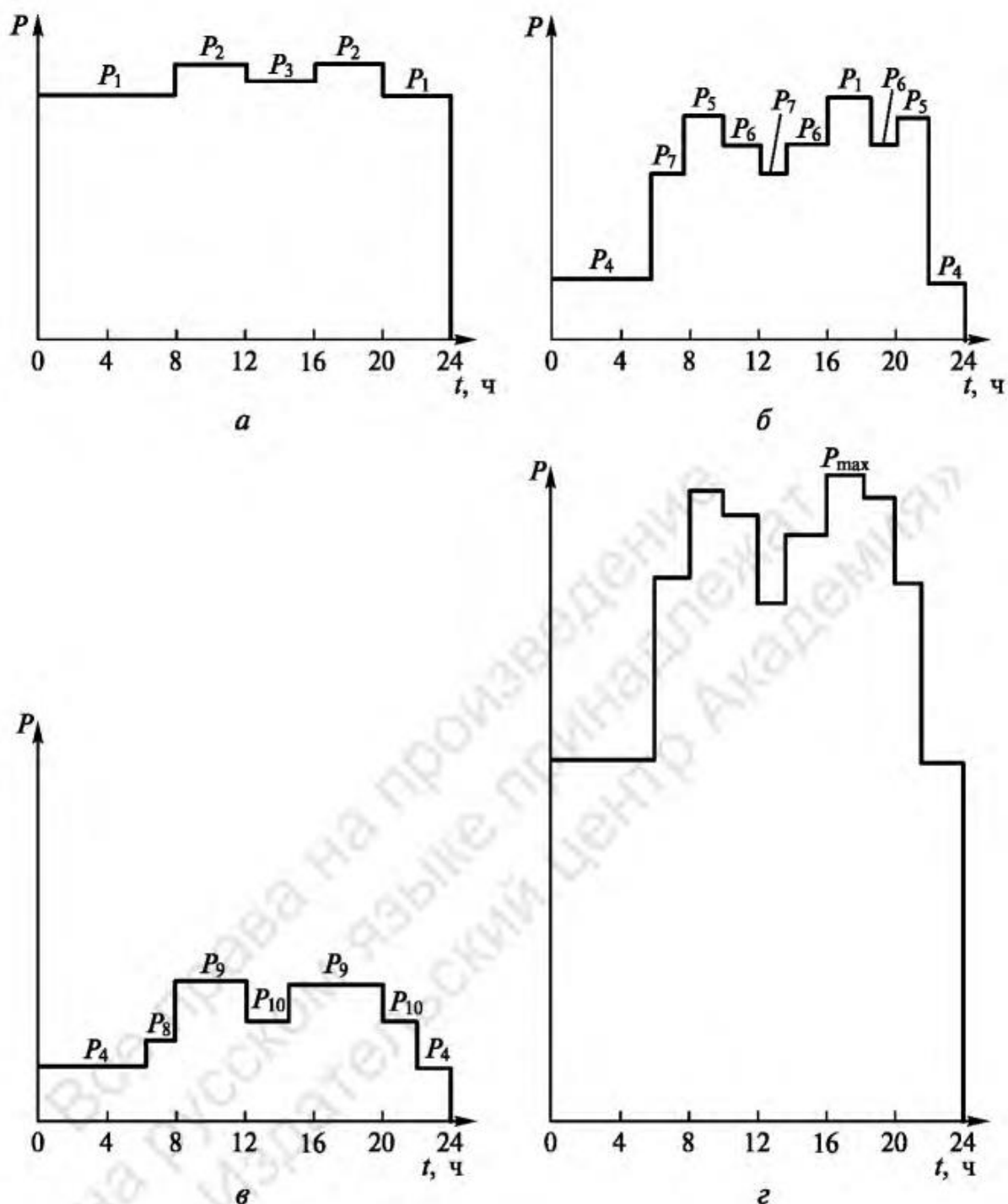
Уақыттың кезеңдеріне сәйкес жүктемені қорыта есептеп, кәсіпорынның тәуліктік кестесін құрады ( 1.1сур., г). Кестеде көрсетілгендей,  $P_{\max}$  16с. бастап 19 сағ. дейінгі кезеңде орын алған:

$$P_{\max} = P_2 + P_1 + P_9.$$

Кесте бойынша кәсіпорынның  $Q_{\max}$  реактивті жүктемесін анықтай отыра (ұқсастырылып салынған сур.1.1), кәсіпорынның қосалқы станцияларында орнатылған, трансформаторлардың қуатына сәйкес анықталатын толық пайдаланылған қуатты табуға болады

$$S_{\max} = \sqrt{P_{\max}^2 + Q_{\max}^2},$$

Қысқы тәуліктік жүктемелердің кестесі жазғы тәуліктік кестелерден және демалыс күндері мен мереке күндерінің кестелерін ерекшеленеді.



1.1 – сурет Активті жүктемелердің тәуліктік кестесі  
*а — құйма цехі; б — механикалық цех; в — жөндеу-жинау цехі; г — кәсіпорынның активті жүктемелерінің жинақталған кестесі*

Өндіріс орындарының әртүрлі салаларын жобалау барысында типтік кестелер қолданылады. Олардың ординаттары жүктеменің ең көп мөлшерінің  $P_{\max}$  пайызымен белгіленген. Соңғысы мынандай жолмен анықталады: Электр қабылдағыштарының номиналды қуатын  $\Sigma P_{\text{ном}}$  біле отыра, орнатылған қуат анықталады.

$$P_{\text{уст}} = \sum P_{\text{ном}} \cdot \quad (1.1)$$

Қосалқы станциялардың шиналарына қосылған қуат



$$P_{\text{пр}} = \frac{\sum P_{\text{ном}}}{\eta_{\text{ср.п}} \eta_{\text{ср.с}}}, \quad (1.2)$$

Мұнда  $\eta_{\text{ср.п}}$ ,  $\eta_{\text{ср.с}}$  — активті қуатты жоғалту жағдайын ескеретін номиналды жүктеме кезіндегі тұтынушылардың және жергілікті желінің электр құрылғыларының орта ПЭК.

Әрекет етуші жүктеме  $P_{\text{max}}$  аз, тұтынушылар барлығы бір уақытта жұмыс істемегендіктен тұтынушылардың жүктеуі өзгеріп отырады. Бұл  $k_3$  — жүктеу коэффициенті мен  $k_0$  — бір уақыттылық коэффициентін енгізумен есепке алынады:

$$P_{\text{max}} = \frac{k_0 k_3}{\eta_{\text{ср.п}} \eta_{\text{ср.с}}} \sum P_{\text{ном}} = k_c \sum P_{\text{ном}}, \quad (1.3)$$

Мұнда  $k_c$  — сұраныс коэффициенті, анықтамалық әдбиеттер арқылы тұтынушылардың белгілі бір тобы үшін анықталады [1.3].

$P_{\text{max}}$  анықталған соң ат қойылған бірліктерге типтік кестенің ординаттарын қайта есептейді және онымен жеткізуші трансформаторлар немесе жеткізуші сызықтар қимасын таңдаудың одан арғы есеутеулерінде қолданылады.

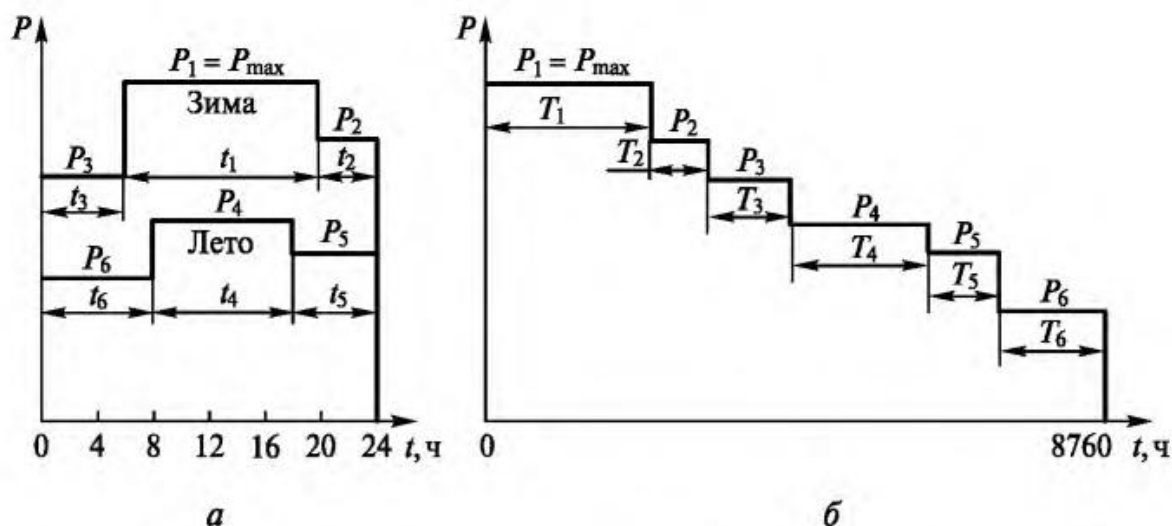
## 1.2. Жүктемелердің ұзақтығының жылдық кестесі

Формулаларды және типтік кестелерді қолдана отырып қысқы және жазғы тәуліктік жүктемелердің барынша сипатталған кестелерін құруға болады. Географиялық еніне байланысты қысқы және жазғы тәулік саны әртүрлі болып табылады. Орталық аудандар үшін қыстық кестеге 183 тәу., ал жазғы кестеге 182 тәу. деп қабылдауға болады. 1.2, а суретте екі сипатталған тәуліктік кесте құрылған (қысқы және жазғы). Ұзақтығы бойынша жылдық кесте құру үшін (1.2, б сур.) ординат осі бойымен  $P_{\text{max}}$ -ден бастап жүктеме белгісін қалдырып, ал абсцисс осі бойымен — осы жүктеменің бір жылғы әрекет ұзақтығын көрсетеді. Мысалы,  $P_1 = P_{\text{max}}$ ,  $T_1 = t_1 183$  аралығында әрекет етеді ( $t_1$  — қысқы тәуліктік кестеде әрекет ету уақыты; 183 — жылдағы сондай кестелер саны).  $P_2$  жүктемесі  $T_2 = t_2 183$  аралығында жұмыс істейді және т.с.с.

Жүктеме ұзақтығы кестесі бойынша орнатудың кейбір техникалық-экономикалық көрсеткіштерін есептеуге болады. Сатылы қисықпен шектелген активті жүктеме кестесінің ауданы сандық түрде қарастырылған кезеңдегі өндірілген немесе қолданылған энергияға тең:

$$W_{\Pi} = \sum P_i T_i, \quad (1.4)$$

мұнда  $P_i$  — қуат  $i$ -й сатылар;  $T_i$  — сатылардың ұзақтығы.



1.2 – сурет Жүктің ұзақтығы бойынша жыл сайынғы кестесін құру  
Қарастырылып отырған кезең бойына орта жүктеме (тәулік, жыл)

$$P_{\text{ср}} = \frac{W_{\text{п}}}{T}, \quad (1.5)$$

мұнда  $W_{\text{п}}$  — сол аралықтағы өндірілген немесе тұтынылған электр энергиясы;  $T$  — қарастырылып отырған аралықтың ұзақтығы.

Орнату жұмысы кестесінің біркелкі болмауы толтыру коэффициентімен бағаланады.

$$k_{\text{зп}} = \frac{W_{\text{п}}}{P_{\text{max}} T} = \frac{P_{\text{ср}}}{P_{\text{max}}}. \quad (1.6)$$

Кесте біркелкі болған сайын ктл бірлігіне жақынырақ. Максималды жүктемені пайдалану ұзақтығы кесте үшін тән нәрсе.

$$T_{\text{max}} = \frac{W_{\text{п}}}{P_{\text{max}}} = \frac{P_{\text{ср}} T}{P_{\text{max}}} = k_{\text{зп}} T. \quad (1.7)$$

Бұл шама электр энергиясының  $W_{\text{п}}$  қолданыстағы мөлшерін шығару (тұтыну) үшін өзгермейтін макс.жүктемемен қарастырып отырған аралықта  $T$  (әдетте бір жыл) қондырғы қанша сағат жұмыс істеу керектігін көрсетеді.

Сондай-ақ орнатылған қуаттың қолданылу коэффициент

$$k_{\text{и}} = \frac{W_{\text{п}}}{T P_{\text{уст}}} = \frac{P_{\text{ср}}}{P_{\text{уст}}} \quad (1.8)$$

немесе орнатылған қуаттың қолдану ұзақтығы да қолданысқа енгізілді

$$T_{\text{уст}} = W_{\text{п}} / P_{\text{уст}} = k_{\text{и}} T. \quad (1.9)$$

Формулаларда (1.8) және (1.9) Рорн дегенді барлық агрегаттардың, оның ішінде резервті агрегаттарды қосқанда, толық орнатылған қуаты деп түсінген жөн. Пайдалану коэффициенті  $k_{\text{п}}$  агрегаттардың орнатылған қуатты қолдану деңгейін сипаттайды.

Анығында  $k_{\text{п}} < 1$ , ал  $T_{\text{орн}} < T$ .  $P_{\text{орн}} \geq P_{\text{max}}$  өзара байланысы есебінен  $k_{\text{и}} \leq k_{\text{зп}}$  аламыз.

Ресей ЭЖ үшін электр станцияларының орнатылған қуатты пайдалану ұзақтығы орта есеппен алғанда жылына шамамен 5000 сағ құрайды.

### 1.3. Аудандық қосалқы станциялар мен электр станциялардың тәуліктік жүктеме кестесі

Алдында электр энергиясын тұтынушылардың жүктемелер кестесін құру қарастырылды (сур. 1.1). Зауыттық қосалқы станцияларының (ҚС А, ҚС В), 6-10 кВ шиналарындағы активті және реактивті жүктемелер кестесін білу арқылы кестенің әрбір сатысы үшін трансформаторлар мен сызықтардың шығынын анықтауға болады. 1.3 сурет А, В кәсіпорындарының электр жабдықтауларының сызбасы көрсетілген: зауыттық А және В ҚС электр энергиясын 220 кВ сызығымен электр станциясымен байланысатын аудандық ҚС-дан (АҚС) алады.

6—10 кВ шинасындағы Р<sub>А</sub>, Р<sub>В</sub> активті жүктеме кестесі 1.3, б. сур. көрсетілген. Т<sub>1</sub>, Т<sub>2</sub> және Т<sub>3</sub> трансформаторлардағы, W<sub>1</sub>, W<sub>2</sub> сызықтарындағы шығынды есептей отыра, 35кВ шинасындағы аудандық ҚС кестесін (Р<sub>А</sub> + Р<sub>В</sub>) көрейік

$$P'_A = P_A + \Delta P_{T1} + \Delta P_{W1}; \quad P'_B = P_B + \Delta P_{T1, T3} + \Delta P_{W2}.$$

35 кВ шинасындағы аудандық ҚС-да Р<sub>С</sub> жүктемесі бар (кесте 1.3, б сур.көрсетілген), Р<sub>А</sub> және Р<sub>В</sub> кестелерімен оның ординаттарын есептей отыра 35 кВ шинасындағы АҚС

жүктеме кестесін аламыз:  $P'_A + P'_B + P_C$ .

Берілген жүктемелер бойынша Т<sub>4</sub>, Т<sub>5</sub> трансформаторларындағы және W<sub>3</sub> сызығындағы шығынды табады және, 220 кВ шинасынан электр станцияларға РΣ 220. жіберілетін қуат кестесін құрады.

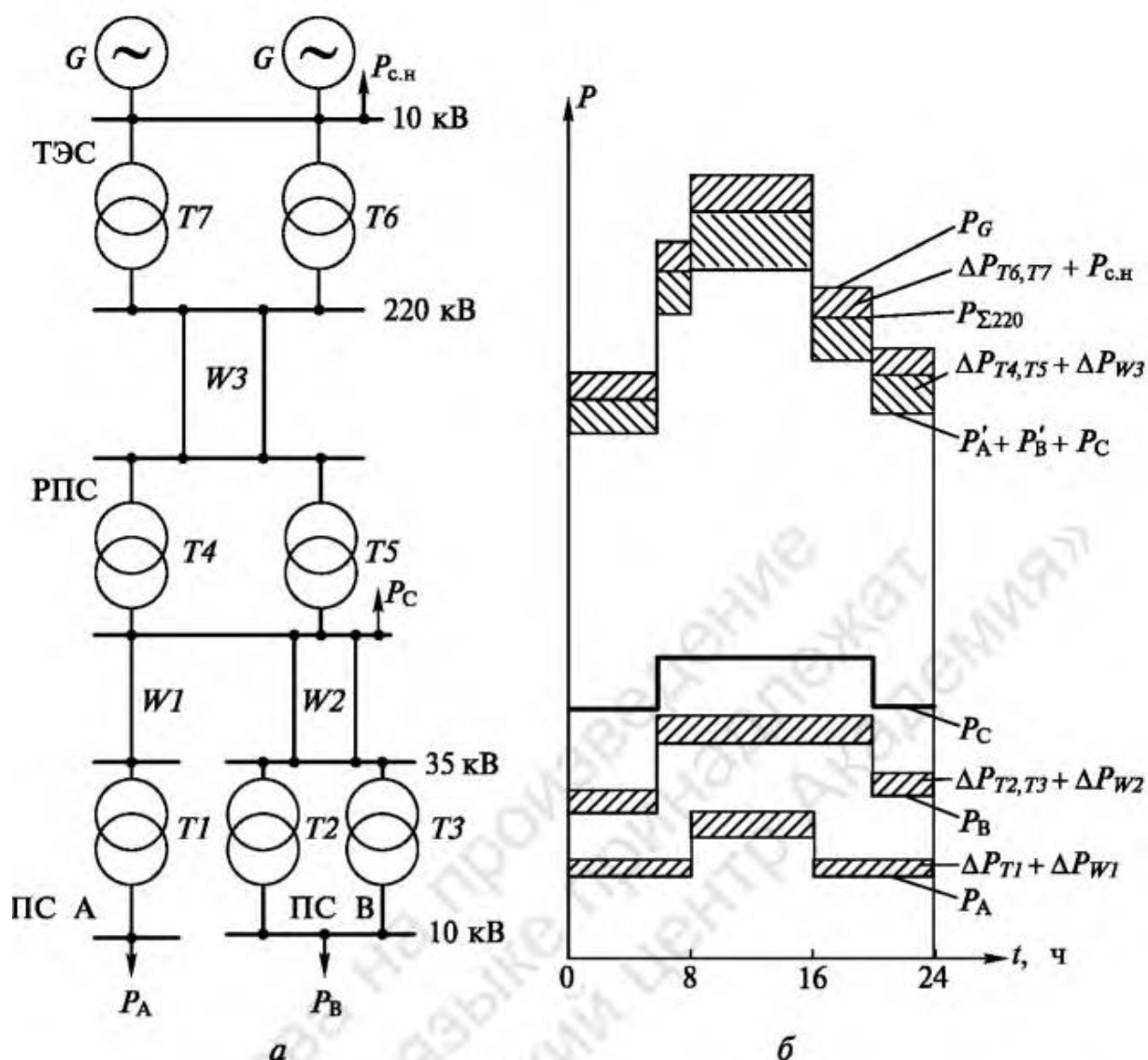
Трансформаторлар мен сызықтардағы қуат шығынын «Электр желілерін жобаландыру» курсына белгілі болған формула арқылы анықтайды.

$$\Delta P_n = \sum \Delta P_i^{\text{пост}} + \sum \Delta P_{i \max}^{\text{пер}} \left( \frac{S_i}{S_{i \max}} \right)^2; \quad (1.10)$$

$$\Delta Q_n = \sum \Delta Q_i^{\text{пост}} + \sum \Delta Q_{i \max}^{\text{пер}} \left( \frac{S_i}{S_{i \max}} \right)^2,$$

мұнда S<sub>i</sub> — нагрузка i желі элементінің жүктемесі, i-i қарастырып отырған жинақталған жүктеме кестесінің сатылары n-й сәйкес келеді ; S<sub>i max</sub> — анықталған элемент жүктемесі

$\Delta P_{\max}^{\text{пер}}, \Delta Q_{\max}^{\text{пер}}$ . (сызықтың, трансформатордың).



1.3. – сурет Аймақтық ПС пен электр станцияларындағы автобустарда белсенді жүктеме графиктерін салу

*а- сызба желісі; б – графиктер мен қуат шығындарын жүктеу*

$P_{\Sigma 220}$  кестесін электр энергиясын өзіндік қажеттіліктерге жұмсау Т6, Т7 трансформаторларындағы шығындар кестесімен есептей отыра генераторлар жүктемесінің кестесін алады

$$P_{с.н} = \left( 0,4 + 0,6 \frac{P_i}{P_{уст}} \right) P_{с.н \max}, \quad (1.11)$$

Мұнда  $P_i$  кВ шинасындағы  $i$ -й кесте сатыларының жүктемесі;  $P_{уст}$  — генераторлардың орнатылған қуаты;  $P_{с.н \max}$  — өзіндік қажеттіліктерге кететін максималды шығын (5.1 кест.қараңыз); 0,4 және 0,6 коэффициенттері өз. қаж.  $P_{сн \max}$  кететін шығынның тұрақты

және уақытша бөлігін сипаттайды.  $P_{\Sigma 220}$  электр станциясындағы 220 кВ шинасындағы

жүктеме кестесінің ординаттарын Т6, Т7 трансформаторындағы және өз.қаж. шығындарына қоса отыра РГ генераторының жүктеме кестесін аламыз.

#### Айнымалы токтың стандартты жүктемесі

|                                                     |       |       |     |     |      |      |
|-----------------------------------------------------|-------|-------|-----|-----|------|------|
| 1 кВ дейінгі қондырғылар (МЕМСТ 21128 — 83 )        |       |       |     |     |      |      |
| Эл.эн-ның желілері мен В                            | 220   | 380   | 660 |     |      |      |
| 1 кВ жоғары қондырғылар (МЕМСТ                      | 21    | 77*   |     |     |      |      |
| ЭЭ желілері мен қабылдағыштары,                     | (3)   | (6)   | 10  | 20  | 35   | 110  |
| Ең үлкен жұмыс кернеуі, кВ                          | (3,6) | (7,2) | 12  | 24  | 40,5 | 126  |
| Электр энергиясының желілері мен қабылдағыштары, кВ | (150) | 220   | 330 | 500 | 750  | 1150 |
| Ең үлкен жұмыс кернеуі, кВ                          | (172) | 252   | 363 | 525 | 787  | 1200 |

*Ескерту.* Қайта жобаланған қондырғыларға жақшада көрсетілген кернеу ұсынылмайды.

Электр қондырғыларының маңызды сипаттамаларының бірі олардың номиналды кернеуі болып табылады.

Генераторлардың, трансформаторлардың, электр энергия желілері мен қабылдағыштарының номиналды кернеуі деп қалыпты жұмысқа арналған кернеуді айтамыз. Стандартты кернеулер 1.1.кестесінде көрсетілген.

Генераторлардың, синхронды компенсатордың, трансформаторлардың екінші орамының номиналды кернеуі сәйкестендірілген желілердің номиналды кернеуінен 5-10% жоғары қабылданды (6,3; 10,5; 36,75; 38,5; 121 және т.б.).

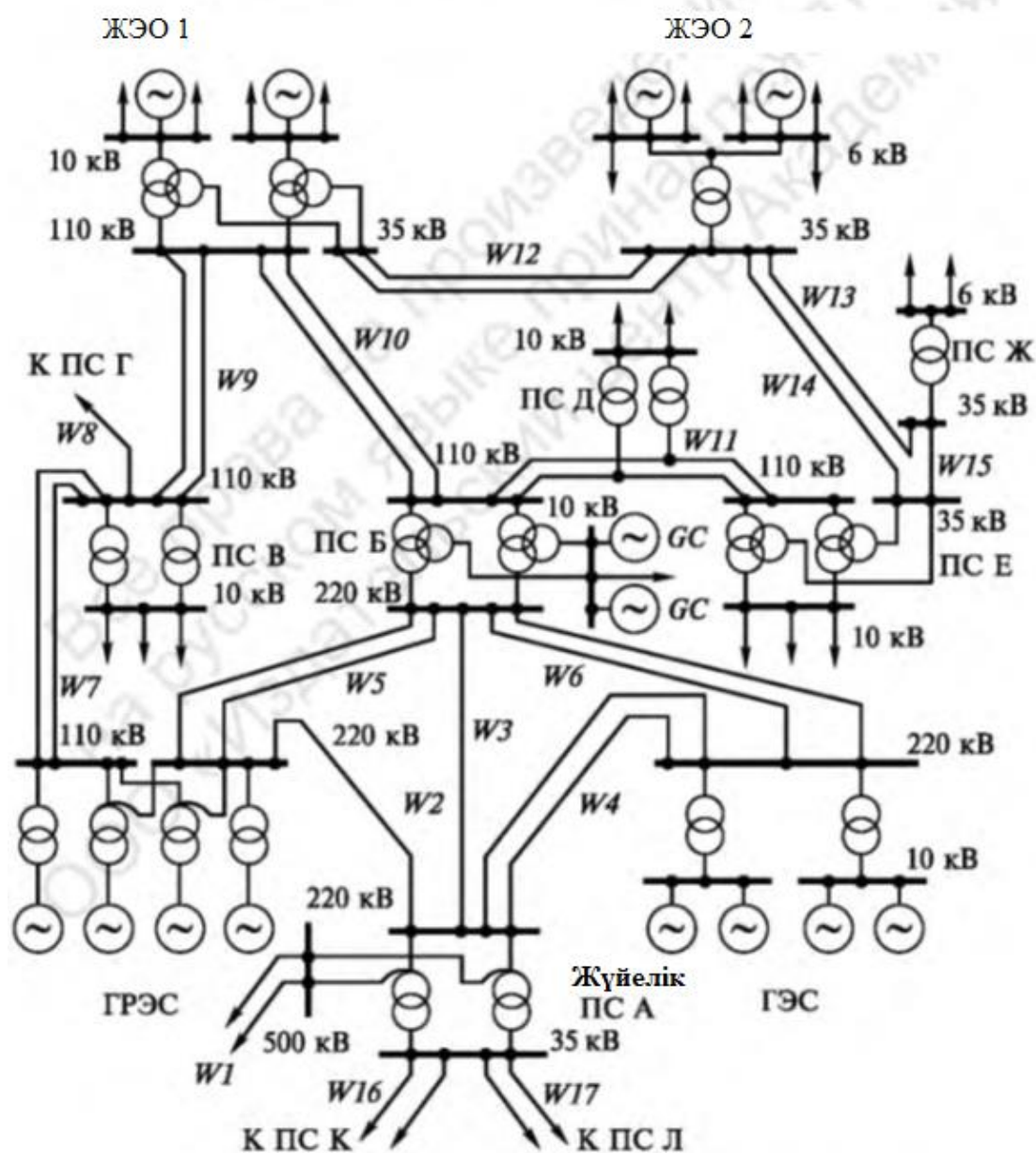
Қуатты генераторлардың және трансформаторлармен бірге блокқа қосылған синхроны компенсаторлардың номиналды кернеуі 13,8; 15,75; (18); 20; 24 кВ.

## 1.4. Энергия жүйелері

Тұтынушылардың электр және жылумен жабдықтаудың сенімділігін арттыру үшін электр станциялар паралельді жұмыс үшін электр жүйелерге бірігеді.

Энергия жүйесі деген өндірістің үздіксіз үдерісінде тәртіптің ортақтығымен қосылған және бір-бірімен байланысқан электр станцияларының, электр және жылу желілерінің жиынтығы және бұл тәртіптің ортақ басқару кезіндегі электр, жылу желілерінің түрленуі мн таратылуы. Энергия жүйесінің электр бөлігі деп электр жүйесінің электр желілері мен электр станцияларының электр қондырғыларының жиынтығын айтамыз[1.12]. 1.4 суретте төрт өндіргіш көздерден құрылған электр жүйелерінің электрикалық кестесі бейнеленген: екі ЖЭО, ГЭС және ГРЭС, екі аудандық (жүйелік) А және Б қосалқы станцияларымен (ҚС) және 35 110, 220 кВ сызықты паралелді жұмысқа біріктірілген бірнеше тұтынушылық ҚС. Жүйеаралық байланыстар W1 500 кВ сызықтары арқылы жүзеге асады. Жергілікті тарату желілері 6—10 кВ кернеуімен орындалған. Екі синхронды ГС компенсаторлары бар Б ҚС жүйенің тораптық қосалқы станциясы болып табылады. 500 кВ сызықты және екі автотрансформаторлары бар А қосалқы станциясы жүйелік қосалқы

станция болып табылады. В ҚС — 110 кВ шиналары арқылы өтетін қосалқы станция. Ол қуат тасымалдауды және ЖЭО 1 мен ГРЭС-тің байланысын жүзеге асырады. Д қосалқы станциясы W11 тасымалдау сызығына шықпалар арқылы жалғанған. Біртрансформаторлы Ж ҚС ПС



1.4- сурет Энергия жүйесінің қағидалық кестесі

5 кВ сызық сақинасы қосылған. Қарастырып отырған электр станциялары мен қосалқы станцияларының электрлік кестесінің ерекшеліктері 5 тарауда берілген.

Электр жүйелерін құру үлкен мәнге ие және бірнеше техникалық-экономикалық артықшылықтарға жол ашады:

Энергетиканың даму қарқынын көбейтуге мүмкіндік береді және бұл дамуды заманауи мүмкіндіктерге үшін барынша үнемді жүзеге асырады. Яғни, үлкен қуатты блоктық агрегаттары бар ірі ЖЭО мен АЭС іске қосу басымдығы есебінен жүзеге асырады;

тұтынушыларды электрмен жабдықтаудың сенімділін арттырады; энергия ресурстарын (отын, су энергиясы, т.б.) ең жақсы қолдану нәтижесінде электр станциялары арасындағы жүктемені мейлінше ұтымды бөлу есебімен энергия жүйесі бойынша тұтас алғанда электр энергиясын бөлу және өндірудің үнемділігін арттыруды қамтамасыз етеді;

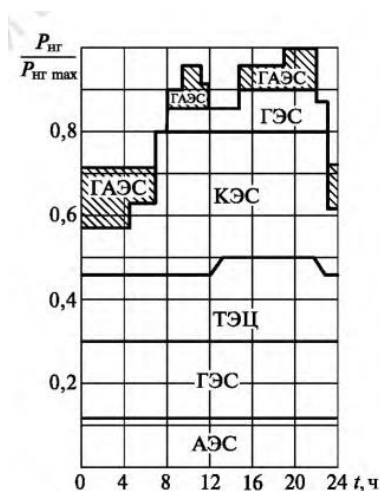
Электр энергиясының сапасын арттырады. Яғни, Мемлекеттік стандарт бойынша бекітілген кернеу мен жиілікті қолдауды қамтамасыз етеді. Себебі, жүктемелердің ауытқуы агрегаттардың санының көптігімен қабылданады;

энергия жүйесінің агрегаттарының жалпы қуатының 12 — 20 % құрауы тиіс энергия жүйесі бойынша қуаттың жиынтық қорын төмендетуге көмектеседі[1.8].

Энергия жүйесінің жүктемесі тәулік ішінде қосылған тұтынушыларға байланысты өзгереді (1.5 сур.). Жүйеге кіретін электр станциялар арасында жүктемені бөлу станциялардың барынша тиімді жұмысын арттыруды және желідегі ағындардан болатын шығындары мейлінше азайтуды қамтамасыз етуі тиіс. Кестенің ( $P < P_{нгтщ}$ ) базалық бөлігін мыналар жабады:

Кеме жүргізу және санитарлық талаптарға сай қажет суды өткізуге сәйкес келетін СЭС (суды босқа төкпеу үшін тасқын кезінде СЭС-ның базалық бөлігінде қатысуы жоғарылайды); қуатын реттеу қиындық тудыратын АЭС; жылу кестесі бойынша жұмыс жасайтын ЖЭО.

Кестенің ( $P > P_{нгтщ}$ ) жоғарғы бөлігін ГАЭС пен СЭС орта қуаты құрайды. Кестенің құлдығында (0 ден 7 сағ дейін) ГАЭС арынды су қоймасына суды жинай отыра сорғыш тәртіпте жұмыс істейді. Ал ГАЭС ең көп



1.5. – сурет Энергетикалық жүйелердің жүктемесінің және электр энергиясын өндірумен айналысатын электр станцияларының кестелерінің күнделікті кестесі

жүктемемен (8 ден 22 сағ дейін) жүктеменің шегін жауып өндіруші тәртіпте жұмыс істейді. Тегістелген ГАЭС жүктемесі КЭС жабылады. Олардың жұмысы біркелкі жүктеме кезінде үнемді болып келеді.

Жүйе жүктемесін бөлу диспетчерлік басқару тәртібінің тобымен есептеледі.

Көптеген электр станциялары үйлесімді жұмыс істейтін Біріккен энергия жүйесін құру (БЭЖ) техникалық-экономикалық үлкен мүмкіндерді де қамтамасыз етеді.

Бірінші болып Орталық БЭЖ, кейін Оңтүстік БЭЖ, Орта және Волга мен Урал БЭЖ құрылды. Келесі қадам осы БЭЖ КСРО-ның еуропалық бөлігінің Бірыңғай энергия жүйесіне біріктіру болды. Бірыңғай ЭЖ өз алдына Солтүстік-Батыс, Солтүстік Кавказ бен Закавказьяның электр жүйелерін қамтыды.

Қазіргі таңда құрамына Орталық, Солтүстік-Батыс, Орта Волга, Солтүстік Кавказ, Урал, Сібір және Шығыс біріккен энергия жүйелері кіретін Ресейдің Бірыңғай ЭЖ қалыптастыру энергетиканы дамытудың маңызды бағыты болып табылады. Ресейдің БЭЖ ТМД елдеріндегі ең ірі энергия қауымдастықтарының бірі болып есептеледі.

Бүгінгі таңда Ынтымақтас елдердің 12-ден 11 ұлттық энергия жүйелері ортақ паралелді жұмыс жүргізуде.

ТМД біріккен ЭЖ-мен қатар Балтық елдерінің ЭЖ жұмыс істейді. Мемлекетаралық байланыстар (500 кВ және 750 кВ ЭЖ) Ресейдің БЭС мен Шығыс Еуропа мен Азияның бірқатар мемлекеттерінің ЭЖ-мен байланыстырады.

ЭЖ жедел басшылық жұмысын Орталық диспетчерлік басқарма іске асырады. Олардың негізгі мақсаттары: электр тогының жиілігін реттеу, активті қуаттың ағыны мен жиілігін автоматты түрде реттейтін жүйенің тиімді қызметін қамтамасыз ету;

Бірыңғай және Біріккен ЭЖ электр энергиясы мен қуатының ұзақ және қысқа мерзімдік балансын болжау және оңтайландыру;

Ресейдің БЭЖ негізгі электр станцияларының тиімді тәуліктік жұмыс кестесін әзірлеу;

СЭС каскадтарының жұмыс кестесін әзірлеу; энергияның сапа стандарттары мен сенімділігін талаптарын сақтай отыра нақты уақытта БЭЖ диспетчерлік басқару;

Ресейдің БЭЖ-нің басқа елдердің энергия жүйелерімен паралелді жұмыс кестесін ұйымдастыру және басқару;

Электр энергиясының шығынын азайту үшін реактивті қуат көздері мен кернеуді реттеу құралдарын оңтайлы пайдалу шарттарын әзірлеу;

БЭЖ негізгі желісіндегі релелік қорғанысты баптауларын үйлестіру;

апатқа қарсы шараларды ойлап табу және басқа да жедел-технологиялық міндеттер;

диспетчерлік басқарудың автоматтандырылған жүйесі (ДБАЖ) қолданысқа енгізу, оның техникалық құралдарын дамыту және жаңғырту;

жүйенің салаларына жедел-техникалық және коммерциялық ақпараттарды жинақтау және таратуды іске асыруды ұйымдастыру;

электр станцияларын, қосалқы станцияларды, электр тарату желілерінің кәсіпорындарын басқарудың диспетчерлік пункттерімен.

### **1.5. Электр қондырғыларындағы бейтараптың жұмыс кестесі**

*Электр қондырғыларындағы бейтараптар деп жұлдызшаға біріктірілген генераторлар мен трансформаторлардың үш фазалы орамдарының ортақ нүктесін айтамыз.*

Бейтараптың тәртібіне байланысты электр желілері төрт топқа бөлінеді: 1) жерлендірілмеген (оқшауланған) бейтарап желілері; 2) резонансты-жерлендірілген (өтемделген) желілер; 3) жерге тиімді қосылған бейтарап желілер; 4) тікелей жерлендірілген бейтарап желілері.



Электр қондырғыларын орнату ережелерінің (ЭҚОЕ) талаптарына сай (1.2 тарау).  
 ином > 1 кВ желілеріне жалғанған түсіруші трансформаторлардан жеткізетін 1 кВ дейінгі  
 номиналды кернеуі бар желілер тікелей жерлендірілген бейтараптармен іске асады.  
 Дербес қуат көздерінен қуат алатын ином 1 кВ дейінгі желілер жерлендірілмеген  
 бейтараппен іске асады (жерге тұйықталу кезінде максималды электр қауіпсіздігін  
 қамтамасыз ету шарты бойынша).

ином = 110 кВ және одан жоғары желілер тиімді жерлендірілген бейтараппен  
 орындалады (бейтарап бірден немесе аз ғана қарсыласудан кейін жерлендіріледі).

Кез келген тұйықталу токтарының шоғырсымдармен жасалған 3 — 35 кВ желілері  
 жерлендірілген бейтараппен кедергі (резистор) арқылы орындалады.

30 А-ден аспайтын тұйықталу тогы кезінде әуе сызықтары бар 3 — 35 кВ желілері кедергі  
 арқылы жерлендірілген бейтараппен орындалады.

6. Сыйымдылық тогының жерге өтемі бұл токтың қалыпты жағдайдағы мәні кезінде  
 қажет:

ӘЖ темірбетонды және металл тірегі бар 3 — 20 кВ желілерінде және 35 кВ барлық  
 желілерде — 10 А асады ; ӘЖ темірбетонды немесе металл тіректері жоқ желілерде: 3 —  
 6 кВ кернеу кезінде — 30 А асады; 10 кВ — 20 А асады; 15 — 20 кВ — 15 А асады;  
 6 — 20 кВ генератор — трансформатор блок кестелерінде — 5 А асады [1.2, 1.12].

50 А асатын жерге тұйықталу тогы кезінде кем дегендеекі жерлендірілген сөндіргіш  
 реакторлар орнату ұсынылады.

Жерлендірілген бейтарапты желілер

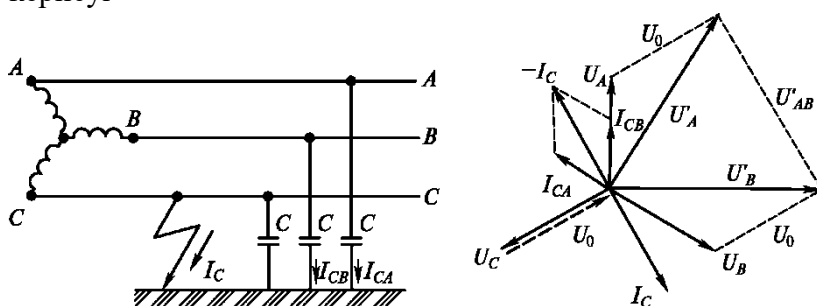
Әрбір фазаның қалыпты жағдайында С фазаларының сыйымдылығына біркелкі бөлінуге  
 шартталған сыйымдылық тогы өтіп жатады.

$I_c = 0$  юСЦф. (1.12)

Үш фазаның ток шамасы нөлге тең  $I_{C0}$ , яғни жерде ешқандай ток өтіп жатқан жоқ.

Бір фазаның (мысалы С) жерге тұйықталуы кезінде бұл фазаның сыйымдылығы  
 тұйықталады, нәтижесінде зақымданған фазадағы кернеу нөлге дейін азаяды, ал  
 зақымданбаған фазаларда сыйымдылық сызықтыққа дейін өседі, яғни  $\sqrt{3}$  үш есеге өседі  
 (1.6 сурет). Векторлардың геометриялық шамасын анықтайық:  $U_B$  және  $U_0$ ;  $U_A$  и  $U_0$ :

$U_B = U_b + U_0$ ;  $U_A = U_a + U_0$ , яғни  $U_B = \sqrt{3}U_b$ ,  $U'_a = \sqrt{3}U_a$ , мұнда  $U_0$  — нөлдік бірізділік  
 кернеуі



1.6.- сурет. Оқшауланған бейтарапты үш фазалы желінің жерге тұйықталуы:

*a* — С фазасының жерге тұйықталуы; *б* — векторлық диаграмма

Зақымданбаған фазалардағы сыйымдылық тогы

$$I_{CA} = \sqrt{3}I_{C0}; \quad I_{CB} = \sqrt{3}I_{C0}.$$

Жерге бірфазалы тұйықталудың тогы

$$\bar{I}_C = -(\bar{I}_{CA} + \bar{I}_{CB}).$$

$I_{Ca}$  және  $I_{Cb}$  токтары  $60^\circ$  - қа бір-біріне қатысты жылжытылған, сондықтан

$$I_C = \sqrt{3}I_{CA} = \sqrt{3}I_{CB} = \sqrt{3} \cdot \sqrt{3}I_{C0} = 3\omega CU_\phi. \quad (1.13)$$

1.13 формуласынан жерге тұйықталу кезінде сыйымдылық тогы қалыпты жағдайдағы сыйымдылық тогынан 3 есе артық.

$C_0$  үлестік сыйымдылығы желінің (әуе және кабелді) құрылымдық орындалуына тәуелді.  $C_0$  орташаланған мәнін қабылдар болсақ, онда  $I_C$  сызықтың ұзындығы мен кернеуіне тәуелді болады: әуе сызықтары үшін

$$I_C = \frac{UI}{350}; \quad (1.14)$$

кабельдік сызықтар үшін

$$I_C = \frac{UI}{10}, \quad (1.15)$$

мұнда  $I_C$  — ток, А;  $U$  — фазааралық кернеу, кВ;  $I$  — электрлік түрде байланысқан желі ұзындығы, км.

Векторлық диаграммадан көрініп тұрғандай (1.6 сур.қараңыз), фазаның жерге тұйықталуы тәртібі кезінде сызықтық кернеулер  $U_{CA}=U'_A$ ,  $U_{AB}=U_{BC}=U_B$  өзгерген жоқ. Сәйкесінше, тұтынушы бұл тәртіппен жұмыс істей алады. Алайда, жерге қатысты А және В фазаларының кернеуі  $\sqrt{3}$  есеге қысқарды. Бұл басқа сызықтың оқшаулануына әкеліп соғуы мүмкін. Сонда осы екі сызықтың апаттық ажырауына әкелетін жер арқылы екіфазалы ҚТ туындайды. ПТЕ сәйкес жерге тұйықталған оқшауланған бейтарапты желі ішінде ең көбі 2 сағат жұмыс істеуге болады. Осы уақыт ішінде қызметкерлер тұйықталу болған жерді анықтап, зақымдануды жою керек. Қызметкерлерге жерге тұйықталу болғанын жеткізу үшін үш фазалы кернеуді өлшеу көмегімен оқшаулануды бақылауды қолданады. Зақымдалған фазада  $U_\phi = 0$ , ал басқа екеуінде сызықтыққа  $\sqrt{3}U_\phi$  жақындайды. Сонымен қатар, дыбыстық дабылдың релелік құрылғысы орнатылады.

Оқшауланған бейтараппен жұмыс істейтін желілерде кезек-кезек жанып-сөніп тұратын туындаған доға арқылы жерге тұйықталу болуы мүмкін. Бұл өз алдына резонанстық құбылыс және кернеудің (2,5—3) дейін көтерілуін туындатады. Оқшауланудың әлсіреуі кезінде бұл оқшауланудың және фазааралық ҚТ бұзылуына әкелуі мүмкін.

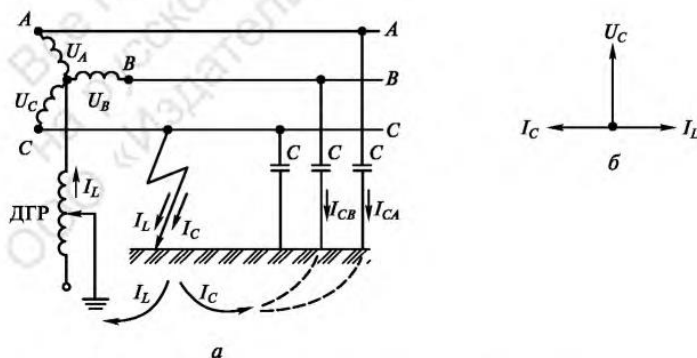
Қарастырып отырған желінің сыйымдылық тогы неғұрлым көп болса айнымалы доғаның туындауы мүмкіндігі соғұрлым көбірек. Индуктивті кедергі, яғни бейтарапқа доға сөндіруші реакторды орнату жолымен сыйымдылық тогын өтеу, азайту қажеттілігі туындады.

### 1.5.2. Өтелген байтарапты (резонансты-жерлендірілген) желілер

Сыйымдылық тогын өтеу үшін  $I_C$  генераторлар немесе трансформаторлардың бейтараптарына доға сөндіруші реакторлар (ДГР) қосады. Олардың индуктивті кедергісі желінің сыйымдылық кедергісіне сай келеді:  $\omega L = 1/3\omega C$ . Фазаның жерге тұйықталуы кезінде зақымдалған жерде бір-біріне қатысты  $180^\circ$  жылжыған  $I_L$  и  $I_C$  токтары өтеді. (1.7 сурет) Сәйкесінше, нәтижелік ток ( $I_L - I_C$ ) доғаны ұстап тұру үшін жеткіліксіз, сондықтан ол туындамайды. Оқшаулану ҚТ және сызықтың өшуіне әкелетін қауіпті кернеудің ұлғаюына душар болмайды.

ДСР-ды можно в резонанс кезінде ( $I_L = I_C$  болғанда), толық өтелмеген тәртіпте ( $I_L < I_C$  болғанда) және шектен тыс өтелген тәртіпте ( $I_L > I_C$  болғанда) баптауға болады. Резонанс кезіндегі баптаулар дұрысырақ.

Желіні қолдану үдерісі кезінде сызықтардың бөлігі өшуі мүмкін. Онда желінің сыйымдылығы азаяды да, ДСР-дің алғашқы баптаулары бұзылады. Баптауларды сақтау үшін ДСР-дің индуктивті кедергісін реттеу керек.



1.7 сурет. Резонансты-жерлендірілген бейтарапты үш фазалы желідегі жерге тұйықталу:

*а — C фазасының жерге тұйықталуы; б — зақымдалған C фазасы үшін векторлық диаграмма (жеңілдетілген)*

Құрылымдық ДСР трансформаторды еске түсіреді: май толтырылған бакка орауышты магниттік жүйе орналастырылады. Индуктивті кедергіні реттеу былайша жүзеге асырылады:

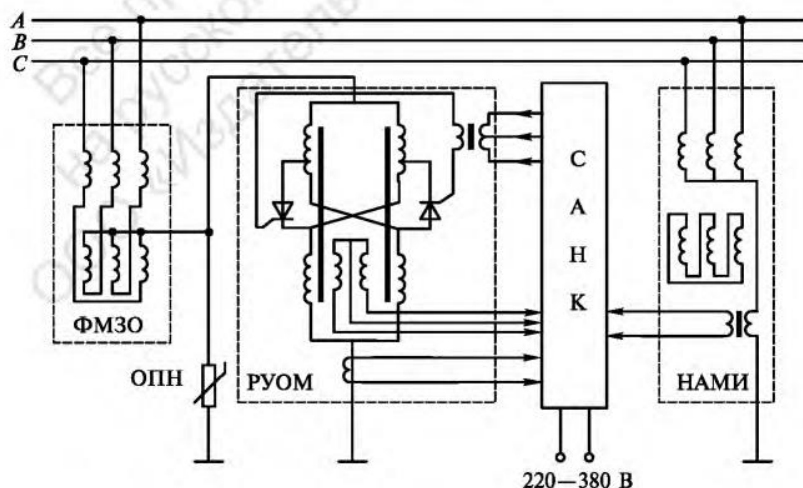
орауыштың орам сандарының өзгеруімен, изменением числа витков обмотки, ЖДСБМР типі – жерлендіргіш, доға сөндіргіш, сатылы реттегіш, бірфазалы, май реакторлары(желіден ажыратылғаннан кейін);

магнит өткізгіштің (тығынжыл типті реактор) әуе саңылаулары үлкендігінің өзгеру жолымен магниттік кедергінің өзгеруімен;

магнит өткізгішті тұрақты токпен үстеме магниттеуді қолданумен, ЖДСБМР типі – жерлендіргіш, доға сөндіргіш, сатылы реттегіш, бірфазалы, май реакторлары(желіден ажыратылғаннан кейін);

ЖДСБМР реакторымен жасалған тәжірибелер [1.2] жерге тұйықталу кезінде желіде оқшаулану үшін қауіпті кернеу секірулерін туындататын резонанстық құбылыстар пайда болатынын көрсетті. Реттеудің мейлінше кемелденген құрылымы мен кестесі «Раменск "Энергия" электр-механикалық зауыты» ААҚ өңделген БМБР реакторында. Реакторды

Желінің қалыпты тәртіптері кезінде БМБР реакторы қанықпаған, сондықтан бейтараптағы резонанстық кернеудің арту мүмкіндігі жойылады.



БМБР реакторлары  $11/\sqrt{3}$ ;  $6,6/\sqrt{3}$  кернеуімен 190, 300, 480, 840 кВ - А қуатпен шығарылады. 30 бастап 220 А дейін екі сағаттық өтем тәртібіндегі ток. Доға сөндіруші реакторларды таңдау келесі тәртіппен жүзеге асады:

$$Q = nI_C U_\Phi, \quad (1.16)$$

реакторларды қосатын жерді таңдайды. Реакторларды торапты қосалқы станцияларына орнатуға кеңес беріледі. Генераторлық кернеу желілерінде ДСР әдетте станцияларда орналастырады;

трансформатордың номиналды қуаты реактордың есептік қуатынан аз болмауы керек  $U_T > 0ДГР$ . Станциялар немесе ҚС-дың жеке қажеттілік трансформаторы қолданылса, онда жүктеменің максималды қуатын  $S_{max}$  және жерлендірілген фазалы желінің жұмыс уақытында трансформатордың қайта жүктелу мүмкі екенін ескеру керек:

$$Q_{ДГР} = \sqrt{(k_{\Pi\Gamma} S_{\text{НОМ}})^2 - S_{\text{max}}^2} \quad (1.17)$$

ДСР қосу үшін орауыштары жұлдыз кестесі арқылы қосылған трансформаторларды қолдану ұсынылады. Себебі, жұлдыз кестесінде — бірфазалық жерге тұйықталу кезінде трансформаторлардың индуктивті кедергісінің жұлдызы фазааралық кезден 10 есе көп. Бұл ДСР баптауларын қиындата түседі.

Өтемдік желілердің артықшылығы мынада: жерге доғалық тұйықталу кезінде туған кернеудің артуы 2,6 иф (оқшауланған бейтарапты желілерде — 3,2 иф дейін) дейін шектеледі. Жерлендірілген фаза режиміндегі жұмыс оқшауланған бейтарапты желілердегідей шектеледі.

### **1.5.3. Тиімді жерлендірілген бейтарапты желілер**

$U_{ном} = 110$  кВ және одан жоғары желілер оқшауланудың бағасын болжау арқылы бейтараптың тиімді жерлендіруімен жүзеге асады. Себебі, бұндай желілерде кернеудің бір фазасының басқа екеуіне жерге тұйықталуы кезінде фазааралық кернеудің 0,8 аспайды. Бұл оқшаулануды оқшауланған және өтелген бейтарап жағдайында толық фазааралық кернеумен емес, осы кернеумен есептейтінін көрсетеді.

Жерлендірілген бейтарап тәртібінің кемшілігі фазаның жерге тұйықталуы қысқа тұйықталу болып табылатындығы және дереу өшіруді талап етеді.

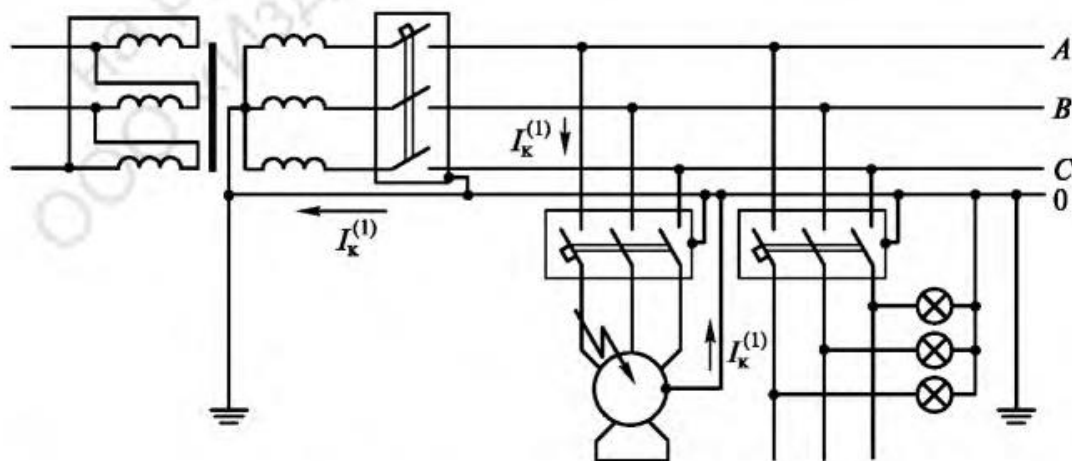
Желілердегі бірфазалы тұйықталудың айтарлықтай бөлігі 110 кВ және одан жоғары кернеуді түсіру кезінде өзін-өзі жояды, сондықтан автоматты қайта қосу (АҚҚ) тұтынушылардың қуат көзін қалыпқа келтіреді.

Бірфазалы ҚТ ток мөлшерін азайту үшін бейтараптардың жартылай жерге тұйықтауын қолданады. Мысалы, ҚС орнатылған екі трансформатордың бейтараптарының біреуі ғана жерлендіріледі.

Тәртіптің тағы бір кемшілігі: ҚТ-дың көп мөлшердегі тогына есептелу керек жерлендірілген қондырғының құрылымының күрделілігі.

### **1.5.4. Тікелей жерлендірілген бейтарапты желілер**

1 кВ дейінгі қондырғыларда үшфазалы және бірфазалы жүктемелердің бір уақытта қуат алуы үшін тікелей жерлендірілген бейтарапты төрт сымды желілер қолданылады. Бұндай желілерде трансформатордың бейтарабымен байланысқан нөлдік өткізгіш қолданылады (1.9 сур.). Ол өткізгіш, сонымен бірге, қорғаныс нөлдеу үшін, яғни, кернеу кезінде дұрыс табылмайтын электр қондырғыларының барлық металл бөліктерін қосу үшін қызмет атқарады. Корпусқа оқшаулану кезінде автоматты сөндіргішке тиісті



1.9. - сурет Тікелей жерлендірілген бейтарапты үшфазалы төрт сымды желі

өшуге алып келетін бірфазалық ҚТ туады.

Нөлдік өткізгіш де фазалық өткізгіштер сияқты оқшауланады. Оның қимасы фазалықтан 0,5 кем емес, электр қондырғылары жұмысының қауіпсіздігі мен сенімділігі оның бүтіндігіне байланысты. Нөлдік өткізгіш тарамдалған жерлерде және ұзын аумақтарда (200 м көп) қайтадан жерлендіріледі.

Мысал 1.1. ҚС шиналарына жалғанған желінің 10 кВ сыйымдылық тогын өтеу үшін доға сөндіргіш реактор таңдау (1.10 сурет). К1 секциясына жалғанған кабельдік желісінің сыйымдылық тогы, 19 А тең, ал К2 секциясы — 18 А. Қалыпты секциялық сөндіргіш ҚК өшірулі. К1, К2 секцияларына жалғанған ТМ-160 өзіндік қажеттілік трансформаторы Шешім. ЭҚОЕ талаптарына сай  $I_C > 20$  А кезінде сыйымдылық тогының өтемі қажет, бұндай тәртіп секциялық ҚК өшіргішін қосқанда туындайды (мысалы, Т1 немесе Т2 жөндеуге шығарған кезде):

$$I_{C\Sigma} = I_{C1} + I_{C2} = 19 + 18 = 37 \text{ А.}$$

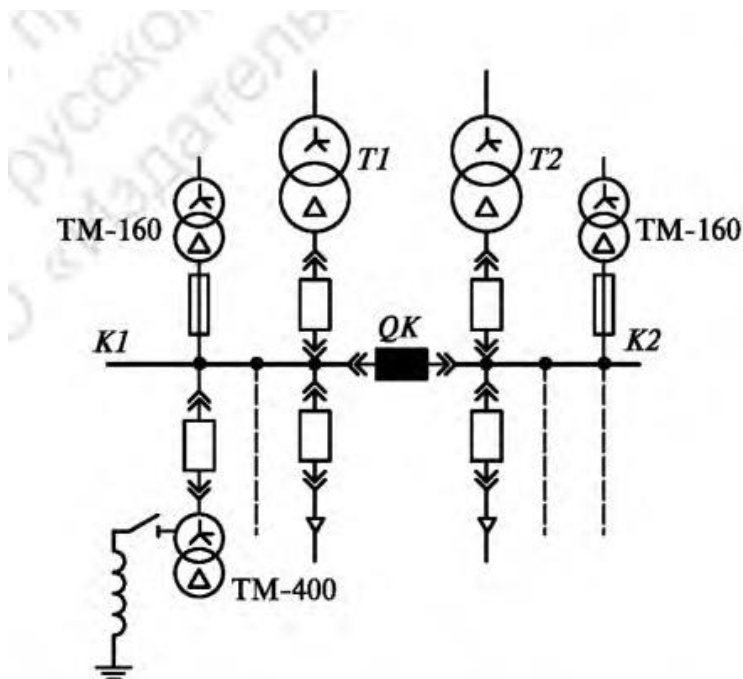
Формула бойынша реактор қуаты (1.16)

$$Q = n I_C U_{\phi} = 1,25 \cdot 37 \cdot 10 / \sqrt{3} = 267,34 \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

Анықтама бойынша [1.3] РУОМ-300/10,  $Q_{\text{ном.р}} = 300 \text{ кВ} \cdot \text{А}$  реакторын тандаймыз.

Мұндай реакторды  $S_T < Q_{\text{ном.р}}$  болғандықтан өзіндік қажеттілік трансформатор бейтарабына 160 кВ-А қуатпен жалғауға болмайды.

Реакторды жалғауын үшін ТМ-400/10 арнайы трансформаторын тандаймыз ( $S_T = 400 \text{ кВ} \cdot \text{А} > Q_{\text{ном.р}} = 300 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ ).



1.10 - сурет Қосалқы стансалар сызбасы(1.1 үлгіге тиісті )

### Бақылау сұрақтары

1. Технологиялық үдерістегі КЭС және ЖЭО қағидалық айырмашылығы қандай?
2. КЭС және ЖЭО электрлік бөлігінің қағидалық айырмашылығы қандай?
3. КЭС, ЖЭО, СЭС және АЭС құрылған аудандарға осы станциялардың экологиялық жағдайға әсерін салыстырыңыз.
4. Электр станцияларды энергия жүйелеріне біріктірудің қандай техникалық-экономикалық артықшылықтары бар?
5. Жерлендірілмеген және резонансты-жерлендірілген бейтараптармен қандай электр желілері жұмыс істейді? Бұл тәртіптердің ерекшеліктерін атаңыз.
6. 110 кВ және одан жоғары желілерде доға сөндіруші катушкалар неге қабылдамайды?
7. Сұраныс коэффициенті деген не және максималды жүктемені анықтау кезінде қалай есепке алынады?
8. Жүктеменің жылдық коэффициентін қалай анықтаймыз? Ол қандай максималды мәнге ие болуы мүмкін?
9.  $T_{\max}$  қалай анықтаймыз: жүктеме жалғасымдылығының жылдық кестесімен немесе талдау жолымен бе?

## 2 ТАРАУ

### ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАРЫ МЕН ҚОСАЛҚЫ СТАНЦИЯЛАРЫНЫҢ НЕГІЗГІ ЭЛЕКТР ҚОНДЫРҒЫЛАРЫ

#### 2.1. Синхронды генераторлар

##### 2.1.1. Жалпы мәліметтер

Заманауи электр станцияларында үшфазалы айнымалы токтың синхронды генераторлары қолданылады. Олар үшін алғашқы қозғалтқыш бу және жылу турбиналары болып табылады. Бірінші жағдайда ол турбиналы генератор, ал екінші жағдайда — жылу генераторы.

Алғашқы қозғалтқыш болып табылатын бу турбинасы жоғарғы жылдамдық кезінде барынша үнемді. Бірақ мұнда құрастырғыштарды синхронды генераторлар үшін қатаң

байланыс шектейді:  $n = \frac{60f}{p}$ ,

мұнда  $f$  — желі жиілігі,  $p$  — генератор полюсінің жұп саны. 50 Гц стандарты жиіліктегі және полюс жұптарының ең аз болжамды санында  $p = 1$  айналымның барынша көп мөлшері былай анықталады:

$$n = \frac{60 \cdot 50}{1} = 3000 \text{ об/мин.}$$

Турбиналы генераторов көпшілігі жоғарғы жылдамдықты, яғни айналымның ең көп мөлшері – 3000 айналымды. Егер де біздің электр қондырғылары 60 Гц жиілікке арналып жасалса, онда айналымның номиналлы саны сәйкесінше 3600-ға дейін көбейетін еді.

Дизелдармен және басқа да микбасты машиналармен жалғанған аз қуатты генераторлар 750 — 1500 айн/мин есебімен шығарылады. Ротордың айналуының жоғарғы жылдамдықтары оның құрылымында көрініс табады — ол цилиндрлік, арнайы қосындыланған құрыштан жасалған толық соғылған шыңдалғы. Ротордың үстіңгі қабатына қозу орауышы дестеленетін радиал ойықтарды фрезалайды. Ойықтарды сыналармен жабады, ал орауыштың қарсы беті құрсау сақиналарымен бекітіледі. Турбиналы генератордың роторы жылтыр, диаметром 1,1 — 1,2 м диаметрлі, 6 — 6,5 м ұзындықты айқын емес полюсті. Статордың жүрекшесі араларында желдеткіш каналдар қалыптасқан электрлік-техникалық құрыш жапырақтарынан жасалған қалталарға шихталады. Статордың ойықтарына ағаш немесе текстолитті сыналармен бекітілген орауыш дестеленеді. Ал маңдай бөліктері статордың құрылымды бөліктеріне мықтап жалғанады. Статордың корпусы дәнекерлеумен жасалады және герметикалық тығыздауыш қалқандары қапталдары жабылады.

Будың төменгі параметрлері түріндегі АЭС үшін 1500 айн/мин айналым жиілігі бар төрт полюсті генераторларды қолданған дұрыс.

Күшті және орта қуатты *гидрогенераторлары* жоғарғы бөлігінде гидрогенераторлар, төменгі бөлігінде – жылу турбинасы орналасқан вертикаль білікпен жүзеге асырады.



Жылу турбинасының қуаты мен жылдамдығы су арынының үлкендігімен және шығынымен анықталады. Жылу гидрогенераторлары күшті қуат кезінде 60—125 айн/мин айналыммен, орта және аз — 125—750 айн/мин айналыммен шығарылады, яғни олар жайжүрісті машина болып табылады.

Аспалы типті вертикаль жылу генераторлардың (2.1 сурет) генератор роторы 7, 8 және турбина дөңгелектері «асылған» крестелген тетіктің жоғарғы бөлігінде орналасқан бір өкшелігі бар 15, 16, 17, Төменгі 12 және жоғарғы 13 бағытталған мойынтіректер біліктің вертикаль қалпын қамтамасыз етеді.

Жылу генераторларында шатырлы типтегі өкшелік ротордың астында, крест айқастырмасының төменінде орналасқан. Бүлөз алдына барлық агрегаттардың биіктігін, сәйкесінше ЖЭС ғимаратының биіктігін төмендетуге жол ашады. Бұл қуатты агрегаттар үшін жүзеге асырылады.

Жылу генераторының статоры турбиналы генератордікіндей орындалады. Жай жүретін жылу агрегаттарының роторында полюстер саны көп. Сонымен, 200 айналым кезінде

$$p = \frac{60f}{n} = \frac{60 \cdot 50}{200} = 15$$

плюс жұптары

ал  $n=68,2$  айн/мин кезінде  $p=44$  жұп, яғни ротор шеңберінде 88 полюс сыйдыру керек. Бұл ротордың диаметрін 16—22 м дейін көбейту қажеттілігін тудырады. Қозу орауышы бар ротор полюсі 7 ротор шеңберінде бекітіледі. Негізгі қозу орауышынан бөлек полюстер мыс өзекшелерінен жасалған, периферияда полюс ойығына жатқызылған қалыпқа келтірілген орауышмен жарақтандырылған.

Жылу турбина дөңгелектерінің қозғалысына әкелетін су ағынымен айналып ағатын су өткізбейтін орауышқа бекітілген көлденең білікті капсулалы жылу генераторлары қолданысқа енгізілуде.

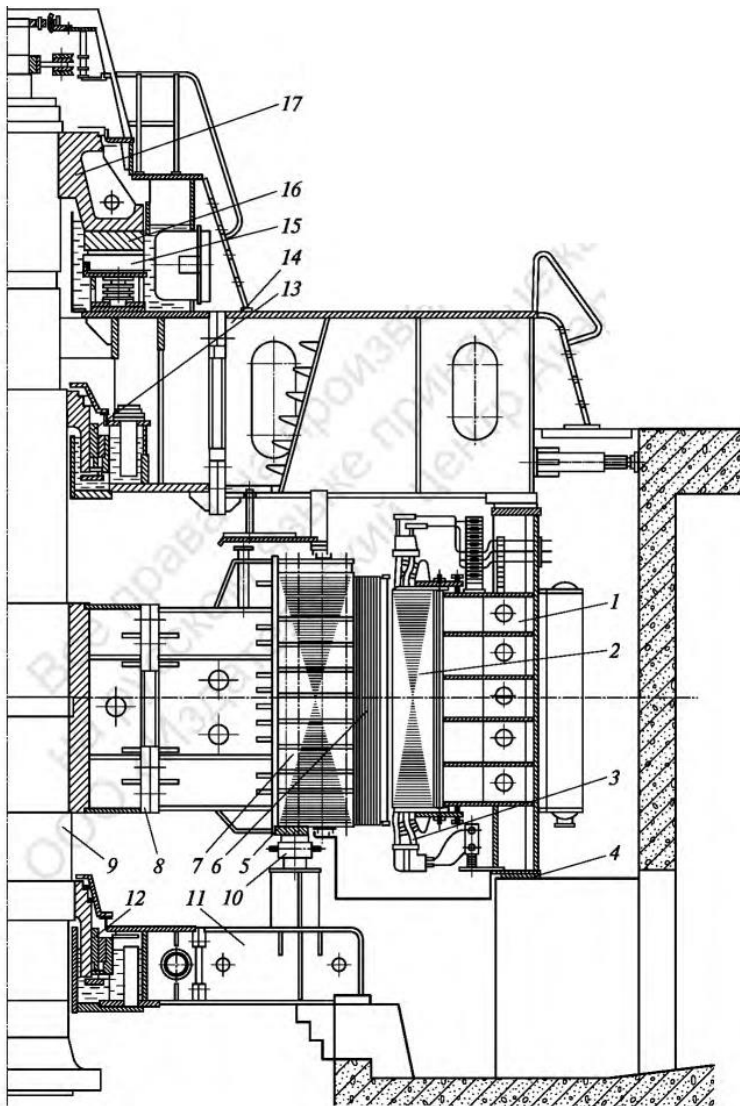
### 2.1.2. Генераторлардың номиналды параметрлері және жұмыс жағдайы

*Номиналды (қалыпты) жұмыс тәртібі* — генератор қуәлігінде көрсетілген параметрлермен ұзақ уақытқа болжанған тәртіп.

Номиналды кернеу — номиналды тәртіптегі статор орауышының фазааралық кернеуі. МЕМСТ 533—85 бойынша стандартты кернеудің келесі шкаласы орнатылған: 3,15; 6,3; 10,5; (13,8); (15,75); (18); 20 және 24 кВ.

2.1. - сурет Аспалы қолданыстағы жылу генераторлары (353 МВ-А, 200 айн/мин)

1 — корпус статора; 2 — статор жүрекшесі; 3 — статор орауышы; 4 — іргетас тактасы; 5 — тежегіш сакинас; 6 — полюс; 7 — ротор шеңбері; 8 — ротор сүйеніші; 9 — білік; 10 — тежегіш-домкрат; 11 — төменгі крест айқыштығы; 12 — төменгі бағыттау мойынтірек; 13 — жоғарғы мойынтірек; 14 — жоғарғы крест айшықтығы; 15 — өкшелік сегменті; 16 — өкшелік дискі; 17 — өкшелік төлкесі



$\pm 5\%$  кернеу ауытқуы кезінде генератордың номиналды қуатымен жұмысана жол беріледі. Қолданысқа ұзақ уақытқа рұқсат етілген кернеу қалыптыдан  $110\%$  - ден аспау керек. Бірақ бұл жағдайда ротор тогы номиналды мәннен аспау керек.

Генератордың номиналды активті қуаты, МВт,

$$P_{\text{ном}} = \sqrt{3} U_{\text{ном}} I_{\text{ном}} \cos \varphi \quad (2.1)$$

толық қуаты, МВ·А,

$$S_{\text{ном}} = \sqrt{3} U_{\text{ном}} I_{\text{ном}} \quad (2.2)$$

мұнда  $U_{\text{ном}}$ ,  $I_{\text{ном}}$  — номиналды кернеу мен ток;  $\cos \varphi$  — қуаттың номиналды коэффициенті.

МЕМСТ 533—85Е сәйкес жылу генераторларының номиналды қуат межесі: 2,5; 4; 6; 12; 32; 63; 110; 160; 220; 320; 500; 800; 1000; 1200; 1600; 2000 МВт.

Ірі жылу генераторлардың қуат межесі стандартталмаған.

Номиналды  $\cos\varphi$  әртүрлі қабылданған: 0,8 — генераторлар үшін 100 МВт; 0,85 — 500 МВт дейін жылу генераторлары үшін және су генераторлары үшін 300 МВт дейін; 0,9 — аса қуатты генераторлар үшін.

Генератордың номиналды қуатына салқындатқыш ауаның, сутегінің немесе судың және статор мен ротор орауыштарының ұзақ болжамды жылыту температуралары сондай-ақ магнит өткізгіштің активті құрышына сәйкес келеді.

Генератордың болжамды жылытуы қолданылып отырған оқшауланған құралдың жылуға төзімділігіне тәуелді (2.1 кесте).

Қазіргі таңда «Электр күші» ААҚ статордың ойығына жатқызылған, жалғасымды вакуумды-айдама сіңіргішті шыныслудонатталған баулы және орауыш қыздырғышты оқшауланған өзекшесі барн «Монолит-2» оқшаулауы енгізеді. Мұндай оқшаулау турбиналы генераторлардың жеке қуатын және олардың техникалық сипаттамасын арттыруға мүмкіндік береді.

Оқшаулаушы құралдар қолданыс кезінде есіред және өзінің оқшаулау қасиеттерін жояды, сондықтан генераторлар жүйелік жүктемелеріне жол берілмейді. Алайда

Кесте 2.1

### Жылу генераторларының рұқсат етілген жылыту температурасы °C

| Генератордың бөлігі | Оқшаулану |     |     |
|---------------------|-----------|-----|-----|
|                     | B         | F   | H   |
| Статор орауышы мен  | 105       | 120 | 140 |
| Ротор орауышы       | 130       | 135 | 160 |

Кесте 2.2

### Статор тогы бойынша генераторлар мен синхронды компенсаторлар жүктемесінің жол берілген еселігі

| Жүктеме ұзақтығы, мин, одан көп емес | Статор орауышының жанама салқындатқышы | Статор орауышының тікелей салқындатқышы |           |
|--------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------|
|                                      |                                        | Сумен                                   | Сутегімен |
| 60                                   | 1,1                                    | 1,1                                     | —         |
| 15                                   | 1,15                                   | 1,15                                    | —         |
| 6                                    | 1,2                                    | 1,2                                     | 1,15      |
| 4                                    | 1,3                                    | 1,3                                     | 1,2       |
| 3                                    | 1,4                                    | 1,35                                    | 1,25      |
| 2                                    | 1,5                                    | 1,4                                     | 1,3       |

|   |     |     |     |
|---|-----|-----|-----|
| 1 | 2,0 | 1,5 | 1,5 |
|---|-----|-----|-----|

Кесте 2.3

### Ротор тогы бойынша турбиналы генераторлар жүктемесінің рұқсат етілген еселігі

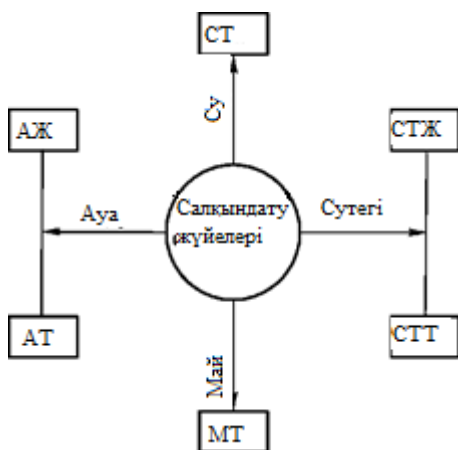
| Жүктеме ұзақтығы,<br>мин, одан көп емес | Турбиналы генераторы  |                                          |
|-----------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------|
|                                         | ТВФ, ТВФ-120<br>басқа | ТГВ, ТВВ (500<br>МВт дейін), ТВФ-<br>120 |
| 60                                      | 1,06                  | 1,06                                     |
| 4                                       | 1,2                   | 1,2                                      |
| 1                                       | 1,7                   | 1,5                                      |
| 0,5                                     | 2,0                   | -                                        |
| 0,33                                    | -                     | 2,0                                      |

апаттық жағдайларда статор мен ротор тогы бойынша қысқа мерзімді жүктемеге рұқсат етіледі [1.13], 2.2 және 2.3 кестелерінде келтірілген.

### 2.1.3. Генераторларды салқындату жүйесі

Генератор жұмыс кезінде статор мен ротордың орауышын, құрышын жылытатын жылуға айналатын энергия жоғалтады. Осы жылылықты жою үшін жасанды салқындату жүйесі керек.

Салқындатуды ауа, сутегі, су, май арқылы жүзеге асыруға болады. (2.2 сур.). Жылуды бұру тікелей ойықтың ішінде немесе статор мен ротордың үстіңгі қабатына жанама орналасқан арна бойынша орауыш өткізгіштер есебінен жүзеге асырылады. Бұл салқындату жүйелері генератордың куәліктік мәліметтерінде қолданылатын шартты әріптік мәнге ие.



2.2. сурет. Генераторларды салқындату жүйесі

*АЖ— ауамен жанама; АТ—ауамен тікелей; СТЖ—сутегімен жанама; СТТ- сутегімен тікелей; СТ—сумен тікелей; МТ—маймен тікелей*

Мысалы: СЖС — сутегімен жанама салқындату; СТ — сумен тікелей салқындату.

Генераторлардың салқындату жүйесінің негізгі ерекшеліктерін қарастырайық.

Статор мен ротордың ауамен жанама салқындатуы 25 МВт дейінгі турбиналы генераторларда және 250 МВт дейінгі жылу генераторларында қолданылады. Салқындатудың ағынды желісі аз қуатты (2 — 4 МВ-А дейінгі) генераторлар үшін қолданылады. Бұл жүйеде ауа генератор білігіне орнатылған желдеткіштің көмегімен бөлмеден алынады да, статор мен ротор арасындағы саңылау арқылы желдеткіш арналармен шығарылады. Бұл жағдайда орауыштың окшаулануы тез кірленеді де, генератордың қызмет ету жарамдылық мерзімі қысқарады. Салқындатудың тұйық жүйесі тұйық контур бойынша бір көлемді ауаның айналымын қарастырады: салқын ауа камерасынан желдеткіштер көмегімен генератор білігіне ауа машинаға айдалады, статор мен ротордың үстіңгі қабатын салқындатады да, ыстық ауа камерасына түседі, ауасалқындатқыштан өтіп, қайта генераторға түседі. Ауа шығынын ауа кемуі арқылы толтыру үшін майлы сүзгі арқылы ауа алу қарастырылады. Ауамен салқындату жүйесінің кемелденуі, көпқұрылымды салқындатуды қолдану 3-тен бастап 180 МВт дейінгі қуаты бар турбиналы генераторлардың ТФ сериясын құруға мүмкіндік берді. Бұл серияда Г класты статор мен ротор орауыштарындағы жылуреактивті окшаулау қолданылған. Сыртқы шаңның кіруінен сақтайтын жоғарғы қысымды туғызу үшін генератор қуысына ауа үрлеу қарастырылады. Бұл турбиналы генераторларда орауыш арналарында ойық ішінен өтетін ротор орауыштарын ауамен тікелей салқындату қарастырылады.

(Турбиналы генераторлар типіндегі белгілеуде Ф әрпі «жылдамдатылған» салқындатуды білдіреді) Бұл серия 1991 ж. бері «Электр күші» ААҚ негізінде ескірген, өз жарамдылық мерзімін жұмыспен тауысқан ТВФ-63-2, ТВ-60-2 және т.б. құрылымды сол іргетасымен генераторларды ауыстыру үшін шығарыла бастаған [2.7].

ТЗФ сериялы турбиналы генераторлар ТФ сериясымен салыстырғанда артығырақ сипаттамаға ие, себебі оларда статор мен роторды салқындататын ауа ағыны бөлінген, үш контурлы жүйе қолданылған, сондықтан генератор конструктивті бөліктері мен орауыштарды жылытуын азайтуға мүмкіндік беретін ағынның өзара теріс әрекеттеріне жол жоқ. Салқындатқыш ауа ротордың білгіне орнатылған екі орталықтан айдағыш желдеткіштердің әсерімен айналады және су-ауа салқындатқышында салқындайды. Бұл серияның турбиналы генераторлары бу-турбиналы, газ турбиналы және бугаз-турбиналы қондырғыларда қолданылады.

Жылу генераторлары турбиналы генераторларға қарағанда, айтарлықтай үлкен үстіңгі салқындатқыш қабатына ие. Себебі, олардың ротор диаметрі бірнеше артық. Бұл қуатты жылу генераторларына ауамен салқындатуды қолдануды қамтамасыз етеді.

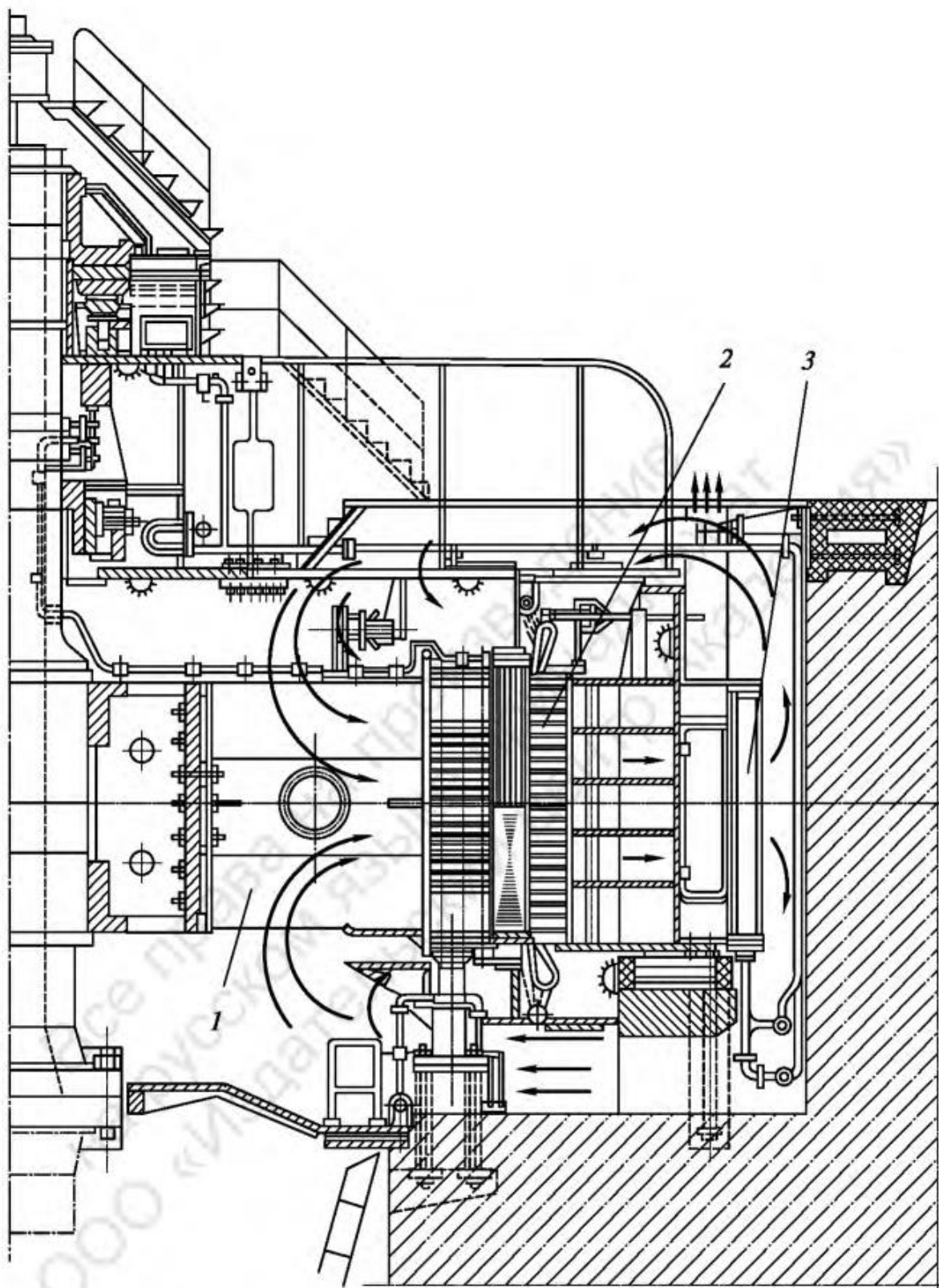
2.3 суретте ауа желдетуінің радиалды жүйесі бар 225 МВт жылу генераторлық қуат бойынша кескін көрсетілген. Ауа астынан да, үстінен де және айналатын ротордан туындаған артық қысымның әсерінен де, ротор шеңберіндегі арналар арқылы өтеді, полюстер арасындағы аралық, ауа саңылауы, статордың магнит өткізгіш арналары, статор корпусына, корпустағы тесік арқылы салқындатқышқа шығады. Салқындатқыштан өтіп, ауа іргетастағы арналардан және кресть айшығының үстіңгі табаны арасынан қайта генераторға түседі.

Жылу генераторларының жанама сутегілік салқындатқышы дәл ауа сал-қышының кестесіндегідей жасалған. 2.4 суретінде көп құрылымды сутегілік салқындатқыштың

кестесі көрсетілген. Сутегіні қолданудың артықшылықтары мыналар: 7 есеге үлкен жылу өткізгіштік, 14 есе аз қалыңдық, 1,44 есе көп үстінгі қабаттан жылу беру коэффициенті. Дәл сол өлшемдермен турбиналы генераторлар қуатын 15 — 20 % дейін, а синхронды компенсатор қуатын — 30% дейін арттыруды аса тиімді салқындатқыш жүзеге асырады. Сутегінің қалыңдығының аз болуының арқасында желдеткіш шығындары азайып, нәтижесінде ПӘК 0,8—1 % дейін өседі. Сутегі айналасындағы оқшаулану тотықпайды. Сондықтан орауыш оқшаулану қызметінің мерзімі ұзарады.

Алайда сутегіні салқындатқыш үшін қолданудың қаупі ауа мен сутегі қоспасының жарылуына байланысты (4,1 бастап 74% дейін H<sub>2</sub>).

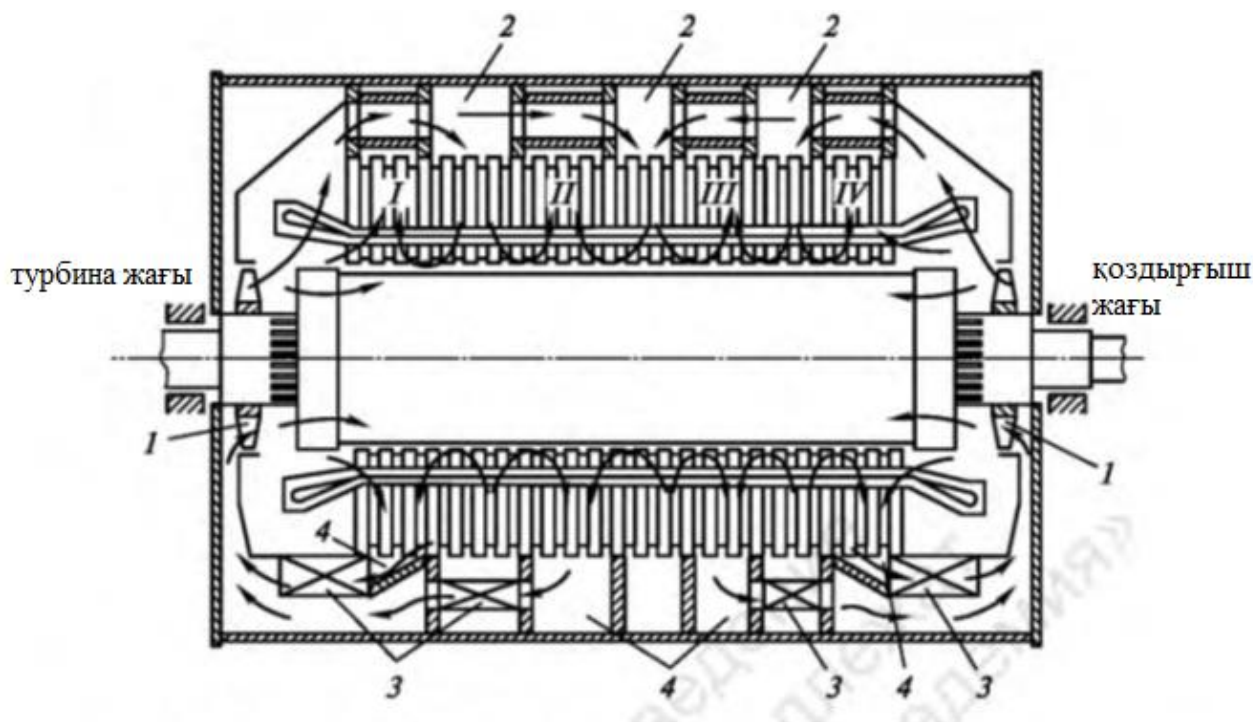
Сутегі салқындатқышы бар машинасында қалың газ корпусы, біліктің майлы қалыңдығы,



2.3. - сурет. Братск ЖЭС-ның жылу генераторының 225 МВт қуатты ауа салқындатқышы

1 — ротор; 2 — статор; 3 — ауа салқындатқышы

ротор мен статор орауыштарына ток өткізгіштерінің қалыңдауы, газ салқындатқыштарының қақпағының, ойымшалардың, алмалы-салмалы қапталдық қалқандардың қалыңдауы болуы керек. Корпустан сутегінің



2.4. - сурет Турбогенераторды сутегінің салқындатудың көпжақты жүйесі

1 – желдеткіш 2 – салқын газдар камерасы 3- газсалқындатқыштар 4 – ыстық газдар камерасы

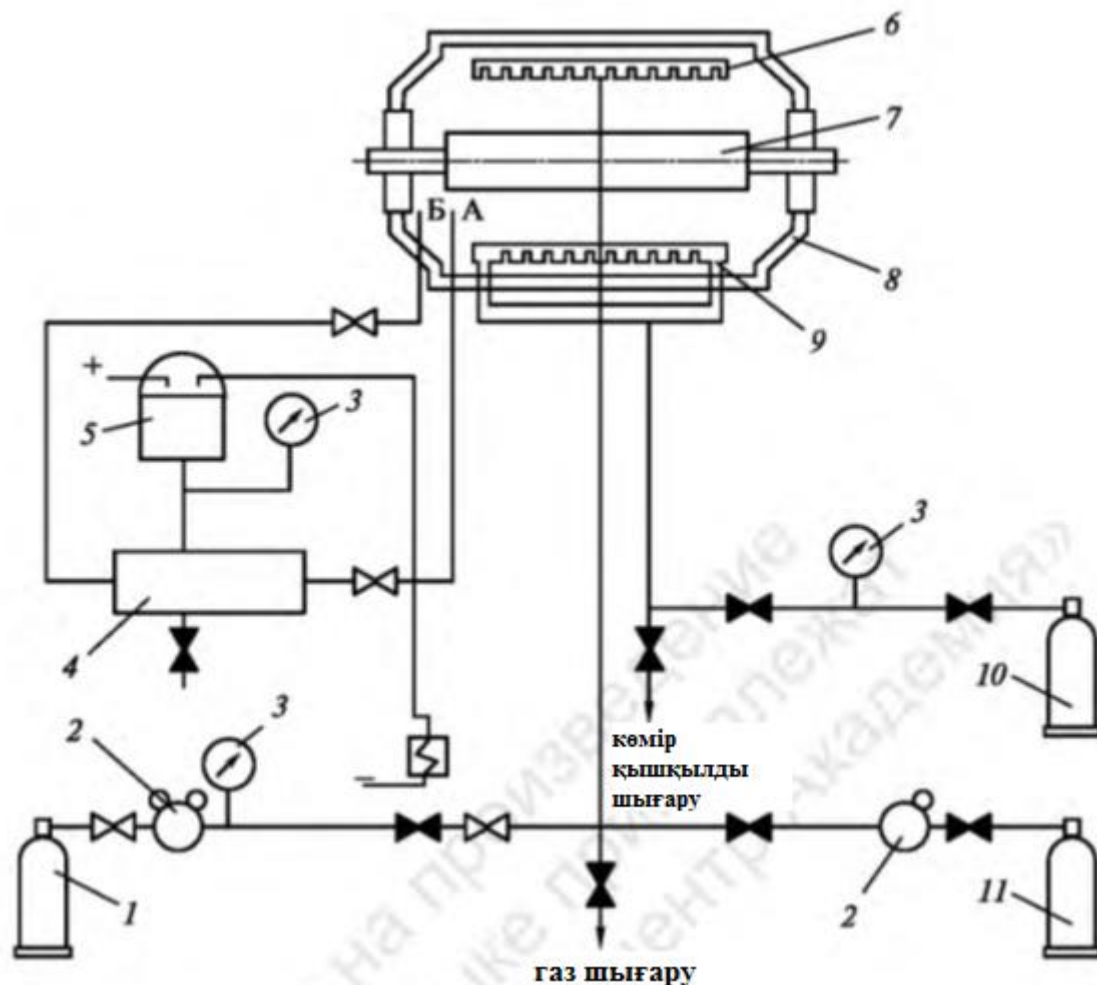
тәуліктік кемуі 5% - дан көп болмауы керек [1.13]. Қолдану кезінде сутегінің тазалығы сақталуы керек:

жанама салқындатқышты генераторлардың корпустарында — 97%, тікелей салқындатқышты г.к.— 98% және кейбір сутегінің артық қысымы 0,3 — 0,6 МПа. Бұл корпусқа ауаның тартылы болмас үшін қажет. Осылайша, сутегілік сал-қыштың артықшылықтарын қолдану генераторлардың қолданысы мен құрылымының қиындауына байланысты.

2.5 суретте сутегі сал-қыш жүйесінің газ шаруашылығының қағидалық кестесі көрсетілген. Генератор корпусын сутегімен толтыру кезінде шатырлауық қоспаның түзілуінің алдын алу үшін ауа әуелі көмірқышқыл газымен ығыстырылады. Кейін көмірқышқыл газы қысымның әсерінен 9 төменгі коллекторға 10 баллоннан беріледі, ауа 6 жоғарғы коллектордан ығыстырылады және сыртқа шығарылады. Генератор корпусының жалпы аумағы удет заполнен углекислотой с концентрацией шамамен 90 % шоғырландырылған көмірқышқылмен толған кезде, «Газ шығарушы» шұрасы және жоғарғы коллекторға баллондардан 1 сутегі беріледі. Бұл өз алдына «Көмірқышқылды шығару» ашылмалы шұрасы мен төменгі коллектор арқылы көмірқышқылды ығыстырады. Сутегі тазалығы берілген деңгейге жеткен кезде, «Көшірқышқыл шығару» шұрасы жабылады да, сутегінің қысымы қалыпқа келтіріледі. Генератордың тексеріс немес жөндеуге тоқтау кезінде алдымен корпустан көшірқышқыл көмегімен сутегі



ығыстырылады, ол кейін ауамен ығыстырылады. Жұмыс кезінде 4 газ талдағышымен сутегі тазалығын автоматты бақылауы жүзеге асады;



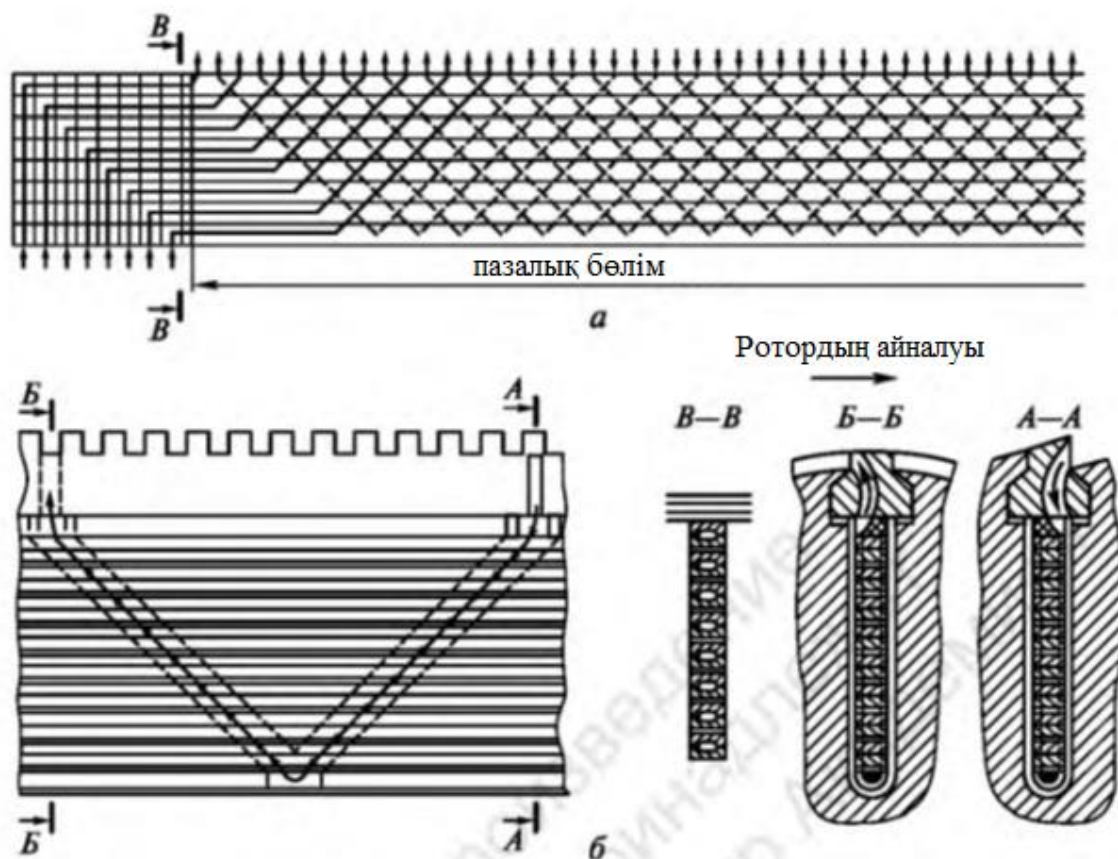
2.5. сурет Сутегі салқындатқышы жүйесінің газ шаруашылығының қағидалық кестесі

1 — сутегі баллондары; 2 — редуктор; 3 — манометр; 4 — газ талдағыштар; 5 — реле қысым; 6, 9 — жоғарғы және төменгі коллекторы; 7 — ротор; 8 — генератор корпусы; 10 — көшірқышқыл газ баллондары; 11 — тығыздалған ауа баллондары; А — желдеткіш артқы жағындағы құбыр желісі; Б — желдеткішке дейінгі жердегі құбыр желісі

А желдеткішіне дейінгі және Б желдеткішінен кейінгі копуштағы қысым — 3 - манометр және 5 - реле қысымы. Қалыңдатылған мойынтіректегі май қысымы үнемі бақыланады.

Турбиналы генераторлардың тікелей сутегілік салқындатқышы 60 МВт және одан көп қуатты машиналар үшін қолданылады. ТВФ сериялы генераторларда статор жанама сутегілік салқындатқышқа, ал ротор — сутегі ротордың қаптал бөлігі жағынан іші қуыс өткізгішке берілетін кезде тікелей сутегілік салқындатқышқа ие. ( В—В кескіні, . 2.6 сур.). Ротор орауышының ойық бөлігіндегі тұтас, тікбұрышты қималы, бүйір тұсындағы, ротордың үстіне қиғаш ойықтың түбіне қарай және керісінше жүретін жанама арналар фрезерлейтін өткізгіштер.

Кесте көпжүрісті етіп жасалған және барлық өткізгіштер қамтылған.



2.6. - сурет ТВФ және ТВВ сериялы турбогенераторларды салқындататын роторлар сызбасы

*а — жалпы салқындату сызбасы; б — қарапайым салқындатқыш газ жолы; А—А, Б — Б — роторлы паза кескіндері; Б — В — Соңында ротордың ойықтары бойымен кесу*

Ойық сыналары сол пішіндес дефлекторлармен жарактандырылған. Соның арқасында сутегі кіру тұсында ротордың айналымы кезінде арын пайда болады, ал шығу тұсында – ыдырау пайда болады (Б—Б), бұл сутегінің өзін-өзі желдетуін қамтамасыз етеді. Корпустағы сутегінің қысымы 0,2 — 0,4 МПа құрайды, сутегі айналымы машина білігіне екі жағынан да орнатылған желдеткіштер арқылы іске асады.

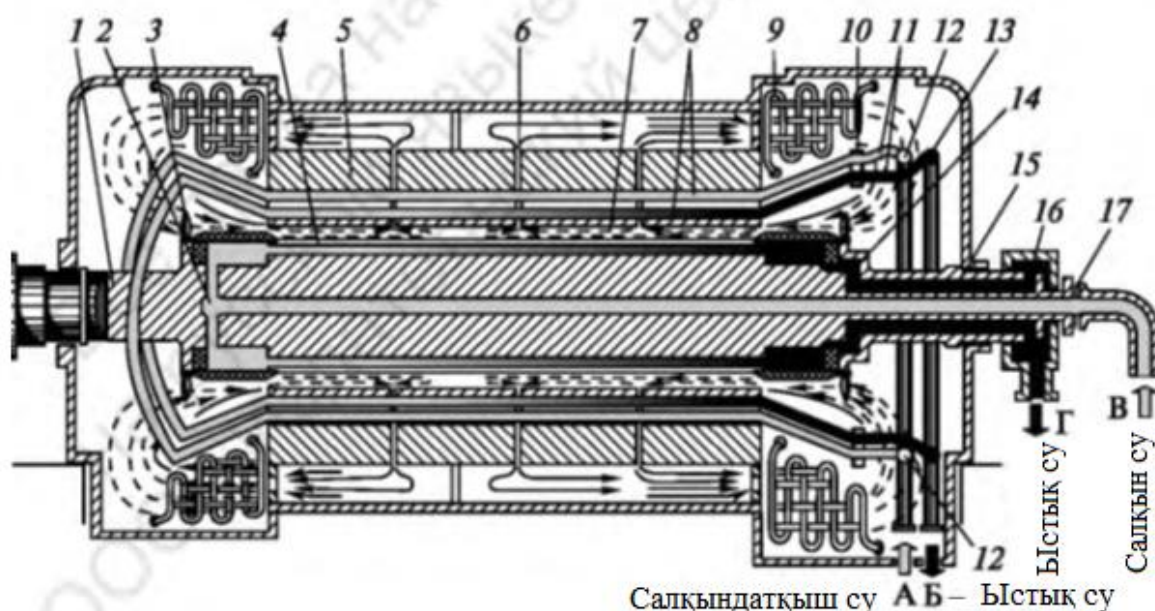
Турбогенераторы ТГВ-300 турбиналы генераторлары статор мен ротор орауыштарын тікелей сутегі салқындатқыш болып келеді. Сутегі айналымы генератордың білігінің байланыс сақинасы жағына орналасқан компрессор арқылы іске асады. Статор ораушының өзекшесі арасында сутегіні айналдыратын құрыш трубкалар қойылған тікбұрышты қималы кәдімгі өткізгіштердің екі қатарынан тұрады. Ротор орауыштары, сондай-ақ, өткізгіштердің тікелей салқындатқышына ие. Газ салқындатқыштары турбина жағынан корпус ішіне салынады немесе төменгі бөліктің арнайы камерасына шығарылады.

Турбиналы генераторлардың статорын сумен тікелей салқындату сол габаритпен бірлік қуатын арттыруға мүмкіндік береді. Себебі, судың жылу әкету қабілеті сутегінікінен 12,5 есе артық.

Салқындатуға қолданылатын дистилденген су статордың ойығына фтор қабатты шлангілер көмегімен орналастырылған қуыс жезді өткізгіштермен беріледі. Ротор орауыштары мен активті құрыштың сутегімен ТГВ сериялы турбиналы генератордікімен

бірдей. Сутегі-сулы салқындатқыштарының турбогенераторы ТВВ-500, ТВВ-800, ТВВ-1000 и ТВВ-1200 турбиналы генераторлары бар. Статор орауышының сулы салқындатқышы СВФ типті ірі жылу генераторларында қолданылады. Ротор орауышы мен активті құрыштың ауамен тікелей салқындатқышы бар. Жылу генераторларындағы сутегілік салқындатқыш ротордың үлкен көлемді түрлерінде және генератор корпусының бітеу қиындығы кезінде қолданылмайды.

Салқындатқыш жүйесін ары қарай жақсарту және турбиналы генераторлардың көлемін қысқарту мақсатында статор мен ротордың сулы салқындатқышы жасалған (2.7 сур.). Салқындатқыш ауа 12 арынды коллектордан статор орауышының қуыс өзекшесіне беріледі, ал ыстық 13 су ағызғыш коллектор арқылы жеткізіледі. Суық су роторға білік қапталында 17 сырғымалы қалыңдатылған бірігу арқылы және ротор бөшекелеріндегі орталық саңылау арқылы жалғама құбырымен келеді де, ротордың өткізгіштері арнасына 4 түсіп, өткізгішті салқындатады. Жылыған су ағызғыш арналар 14, 15 арқылы білігінің 16



2.7. - сурет ТГВ-500 турбиналы генераторының салқындату кестесі

1 — ротор; 2 — ротор бөшекесінде бұрғап тесілген қуыс; 3 — желдеткіш; 4 — ротор ойығынан ары орналасқан салқындатқыш арналар; 5 — статор магнит өткізгіші; 6 — магнит өткізгішінің радиалды арналары; 7 — ротор мен статор арасындағы саңылау; 8 — статор орауышындағы қуыс өзекшелер; 9 — су-газ салқындатқышы; 10 — өзекшенің бастиегі; 11 — оқшаулағыш шлангілер; 12 — салқын судың арынды коллекторы; 13 — ағызғыш коллекторы; 14, 15 — ағызғыш арналары; 16 — ротор білігінің радиалды жырығы; 17 — сырғымалы қалыңдатылған бірігу білік қапталындағы

радиалды саңылауына ағып келеді де, Г жалғама құбыры арқылы сыртқы жүйеге ағып кетеді.

Сыртқы жүйеде ыстық су салқындатқышқа ағады да, А және В жалғама құбырларына сорғымен жеткізіледі.

Магнит өткізгіш және статордың құрылымдық бөлігі корпусқа енгізілген сулы-газды салқындатқышты тұйық цикл бойынша сутегімен салқындайды. ТГВ-500 генераторының статор мен ротордың орауышының сулы салқындауының арқасында салмағы бар және ТГВ-300 қарағанда габариттері азырақ.

Салқындатқыш жүйесінде сутегінің болуы негізгі қауіпті – жарылыс қаупін жоймайды. сондықтан турбиналы генератордың салқындатқыш жүйесін ары қарай жақсарту «үш су» деп аталатын шартты жүйеге алып келді. Бұл жүйеде статор, ротор орауыштары, магнит өткізгіш және құрылымдық бөлшектер сумен салқындатылады. ТЗВ сериялы толық су салқындатқышты турбиналы генераторлар жарылыс және өрт қауіпті, себебі май мен сутегісі жоқ.

Генератордың ішкі көлемі құрғату қондырғысы арқылы айналатын ауа қысымымен аз ғана артықтықпен толтырылған. Мойынтіректі салқындату және майлау үшін жанбайтын ТИӨМ (ОМТИ) майы қолданылады.

Бұл серияның негізгі ерекшелігі роторда айналатын су қысымын айтарлықтай төмендетуге мүмкіндік беретін ротор салқындатқышының «өзтеурінді» жүйесі б.т. Бұл ротордың ашылуына жол бермейді, сәйкесінше, жұмыс сенімділігін арттырады.

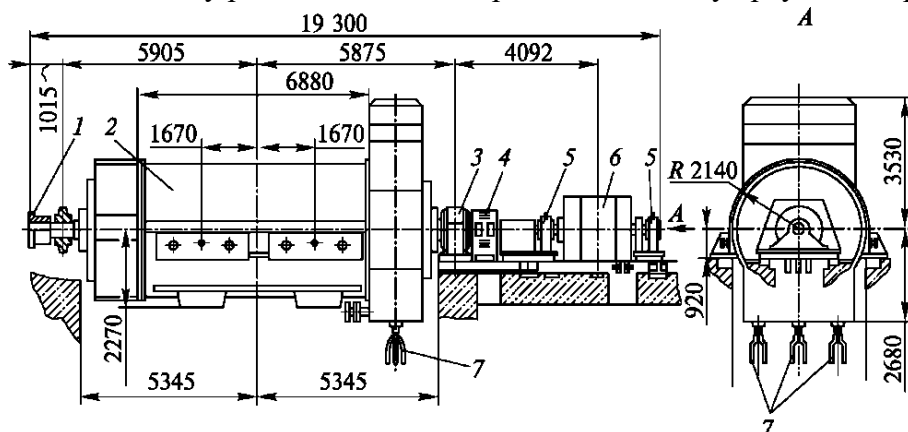
ТЗВ генераторларын 63 бастап 800 МВт дейінгі қуатпен «Электр күші» ААҚ шығарады [2.7].

Бұл генераторлардың орауышы (2.8сур.) өзекшелі, қуыс және тұйық өткізгіштерден екі қабатты болып келеді. Қуыс өткізгіштермен салқындатқыш дистиллят ағады. Дистиллятты жеткізу және ағызу үшін орауыштың қуыс өзекшеліремең фтор қабарты түтікшемен жалғанатын статордың екі жағынан орналасқан сақиналы коллекторлары бар. Ротор орауышы мысты, тікбұрышты формада ішінде дөңгелек арналары бар қуыс өткізгіштерден тұрады. Ротор қапталында катушканың соңғы бөліктерінің барлық шығу және кіру құбырлары жалғанған арынды және ағызғыш сақина бекітілген. Ротор орауышының салқындауы арынды сақинаға қысыммен келіп түсетін дистиллят арқылы жүзеге асырылады.

ТЗВ-800 турбиналы генераторда қоздырғыш ретінде жабық түрде іске асатын ауа салқындатқышты ВТ-6000 синхронды үш фазалы генератор қолданылады.

ТЗВ сериясы ескірген турбиналы генераторды, сондай-ақ қайта құрылып жатқан ЖЭС ауыстыру үшін кең қолданыс табады.

ТЗВ сериялы турбиналы генераторлар негізінде ТЗВА асинхрондалған турбиналы генераторлар жасалып шығарылады. Бұндай генератордың роторында резерсивті, тиристорлық статикалық жүйенің әртүрлі арналарынан азықтанатын және ортақ автоматты қозу реттегішпен басқарылатын екі қозу орауышы бар.



## 2.8. - сурет ТЗВ-800-2УЗ турбиналы генератор және ВТ-6000-2УЗ қоздырғышы

*1 — біріктіру жалғастырғышы; 2 — статор корпусы; 3 — генератор мойынтірек; 4 — ротор мен щеткарың баланыс сақинасы; 5 — қоздырғыш мойынтірегі; 6 — қоздырғыш; 7 — генератор шықпасы*

Мұндай турбиналы генераторлар энергия жүйесінде реактивті қуатты өтеуге және электр қондырғыларының оқшаулануы үшін рұқсат берілген деңгейге дейін кернеудің көтерілу мүмкіндігінің алдын алады. Асинхрондалған турбиналы генераторлардың аса жоғарғы құнының орны синхронды генераторлар тәртібін реактивті қуат бойынша жақсарту және электр станцияларына біріккен электр жүйелеріндегі кернеу қалыпқа келтіретін шунтталған реактор қондырғыларын орнатудан бас тартумен жабылады. Өз ресурсын өндірген синхронды турбиналы генераторларды жаңа сериялы асинхронды турбиналы генератормен ауыстыру өте өзекті мәселе [2.8].

Статордың орауышын маймен тікелей салқындау ТВМ турбиналы генераторына қолданылған. Өртке төзімді диэлектрикалық сұйықтықпен салқындату статор орауышын оқшаулау үшін салыстырмалы түрде арзан майлы-қағазбен оқшаулауды қолдануға мүмкіндік береді. ТВМ-300 генераторының орауышының оқшаулауына кететін шығын сондай қуаттағы ТВВ және ТГВ генераторларына кететін шығыннан 4 есе аз.

Статорлық орауыштың майлы-қағаз оқшаулауы кернеуді 35—110 кВ дейін арттыруға, яғни, көтергіш трансформаторларсыз жүйеге генераторды қосуға мүмкіндік береді. Бұл салқындатқыш жүйеде статордың орауышы ғана емес, сонымен қатар, магнит өткізгіш те маймен салқындайды. Сондықтан статор ротордан екеуінің арасындағы саңылаудан орналасқан және жоғарғы қысымға есептелген газ өткізбейтін оқшауланған цилиндрмен ажыратылады,

Ротор үшін су және сутегі тікелей салқындатқышы қолданған.

ТГ салқындатқыш жүйесін ары қарай дамыту криогендік жүйені – ротор орауышын сұйық гелиймен салқындату – қолдану болып табылады.

Қытайда қуаты 400 МВт дейінгі бұмен салқындату жүйесі бар жылу генераторлар жасалған. Салқындату үшін 1 кгс/см<sup>2</sup> қысымы кезінде қайнау температурасы 47,6 °С болып келетін салқын агент қолданылады. Жапония ротор орауышына жоғарғы өткізгіштік құбылысты қолданатын турбиналы генератор жасау үстінде белсенді жұмыс жасауда.

### 2.1.4. Синхронды генераторлардың қоздыруы

Синхронды генератордың ротор орауышы қоздырудың магниттік ағынынан пайда болатын тұрақты токпен азықтанады.

Ротор орауышы тұрақты токтың көзі, реттегіш және коммутация қондырғысы генератордың қоздыру жүйесін құрайды.

Қоздыру жүйесі:

қалыпты және апатты тәртіптерде ротор орауышының сенімді қуат берін қамтамасыз етуге;

жеткілікті мөлшерде қоздыру кернеуін реттеуге жол беруге;

апатты жағдайдағы жылдамдатудың жоғарғы еселігі бар қоздыруды реттеудің тез әрекеттігін қамтамасыз етуге;

жылдам қоздыруды тоқтатуды және апатты жағдай тәртібінде қажеттілік кезінде өрісті жоюға тиісті.

Қоздыру жүйесінің маңызды сипаттамалары:

тез әрекет еткіштігі,

$V = 0,632(U_{f \text{ пот}} - U_{f \text{ ном}})/U_{f \text{ ном}}$  жеделдігі кезінде ротор орауышындағы кернеудің үдеуінің жылдамдықпен анықталатындығы және  $U_{\text{пот}}/U_{\text{ном}} = \text{жқ}$  — жеделдіктің қысқалығы деп аталатын қоздырудың жоғарғы кернеуінің номиналды кернеуге қатыстылығы.

МЕМСТ сәйкес турбиналы генераторлар  $k_f > 2$  ие болуы керек, ал қоздырудың үдеу жылдамдығы — 2 с-1 аз емес. Жеделдіктің қысқалығы жылу генераторлары үшін генератор білігіне жалғанған 1,8 коллекторлық қоздығыштар үшін, және басқа қоздыру жүйелері үшін 2-ден аз болмауы керек.

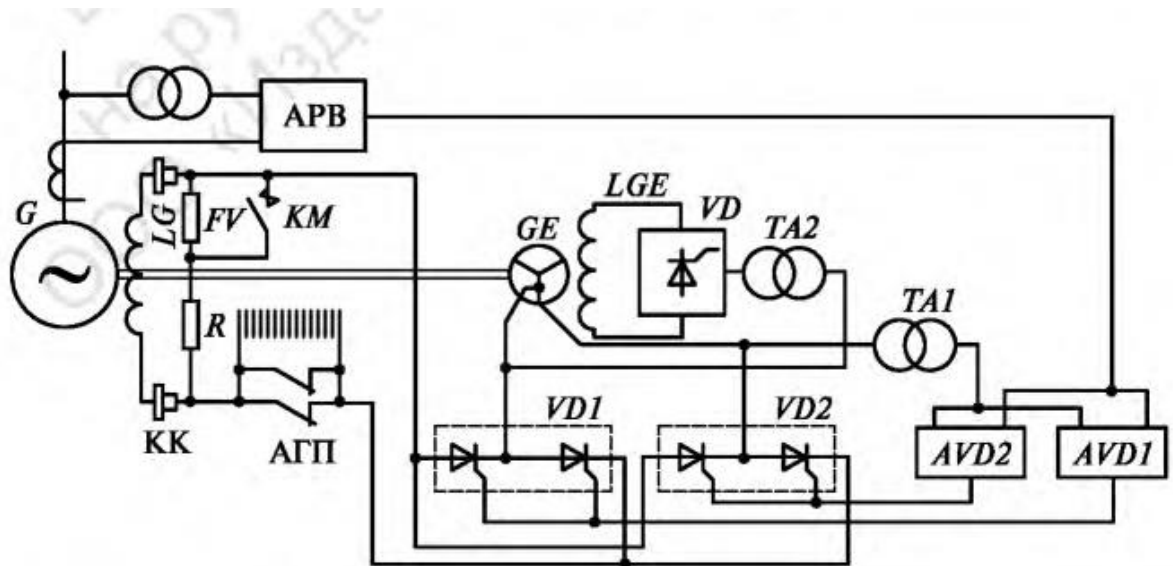
Қашықтағы электр қуатымен жұмыс істейтін күшті гидроэлектрлік генераторлар үшін қоздыру жүйелеріне қойылатын талаптарды талап етеді:  $k_f = 3 - 4$ , қозғалу жылдамдығы 10 секундына секундына.

Ротордың орамасы және жанама салқындатқыш генераторлардың қоздыру жүйесі екі есеге тұруы керек

номиналды ток 50 секундқа дейін. Роторлы орамаларды тікелей салқындататын генераторлар үшін бұл уақыт 800-1000 МВт қуаттылығы бар генераторлар үшін 20 секундқа дейін, уақыт 15 сек, 1200 МВт - 10 секунд (МЕМСТ 533-85Е). Қуат көзіне байланысты қозғау жүйелері тәуелсіз қозу және өзін-өзі қозғау жүйелеріне бөлінеді. Тәуелсіз қоздыру жүйесінде генератормен бір білікке тұрақты немесе ауыспалы ток генераторы бар. Өздігінен қозу жүйесінде ораманың орамасы арнайы трансформаторлар мен түзеткіш құрылғылар арқылы генератордың терминалдарынан жүзеге асырылады. 100 МВт қуаты бар генераторлар үшін генераторлық білікке қосылатын тікелей ток генераторы (сурет 2.9, а) қоздырғыш ретінде пайдаланылады. Қоздырғышты LGE қозғаушы орамасы қоздырғышты арматурадан жіберіледі, онда ток ол РО реостатымен немесе АРВ қозуды автоматты реттеуімен реттеледі. Синхронды генератордың Г-ның қозғаушы орамасына берілген ток кернеудегі кернеудің шамасымен анықталады. Бұл қозғау жүйесіндегі кемшіліктер - бұл 3000 айн / мин айналу жылдамдығы кезінде діріл мен ауыр ауысу жағдайына байланысты GE тікелей ток генераторының төмен сенімділігі. Тағы бір кемшілігі - жылдамдықтың төмендеу қарқыны, әсіресе гидрогенераторларда ( $V = 1 - 2 \text{ с-1}$ ).

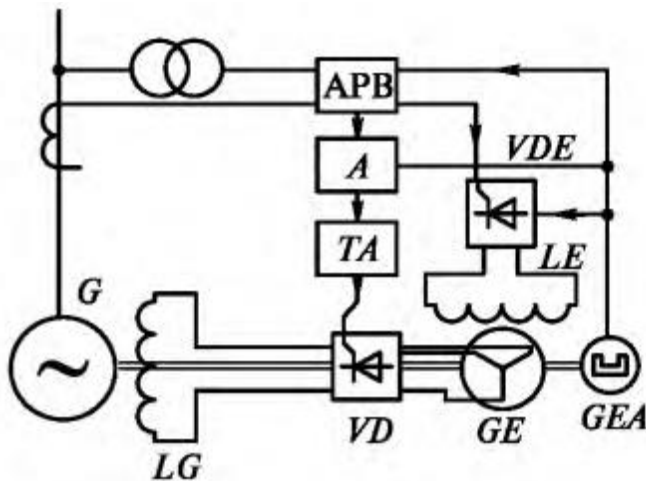






2.10. – сурет Статистикалық тиристор тәуелсіз қоздыру жүйесі

Схеманың кемшіліктері мыналарды қамтиды: жұмыс істеуге қиындық тудыратын қызықты ток генераторы, тіркелген тіркелген щеткалар арасындағы тіркелген контактілердің болуы, сондай-ақ бекітілген тиристорлық жүйе және қозғалмалы контактілі сақиналар ротордың білігіне айналады.



2.11 – сурет Щеткасыз қоздыру жүйесі

Соңғы кемшіліктер шеткасыз қоздыру жүйесін дамытуға әкелді (2.11-сурет). Осы жүйеде GE қоздырғышы ретінде, 50 Гц синхронды генератор пайдаланылады, қоздыру қозғалысы стационарлық статорда орналасқан және үш фазалық орамасы айналмалы роторда орналасқан. LE орамасын VDE түзеткіші арқылы GEA қоздырғышымен қамтамасыз етеді.

Арнайы дискілердегі қоздырғышпен бір валуда VD тиристорлары күшейтіледі, ол қоздырғыштың айнымалы тоқын түзеді және оны сақиналар мен қылқаламсыз қатты автобустар арқылы генератордың роторына жібереді, себебі генератор роторы, виртуалды қозғалтқыштар VD және экскректер роторы бір білікпен сол жылдамдығы.

Қозғалыс тогы импульстік құрылғы А және трансформатор айналдыру арқылы триисторларда әрекет ету арқылы АРВ -ден бақыланады. Бұл жүйенің артықшылығы байланыс сақиналарының және щеткалардың жоқтығы, кемшіліктер - генераторды күту режиміне ауысуға немесе тиристорларды ауыстыруға тоқтату қажеттілігі.

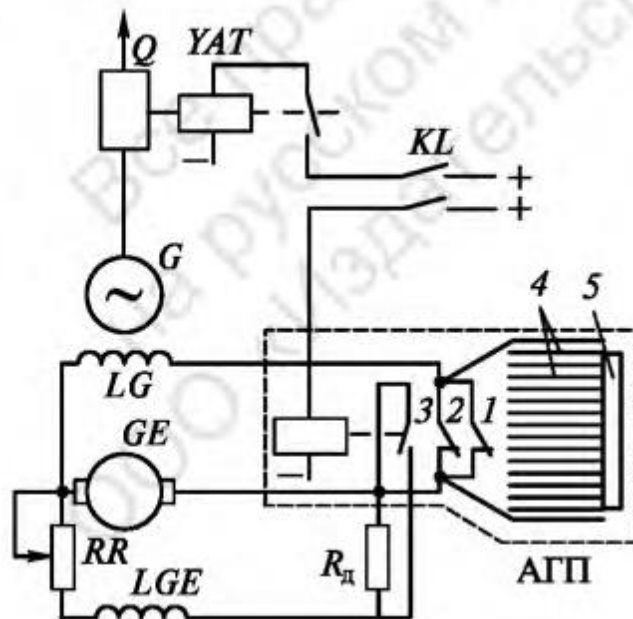


Тазартылмаған жүйе 50 МВА және одан жоғары сыйымдылығы синхронды компенсаторлар үшін және 800 МВт немесе одан артық қуаты бар турбогенераторлар үшін қолданылады.

#### **2.1.5. Синхронды генераторлар мен компенсаторлардың магниттік өрісін автоматты түрде тазарту**

Егер генератор немесе компенсатор кенеттен ажыратылса, генератордың ЭМӨ төмендеуіне әкелетін магниттік ағыны тез азайту қажет. Магнит өрісі неғұрлым тез сөніп қалса, генератордағы қысқа тұйықталу салдарынан аз болады. Магнит өрісінің жолын кесу үшін үш әдіс қолданылады: ротордың орауышының сөндіру қарсылығын жабу; Ротордың тізбектегі айнымалы ток контурының роторының орамасының тізбегіне қосу; патогенді қарсы тұру. Бірінші әдіс бойынша ротордың орамасы белсенді резисторға жабылады, сосын қуат көзінен ажырайды. Қоздырғыш орамаға салынған электр магниттік энергиясы разрядтау резисторында бөлініп, магнит өрісінің біртіндеп демпингін тудырады. Босату уақыты - бірнеше секунд. Жоғары қуатты генераторларда, өрісті босатудың осындай кезеңі генератордың орамдарына елеулі зақым келтіруі мүмкін, сондықтан автоматтың басу торы бар (4.2.2-суретті қараңыз) кеңінен қолданылады. АГП ротордың орамасының тізбегіне қосылады. Суретте. 2.12 Электр тізбектерінің схемасы генераторлық өріс доғалық тоғытқыш тормен автоматты ажыратқышпен сөнген кезде көрсетіледі.

Қысқа тұйықталу (KZ) жағдайында генератор KL қорғау релесін шығарады және генераторды ҰАТ қосқышын ажыратудың соленоидында әрекет ететін сыртқы желіден ажыратады, сондай-ақ АГП ажырату үшін серпін береді. Электр сөндіргішті өшіргенде, жұмыс істейтін контактілер 2, содан кейін доғаның үзілуі 1. Арка доғасы доға сығымдау торына магнитпен үрлеп, ротордың козуының орамасының магнит өрісінің қол жетімді энергия маржасы қолдайтын дәйекті қысқа серияларға бөлінеді. Қосқыш 3 ажыратылған кезде, R кедергісі қоздыру схемасына енгізіледі, ол жүргізушінің тоқын азайтады, бұл ротордың орамасына қолданылатын кернеудің төмендеуіне әкеледі, демек, ротордағы ток пен магнит өрісінің энергиясын төмендетеді. Бұл схемада өрістің бос уақыты - 0,5-1 с.



2.12. – сурет Автоматты доғалы жауап беру торымен генератордың өрісін босату сызбасы

1,2,3 – АТП контактісі, 4 – мыс плиталарының торы, 5 – шунттауға төзімділік

Кішкентай ток сөнгенде, доғасы плацдар арасындағы аралықта тұрақсыз күйде болады және интервалдардың бірінде шығуы мүмкін, бұл қозғаудың орамасындағы үзілістің үзілісіне және асқын кернеуіне әкеледі. Нәлдік мәнге таяу болуы үшін ағымдағы тәсілдеме алу үшін, автоматты ажыратқыштың торы 5 кедергіден тұратын арнайы жиынтықпен тартылады (2.12-суретті қараңыз).

Тиристорды қоздыратын генераторлар үшін (2.10-суретті қараңыз) өріс түрлендіргіш режиміне тиристорларды ауыстыру арқылы өшірілуі мүмкін. Бұл жағдайда қозғалтқыштың LG коэффициентінің магнит өрісінің энергиясы GE қоздырғышына беріледі. Әдетте, VD2 тиристорларының күшейту тобы пайдаланылады, себебі бұл топтың жоғары кернеуі магнит өрісін жылдамырақ сөндіруге мүмкіндік береді.

100 МВт-тан астам қуаты бар генераторлардың қоздыру сұлбаларында қоздыру схемасының әрбір полюсінде бөлек АТП қосылып тұрған екі-полюстық автоматты магнит өрісінің сөндіру схемасы қолданылады.

### 2.1.6. Қоздырғышты автоматты түрде басқару (АРВ ). Мазасыздық

Кернеуді реттеудің ең қарапайым құрылғысы қоздыруды күшейту сызбасы болып табылады, ол бір уақытта электр қозғалтқышы бар генераторларда кеңінен қолданылады. Осы құрылғының элементтері (2.9-суретті қараңыз) а): ең төменгі кернеу релесі KV, KM контакторы және қоздырғыш GE қозғау сызбасында басқару ревизасы. Ақаулық сәтсіз болған кезде пайда болатын кенеттен кернеудің жоғарылауы жағдайында, KV релесі сөніп қалады, KM контакторының катушкасының контурын жауып тастайды, ол контактіні жабу арқылы резистор RR-ны соқтырады. GE терминалдары арқылы кернеу мәндері қоздырғыш тұйықталу GE артады ағымдағы, сондай-ақ, осылайша генераторы терминалдарда ЭМӨ және кернеудің артуына, LG орамасының ротордың қоздыру ток



Генератордың ротордың тоқын шектеу үшін, тізбектегі ротордың тоғын талдайды және «Шамадан тыс жүктеуді шектеу» (ОР) сигналын У1 күшейткішке ауыстыратын тізбекте БОР блогы бар. Ең аз қозғау шектегіші (ОМВ) генератордың дұрыс жұмыс істемеуін қамтамасыз етеді. Арналарды таңдау және олардың әрқайсысына пайда табу факторы қиын міндет. Күшті АРВ схемасында геннің козуын реттеу процесін тұрақтандыру үшін генератордың ротордың кернеуінің өзгеру жылдамдығына кері байланыс қолданылады. Ротордың кернеуі У1 күшейткішке әсер ететін кері байланыс блогына (БОС) беріледі.

Магниттік күшейткіш V1 жиынтығы барлық кіріс сигналдарын толтырады және күшейтеді және жиынтық сигнал жібереді

Жұмыс істейтін СУТР басқару жүйелерінде және тиристорлық топтың СУТФ-ті күшейтуде әрекет ететін У2 және У3 операциялық күшейткіштері [2.6].

АРВ-ді дамытудың келесі кезеңі - бұл микропроцессорлық қоздыру реттегіштерін қолдану, оның схемалары мұнда тізімделмеген, себебі оларды зерттеу пәннің шеңберінен тыс.

### 2.1.7. Генераторлардың жұмыс режимдері

Генераторлардың параллельді жұмысы. Әдетте генераторлар синхронды емес синхронды активтендіруден блоктаумен дәл синхрондау әдісімен желіге қосылған [1.13, р. 5.1.19].

Энергетикалық жүйелердегі аварияларды жойған кезде 220 МВт қуаттылығы бар турбогенераторлар және барлық гидрогенераторларды параллельді түрде өзін-өзі синхрондау әдісімен қосуға рұқсат етіледі. Бұл жағдайда жоғары қуатты генераторларға қосуға болады, егер  $I_{п0}/I_{ном} \leq 3.0$  болса, онда  $I_{п0}$  - ток қосылып тұрған кездегі мерзімді компонент, формула (2.3). Дәл синхрондау кезінде келесі шарттар орындалады:

генератор терминалдарындағы кернеу  $U_{ГУС}$  желісінің кернеуіне тең болуы тиіс;

Қосылатын генератордың жиілігі желі жиілігіне тең болуы керек

$$f_{Г} = f_{с};$$

Қосылу генератордың және желінің фазаларын сәйкестендіру сәтінде орын алуы тиіс. Осы шарттарға сай генераторлардың кернеуі мен жылдамдық реттегіштері қолмен немесе автоматты түрде зарядталады.

Бұл әдісдің жетіспеушілігі инклюзия процесінің қиындығы және оның ұзақтығы болып табылады.

Өзін-өзі синхрондау кезінде, синхронды генератор синхронды жақын жылдамдыққа айналады және қозғаусыз емес желі желіге қосылады. Бұл жағдайда далалық орамасы өрісті сөндіру үшін пайдаланылатын разрядтау резистары R (2.10-суретті қараңыз) немесе осы мақсат үшін арнайы ұсынылған резисторға жабылады. Генератор қосылғаннан кейін АГП -ды қосу үшін желіге импульс жіберіліп, генератор қуатталады. Генератор қосылған кезде ток

$$I_{п0} = \frac{U_c}{x_d + x_{сис}} \quad (2.3)$$

$U_c$  — желінің кернеуі;  $x_d$  - генератордың уақытша кедергісі;  $x_{сис}$  - жүйенің қарсылығы.

Бұл ток генераторлық терминалдардағы қысқа ҚТ тұйықталу тоғынан аз, алайда электродинамикалық күштер генератор орамдары мен оның құрылымдық бөліктерінде жұмыс істейді. Шығатын асинхронды сәт роторға әсер етеді және машина синхронизмге 2-ден 3 секундқа тартылады. Өзін-өзі синхрондау әдісінің артықшылықтары:

инклюзивтің жұмысын айтарлықтай жеңілдету;

желісінде генераторды жылдам қосу, бұл жүйедегі апат болған жағдайда өте маңызды;

кернеудің төмендеуі мен желінің жиілігін қосу мүмкіндігі;

машинаға зақым келтіру қаупі жоқ.

Өзін-өзі синхрондау әдісінің жетіспеушілігі коммутация кезінде генератор кернеуінің шиналарында айтарлықтай кернеу болып табылады, сондықтан бұл синхрондау әдісі жалпы шина генераторлары бар электр станциялары үшін ұсынылмайды.

генератордың номиналды жұмыс режимі номиналды параметрлермен сипатталады: фонеманың белсенді жүктемесі, басқа кернеу, қуат коэффициенті  $\cos \phi$  фон,  $U_{\phi}$  жиілігі, кіріс  $dq$  кезінде салқындату ортасының температурасы. номиналды параметрлермен жұмыс істеу қажет болғанша жалғаса алады.

нақты жағдайда генератордың жүктемесі өзгереді, бұл жиілікті, кернеуді және басқа параметрлерді өзгертуді қамтиды. егер бұл ауытқулар техникалық пайдалану ережелері (пэт) бойынша рұқсат етілген талаптардан аспаса, онда режим қалыпты болып саналады. электростатикалық жүйенің сәтсіздігі жағдайында генераторларды статор токпен жүктеу қысқа уақытқа (2.2 кестені қараңыз). рұқсат етілген жүктеме шамасы статордың салқындату ұзақтығына және түріне байланысты [1.13].

Генераторлардың қоздыру тоқында және орамалардың жанама суытуымен синхронды компенсаторларда рұқсат етілген жүктеме рұқсат етілген статордың тиеуімен анықталады. Ротордың орамасының тікелей сутегі немесе суды салқындатуы бар турбогенераторлар үшін қоздыру тоқындағы рұқсат етілген жүктеме кестеден анықталады. 2.3.

Асинхронды режим қозғалыстың жоғалуы немесе генераторлардың тұрақтылығы бұзылған кезде пайда болатын бір немесе бірнеше генераторлардың синхронды емес айналуы болғанда пайда болуы мүмкін.

Қозғауды жоғалту кезінде генератор синхронды тұрақты асинхронды режимге тұрақты слипті және кейбір белсенді күшті жүйеге шығарады. Сонымен қатар, қозғау жүйеден реактивті қуатты тұтыну арқылы жүзеге асырылады. Бұл жағдайда генератор қозғауды қалпына келтіру немесе күту режиміне ауысу керек. РТЕ осындай режимді жанама салқындатуы бар турбогенераторларға 30 минут ішінде жүктемемен 60% -ға дейін төмендетуге мүмкіндік береді. Турбогенераторлардың басқа түрлерінде қоздырусыз рұқсат етілген жұмыс уақыты зауыт нұсқаулары бойынша анықталады. Гидрогенераторлар үшін қозғалыссыз асинхронды режимде жұмыс жасауға тыйым салынады [1.13, р. 5.1.27].

Екінші жағдайда, бір немесе бірнеше генератордың параллель жұмысының тұрақтылығы бұзылғанда, қозу қозғалып қалады, бірақ жұмыс синхронизмі бұзылады, ауыспалы слип жүреді, машиналар қозғалтқышта немесе генераторлық режимде жұмыс істейді. Бұл елеулі апат және жүйенің толық бұзылуына әкелуі мүмкін. Мұндай режимге РТЖ талаптарына сәйкес тыйым салынады.

Генераторлардың теңгерімсіз жұмыс режимдері бір фазаны, бір фазалық жүктемені (электр тогы, балқыту пештері және т.б.) тоқтату немесе өшіруден туындауы мүмкін.

Асимметриялы жүктеменің арқасында кернеулердің кері жылу тізбегі пайда болады, бұл орамалардың қосымша жылуы мен машиналардың дірілін тудырады. Мұндай режим фазадағы симметриялық емес жүктемелер тікелей жанармай гидрогенераторлар үшін 15-20%, тікелей салқындату жүйелері бар гидрогенераторлар үшін 10% және барлық түрдегі турбо генераторлар үшін [1.13] артық болмаса рұқсат етіледі.

## **2.2. Күштік трансформаторлар және автотрансформаторлар**

### **2.2.1. Трансформаторлардың түрлері және олардың параметрлері**

Қуат трансформаторлары кернеуден екіншісіне ауыспалы токтан электр энергиясын айырбастауға арналған. Үшфазалы трансформаторлар ең көп қолданылатын, себебі

оларды жоғалту 12-15% төмен, ал белсенді материалдар мен шығындар бірдей фазалы трансформаторлар тобына қарағанда 20-25% төмен.

Трансформаторлардың шектеулі қуаты массасы, өлшемдері, тасымалдау шарттары бойынша шектеледі.

220 кВ үш фазалы трансформаторлар қуаттылығы 1000 МВА, 330 кВ - 1250 МВА, 500 кВ - 1000 МВА дейін шығарылады.

Бір фазалы трансформаторлар қажетті қуатты немесе тасымалдаудың үш фазалы трансформаторларын дайындау мүмкін болмаған жағдайда қолданылады. Бір фазалы 500 кВ трансформаторлар тобының максималды қуаты - 3 x 533 МБ-А, 750 кВ - 3 x 417 МВА, кернеуі 1150 кВ - 3 x 667 МБ-А.

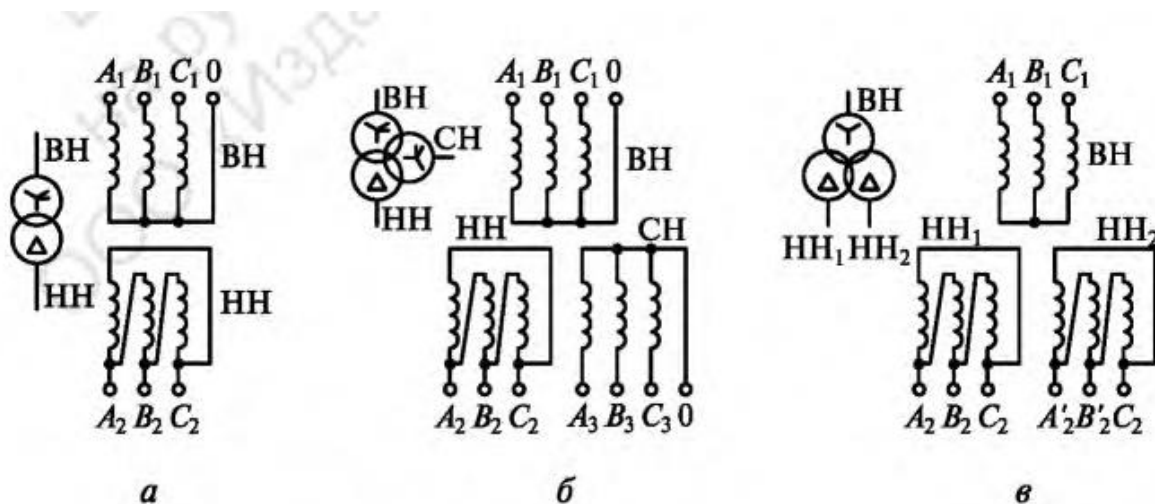
Әр фазаға арналған түрлі кернеулер орамдарының саны бойынша трансформаторлар екі орамдық және үш орамға бөлінеді (2.14-сурет, а, б). Сонымен қатар, әдетте төменгі кернеудегі орамалар бір-бірінен және жердің бөліктерінен оқшауланған екі немесе одан көп параллель бұтақтардан тұруы мүмкін. Мұндай трансформаторлар бөлінген орамалары бар трансформаторлар деп аталады (2.14-сурет, с). Обмотки жоғары, орташа және төмен кернеу әдетте ВН, СН, НН ретінде қысқартылады.

Бөлінген LV орамасы бар трансформаторлар бірнеше генераторларды жалғыз трансформаторға қосуға мүмкіндік береді. Мұндай кеңейтілген қондырғылар 330-500 кВ коммутациялық конструкцияны жеңілдетуге мүмкіндік береді (5.6 бөлімінде толығырақ). 200 Вт-ден 1200 МВт-қа дейінгі үлкен ЖЭО-ның қосалқы қажеттіліктері үшін, сондай-ақ қысқа тұйықталу токтарының шектелуі үшін станцияларды төмендету үшін күштік LV орамасының трансформаторлары кеңінен қолданылады.

Трансформатордың негізгі параметрлері: номиналды қуат, кернеу, ток; қысқа тұйықталу кернеуі; жүктемелік ток; айналым және қысқа тұйықталудың жоғалуы.

Трансформатордың номиналды сыйымдылығы зауыт төлқұжатында трансформаторды монтаж алаңының номиналды жағдайында және номиналды жиілікте және кернеудегі салқындату ортасына үздіксіз жүктелуі мүмкін жалпы қуаттылықтың мәні болып табылады.

Жалпы мақсаттағы трансформаторлар үшін ашық ауада және табиғи салқындатқышпен жабдықталған.



## 2.14. – сурет Трансформатор орамаларын қосудың схемалық диаграммалары

*а - екі орам; б - үш орам; в - төмен вольтты ораммен*

Екі орамдық трансформаторға арналған номиналды қуаты оның әр орамасының күші болып табылады. Үш орамдағы трансформаторлар сол немесе әр түрлі қуат орамдарымен орындалуы мүмкін. Соңғы жағдайда трансформатордың жеке орамаларының номиналды сыйымдылығы номиналы ретінде қабылданады.

Автотрансформатордың номиналды сыйымдылығы автотрансформаторлық байланысы бар («өткізу қабілеті») бар әрбір тараптың номиналды қуаты болып табылады.

Трансформаторлар ашық ауада ғана емес, сондай-ақ табиғи желдетуі бар жабық қызып кетпейтін бөлмелерде орнатылады. Бұл жағдайда трансформаторлар номиналды қуатқа үздіксіз жүктелуі мүмкін, бірақ трансформатордың қызмет етуі нашар салқынлату жағдайларының салдарынан біршама азаяды.

*Орамалардың номиналды кернеуі трансформатор бос тұрғанда бастапқы және қайталама орамалардың кернеуі болып табылады.* Үшфазалы трансформатор үшін бұл оның сызықтық (фазалық-фазалық) кернеуі. Жұлдызға қосылған үш фазалық топқа қосылу үшін арналған фазалы трансформатор үшін бұл  $U/\sqrt{3}$ . Трансформатор жүктеме кезінде жұмыс жасағанда және қайталама орамдағы номиналды кернеудің бастапқы орамасының терминалдарына бағынышты болған кезде, кернеу трансформатордағы кернеудің жоғалуы салдарынан номиналды кернеуден аз. Трансформатор қатынасы  $n$  жоғары және төмен кернеу орамаларының номиналды кернеулерінің қатынасы бойынша анықталады

$$n = \frac{U_{\text{НОМ ВН}}}{U_{\text{НОМ НН}}}.$$

Үш орамдық трансформаторларда әрбір жұптың орамасының коэффициенті анықталады: ВН және НН; ВН және СН; СН және и НН.

*Трансформатордың номиналды токтарына трансформатордың ұзақ мерзімді қалыпты жұмысына рұқсат етілген фабриканың деректер парағында көрсетілген орамдағы токтар мәндері жатады.*

Кез-келген трансформатор орамасының номиналды тогы оның номиналды қуаты мен номиналды кернеумен анықталады.

*Қысқа тұйықталу кернеуі  $u_k$  кернеуі, ол қысқа тұйықталатын басқа орамасы бар трансформатор орамаларының біріне қолданылған кезде, номиналды токқа тең ток.*

*Қысқа тұйықталу кернеуі трансформатордағы кернеудің төмендеуімен анықталады, ол трансформатор орамдарының кедергісін сипаттайды.*

Орамалардың индуктивті кедергісі белсенді орамаларға қарағанда әлдеқайда жоғары болғандықтан (шағын трансформаторларда ол 2-3 есе үлкен және үлкен трансформаторларда 15-20 есе), онда ол көбінесе реактивтілігіне, яғни орамалардың өзара орналасуына, олардың арасындағы арна еніне, орамалар.

ИК мәні трансформаторлардың кернеуіне және қуатына байланысты МЕМСТ бойынша реттеледі. Трансформатордың жоғары кернеуі мен қуаты неғұрлым жоғары болса, қысқа тұйықталу кернеуі соғұрлым жоғары болады. Осылайша, кернеуі 10 кВ жоғары кернеулі 630 кВ трансформатор  $u_k = 5,5\%$ , жоғары кернеуі 35 кВ -  $u_k = 6,5\%$ ; Жоғары кернеулі 35 кВ кернеуі 80000 кВА болатын трансформатор  $u_k = 9\%$ , жоғары кернеуі 110 кВ,  $u_k = 10,5\%$ .

ИК мәнін жоғарылату трансформатордың екінші жағындағы қысқа тұйықталу токтарын азайтуға болады, бірақ сонымен бірге тұтынылатын реактивті қуат айтарлықтай

артады және трансформаторлардың құны артады. Егер қуаты 25 МВА болатын 110 кВ трансформатор 10% -дың орнына  $i_k = 20\%$  болса, онда ол үшін жоспарлы шығындар 15,7% -ға артады, ал тұтынылатын реактивті қуат екі есе артады (2,5-тен 5 МВарға дейін).

Үш орамдық трансформаторлар сымдардың өзара орналасуына қарай, екі шамасы үшін екі конструкцияға ие болуы мүмкін. Егер ВН орамасы магниттік тізбектің өзегіне қойылса, VN орамасы сыртқа шығады және СН орамасы арасында, содан кейін VH-НН ең маңызды болып табылады, ал төменгі мәні VH-СН болып табылады. Бұл жағдайда МВ терминалдарына қатысты кернеудің жоғалуы төмендейді, ал LV желісіндегі қысқа тұйықталу тогы VH-LV НІ мәнінің жоғарылауына байланысты шектеледі. Егер СН орамасы магниттік тізбектің өзегіне қойылса, VN орамы сыртқа шығады және НН орамасы олардың арасында, содан кейін VH-СН - ең маңызды, ал VN-НН аз.  $I_{kSN-NN}$  мәні екі нұсқасында да сақталады.

*Болмаған  $I_x$  белсенділігі* мен реактивтік шығындары болаттың магниттік қасиеттеріне, магниттік контурдың құрылысы мен сапасына және магниттік индукцияға байланысты. Бос айнымалы ток трансформатордың номиналды тоқының пайыздық көрсеткіші ретінде көрінеді. Суықтай болатпен жабдықталған қазіргі трансформаторларда тыныштықтың ағымдары кішігірім құндылықтарға ие.

*Тұрақсыз  $R_x$  және қысқа тұйықталу  $R_k$*  шығыны трансформатордың экономикалық жұмысын анықтайды. Бос тұрып қалудың жоғалуы магниттелудің қалпына келтірілуіне және құйынды токтарға арналған болаттан жоғалтудан тұрады. Оларды төмендету үшін көміртегі мен арнайы қоспалардың аз мөлшері бар электротехникалық болат, 3405, 3406 және басқа да ыстыққа төзімді оқшаулағыш жабындысы бар 0,3 мм қалыңдығы бар суықтай илектелген болат пайдаланылады. Каталогтар мен каталогтарда А және В деңгейлеріне арналған  $R_x$  мәндері келтірілген А деңгейінде электрлік болаттан жасалған арнайы трансформаторлар жатады, нақты жоғалту 0,9 Вт / кг-дан аспайды, В деңгейі - нақты шығындар 1.1 Вт / кг ( $B = 1.5$  Т кезінде,  $f = 50$  Гц).

*Қысқа тұйықталу шығыны* олардың бойындағы жүктеме ағындары кезінде орамаларда шығындардан және орамалар мен трансформаторлық құрылымдардан қосымша шығындардан тұрады. Қосымша шығындар магниттік шашырау алаңдарынан туындайды, орамның және трансформаторлық құрылымдардың экстремалды катушкаларында (құдықтардың қабырғалары, мықтап сәулелер және т.б.) ағымдық токтар жасалады. Оларды азайту үшін, орамалар қапталған сыммен жасалған, және резервуардың қабырғалары магнитті шунттармен қорғалған.

Қазіргі трансформаторлық конструкцияларда шығындар айтарлықтай төмендейді. Мысалы, жыл бойы жұмыс істейтін  $U = 110$  кВ ( $P_X = 200$  кВ,  $P_K = 790$  кВ) қуаттылығы 250 000 кВА трансформаторда ( $T_{max} = 6300$  сағ), электр энергиясының жоғалуы 0,43% трансформатор арқылы. Трансформатордың күші неғұрлым аз болса, соғұрлым салыстырмалы жоғалту.

Энергетикалық жүйелердің желілері көптеген шағын және орташа қуатты трансформаторларға ие, сондықтан еліміздің барлық трансформаторларындағы қуат шығыны айтарлықтай болып табылады және  $R_x$  және  $R_k$ -ны одан әрі қысқарту үшін электр энергиясын үнемдеу үшін трансформаторлық конструкцияларды жетілдіру өте маңызды.

### **2.2.2. Трансформаторлардың орамдарының сұлбалары мен топтары**



Трансформаторлардың орамдары әдетте қосылыстарға ие: жұлдыз - , жұлдызды -  және үшбұрыштан шыққан жұлдыз - 

Бастапқы және қайталама орамалардың ЭМҚ арасындағы фазалық жылжуы (E1 және E2) шартты түрде қосылыстар тобымен көрсетілген.

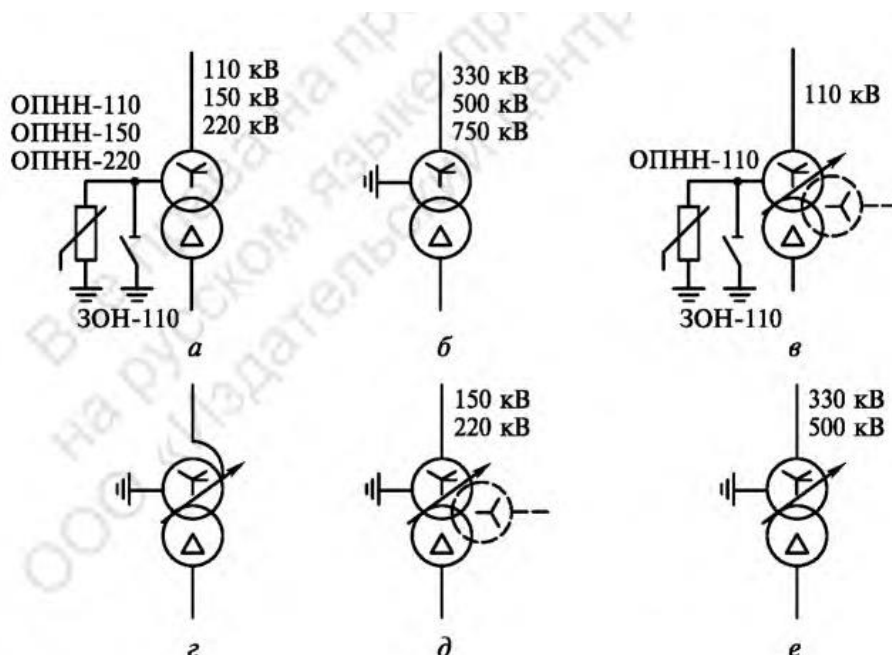
Үш фазалы трансформаторда қосылыстардың 12 түрлі топтары орамдық қосылыстың әртүрлі әдістерін пайдалана отырып құрылуы мүмкін, және жұлдызды орамдарды қосу схемалары бойынша біз кез-келген топты (2, 4, 6, 8, 10, 0) және жұлдыз-дельта немесе үшбұрышты жұлдыз - кез-келген топты (1, 3, 5, 7, 9, 11) .

Қосылу топтары орамдық қосылыстар тізбегінің белгілерінің оң жағында көрсетіледі. Суреттегі трансформаторлар. 2.14 схемалары мен орауыштардың қосылу топтары:

$\Upsilon/\Delta-11$ ;  $\Upsilon/\Upsilon/\Delta-0-11$ ;  $\Upsilon/\Delta/\Delta-11-11$

ВН орамасының жұлдызына қосылу фазалық эмф есептеу кезінде ішкі оқшаулауды жүзеге асыруға мүмкіндік береді.  $\sqrt{3}$  есе аз сызықты. НН орамдары көбінесе үшбұрышпен байланыстырылады, бұл оны фазалы ток  $I / \sqrt{3}$  үшін есептеп, орамның секциясын қысқартуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, трансформатор орамасы үшбұрышқа қосылған кезде сыртқы желіге кірмейтін үш есе көп гармоникалық токтар үшін тұйық цикл жасалады, осылайша жүктеме бойынша кернеудің симметриясын жақсартады.

Жұлдызға нөлдік нүкте шығысы бар орамасының байланысы орамның бейтараптамасы жерге тұйықталу керек болған кезде қолданылады. 330 кВ және одан жоғары трансформаторларда және барлық автотрансформаторларда (төмен төмен) ВН орамдарының бейтараптылығының тиімді жерге тұйықталуы міндетті болып табылады. 110, 150 және 220 кВ-тық жүйе де тиімді жерге тұйықталған бейтараппен жұмыс істейді, алайда бір фазалы бейтараптық ағындарды азайту үшін трансформаторлардың бір бөлігі жерге негізделуі мүмкін. Нөлдік пиндердің оқшаулануы әдетте жалпы кернеу үшін есептелмеген кезде, бейтарап-бейтарап режимде асқын кернеуді шектеуіштерді трансформатордың нөлдік нүктесіне қосу арқылы ықтимал асқын кернеулерді азайту қажет (2.15-сурет)



2.15. – сурет Бейтарап трансформаторлар мен автотрансформаторларды жерге қосу әдістері  
Форматы:

а — трансформаторлар 110 - 220 кВ РПН жоқ; б- РПН жоқ 330 - 750 кВ трансформаторлар; в - жүктеме крандар ауыстырғышымен 110 кВ трансформаторлар; г - барлық кернеулердің автотрансформаторлары; д - трансформаторлар 150 - 220 кВ; е – трансформаторлар 330 — 500 кВ РПН пен.

Бейтараптандырғыш трансформаторлардың қосалқы орамаларына негізделген, 3/80/220 және 220/127 В төрт желілі желілерін беретін 10-35 кВ-тық бейтарап орамалар сыйымдылық токтарының орнын толтыру үшін доға сөндіру реакторы арқылы жерге тұйықталмайды.

Күш трансформаторларының және автотрансформаторлардың, олардың тізбектері мен қосылыстар топтарының техникалық деректері операциялық МЕМСТ бойынша анықталады және каталогтар мен анықтамалықтарда беріледі [5.7,1.2, 3.5].

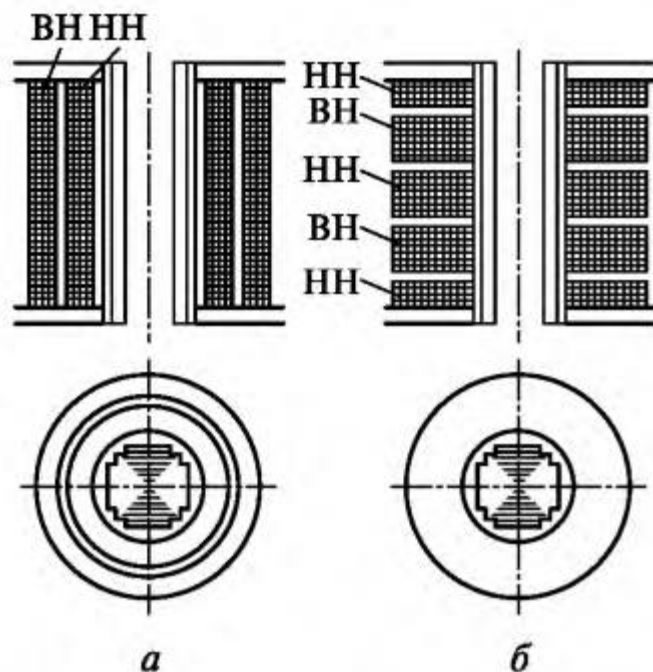
### 2.2.3 Күштік трансформаторлардың құрылысы элементтері

Күшті жоғары кернеулі трансформатор - бұл магниттік жүйе (магниттік схема), орамалар, оқшаулау, терминалдар, резервуар, салқындатқыш құрылғы, кернеуді реттеу механизмі, қорғаныс және өлшеу құралдары, көптеген конструктивті элементтерден тұратын күрделі құрылғы.

Магниттік жүйеде трансформатордың магниттік ағыны (яғни «магниттік ядро» деп аталады) өтеді. Магнит өткізгіш - трансформатордың конструктивті және механикалық негізі. Бір-бірінен оқшауланған электрлі болаттан жасалған жеке парақтардан жасалған. Электрлік болаттан жасалған сапа магниттік индукцияға және магниттік схемада шығындарға әсер етеді.

Болаттың нақты шығындарын төмендету, маг-нитрофодты ұқыпты жинау, шұғылданбайтын құрылымдарды пайдалану, иілгіш араласумен линзалармен байланыстыру трансформатордың жұмыс істемейтін ысыраптарын және магнитизациялау токын азайтады. Қазіргі заманғы жоғары қуатты трансформаторларда магнитизация токі 1 нм 0,5-0,6%, ал ыстықтай басылған болатпен трансформаторда ток 3% -ға жетті; бос тұрудың жоғалуы екі есе азайды.

Трансформаторлық болаттан парақтар бір-бірінен мұқият оқшаулануға тиіс. Бастапқыда қағазды оқшаулау пайдаланылды - парақтар бір жағынан арнайы қағаздың жұқа қабаты салынған. Қағаз парақтар арасында толық электрлік оқшаулауды жасайды, бірақ құрастыру кезінде оңай зақымдалады және магниттік тізбектің көлемін арттырады. Қалыңдығы 0,01 мм қалың қабатты оқшаулау кеңінен қолданылады.



2.16 – сурет . Трансформатор орамалары  
*а - концентрлі; б — баламалы*

Лак таспасы парақтар арасында жеткілікті сенімді оқшаулауды жасайды, магниттік контурдың жақсы салқындауын қамтамасыз етеді, жоғары ыстыққа төзімді және құрастыру кезінде зақымдалмайды. Соңғы кездері металлургиялық комбинатқа жалдағаннан кейін қолданылатын болат парақтардың екі жақты ыстыққа төзімді жабыны барған сайын қолданылады. Қаптаманың қалыңдығы 0,01 мм-ден аз, бұл магниттік жүйенің ең жақсы қасиеттерін қамтамасыз етеді. Шатыр байлауды жинау арқылы жүзеге асырылады.

Лобандазами, мылтықтар жартысы бинт немесе бинтпен бірге тартылады. Магнитті өткізгіш және оның құрылымдық компоненттері трансформатордың өзегін құрайды. Орнату аяқталғаннан кейін орамалар орнатылған және өткізгіштер қосылып, белсенді бөліктерді қосатын орамдарды қосады.

Трансформаторлардың орамдары концентрациялық және айнымалы болуы мүмкін. Бірінші жағдайда, НН және ВН орамдары цилиндр түрінде жасалады және өзгелерге қатысты концентрациялы түрде орналастырылады (2.16-сурет, а). Бұл күштік трансформаторлардың көпшілігінде орындалады.

Екінші жағдайда, ВН және НН орамдары бірдей диаметрлі төмен цилиндрлер түрінде жасалады және бір-бірінің үстінде орналасқан шоққа орналастырылады (2.16-сурет, б). Мұндай орамда рационардың көп саны аз жинақы және арнайы электр пешінің трансформаторлары үшін немесе құрғақ трансформаторлар үшін қолданылады, себебі ол орамалардың жақсы салқындатуын қамтамасыз етеді.

Трансформаторлардың орамдары жеткілікті электрлік және механикалық күші болуы керек. Орамалардың және судың оқшаулануы коммутацияға және атмосфералық асқынуларға зақым келтіре алмайды. Орамалар қысқа тұйықталу токтарының ағыны кезінде пайда болатын электродинамикалық күштерге төтеп беруге тиіс. Оқшауланудың қолайсыз қызып кетуіне жол бермеу үшін, орамалардың сенімді салқындату жүйесін қамтамасыз ету қажет.

Мыс өткізгіштері үшін мыс пен алюминий қолданылады. Өздеріңіз білетіндей, мыстың кішкене электрлік кедергісі бар, ол оңай отқа төзімді, ол механикалық күшті, ол трансформаторлардың орамасының кеңінен қолданылуын қамтамасыз етеді. Алюминий арзанырақ, тығыздығы төмен, бірақ үлкен қарсылық, орамаға арналған жаңа технологияны қажет етеді. Қазіргі уақытта алюминий орамасы бар трансформаторлар 6300 кВА дейін қуатқа шығарылады.

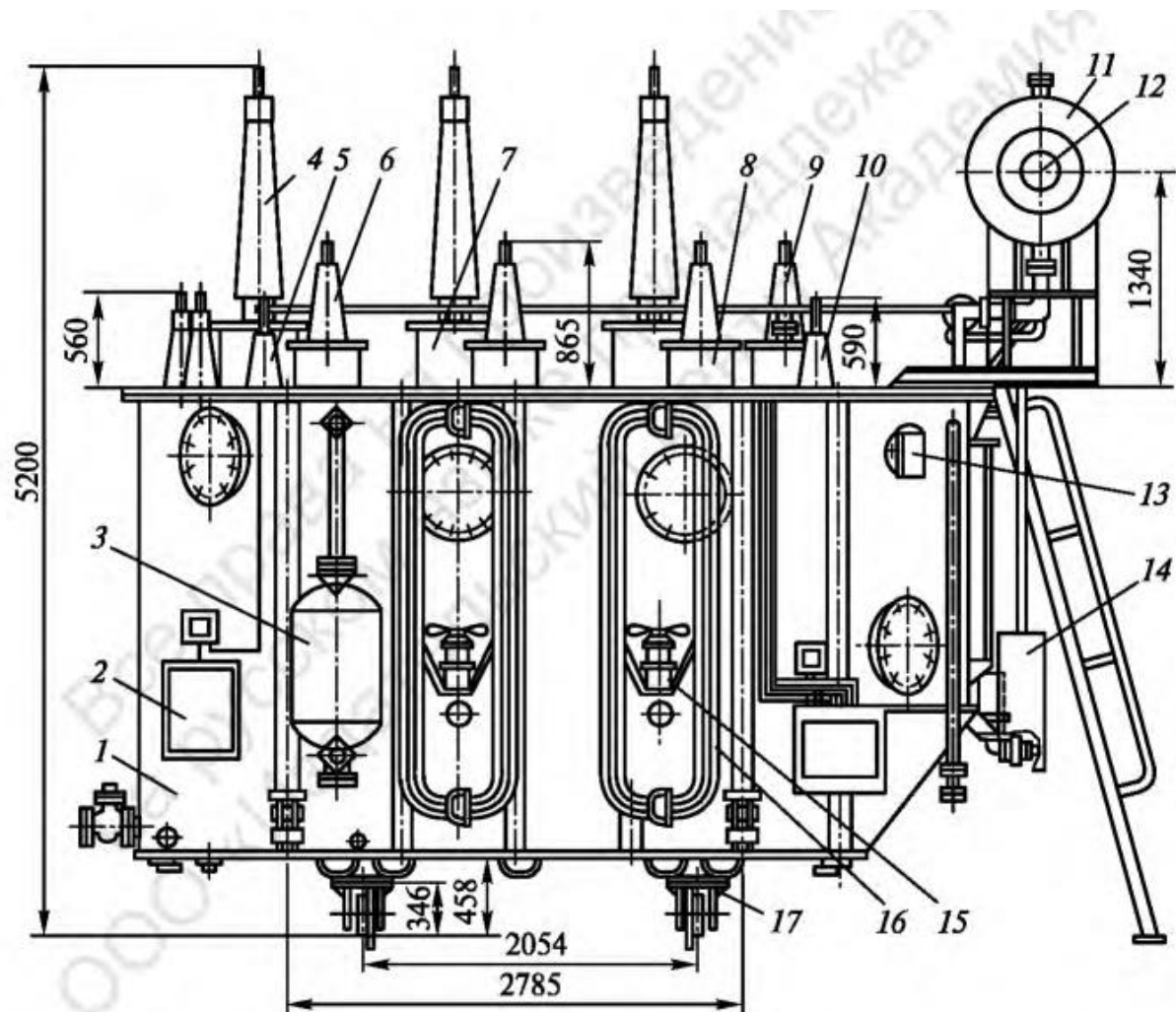
Заманауи трансформаторларда ораманы ауыстыру үшін параллель пучта жеке өткізгіштер өз орындарын үнемі өзгеріп отырады. Бұл қарапайым өткізгіштердің кедергісін теңестіреді, механикалық беріктікті арттырады, оқшаулау қалыңдығын және магниттік

тізбектің өлшемдерін азайтады. Трансформаторды оқшаулау маңызды бөлігі болып табылады, өйткені трансформатордың сенімділігі оны оқшаулаудың негізгі сенімділігі арқылы анықталады. Мұнай трансформаторларында негізгі оқшаулағыш қатты диэлектриктермен: қағаз, электрокартон, гидина, ағаш (мұнай және газды оқшаулау) болып табылады, әсіресе гигроскопиялық емес, жоғары электрлікке ие, арнайы өңделген қағаздан (тұрақтандырылған) изоляцияны қолдану күшті және үлкен жылуға мүмкіндік береді. Құрғақ трансформаторларда ағартқыш материалдардың жаңа түрлеріне органосиликоналық материалдар негізінде кеңінен пайдаланылады, трансформатордың белсенді бөліктері, сондай-ақ, резервуарда кернеуді реттеуге арналған крандар және коммутациялық құрылғылар бар. Танктің негізгі бөліктері - қабырғалар, төменгі қабат және қақпақ. Қақпақ втулканы, шығатын құбырды, кеңейтетін бекіту құралын, термометрді және басқа бөлшектерді орнату үшін қолданылады. Суыту құрылғылары - радиаторлар - резервуар қабырғасында орнатылды. Аз қуатты трансформаторларда бак жоғарғы жалғағышпен жасалады: жөндеу кезінде трансформатордың қақпағын алу қажет, содан кейін белсенді бөлікті бактан шығарыңыз

Белсенді бөліктің массасы 25 тоннадан асса, ол цистернаның төменгі жағында орнатылады, содан кейін цистернаның қоңырау тәрізді жоғарғы бөлігі және маймен толтырылады. Төменгі қосқышы бар осындай трансформаторларға белсенді бөліктерді шығару үшін ауыр көтеру жабдығының қажеті жоқ, өйткені мұнай төгілгеннен кейін жөндеу барысында, резервуардың үстіңгі бөлігі көтеріліп, орамаларға және магниттік схемаға қол жеткізуге мүмкіндік береді.

Ағып кету ағындарынан шығындарды азайту үшін болат резервуарлар электрлі болаттан жасалған пакеттер немесе магниттік емес материалдардан (мыс, алюминий) жасалған тақталар арқылы қорғалған.

Трансформатордың экспантері цистернадағы цилиндрлік ыдыс болып табылады, ол мұнай құбырымен байланыстырылып, мұнайдың ауамен байланысын азайтады. Трансформаторлық резервуар толығымен маймен толтырылған, жылу мен салқындату кезінде мұнай көлемінің өзгеруі экспандердегі май деңгейінің ауытқуына әкеледі; ал ауаны шығарушыдан шығарып немесе оған сіңіреді. Мұнай өте гигроскопиялық және егер экспандер атмосфераға тікелей байланысты болса, ауаның ылғалдығы мұнайға еніп, оның оқшаулайтын қасиеттерін күрт төмендетеді. Бұған жол бермеу үшін, экскагент қоршаған ортаға силикагель ауа кептіргіші арқылы қосылған. Силикагель ауаның ылғалын сіңіреді. Жүктеудің күрт ауытқуларында силикагел сүзгісі толығымен құрғатылмайды, сондықтан бірте-бірте экспаненттегі ауа ылғалдылығы көтеріледі. Бұған жол бермеу үшін, инертті газдың газ толтырғышымен немесе экспандерде бос кеңістіктегі тығыздалған цистерналар арнайы серпімді контейнерлерден келетін инертті газбен (азотпен) толтырылады. Мұнай-ауа интерфейсінде арнайы мембраналық пленканы пайдалануға болады. Экспантердегі ауаны ылғалдандыруды жылуды қатайтатын агенттер жүзеге асырады. Трансформатордағы резервуарда силикагель немесе басқа заттармен толтырылған термофосфонды фильтр бар, ол майдың тотығу өнімдерін сіңіреді. Мұнай сүзгі арқылы айналғанда, оның үздіксіз қалпына келуі орын алады.



2.17. – сурет TDTN-16000 / 110-80U1 үшфазалы үш реттік трансформатор

1 - бак; 2 - үрлеген үшін автоматты басқару шкафы; 3 - термосифонды сүзгі; 4 - ВН енгізу; 5 - кіріспе НН; 6 - СН кірісі; 7 - 110 кВ ток трансформаторларын орнату; 8 - 35 кВ ток трансформаторларын орнату; 9 - 0 VN енгізу; 10 - кіріспе 0 СН; 11 - экспантер; 12 - мұнай индикаторы; 13 - қауіпсіздік клапаны; 14 - кернеу реттегіш; 15 - салқындату жүйесінің желдеткіші; 16 - радиатор; 17 - роликтермен тасымалдау

Трансформатордың жұмысын бақылау үшін аппаратура және қорғаныс құрылғылары қамтамасыз етіледі. Басқару құрылғылары мұнай индикаторы мен термометрлерді қамтиды. Мұнай индикаторы экспантерге орнатылса, термометр танк қақпағының үстіне орнатылады. Қорғаныс құрылғылары май деңгейінің төмен деңгейін және газ релесін қамтиды. 330-750 кВ күшті трансформаторларда қосымша кіріс көздерін (КИВ) және герметикалық жабық ВН кірістеріндегі май қысымын бақылайтын манометрлерді бақылауға арналған қосымша құрылғылар қолданылады.

Трансформаторлардың негізгі құрылымы 2.17 суретінде көрсетілген.

#### 2.2.4. Салқындатқыш күш беретін трансформаторлар

Трансформатор жұмыс істеп тұрған кезде, орамалар мен магнит өткізгіштері олардағы энергия шығындарына байланысты қызады. Трансформаторлық бөліктердің шектеуі жылытумен шектеледі, олардың қызмет ету мерзімі қыздыру температурасына байланысты. Трансформатордың күші неғұрлым көп болса, салқындату жүйесі неғұрлым қарқынды болуы керек.

Төменде трансформаторлардың салқындату жүйесінің қысқаша сипаттамасы келтірілген.

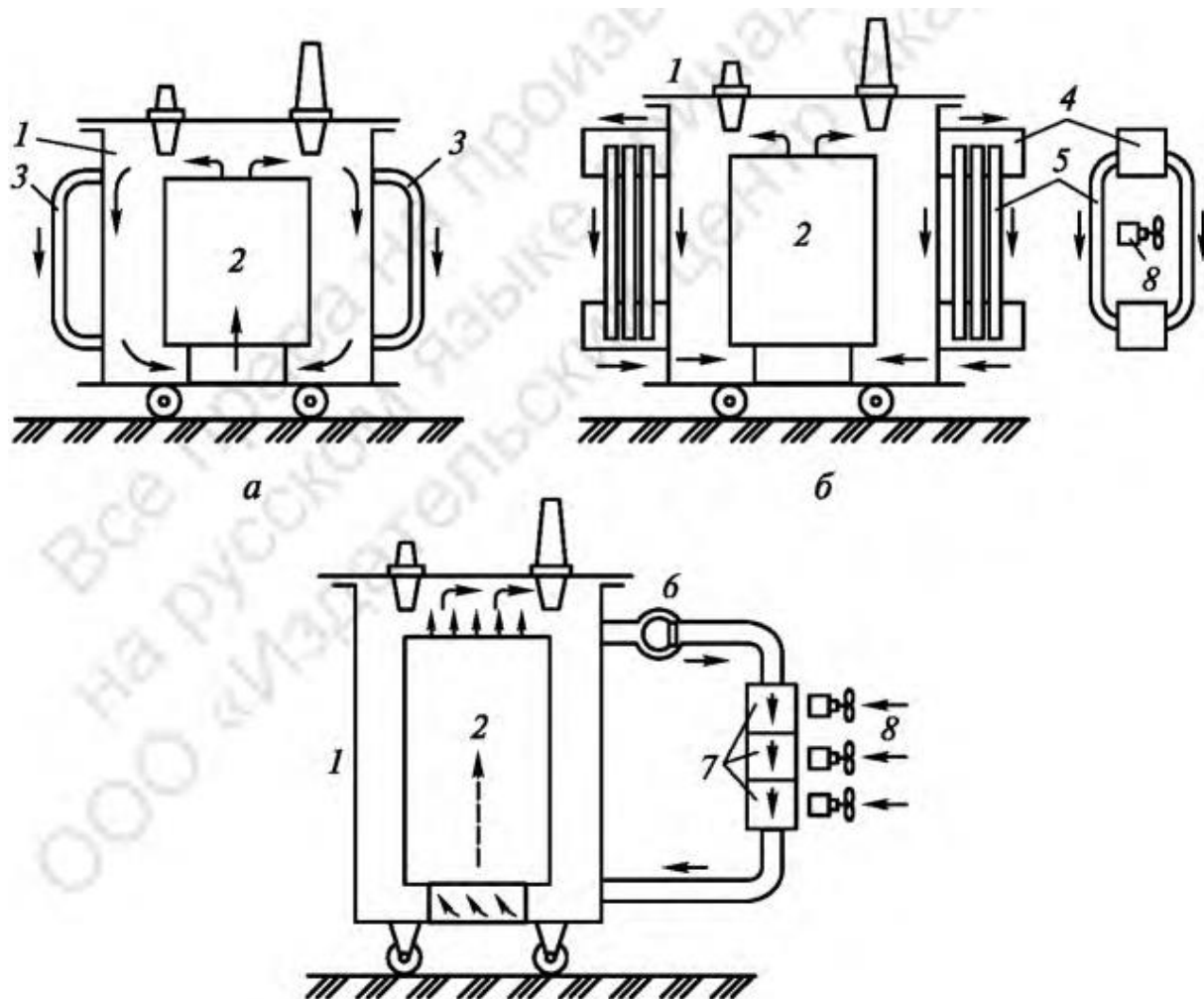
Трансформаторлардың табиғи ауаны салқындату ауадағы табиғи конвекциямен және ішінара ауадағы радиациямен жүзеге асырылады. Мұндай трансформаторлар «құрғақ» деп аталады. Әдетте ашық түрде С салқындатуды конструкциясы қорғалған конструкциясы бар, С-ның герметикалық жабық конструкциясы бар, СД-ның күшті ауа айналымымен бірге салқындатуды білдіреді.

Құрғақ трансформатордың салқындатқыш ортасының температурасынан жоғары температураның рұқсат етілген асып кетуі оқшаулаудың термиялық кедергісіне байланысты және МЕМСТ 11677-85 сәйкес болуы тиіс: 60 ° С (А класы); 75 ° С (Е класы); 80 ° С (В класы); 100 ° С (класс F); 125 ° С (Н класы).

Бұл салқындату жүйесі тиімсіз, сондықтан 15 кВ дейінгі кернеуде 1600 кВА дейінгі қуаты бар трансформаторлар үшін қолданылады.

Табиғи майды салқындату (М) қуаты 16000 кВА дейін қоса алғанда трансформаторлар үшін жүзеге асырылады (2.18-сурет, а). Мұндай трансформаторларда орамаларда шығарылатын жылу және магниттік схема 2 (шығарынды бөлігі) 1-ші резервуар мен радиатор түтіктері 3 (салқындатқыш беткі) арқылы айналып өтетін айналмалы майға тасымалданады, оны қоршаған айналаға ауысады. Трансформатордың номиналды жүктемесінде жоғарғы, ең қызған қабаттардағы май температурасы 95 ° С аспауы керек (РТЕ, 5.3.12-тармақ). Жылулықты қоршаған ортаға жақсырақ қайтару үшін, трансформатордың резервуары электр қуатына байланысты фунттар, салқындатқыш құбырлар немесе радиаторлармен жабдықталады.

Мұнайдың салқындатуы және мұнайдың табиғи айналымы (д) күшті трансформаторлар үшін қолданылады. Бұл жағдайда желдеткіштер 8 радиатор түтіктерінің 5 салқындатқышына орналастырылады (2.18-сурет, б). Желдеткіш ауаны түбінен сорып, құбырдың жоғарғы бөлігін қыздырады. Желдеткіштерді іске қосу және тоқтату майдың қыздыруының жүктемесіне және температурасына байланысты автоматты түрде жүзеге асырылады. Осындай салқындатқыш трансформаторлар жүктеме 100% -дан жоғары болмаса және жоғарғы мұнай қабаттарының температурасы 55 ° С-тан аспайтын болса, сондай-ақ қоршаған орта ауасының минус температурасында және майдың температурасы 45 ° С-тан аспаса, толығымен де белсендірілген жарылыспен жұмыс істей алады. Номиналды жүктемеде жұмыс істегенде, жоғарғы қабаттардағы мұнайдың ең жоғарғы рұқсат етілген температурасы 95 ° С (РТЕ, 5.3.12).



2.18. - сурет Трансформаторлы салқындату

*а типті М; б типті Д; в - типті ДЦ; 1 - резервуар; 2 - алынатын бөлігі; 3 - салқындатқыш беті; 4 - коллектор; 5 - құбырлы радиатор; 6 - электр сорғысы; 7 - салқындатқыштар; 8 – желдеткіштер*

Радиаторлық түтіктерді мәжбүрлеп үрлеу мұнайдың салқындату жағдайларын жақсартады, демек, трансформатордың орамалары мен магниттік контуры 80000 кВА дейін сыйымдылығы бар осындай трансформаторларды шығаруға мүмкіндік береді. 63000 кВА және одан жоғары қуаттылығы бар трансформаторлар үшін ауа салқындатқыштары (МТ) арқылы майды сөндіру және мәжбүрлі айналымы бар мұнай салқындату қолданылады. Салқындатқыштар 7 желдеткіштен тысқары жұқа қабыршақты құбырлардан тұрады 8. Мұнай құбырларына салынған электропластмасса 6 салқындатқыштар арқылы мұнайдың үздіксіз айналымын қамтамасыз етеді (2.18-сурет, с) Жоғары айналым жылдамдығымен беттік салқындатқыш және қарқынды жарылғышты салқындатқыштар жоғары жылу шығынын және жинақы болуын қамтамасыз етеді. Мұндай салқындату жүйесіне көшу трансформаторлардың өлшемдерін айтарлықтай төмендетуі мүмкін. Трансформаторларда бағыттағы май ағымы (НДЦ), салқындату қарқындылығы артады, бұл орамалардың рұқсат етілген температурасын арттыруға мүмкіндік береді. Мұнаймен суыту (Ц) майлы күшпен салқындатылған, негізінен ДЦ жүйесі сияқты, бірақ екіншіден айырмашылығы, салқындатқыштар суды айналып өтетін құбырлардан, құбырлар арасындағы мұнай ағып тұрады. Мұнай салқындатқышқа кіретін майдың температурасы 70 ° С аспауы керек. Трансформатордың май жүйесіне су тиюді болдырмас үшін, майсалқындатқыштағы май қысымы ондағы айналатын судың қысымынан 0,01 МПа (1 Н/см<sup>2</sup>) кем емес жоғары болуы керек. Бұл салқындату жүйесі

тиімді, бірақ күрделірек конструкциялық орындауы бар және күшті трансформаторларда (160 МВ·А және одан үлкен) қолданылады. 630 МВ·А қуаттылық трансформаторлар үшін және одан да көп мұнай майлары арқылы мұнай майын салқындату қолданылады. ДЦ және Ц салқындату жүйелі трансформаторларда еріксіз май айналдыру қондырғысы трансформатордың қосылуымен бірге автоматты түрде қосылуы тиіс және трансформатордың жүктемесіне қарамастан үзіліссіз жұмыс жасауы қажет. Сол уақытта жұмысқа қосылатын салқындатқыштардың саны трансформатордың жүктемесіне қарай анықталады. Ондай трансформаторлардың майдың айналуының, салқындатқыш судың немесе желдеткіштің тоқтағанын хабарлайтын дабылы болу керек.

Айта кету керек, қазіргі уақытта орамалары бар трансформаторлардың жаңа конструкциялары әзірленуде, өте төмен температураға дейін салқындатылған. Металл төменгі температурада сверхпроводимость, бұл орамалардың көлденең қимасының күрт азаюына мүмкіндік береді. Сверхпроводимости принципін қолданатын трансформаторлар (криогенді трансформаторлар) 1000 МВА және одан жоғары қуаттылықтағы шағын көлік массасына ие болады.

1) Әрбір трансформатор төменде көрсетілген тәртіпте келесі деректерді қамтитын дәстүрлі әріптік белгілерге ие:

2) 1) фазалардың саны (бір фаза үшін - О, үш фазалық үшін - Т);

3) 2) салқындату түрі - жоғарыдағы түсініктерге сәйкес;

4) әртүрлі желілерде жұмыс істейтін орамалардың саны (екіден көп болса), үш орамдық Т трансформаторы үшін; (Фазалардың санынан кейін) бөлінген орамалары бар трансформатор үшін;

5) жүк тиегіштің орамасының біреуі орындалса, белгілеуде Х әрпі;

6) автотрансформатор үшін бірінші кезекте А әрпін.

Хат белгілеу номиналды қуаттылықты көрсетеді, кВ·А; орамасының кернеуінің (ВН) сыныбы; климаттық модификация және МЕМСТ 15150-69 \* және МЕМСТ 15543-70 \* бойынша орналастыру санаты.

Мысалы, TDTN-16000/110-U1 - салқындату жүйесі Д, үштік орамасы, жүктеме астында кернеуді реттеу, 16 000 кВА номиналды қуаттылығы, 110 кВ ВН, климаттық модификация У (қалыпты климат), орналасу санаты 1 (ашық ауада).

### 2.2.5. Қуатты трансформаторлардың жүктемесі

Қуатты трансформаторларды таңдау кезінде олардың номиналды қуатымен ғана басшылыққа алынуға болмайды, өйткені нақты жағдайда салқындатқыштың температурасы, трансформаторды орнату шарттары қабылданғаннан өзгеше болуы мүмкін. Трансформатордың жүктемесі күн ішінде өзгереді, ал егер қуат максималды жүктеме бойынша таңдалса, оның бұзылу кезеңінде трансформатор жүктемейді; оның қуаты азайған. Операциялық тәжірибе көрсеткендей, трансформатор жүктің басқа бөлігі номиналды жүктемеден аз болса, күннің бір бөлігін шамадан тыс жұмыс істей алады. Түрлі режимдердің өлшемі трансформатор оқшаулауының тозуы болып табылады. Трансформатордың жүктемелік қуаты рұқсат етілген жүктемелер мен жүктемелердің комбинациясы болып табылады.

Рұқсат етілген жүктеме - жылудан орайтын оқшаулаудың есептік тозуы номиналды жұмыс режиміне сәйкес тозудан аспайтын ұзақ мерзімді жүктеме.

*Трансформатордың шамадан тыс жүктелуі - ораманың оқшаулануының жобаланған тозуы номиналды жұмыс режиміне сәйкес келетін тозудан асып түсетін режим.* Бұл режим трансформатордың номиналды қуатынан үлкен болса немесе салқындатқыш құралдың температурасы есептелген жобалық мәннен үлкен болса, пайда болады.

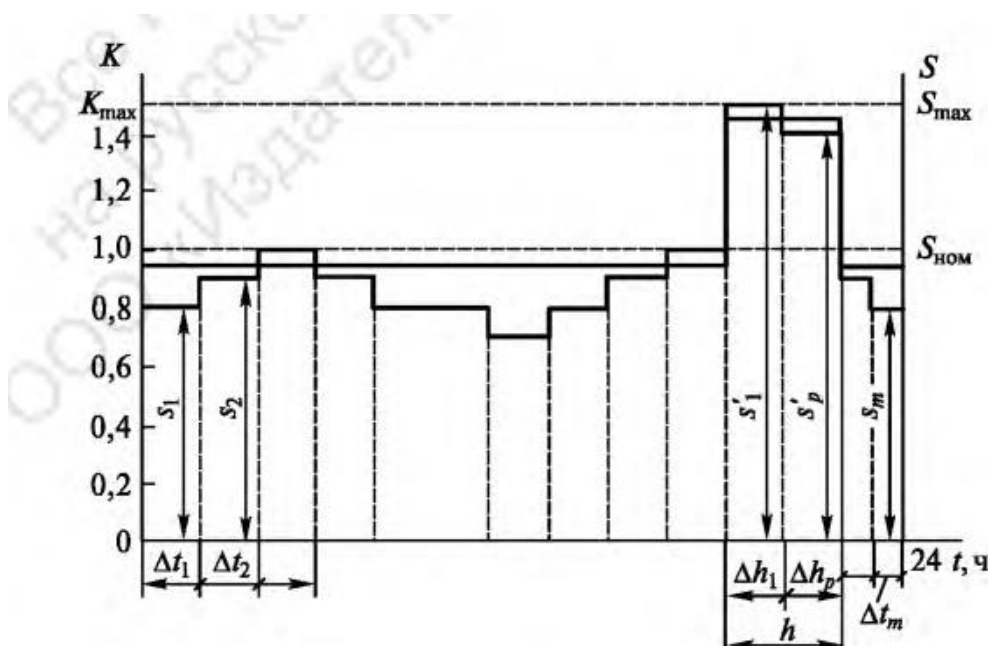
**Трансформатордың рұқсат етілген жүйелік жүктемелері** тәулік ішінде біркелкі емес жүктеме болғандықтан оның номиналды қуатынан үлкен. Суретте. 2.19 күнделікті жүктеме графигін көрсетеді, онда түнде, таңертең және түстен кейінгі уақытта



трансформатор жүктеледі және кешкі уақытта ең көп жүктеледі. Астам жүктеме, оқшаулау тозуы аз, ал жүктеме кезінде айтарлықтай өсуде. Рұқсат етілетін ең жоғарғы жүктеме жүктеменің жоғарғы температурасы 140 ° С болғанда, ең жоғарғы қабаттардағы мұнайдың ең жоғарғы температурасы 95 ° С және ең көп жүктеме кезінде оқшаулаудың тозуы трансформатор тұрақты номиналды жүктемеде жұмыс істеген кездегідей болады. Ең қызған нүкте 98 ° С аспайды (МЕМСТ 14209-85). Рұқсат етілген жүйелік жүктемені есептеу үшін нақты кесте екі кезеңге түрленеді (2.19-суретті қараңыз). Баламалы кестенің бастапқы жүктемесінің коэффициенті өрнекпен анықталады.

$$K_1 = \frac{1}{S_{\text{ном}}} \sqrt{\frac{s_1^2 \Delta t_1 + s_2^2 \Delta t_2 + \dots + s_m^2 \Delta t_m}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \dots + \Delta t_m}}, \quad (2.4)$$

Мұнда  $s_1, s_2, \dots, s_m$  - аралықтарда жүктеме мәндері  $\Delta t_1, \Delta t_2, \dots, \Delta t_m$ .



2.19. - сурет Трансформатор жүктемесінің күнделікті кестесінде екі сатылы графиктің құрылысы

Аралықта ең көп жүктеме коэффициенті  $h = \Delta h_1 + \Delta h_2 + \dots + \Delta h_p$

$$K'_2 = \frac{1}{S_{\text{ном}}} \sqrt{\frac{(s'_1)^2 \Delta h_1 + (s'_2)^2 \Delta h_2 + \dots + (s'_p)^2 \Delta h_p}{\Delta h_1 + \Delta h_2 + \dots + \Delta h_p}}. \quad (2.5)$$

Егер  $K'_2 \geq 0,9 K_{\text{max}}$  мәнін қабылдайды, егер  $K'_2 = K_2$  егер  $K'_2 < 0,9 K_{\text{max}}$ ,  $K_2 = 0,9 K_{\text{max}}$  мәнін қабылдайды.

МЕМСТ 14209-85 (трансформатор үшін 100 МВА-ға дейін) кестелеріне сәйкес, трансформатордың (М, Д, ДЦ, Ц) салқындату жүйесіндегі графиктің ( $\Theta_{\text{охл}}$ ) жұмыс кезінде салқындатқыш ортасының орташа температурасын білу,  $K_2$  жүктемесі және оның ұзақтығы 1,5 литрден жоғары жүктеме өндірушімен келісілуі керек. 2 грамнан астам бағанның жүктелуіне жол берілмейді.

**Төтенше жағдайларда** төтенше шамадан тыс жүктеуге рұқсат етіледі, мысалы, трансформатор параллель қосылған кезде.

Рұқсат етілген авариялық жүктеме ораманың максималды рұқсат етілген температурасы (110 кВ жоғары кернеулі трансформаторлар үшін 140 ° С және қалған трансформаторлар үшін 160 ° С) және жоғарғы қабаттардағы (115 ° С) майдың температурасы бойынша анықталады.

Төтенше шамадан тыс жүктемелер оқшаулаудың тозуына әкеліп соғады, бұл трансформатордың нормаланған қызмет мерзімінің азаюына әкелуі мүмкін, егер жоғарылау тозуы, қалыптыдан төмен оқшаулаудың тозуымен өтелмесе. Төтенше рұқсат етілген (қысқа мерзімді) төтенше жүктеме [1.13, 5.3.15-параграф]:

#### *Мұнай трансформаторлары*

|                               |     |    |    |    |     |
|-------------------------------|-----|----|----|----|-----|
| <i>Ашық ток, %</i>            | 30  | 45 | 60 | 75 | 100 |
| <i>Тиеудің ұзақтығы, мин.</i> | 120 | 80 | 45 | 20 | 10  |

#### *Құрғақ трансформаторлар*

|                               |    |    |    |    |    |
|-------------------------------|----|----|----|----|----|
| <i>Ашық ток, %</i>            | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
| <i>Тиеудің ұзақтығы, мин.</i> | 60 | 45 | 32 | 18 | 5  |

МЕМСТ 14209-85-де келтірілген рұқсат етілген жүктемелердің кестелерін талдай отырып, М, Д, ДЦ және Ц салқындату жүйелері 0,9 S<sub>ном</sub> бастапқы жүктемесінде трансформаторлар 40% -ға 6 сағат бойы температурада Салқындатқыш ауа 20 ° С аспайды.

Трансформаторлық сұлбалардағы конструкторлық токтар анықталған кезде осы шамадан тыс жүктеме есепке алынады (4.1 бөлімшені қараңыз).

### **2.2.6. Автотрансформаторлардың жұмыс істеу ерекшеліктері мен режимдері**

110 кВ және одан жоғары қондырғыларда жоғары қуатты автоматты трансформаторлар (АТ) кеңінен қолданылады. Бұл трансформаторлармен салыстырғанда артықшылықтар ауқымымен түсіндіріледі.

Бірфазалы автотрансформатор электрбұйыммен ОВ және ОЖ орамаларына ие (2.20-сурет). В және С терминалдары арасында орамның бөлігі дәйекті деп аталады, ал С және О арасында жиі кездеседі. Автотрансформатор сериялы орамдағы кернеуді төмендету режимінде жұмыс істегенде магнит ағыны жасайтын ток I<sub>в</sub> өткізеді, жалпы орамдағы ток I<sub>О</sub> индуцирует. Қайталама орамның К тогы ток II токынан қосылады, бұл орамалардың

гальваникалық (электрлік) қосылуына байланысты және осы орамалардың магниттік байланыстары арқылы құрастырылған ток  $I_C = I_B + I_o$ , мұндағы  $I_o = I_C - I_B$ . Автотрансформатор арқылы бастапқыдан екіншілік желіге берілетін жалпы қуат шлюз деп аталады.

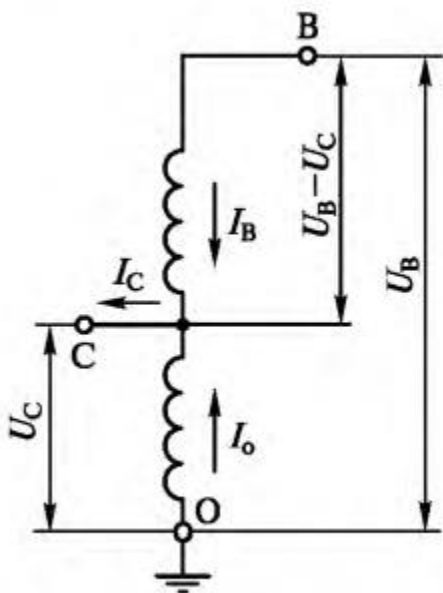
Автотрансформатордағы орамдардың кедергісінде шығындарды ескермейтін болсақ, келесі өрнек жаза аламыз:

$$S = U_B I_B \approx U_C I_C$$

Мәтіннің оң жағын түрлендіріп аламыз

$$S = U_B I_B = 1(U_B - I_C) + U_C I_B = (U_B - I_C) I_B + U_C I_B. \quad (2.6)$$

$(U_B - I_C) I_B = S_T$  трансформаторлы күш, магниттік жолмен қайталама орамдағы орам;  
 $U_C I_B = S_T$  - электр қуаты бастапқы гальваникалық қосылыстардың арқасында қайталама орамаға ауыстырылады.



2.20 – сурет Бірфазалық автотрансформатордың сызбасы

Бұл қуат жалпы ораманы жүктемейді, өйткені ағымдағы сериялы сериядан шығатын / В ОЖ орнын айналып өтетін С шығысына ауысады.

Номиналды режимде қуат шығысы - автотрансформатордың  $S = S_{ном}$  номиналды қуаты және трансформаторлық қуаты –  $S_T = S_{тип}$  типті стандартты сыйымдылығы. Магниттік схеманың өлшемдері, сондықтан оның массасы номиналды қуаттың бір бөлігін ғана қамтитын трансформатор (типтік) қуатпен

$$\frac{S_{тип}}{S_{ном}} = \frac{(U_B - U_C) I_B}{U_B I_B} = \frac{U_B - U_C}{U_B} = 1 - \frac{1}{n_{BC}} = K_T, \quad (2.7)$$

$n_{BC} = U_B / U_C$  — трансформация коэффициенті;  $K_T$  — кірістілік коэффициенті немесе типтік сыйымдылық коэффициенті.

(2.7) формуласы  $U_B$ -дан  $U_C$ -ге жақсырақ, километрден аз және номиналды кіші үлесі типтік қуатты құрайды. Яғни, автотрансформатордың өлшемдері, оның массасы, белсенді заттардың шығыны бір номиналды қуаттың трансформаторымен салыстырғанда төмендейді. Мысалы  $U_B = 330$  кВ и  $U_C = 110$  кВ  $K_T = 0,667$ , ал  $U_B = 550$  кВ и  $U_C = 330$  кВ  $K_T = 0,34$ .

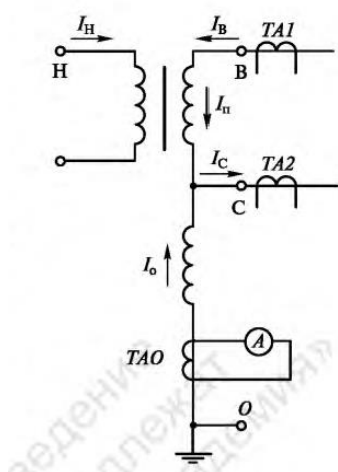
220/110 кернеуінің комбинациясы бар автотрансформаторларды ең қолайлы қолдану; 330/150; 500/220; 750/330. Диаграммдан (2.20 суретті қараңыз) дәйекті орамның күші көрінеді

$$S_{II} = (U_B - U_C) I_B = S_{тип};$$

Оралымның жалпы қуаты

$$S_o = U_C I_o = U_C (I_C - I_B) = U_C I_C \left( 1 - \frac{1}{n_{BC}} \right) = S_{ном} K_T = S_{тип}.$$

Осылайша, автотрансформатордың орамдары мен магниттік тізбегі әдеттегі қуатқа есептеледі, кейде жобалық қуат деп аталады. В немесе С терминалдарына қандай қуат берілсе, сериялық және ортақ орамдарды түрге қарағанда жүктеуге болмайды. Бұл қорытынды автотрансформатордың аралас режимдерін қарастырғанда аса маңызды. Бұл режимдер автотрансформатор орамаларына магниттік жолмен ғана қосылған үшінші орамасы болған жағдайда пайда болады. Автотрансформатордың (НН орамасының) үшінші орамасы жүктемені қуаттау, белсенді немесе реактивті қуат көздерін (генераторлар мен синхронды компенсаторларды) қосу үшін қолданылады, ал кейбір жағдайларда тек үшінші гармоника ағынын өтеуге ғана қызмет етеді.



2.21 – сурет Автотрансформатор жүктемесін басқару үшін ток трансформаторларын қосу сызбасы

НН  $S_{НН}$  орамасының қуаты  $S_{тип}$  түрінен артық болмауы керек, себебі басқаша жағдайда автотрансформатордың өлшемдері осы орамның күшімен анықталады. НН орамасының номиналды қуаты көлік құралының паспорттық деректерінде көрсетілген.

НН орамасының автотрансформаторларында әртүрлі режимдер жұмыс істейді: ораманың ВН орамынан қуатын беру СН орамдағы НН ажыратылды; электр қуатын НН-ден СН

немесе ВН-қа ауыстыру; ВН және НН орамдарының орамасының СН және басқа режимдеріне ауыстыру. Барлық жағдайда, жалпы мақсаттағы орамалардың жүктелуін бақылау және СН шығысын бақылау қажет, сол үшін ТА1, ТА2 және ТАО ток трансформаторлары орнатылды (2.21-сурет). ТА1 және ТА2 трансформаторлары автотрансформатордың В және С терминалдарына орнатылған, және ТАО жалпы орамаға салынған. Бірфазалы АТ үшін жасалған қорытынды үш фазалық үшін жарамды.

Автотрансформаторларды жобалаудың ерекшеліктеріне бейтараптылықты ВН мен СН орамдарына ортақ зарарсыздандыруды қажет етеді. Егер тиімді жерге тұйықталған нейтраллы жүйеде неғұрлым төмен қуатты автотрансформатор негізсіз бейтарапқа қосылса, онда жер қышқыл желде бір фазаға тұйықталған кезде, осы фазаның кернеуі  $U_B / L / 3$ -нің ( $U_B - / 3$  орамасының орамасының кернеуі шамамен СН артады, ал бүлінбеген фазалардың орамаларына қолданылатын кернеу күрт артады. Аналогты бейтараптандырылған жүйеге негізсіз нейтралмен өсетін автотрансформаторды қосу жағдайында ұқсас сурет байқалады. Осындай асқынуларға жол берілмейді, сондықтан барлық бейтарап трансформаторлар бейтарап жерге тұйықтайды. Бұл жағдайда ВН немесе СН тарапынан желінің жерге тұйықталуы қауіпті асқынулардың пайда болуына алып келмейді, алайда ВН және СН жүйелерінде бір фазалы ток ағымдары артады.

Жоғарыда айтылғандардың бәрін қорытындылай отырып, біз сол қуат трансформаторларымен салыстырғанда автотрансформаторлардың келесі артықшылықтарын атап өтуге болады: мыс, болат, оқшаулау материалдарын тұтынуды азайту; трансформаторларға қарағанда жоғары номиналды қуаттылықтардың автотрансформаторларын жасауға мүмкіндік беретін кішігірім массаны, демек, кішірек өлшемді; жоғалту және тиімділікті жоғарылату; салқындату жағдайларын жеңілдетеді.

*Автотрансформаторлардың кемшіліктері:* бірфазалы қысқа тұйықталу токтарының ұлғаюына алып келетін бейтарапты саңырау бейтарап жерге тұйықтау қажеттілігі;  
кернеуді реттеудің күрделілігі;  
атмосфералық кернеулердің ВН және СН орамаларының электр желісіне қосылуы салдарынан өту қаупі.

#### 2.2.4. Трансформаторлардың кернеуді реттеуі

Тұтынушылардың қалыпты жұмысы үшін қосалқы станция автобустарында белгілі бір кернеу деңгейін сақтау қажет. Электр желілерінде кернеуді реттеу әдістері қарастырылған, олардың біреуі трансформаторлардың трансформация коэффициентінің өзгеруі.

Трансформация коэффициенті бастапқы кернеудің екінші деңгейге

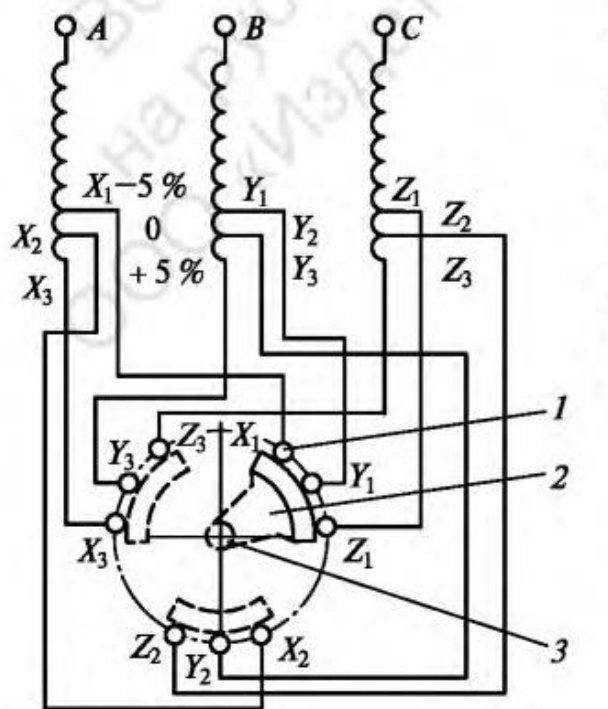
$$n = \frac{U_1}{U_2} = \frac{w_1}{w_2},$$

қатынасы ретінде анықталғаны, немесе

$w_1, w_2$  — тиісінше бастапқы және қайталама орамалардың бұрылыстар саны.

Осыдан  $U_2 = U_1 w_2 / w_1$ .

Трансформаторлардың орамдары қосымша жауаптармен қамтамасыз етіледі, олардың көмегімен трансформация коэффициентін өзгертуге болады. Филиалдарды ауыстыру қозусыз пайда болуы мүмкін (РВW), яғни. Барлық орамдарды желіден немесе жүктеуден (РПН) ажыратқаннан кейін. ПВВ кернеуін реттеу схемасы



2.22. - сурет Үш фазалы қосқышпен ПВВ кернеуін реттеу схемасы

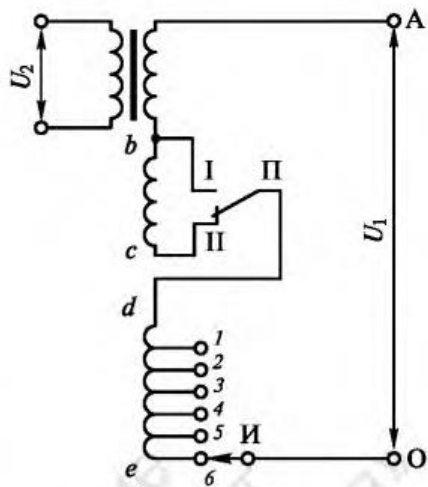
1 - тіркелген байланыс; 2 - сегменті байланыс; 3 - коммутатор білігіне

ПВВ құрылғысы кернеуді реттеуге мүмкіндік береді  $\pm 5\%$ , шығыс жоғары вольтты ораманың екі реакциясы бар:  $+ 5\%$  және  $-5\%$  (2.22-сурет). Егер трансформатор 0-дегі негізгі шығыс бойынша жұмыс істесе және қажет болса  $U_2$  жағы, содан кейін трансформаторды ажыратып, филиалға ауысады  $-5\%$ , осылайша  $w_1$  бұрылыстарының санын азайтады.

ПВВ құрылғысы күн ішінде кернеуді реттеуге мүмкіндік бермейді, өйткені ол трансформатордың коммутациялық операцияларды жасау үшін жиі өшіруін талап етеді, бұл пайдалану кезінде іс жүзінде қолайсыз.

Әдістемеге сәйкес ПВВ технологиясы бойынша жұмыс істейді. Қотарылған жүктеме (РПН) желілік трансформатордың филиалдарын тізбекті бұзбастан ауыстыруға мүмкіндік береді. Құрылғы РПН кернеуді трансформатордың қуатына және кернеуіне байланысты әртүрлі шектерде реттеуді қамтамасыз етеді ( $\pm 10\%$  -дан  $16\%$  -ға дейін шамамен  $1,5\%$ ). Реттеу кезеңдері ВН жағында орындалады, өйткені кішкене ағым коммутациялық құрылғыны жеңілдетеді. Басқару ауқымын филиалдардың санын көбейтпестен кеңейту үшін, өрескел және жұқа түзету қадамдары қолданылады (2.23-сурет). Трансформацияның ең жоғарғы коэффициенті Р қосқышында II және I селекторы 6 тармағында болған жағдайда алынады. Ең кіші трансформация коэффициенті қосқыш I жағдайында болады, ал селектор 1-тармақта орналасқан. Реттейтін ораманың бір тармағынан екіншісіне көшу жүктеменің тоқтауына кедергі келтірмеу және осы орамның айналымын қысқа тұйықталмау үшін жүзеге асырылады. Бұл тиристор қосқыштарымен арнайы

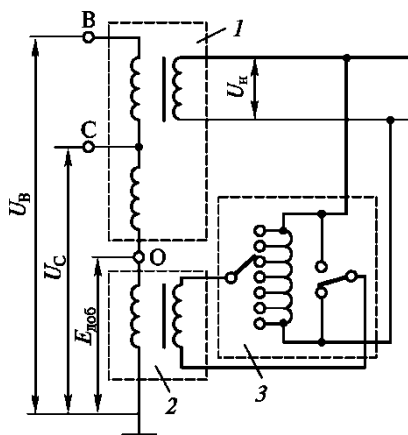
коммутациялық құрылғыларда қол жеткізіледі. *Күшті трансформаторлар мен автотрансформаторларға жүктеме кезінде кернеуді реттеу үшін жартылай реттегіш трансформаторлар қолданылады (2.24-сурет).*



2.23 сур. РПН кернеудің реттеу жүктемесі:

*Ab* - автотрансформатордың негізгі орамасы;  
*bc* - сериялық трансформатор;  
*de* - автотрансформаторды реттеу

Олар 2-тізімді трансформатордан тұрады, ол қосымша автокөлік трансформаторы 1-нің негізгі орамасына қосымша ЭМҚ енгізеді және осы ЭМӨ-ні өзгертетін автотрансформаторды 3 түзейді. Осындай трансформаторлардың көмегімен кернеу (бойлық реттеу) ғана емес, сонымен қатар фазасы (көлденең реттеу) өзгеруі мүмкін. Осындай трансформаторлардың құрылысы РПН қарағанда әлдеқайда күрделі, сондықтан олар қымбат және оларды қолдану шектеулі.



Сурет. 2.24. Сериялық реттеуіш трансформаторды автоматты трансформаторға ауыстыру сызбасы, торус:

1 - автотрансформатордың негізгі орамасы; 2 - тізбектелген трансформатор; 3 - автотрансформаторды реттеу

Реттегіш трансформаторлардың түрлерінің бірі желілік реттегіш болып табылады, кернеуді  $\pm 10-15\%$  шегінде реттеуді көздейтін крандар алмастырғышсыз серияға немесе трансформаторға қосылады.

Сызықтық реттегіштер автотрансформаторлары бар қосалқы станцияларда кеңінен қолданылады. СН жағында кернеуді реттеу РПН автотрансформаторға кіріктірілген кранмен алмастырғышпен қамтамасыз етіледі, ал НН жағында кернеуді автоматты реттеу арқылы жабдықталған реттейтін трансформатор бар. ЛТМ типті трансформаторлар 6-10 кВ қуаттылығы 1,6 - 6,3 МВ·А, қуаттылығы 35 кВ дейінгі кернеу үшін 16-100 МВА қуаттылығы бар ЛТМН, ЛТДМ типтері бойынша шығарылады.

## **2.3. Синхронды және статикалық кеңейту қосылыстары**

### **2.3.1. Негізгі ақпарат**

Электр энергиясын тұтынушылар, белсенді қуаттан басқа, индукциялық қозғалтқыштарды, индукциялық пештерді, трансформаторларды және басқа да электр қабылдағыштарды пайдалану үшін қажетті магнитті өрістерді жасауға жұмсалатын жүйенің реактивті қуатын реакторлардан пайдаланады.

Реактивті қуатты құру үшін отын іс жүзінде тұтынылмайды. Дегенмен, реактивті қуатты генератордан тұтынушыларға беру трансформаторлар мен желілерде қосымша шығындармен (қуат және кернеу) байланысты. Желілерде белсенді энергияны жоғалту тұтынушыларға жүктеледі, бұл оларға үлкен жүктеме жүктейді. Кернеудің жоғалуы электр қабылдағыштар алатын энергия сапасының төмендеуіне әкеледі. Сондықтан реактивті қуатты алу үшін тұтынушыларға жақын реактивті қуат көздерін орнату экономикалық жағынан тиімді. Мұндай көздер синхронды және статикалық компенсаторлар болып табылады.

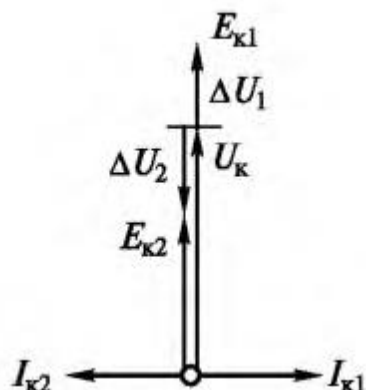
### **2.3.2. Синхронды кеңейту қосылыстары**

Синхронды компенсатор (СК) қозғалтқыш режимінде жұмыс істейтін синхронды машина болып табылады. Ашық ЭДС режимінде статор орамдары  $E_{k1}$  желілік кернеудің Ұлыбританиядан жоғары (2.25-сурет).  $\Delta U = E_{k1} - U_k$  кернеуінің айырмашылығының әрекет етуі бойынша, акустикалық СК-де  $90^\circ$ -ге дейінгі А-ның векторын артта қалдыратын СК бар. Осы режимдегі компенсатор желіге реактивті қуат береді. ЭҚТ отикалық режимде  $E_{k2} < U_k$ , статор СС-да ток  $k2$  пайда болады,  $AU2$  жетекші векторы  $90^\circ$ , яғни СК желіден реактивті қуатты жұмсайды. Синхронды кеңейту қосылыстары білікке белсенді жүктемені алып жүрмейді, сондықтан олардың құрылысы жеңілдетіледі. Компенсаторлар төмен жылдамдықпен (750-1000 айн / мин) көлденең білікпен және айқын полюсті ротормен орындалады.

2.26 Сутегі салқындатуымен синхронды компенсатор КСВ көрсетеді. Компенсатордың корпусы, оның мойынтіректері, майлы суыту және мұнай сорғылары герметикалық мөрленген пиджакта орналасқан. 3, 4 оқшаулағыш плиткалар арқылы 10,5 кВ кернеу статор 1-ге және қоздырғыштан байланыс сақиналарына жіберіледі. Корпустың төменгі бөлігінде екі мұнай сорғысы 8, массажер және суықтатқыш бар. Сутегі айналымы 0,1-0,2 МПа қысымымен ұстап тұрады, ол сутегінен корпустан тұрады және оны компенсатор корпусының ішінен жүргізеді. Жылытылған сутек 12 салқындатылған газ салқындатқыштың кіріс тесіктеріне кіреді, онда ол салқындатылады. Синхронды компенсатор номиналды қуатпен, кернеумен, статор тоқымен, ротордың жиілігі мен

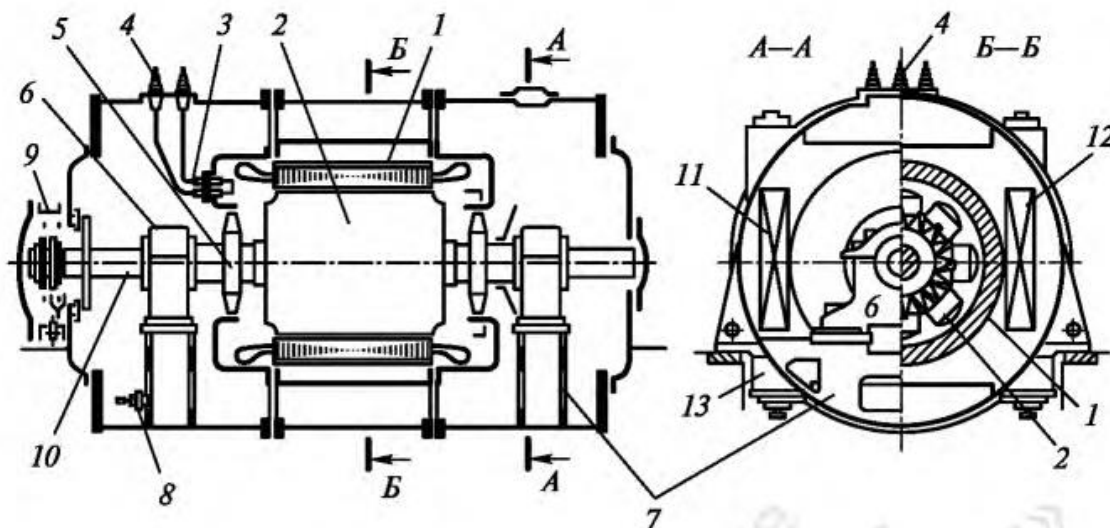


номиналды тоқымен сипатталады. Энергия шкаласы МЕМСТ 609-84 сәйкес анықталады. Синхронды компенсатордың номиналды кернеуі желінің номиналды кернеуінен 5-10% жоғары.



2.25 – сурет Синхронды компенсаторлардың векторлық схемасы аса аз және жеткіліксіз режимдерде

Қозғалыс тоқына байланысты, синхронды компенсатор күшті және артық емес режимдерде жұмыс істей алады, реактивті қуатты генерациялайды немесе тұтынады. Қозғалыс тоқын реттеу арнайы АРВ схемалары арқылы жүзеге асырылады. Синхронды төмен қуатты компенсаторлар суды салқындату (КСВ) бар қуатты машиналарда электр қозғалтқышының тәуелсіз қозу (2.9, а суретін қараңыз)

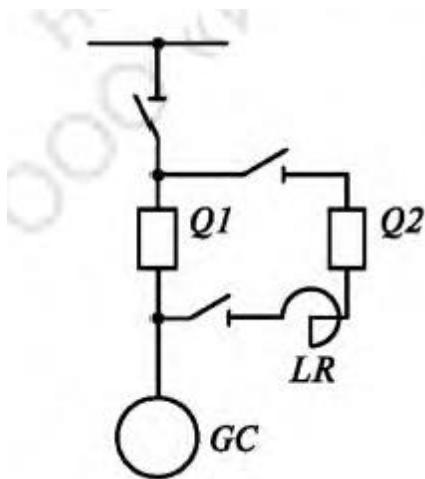


2.26 – сурет КСВ түрінің синхронды компенсаторы

1 - статор; 2 - ротор; 3, 4 - окшаулау пломбалары; 5 - желдеткіш; 6 - мойынтіректер; 7 - тірек платформалар; 8 - мұнай сорғысы; 9 - байланыс сақиналарының камерасы; 10 - білік; 11, 12 - газ салқындатқыштың шығу және кіріс тесіктері; 13 - газ салқындатқышы

қоздырғышы компенсатордың корпусына салынған арнайы щеткасыз қоздыру блогынан жүзеге асырылады. Синхронды компенсаторлардың АПП тізбегі генераторлармен бірдей.

Қуатты СК (10,000 кВ·А және одан жоғары) реактор арқылы торға қосылып, токтарға шектеу қою және шиналарға стресс қою (2.27-сурет). Реактордың параметрлері қосалқы станцияның автобустарында кернеуді іске қосу сәтінде екіншісінен  $(80-85\%)U_{ном}$  төмен түспеуі, ал СК-дегі кернеу  $(30-65\%) U_{ном}$ , ал ток  $(2 - 2.8) I_{ном}$  атауы. Қосылу кезінде Q1 қосқышы өшірілуі, Q2 қосулы. Компенсатордың кеңеюі асинхронды күшіне байланысты.



2.27 – сурет Синхронды компенсаторды реакторды іске қосу сызбасы

Айналу жылдамдығы синхрондыға жақындағанда, қозғау қолданылады және компенсатор синхронизмге тартылады. Қозу қозғалтқышын реттеу арқылы статордың миниатюралық ағымы орнатылып, Q1 қосқышы реакторды маневрден өткізіп, СК-ге қосады.

Синхронды генераторлар будың (немесе судың) турбинаға кіруі блокталған болса синхронды компенсатор режимінде жұмыс істей алады. Бұл режимде тасымалданатын турбиналық генератор

Желіден шағын белсенді қуатты тұтынып, желіге реактивті қуат беру керек. Гидрогенераторларды синхронды компенсатор режиміне ауыстыру агрегаттарды тоқтатпай орындалады, су турбиналық камерасын судан босату жеткілікті.

### 2.3.3. Статикалық кеңейту қосылыстары

Статикалық компенсаторлар айналмалы бөліктері жоқ конденсатор банктері және басқа реактивті қуат көздері (IRM) болып табылады.

Өнеркәсіптік кәсіпорындардың қосалқы станцияларында реактивті қуатты тұтынушыларға статикалық конденсаторлар (БК) батареялары орнатылды. Коннекторларды ашық және жабық қондырғылар үшін 220 В-тен 10,5 кВ-ға дейін майлы немесе суланған болуы мүмкін. Конденсацияның сыйымдылығы 10-дан 125 квар дейін, қуаттың  $Q_c$  қуат алу үшін параллельді қосылады. Энергия жүйелерінде 6 және 10 кВ-тық желі тораптарында орнатылады, ал қосалқы станцияларда (коммутаторарқылы) 6 және 10 кВ автобустарға қосылады. Жұлдызбен қосылған батарея өндіретін реактивті қуат,

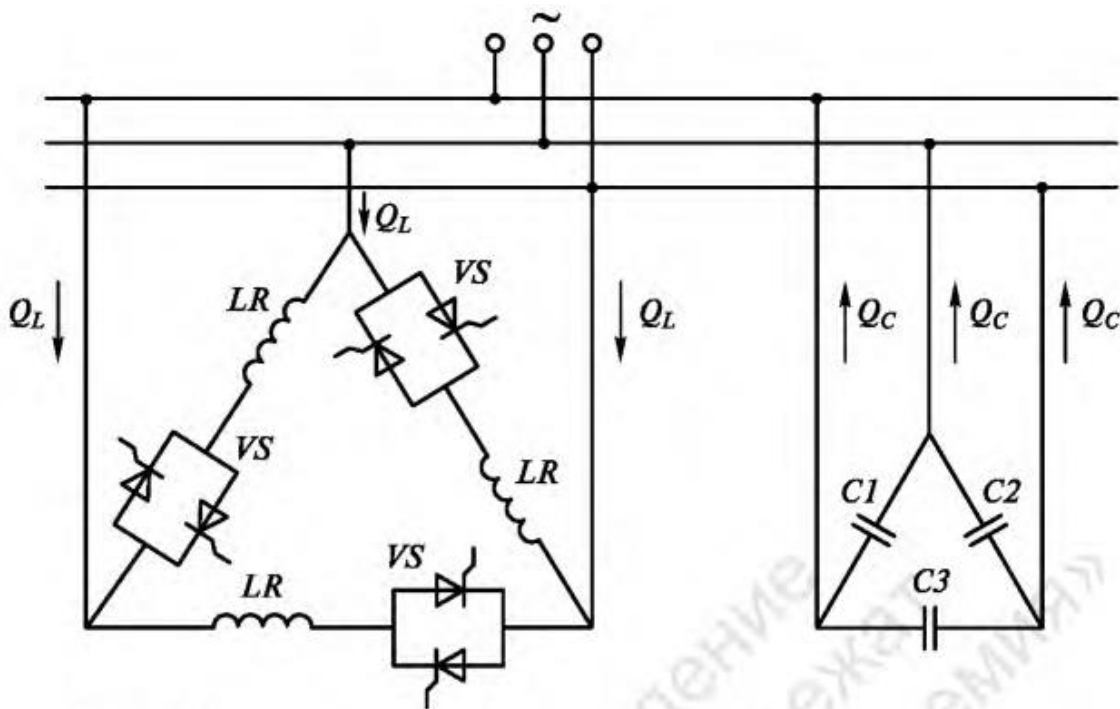
$$Q_c = 3U^2_{\phi} C \quad (2.8)$$

мұндағы БК-ны ауыстырған кернеу; C - БК-ның сыйымдылығы.

Егер конденсатордың консерваторлар саны бірдей желісіне (реттелмейтін ВС) қосылған болса, ең төменгі жүктеме режимінде реактивті қуаттың артық өтелуі мүмкін, бұл желідегі кернеу мен қосымша шығындардың көбеюіне әкеледі. Бұл қосылған конденсаторлар банктерінің санын реттеу қажеттілігіне әкеледі. Бұндай реттеу бір бөлек және көп сатылы болуы мүмкін, егер ББ бөлімдерге бөлінсе. Бөлімдерді қосу және ажырату автоматты түрде немесе қолмен орындалады.

БК-ның артықшылығы олардың қарапайымдылығы және кемшіліктері реактивті қуатты кернеуге, реактивті қуатты тұтынудың мүмкін еместігіне, қадамдық реттеуге тәуелділігі болып табылады.

Жақсартылған - тігінен реттелетін статикалық тиристоративті компенсаторлар. (2.28-сурет). Орнату реттелмейтін конденсаторлар (БК)  $C1$ ,  $C2$ ,  $C3$ , реактивті қуатты (сыйымдылық)  $Q_C$  шығаратын және  $VS$  индуктивтілік  $LR$  тиристорлық ажыратқыштарымен реттеледі. Тиристорлардың басқару электродтары автоматты басқару тізбегіне қосылады. Бұл қондырғының артықшылықтары айналмалы бөлшектердің болмауы, реттеу жылдамдығы мен тегістігі болып табылады.



2.28. - сурет Статикалық реттелетін компенсаторлардың схемасы

Тиристорларды жетілдіру және олардың құнын төмендету ИРМ синхронды кеңейту буындарынан гөрі қолайлы болады.

ТАП-110, АСТГ-200, ТЗВА-320 синхронды турбогенераторлары басқарылатын ИРМ ретінде пайдаланылуы мүмкін.

### Бақылау сұрақтары

1. Сутегі салқындатуы бар турбогенераторларда қандай артық қысым жасалады? Неге сутегі қысымының атмосфералық қысым жоғары болуы керек?
2. Су-салқындатылған турбогенераторлардың жобалау ерекшеліктері қандай?
3. Сутегі салқындатудан және ауаға немесе суды салқындатудан бас тарту үрдісінің себебі

қандай?

4. ТФ, ТЗФ, ТЗВ турбо генераторларының жаңа сериясында қандай салқындату жүйелері қолданылады?

5. Тәуелсіз қозу және өзін-өзі қозғау арасында қандай айырмашылық бар?

6. Генератордың магнит өрісін автоматты түрде тазалаудың мақсаты қандай?

7. Қандай конструктивті шаралар трансформаторларда  $P_k$  және  $P_x$  шығындарын азайтуға мүмкіндік береді?

8. М және Д трансформаторларының салқындату жүйесі арасындағы айырмашылық қандай?

9. Төтенше жүктемелерден номиналды қуаттан асатын рұқсат етілген жүктемелер арасындағы айырмашылық қандай?

10. Автотрансформатордың әдеттегі, өткізу қабілеті мен номиналды қуатын қалай анықтау керек?

11. Неліктен АТ бейтараптандырылуға тиіс?

12. Синхронды компенсатор мен синхронды генератор арасындағы айырмашылық қандай?

## 3 ТАРАУ

# ЭЛЕКТР ҚОНДЫРҒЫЛАРЫНДАҒЫ ҚЫСҚА ТҰЙЫҚТАЛУ СХЕМАЛАРЫ

### 3.1. Қысқаша тізбектердің түрлері, себептері және зардаптары

*Қысқа тұйықталу (ақаулық) - бұл бір-бірінің фазалық жабылуынан туындаған электр қондырғысының қалыпты жұмысының бұзылуы, сондай-ақ өлі бейтарап терминалдары бар желілердегі жердің фазалық жабылуы.*

Кемшіліктердің себептері әдетте механикалық зақымданудан, қартаюдан, шамадан тыс денелердің электр желілерінің сымдарындағы сызықтарымен, үлкен механизмдермен (көтерілген буммен крандар және т.б.) өтетін оқшаулау бұзылулары, тікелей найзағай соққылары, төзімділік, жабдықтар қанағаттанғысыз қызмет көрсету. Жиі қысқа тізбектермен бірге электр қондырғыларының зақымдану себебі техникалық қызмет көрсету қызметкерлерінің дұрыс емес әрекеттері болып табылады. Осындай әрекеттердің мысалдары - электр тізбегіндегі және релелік қорғаныс және автоматтандыру тізбектерінде ауысқан кезде қысқа тұйықталу әрекеттеріне кедергі келтіретін ажыратқышты токпен ажырату.

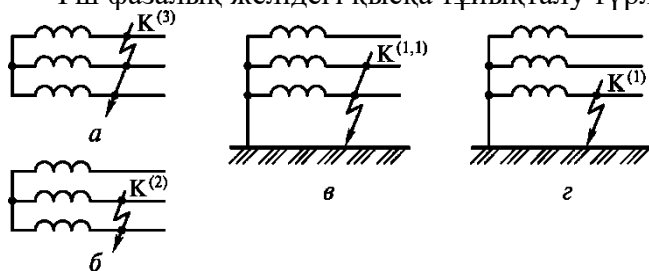
Қысқа тұйықталу кезінде зақымданған фазалардың ағымдары олардың қалыпты мәндерімен салыстырғанда бірнеше есе артады, кернеу төмендейді, әсіресе ақаулық орынға жақын.

Жоғары қысқа тұйықталу токтарының ағымы өткізгіштердің қызуын арттырады, бұл қуаттың жоғалуын жоғарылатуға, қартаюды жеделдетуге және оқшаулаудың бұзылуына әкеледі, ток-тасымалдау бөліктерінің және электр құрылғыларының механикалық беріктігін жоғалтуға әкелуі мүмкін.

Желідегі қысқа тұйықталу кезінде кернеу деңгейін төмендету қозғалтқыштардың сәттілігінің азаюына, олардың тежеуіне, өнімділігін төмендетуге және тіпті толық тоқтауға алып келеді.

Қысқа тұйықталу кезіндегі кернеудің күрт төмендеуі электр станцияларының генераторлары мен электр жүйесінің бөліктерінің параллель жұмысының тұрақтылығын бұзуға, жүйелік апаттардың пайда болуына әкелуі мүмкін.

Үш фазалық желідегі қысқа тұйықталу түрлері және олардың белгілері сурет. 3.1.



3.1. – сурет Қысқа тізбектердің түрлері:

а - үш фазалық қысқа тұйықталу; б - екі фазалық қысқа тұйықталу; в - жердегі екі фазалы қысқа тұйықталу; г - бірфазалы қысқа тұйықталу

Кез-келген үш фазалық желілерде үш фазалы және екі фазалы қысқа тұйықталулар мүмкін.

Бір фазалық немесе екі фазалы қысқа тұйықталу арқылы ток ағымы үшін трансформатордың кемінде бір жерге тұйықталған нөлдік нүктесі (бейтарап) ақаулық орынға электрлік түрде қосылған болуы керек (3.1суреттің в,г қараңыз). Жерлендірілген

нейтралдардың саны неғұрлым көп болса, онда осы ақаулық түрлері бар ақаулардың саны артады.

Қысқа тұйықталудың әртүрлі түрлерінің салыстырмалы жиілігі маңызды фактор болып табылады. Орташа мәліметтер бойынша, —%: үш фаза - 5; екі фаза - 10; бір фазалық - 65; кейде қысқа тұйықталудың бір түрі басқа (мысалы, 6-10 кВ кабельді желілерде, бір фазаның қысқа тұйықталу жиі фазалық-фазалық қателіктеріне ауысады).

Әдетте, электр доғасы қысқа тұйықталу импедансінің ағымдық элементтерінің кедергісімен бірге өтпелі кедергі жасайтын ақаулық орнында пайда болады. Кейде металл қысқа тұйықталу уақытша кедергісіз жүреді.

Энергетикалық жүйелердің сенімді жұмыс істеуін қамтамасыз ету және қысқа тұйықталу кезіндегі жабдықтың зақымдануын болдырмау үшін релелік қорғаныс құрылғылары арқылы ең аз уақытты кешіктіру және жоғары жылдамдықты өшіру құрылғылары (қосқыштар) арқылы қол жеткізілетін зақымдалған секцияны тез ажырату қажет. Қысқа тұйықталудағы синхронды генераторлардың қоздыру тоқын арттыратын, желінің әртүрлі желілеріндегі кернеу төмендетілген және қысқа тұйықталу кернеуін өшіргеннен кейін АРВ құрылғылары мен синхронды генераторлардың жедел жылдамдықты қоздыру қозғалысы (УБФ) маңызды рөл атқарады.

Жазатайым оқиғалар қаупін азайтатын шараларға мыналар жатады

ұтымды сызба желісінің сұлбасын таңдау, жабдықтар дұрыс таңдау; ток-шекті құрылғыларды пайдалану және т.б.

Осы шараларды жүзеге асыру үшін кемшіліктердің ағынын анықтауға және уақыт ішінде олардың өзгеру сипатын ескеру қажет.

### **3.2 Физикалық шамалардың хаттары**

Сәйкес [3.3, с. 1.3] осы тарауда қысқа тұйықталу токтарының есептеуінде қолданылатын физикалық шамалардың келесі әріптік белгілерін, сондай-ақ қысқа тұйықталу кезінде электродинамикалық және жылу кедергісі үшін өткізгіштер мен электр аппараттарын тексерген кезде пайдаланамыз.

|                                            |                                                                         |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| $I$                                        | ток, нақты мән                                                          |
| $i$                                        | ток, лездік құн                                                         |
| $\dot{I}$                                  | ток комплексті, тиімді мән                                              |
| $I_{\max}$                                 | ток амплитудалық мән                                                    |
| $I_{\text{ном}}$                           | номиналды ток                                                           |
| $i_{\text{уд}}$                            | КЗ соққы тоғы                                                           |
| $i_{\text{дин}}$                           | ток электродинамилық тұрақтылық                                         |
| $I_{\text{вкл}}, i_{\text{вкл}}$           | қосылу тоғы, тиімді және лездік құндылық                                |
| $I_{\text{сбв}}, i_{\text{сбв}}$           | өтпелі ток, белсенді және сәтті мәндері;                                |
| $I_{\text{пр.сбв}}, i_{\text{пр.сбв}}$     | шектік өтпе ток, тиімді және лездік мәні                                |
| $I_{\text{откл}}, i_{\text{откл}}$         | сөнген ток, тиімді және лездік мәні                                     |
| $I_{\text{откл.ном}}, i_{\text{откл.ном}}$ | Электрқұрылғысын өшірудің номиналды ток                                 |
| $I_t, i_t$                                 | ток $t$ уақытында                                                       |
| $I_{\tau}, i_{\tau}$                       | ток $\tau$ уақытында                                                    |
| $I_{\text{тер}}$                           | жылу тұрақты ток                                                        |
| $I_{\infty}$                               | тұрақты күйдегі ток                                                     |
| $I_{\kappa}$                               | КЗ тоғы, жалпы мақсаттағы                                               |
| $I_{\Pi}, i_{\Pi}$                         | КЗ тоғының мерзімді құрамдас бөлігі                                     |
| $I_a, i_a$                                 | КЗ тоғының аперидотық құрамдас бөлігі ( $I_a = i_a$ )                   |
| $I_{(0)}$                                  | КЗ тоғының мерзімді құрамдас бөлігінің бастапқы тиімді мәні ( $t = 0$ ) |
| $i_{a(0)}$                                 | Аперидотық құрамдас бөлікті токтың бастапқы мәні КЗ ( $t = 0$ )         |
| $I_{\Pi\tau}, i_{\Pi\tau}$                 | КЗ тоғының кезеңдік және аперидотық компоненттері $t = \tau$ уақытында  |
| $U, u$                                     | кернеу, тиімді және лездік мән                                          |

$U_1, U_2, U_0$  — тиісінше алдыңғы, кері және нөлдік позициялардың кернеуі

|                       |                                                                           |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| $\Delta U$            | кернеу шығыны                                                             |
| $\varphi$             | кернеу мен ток арасындағы фазалық жылжу бұрышы                            |
| $\cos \varphi$        | қуат коэффициенті                                                         |
| $E, e$                | электр қозғаушы күш, белсенді және лездік мәндер                          |
| $R, r$                | қарсылық белсенді                                                         |
| $X, x$                | реактивті қарсылық                                                        |
| $Z$                   | толық қарсылық, модуль                                                    |
| $Z_1, Z_2, Z_0$       | алдыңғы, кері және нөлдік тізбектердің кедергісі                          |
| $T_a$                 | КЗ тоғының аперидотық құрамдас бөлігінің ыдырау уақытының тұрақты мәні    |
| $\beta_{\text{норм}}$ | ауыспалы токтың аперидотық компонентінің нормаланған пайызы               |
| $B_{\kappa}$          | КЗ кезіндегі Джоульдың интегралы                                          |
| $B_{\text{тер}}$      | КЗ жағдайына арналған электр аппараттарының нормаланған Джоуль интегралы; |
| $t_{\text{тер}}$      | электрлік аппараттардың жылу тұрақтылығының уақыты                        |
| $t_{\text{откл}}$     | КЗ өшіру уақыты, КЗ ұзақтығы                                              |
| $t_{\text{с.в.откл}}$ | өзіндік уақытта өшірілетін сөндіргіш                                      |
| $t_{\text{в.откл}}$   | сөндіргішті өшірудің жалпы уақыты                                         |
| $t_{\text{р.з min}}$  | релелік қорғанысты пайдаланудың ең аз жобалау уақыты                      |
| $\tau$                | коммутациялық құрылғының бұрылу байланыстарының басталу сәті              |

### 3.3. Үш фазалы қысқа тұйықталу

Қысқа тұйықталу үрдісінің мәнімен танысу үшін қысқа тұйықталу кезінде үш фаза қысқа тұйықталу кезіндегі зақымдану үдерісін түсіну тұрғысынан қарапайым боламыз (3.2-сурет).

Үш фазалық ақаулық симметриялы, себебі оның астында токтар мен кернеулердің симметриясына әсер етпейді (қысқа тұйықталу тізбегінің үш фазасының кедергісі тең деп есептеледі). Фазалардағы қысқа тұйықталу токтарының жүктеме режимімен салыстырғанда, фазалық және фазалық-фазалық кернеулер азаяды. Қысқа тұйықталу контурының ( $r_k$ ,  $\omega L_k$ ) кедергісі неғұрлым қысқа болса, қысқа тұйықталу тогы соғұрлым көп және желідегі кернеу жоғарырақ болады. Үш фазалы қысқа тұйықталумен жүйе теңдестірілген күйде қалады, себебі ақаулар тізбегінің кез келген нүктесінде геометриялық токтар мен кернеулер нөлге тең болады. Қысқа тұйықталу кезінде ток және кернеу (бұрыштық  $\phi$ ) арасындағы фазалық жылжу бұрышы қысқа тұйықталу тізбегінің индуктивті және белсенді кедергісінің қатынасы бойынша анықталады. 1000 В жоғары кернеулі қондырғыларда орын алатын ақаулық тізбектің белсенді кедергісі салыстырмалы түрде аз болса, бұрышы  $\phi$   $90^\circ$  жақындайды, яғни. қысқа тұйықталу тогы тек индуктивті немесе индуктивті компонент болып табылады.

Қысқа тұйықталу (3.2-суретті қараңыз) схеманы екі бөлікке бөледі: оң және  $r_1$  және  $a_1 = x_1$  кедергісі бар, сол жақта  $K_3$   $r_k$  және  $\omega L = x_k$  тізбегінің қоректену көзі мен кедергісі бар.

Индуктивтіліктегі тізбектерде ағымның бірден өзгеруі мүмкін емес. Схеманың қарсыласуындағы кез-келген өзгеріс өтпелі процесті тудырады, оның ішінде тізбектегі ток тұрақты белгілі бір күйге ауысады.

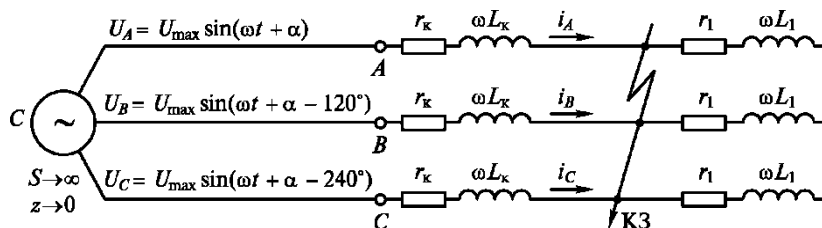
Үш фазалық ақаулық қарастырылған тізбектің екі бөлігіндегі процестер өздігінен жүреді.

Оң жағы шағылысқан ақаулыққа айналып шығады, сол себепті ол ток тек индуктивтілік  $L_1$ -де сақталатын магнит өрісінің энергиясы белсенді қарсыласу  $r_1$ -де пайда болатын қызуды бастағанға дейін ғана сақталады. Бұл ток тізбектің қарсыласуының белсенді-индуктивті сипатында қалыпты режимнің ағымынан аспайды және бірте-бірте нөлге дейін өлсе, жабдыққа қауіп төндірмейді.

LR индуктивтерінің қатысуымен қуат көзі (генераторлар, қозғалтқыштар, синхронды компенсаторлар) бар тізбектің сол жағындағы режимнің өзгеруі өтпелі процесспен бірге жүреді, бірақ оның сипаты мен тұрақты күйге көшу ұзақтығы оның өзгеруіне байланысты болады. Ақаулық кезінде немесе көзге көрінбейтін бастапқы кездегі ЭМӨ.

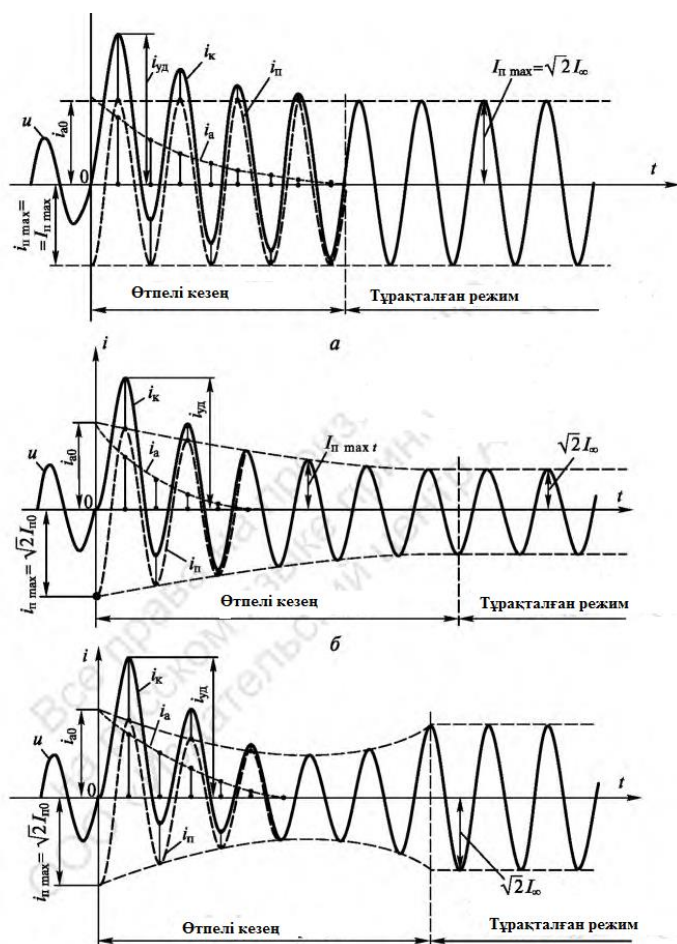
Жоғарыда айтылғандарға сәйкес үш фазалық ақаулықтың үш жағдайлары қарастырылады:

а) Тұрақты кернеудің қуат жүйесінің автобустарынан қоректену тізбегіндегі қысқа тұйықталу;



3.2. – сурет Үздіксіз кернеу автобустарымен жұмыс істейтін симметриялық тізбектегі үшфазалы қысқа тұйық.





3.3. – сурет Апериодтық компоненттің максималды мәні бойынша үш фазалы қысқа тұйықталудың ағымдағы өзгерісінің қисықтары

а - тұрақты кернеу шиналарынан берілетін тізбекте; б - АРВ жоқ синхронды генераторда;  
с - АРВ бар синхронды генераторлық тізбектері

б) қоздыруды автоматты басқару үшін құрылғыларсыз шектеулі қуат генераторынан берілетін тізбектегі қысқа тұйықталу

(АРВ);

в) АРВ-мен шектеулі қуат генераторынан берілетін тізбектегі қысқа тұйықталу.

Суретте. 3.3 үш фазалық ақаулық токтарының өзгеру кестелері көрсетілген.

Графиктің сол жақ бөлігінде (3.3 суретті қараңыз) алдыңғы жүктеме режимінің ағымдағы қисық сызығы көрсетіледі  $i_n$ . I токтарының осьтерінің осі i уақыт осі бойынша қиылысуы ҚТ пайда болған уақытқа сәйкес келеді ( $t = 0$ ). Графиктің оң жақ бөлігінде ағымдағы қисықтар  $i_k$ ,  $i_n$ ,  $i_a$  көрсетіледі. Ағымдық  $i_k$  қисық сызық тізбектегі нақты ҚТ тогын немесе жалпы қысқа тұйықталу тогын білдіреді.  $i_a$  және  $i_a$  қисықтары жалпы ток  $i_k$  кезеңдік және апериодтық компонентіне сәйкес келеді. Графикті құрастырудың жалпы нұсқаулығы ретінде, КЗ тізбегінің  $x_k = \omega L_k$  индуктивті кедергісі белсенді  $r_k$  ( $x_k \gg r_k$ ) үстінен үстемдікке ие және ағымдағы КЗ  $i_n$  мерзімді компоненті шамамен  $90^\circ$  фазасынан ЭДС фазаны кешіреді деп болжанған.

ҚТ тогының амплитудасының ток шамасының өзгеруімен сипатталатын процестің бөлігі уақытша режим (тұрақсыз) деп аталады. Тұрақты жағдайда қысқа тұйықталу тогының амплитудасы тұрақты болып табылады.

Үш фазалы ҚТ барлық үш жағдайын егжей-тегжейлі қарастырайық.

### **Автобус жүйесімен басқарылатын тізбектегі үш фазалы ҚТ тұрақты кернеу (сурет 3.3, а)**

Қысқа тұйықталу токтарының есептеулерінде жиі пайдаланылатын «тұрақты кернеу қуатының жүйесі» анықтамасы бойынша қуатты қуат көзі болып табылады, оның шиналарындағы кернеу желі режиміндегі жүктеме қоқыстарындағы, жүктемелерде, қысқа тұйықталу кезіндегі өзгерістермен іс жүзінде тұрақты болып қалады. Мұндай көздің ішкі қарсылығын нөлге тең деп қарастырады ( $x_c = 0$ ;  $r_c = 0$ ) және қуат шексіз үлкен ( $S_{ном\ c} = \infty$ ), бірақ шын мәнінде қуат жүйелерінің және олардың кедергілерінің кейбір соңғы мәндері бар.

Алдымен пайда болған сәтті қарастырайық.

Бұл симметриялы үшфазалы жүйе болғандықтан, орын алған құбылыстарды бағалау үшін бұл процесті бір фаза бойынша қарау керек.

Жоғарыда айтылып кеткендей, электр тізбегіндегі ток қысқа тұйықталу тогымен бірге артады. Дегенмен, тізбектің қысқа тұйықталу (сол жақ) бөлігіндегі ток  $i_k$  кернеуінің бірден көбеюі мүмкін емес (3.2-суретті қараңыз), өйткені бастапқы статордың және ҚТ тізбегінің орамасы  $L_k$  индуктивтілігіне ие.

ҚТ бастапқы кезде  $x_k = \omega L_k$  қысқа тұйықталу тізбегіндегі индуктивтілікке төзімділікпен, өзін-өзі индуктивтіліктің эмфi кері бағытта өздігінен индукциялық ток пайда болуына әкеліп соғады, яғни еркін апериодтық ток (қисық 4). Апериодическая, бұл ток шақырылады, өйткені оның бағыты уақыт бойынша өзгермейді. Демек, ақаулықтың басталу сәтінен бастап, жалпы КЗ  $i_k$  ток екі құрамдас ретінде ұсынылуы мүмкін:

$i_a$  индуктивтіңде магнит өрісінің энергиясы шегіне байланысты қысқа тұйықталу тогының еркін апериодтық компоненті;

$i_n$  - кернеу көзінің кернеуінің әсерінен қысқа тұйықталудың тоқтап тұру мерзімді компоненті.

Осы екі компоненттің өзара әрекетінің нәтижесінде, КЗ ( $t = 0$ ) бастапқы сәтте тізбектегі жалпы ток ток жүктемесінің ток  $i_{n0}$  шамасының лездік мәніне тең. Осылайша,

$$i_{a0} + i_{n0} = i_{n0} \quad (3.1)$$

онда  $i_{a0}$  - ҚТ тогының апериодтық компонентінің бастапқы мәні;  $i_{n0}$ -ҚТ тогының мерзімді компонентінің бастапқы мәні;  $i_{n0}$ -ҚТ туындаған кездегі жүктеме токінің сәттегі мәні ( $t = 0$ ).

Формула (3.1) негізінде уақыт  $t = 0$

$$i_{a0} = i_{n0} - i_{n0} \quad (3.2)$$

Жалпы қысқа тұйықталу тогының және оның апериодтық компонентінің барынша ықтимал мәндерінің пайда болу шарттары кейбір қызығушылық тудырады. Оның (3.2) формуладан көрініп тұрғандай, индуктивтілік жүктемесі бар желілердегі апериодтық токтың бастапқы мәні ( $x_k \gg r_k$ ;  $\varphi_k \approx 90^\circ$ ) ақаулықтың басталу кезіндегі кернеу нөлден өтсе максималды болады ( $t = 0$  а = 0) көзінің бастапқы кернеу бұрышы, жүктеме

тізбегіндегі ток болмаған ( $i_{H0} = 0$ ) және мерзімді компонент ең үлкен мәнге ие  $i_{H0} = I_{n \max}$ , одан кейін

$$i_{a0 \max} = - I_{n \max} \quad (3.3)$$

Апериодтық компоненттің максималды мәнін қамтамасыз ететін жалпы қысқа тұйықталу тогының өзгеруіне арналған қисық сызық сурет. 3.3, а (мұнда /  $a0 = -4$  мкМ).

Қысқа тұйықталу үрдісінде апериодты және мерзімді компоненттер қалай өзгередінін қадағалайық.

Қысқа тұйықталу тізбегіндегі индуктивтіліктің LR-дегі энергетикалық резервке байланысты апериодтық компонент экспоненталық түрде төмендетіледі:

$$i_{a \ t} = i_{a0} e^{-t/T_a}, \quad (3.4)$$

онда  $T_a$  - КЗ тізбегінің ыдырау уақыты

$$T_a = \frac{L_K}{r_K} = \frac{x_K}{\omega_K} \quad (3.5)$$

онда  $L_K$ ,  $r_K$ ,  $x_K$  - ҚТ индуктивтілігі, белсенді кедергісі және индуктивті қарсылығы;  $\omega = 2\pi f$  - бұрыштық жиілік.

Қысқа тұйықталу тогының апериодтық компонентінің ыдырау жылдамдығы қысқа тұйықталу схемасының белсенді және индуктивтілік кедергісінің ара-қатынасына байланысты: қысқа тұйықталудың белсенді қарсылығы соғұрлым көп, қарқынды азайту.

ҚТ тогының бастапқы мәндеріне және апериодтық компоненттің демпингіне қатысты жоғарыда сипатталғандай қысқа тұйықталу ақауларының барлық үш жағдайы үшін жарамды. 3.3 сур.

Дегенмен, қысқа тұйықталу тогының мерзімді компоненті қуат көзіне байланысты түрлі жолмен өзгереді.

Бастапқы нүкте ҚТ үшін мерзімді компоненттің құны ( $t=0$ ) Қоректендіру кернеуі (энергиялық жүйе) RS және кедергісі тұйықталу байланысты. Ақаулықтың мерзімді құрайтын уақыт кезеңі заңына сәйкес, көздің кернеу жиілігіне (энергия жүйесінің) жиілігі тең. РС шыққан кезден бастап кез-келген уақытта оның лездік мәні теңдеу арқылы анықталады:

$$i_{\Pi \ t} = \frac{U_{\max}}{Z_K} \sin(\omega t + \alpha - \varphi_K) = I_{\Pi \max} \sin(\omega t + \alpha - \varphi_K), \quad (3.6)$$

онда  $U_{\max}$  - көздің фазалық кернеуінің амплитудасы;  $Z_K$  - қысқа тұйықталудың кедергісі;  $\alpha$  - бастапқы уақыт кернеуінің фазалық бұрышы  $t=0$ ;  $\varphi_K$  - бір фазаның бастапқы кернеуіне қатысты қысқа тұйықталу тізбегіндегі кедергі бұрышын (қысқа тұйықталу тізбегінің белсенді және индуктивті кедергісі арақатынасымен анықталады);  $I_{n \max}$  - қысқа тұйықталу тогының мерзімді компонентінің амплитудалық мәні.

Өйткені бұл жағдайда біз тұрақты кернеудің қуат жүйесіндегі автобустардан қысқа тұйықталуды қарастырамыз, онда қайнар көзінің кернеуінің инварианты қысқа тұйықталудың бүкіл процесі кезінде ақаулық токтың амплитудасының тұрақтылығын анықтайды.

ҚТ өтпелі процесінің ұзақтығы қуатты қуат көзінің шиналарынан қоректендірілген кезде ғана қысқа тұйықталу тогының апериодтық компоненті арқылы анықталады. Осы

ток күшінің төмендеуі салдарынан тұрақты күйдегі қысқа тұйықталу режимі тізбекте тұрақты күйдегі ток ағып жатқан кезде орнатылады. ҚТ орын алған тізбеге орнатылған барлық электрлік құрылғылар,  $i_{kt}$ -тің жалпы ақауларына әсер ете отырып, белгілі бір уақытта мерзімді және апериодтық компоненттердің сомасына тең.

Қысқа тұйықталу тогының қисық сызығын талдау (бұр. Сур. 3.3а), бастапқы қысқа тұйықталудан кейін жалпы қысқа тұйықталу тогының лездік мәні ең үлкен мәнге жетіп, КЗ ток соғуы деп аталады және  $i_{kt}$  (қысқа тұйықталу контурындағы электр жабдықтары мен құрылғылары бойынша ең үлкен механикалық әсерді беретін ток).

Сур. 3.3 және соққы тоғы қысқа тұйықталу тогының мерзімді және апериодтық компоненттерінің қосындысы ретінде айқындалады, бұл кезде  $t = 0,01$  сек.

Соққы тоқын анықтаған кезде, осы уақытқа дейін қысқа тұйықталу тогының мерзімді компоненті елеулі өзгерістерге ұшырамайды және бастапқы сәттегідей,  $I_{nmax}$ -ге тең деп саналады. Тек апериодтық компоненттің азаюы есепке алынады, ең жоғарғы бастапқы мәні -  $I_{nmax}$ . Тең қабылданады  $R_{max}$  жорамалдар соққы ток ретінде анықталады

$$i_{уд} = k_{уд} I_{nmax} + i_{a t=0.01} = I_{nmax} + I_{nmax} e^{-0.01/T_a} = I_{nmax} (1 + e^{-0.01/T_a}) \quad (3.7)$$

Немесе

$$i_{уд} = k_{уд} I_{nmax} \quad (3.8)$$

Мұнда  $k_{уд}$  — соққы коэффициенті, бұл ақаулық тізбегінің уақытша

$$k_{уд} = 1 + e^{-0.01/T_a} \quad (3.9)$$

тұрақтылығына байланысты

Амплитудалық (максималды) -  $I_{nmax}$  және ток токтарының мерзімді құрамдас бөліктерінің ағымдағы  $I_{n0}$  мәндерінің арасындағы

$$I_{nmax} = \sqrt{2} I_{n0} \quad (3.10)$$

байланысты ескере отырып практикалық есептеулерде пайдаланылатын қысқа тұйықталу тогының шамасын анықтау үшін соңғы формуланы аламыз

$$i_{уд} = \sqrt{2} I_{n0} k_{уд} \quad (3.11)$$

Осылайша, тұрақты кернеудің қуат жүйесінің автобустарынан қуат алу кезіндегі өтпелі процесс қысқа тұйықталу тогының апериодтық компонентінің азайғаннан кейін аяқталады, содан кейін жалпы қысқа тұйықталу тогы амплитудадағы өзгеріссіз оның мерзімді компонентіне тең. Бұл жағдайда еркін КЗ үшін ток тиімді мәндері тең: мерзімді компонент

$$I_{nt} = I_{n0} = \frac{I_{nmax}}{\sqrt{2}} = \text{const}; \quad (3.12)$$

апериодтық компонент

$$I_{at} = i_{at} \quad (3.13)$$

толық ток ақаулығы

$$I_{\kappa t} = \sqrt{I_{\Pi t}^2 + i_{at}^2} \quad (3.14)$$

### ҚАР-сыз шектеулі генератордан ток алатын тізбектегі үшфазалы ҚТ (қысқа тұйықталу) (3.3, б, 3.4 сур.)

Алдындағымен салыстырғанда бұл жолы генератор шықпасындағы ҚТ қарастырылады. Қысқа тұйықталу ЭСК генераторы нөлге тең болған кезде болады. Бұрынырақта белгіленгендей,  $x_{\kappa} \gg r_{\kappa}$  (қысқа тұйықталу тізбегінің индуктивті кедергісі оның белсенді кедергісінен артық).

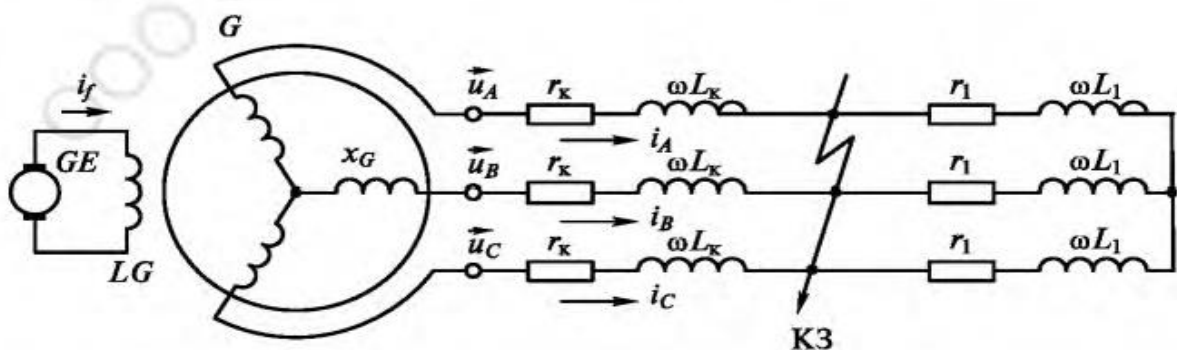
3.3, б сур. сөндірулі ҚАР құрылғысы кезіндегі генератордан қуат алатын үшфазалы ҚТ тоғының қисық өзгерісі келтірілген. ҚТ пайда болу сәті ( $t = 0$ ) ҚТ тоғының апериодтық құраушысы мен ҚТ толық тоғы максималды шегіне жеткен кезіне сәйкес келеді ( $i_{a0} = -I_{\Pi \max}$ ).

ҚАР сөндірулі кезіндегі генератор шықпасындағы ҚТ қарастырып жатқандықтан, if қоздыру тоғы мен онымен байланысты Фу қоздырудың магнитті ҚТ үрдісінде өзгеріссіз қалады.

«Электр машиналары және трансформаторлар» курсына синхронды генератордағы кенеттен болған ҚТ үрдісін оқып, жинаған білімімізге сүйене отырып, жеке құрастырушы және сәйкесінше толық ҚТ тоғын өзгертетін негізгі себептерді есімізге түсірейік.

ҚТ апериодтық құраушысының көлемін анықтайтын шарттар мен сөну сипаттамасы, пайда болу себептеріне қатысты айтылғандар осы жолғы ҚТ кезінде де әділ болып қалады.

Қарастырып отырған ҚАР-сыз генератордан қуат алатын ҚТ өзгеріссіз кернеу энергожүйелі шинадан қуат алатын ҚТ негізгі айырмашылығы ҚТ тоғын периодты құраушыларының амплитудаларының біртіндеп белгіленген ең жоғарғы мәннен  $I_{\Pi \max}$  ең

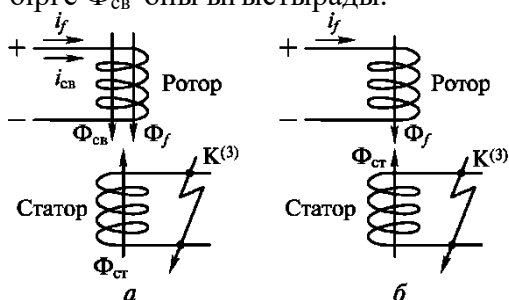


3.4. – сурет. Синхронды генератордан қуат алатын симметриялық тізбектегі үшфазалы ҚТ төменгі мәнге дейін өзгеріп отыратын тұрақсыздығында.

Амплитудалардың бұл төмендеуі сәйкесінше ЭСК тоқ генераторы ҚТ үрдісіндегі негізгі периодтық құрастырушы тоқ мәнінің төмендеуі статор реакциясының магнитсіздеуші әрекетінің біртіндеп артуы себебінен болады, яғни, генератордың ауа саңылауындағы қорытқы магниттік ағынның төмендеуінен. Үшфазалы ҚТ кезіндегі генератордың магниттік ағындары 3.5 сур. көрсетілген.

ҚТ пайда болу кезінде ( $t = 0$ ) генератор статорының орамасында тоқ ұлғаяды. Осы сәтте біз қарастырып отырған ҚТ тоғының периодтық құраушылары ЭСК генераторынан  $\phi_k \sim 90^\circ$  бұрышы фазасында қалып қояды да статордың магниттік ағынын тудырады  $\Phi_{ст}$  (3.5, а сур. қараңыз), ол генератордың қоздыру ағынына  $\Phi_f$  қарсы бағыттталып, бойлық ось бойынша статордың магниттік ағыны реакциясы сияқты болады. Бірақ, генератордың қоздыру орамасының индуктивтігі болғандықтан, оған жабысқан  $\Phi_u$  ағыны бірден өзгере алмайды. Бұл тек қоздыру орамасында ҚТ тоғының алғашқы сәтінде-ақ қосымша, яғни, еркін апериодтық тоқ  $i_{св}$  пайда болған жағдайда ғана мүмкін. Ол тоқ та генератордың қоздыру тоғы  $i_f$  сияқты бағыттталатын көлемі бірдей және статордың бойлық магниттік ағыны бағытына қарама-қарсы ( $\Phi_{св} = -\Phi_{ст}$ ) қосымша еркін ағын  $\Phi_{св}$ . Осы ерін магниттік ағынның  $\Phi_{св}$  күші статор ағынын  $\Phi_{ст}$  роторлық ораманың сейілуді жолына ығыстырып шығады, нәтижесінде қоздыру орамасына жабысқан магниттік тоқ өзгермейді. Сәйкесінше, генератордың ЭСК ҚТ алғашқы сәтінде секіріспен өзгермейді және ЭСК бастапқы режиміндей бірдей болып қалады.

Еркін тоқтар сонымен қатар, қалыпқа келтіретін орамаларда (егер генераторда бар болса) және оның болат массасында кездеседі. Олар да статор ағынына қарсы бағыттталған қосымша еркін ағындар тудырып, қоздыру орамасында пайда болған еркін тоқтармен бірге  $\Phi_{св}$  оны ығыстырады.



3.5. – сурет Үшфазалы ҚТ кезіндегі генератордың магниттік ағындары  
а —  $t = 0$  кезінде; б — бекітілген режимде

Қоздыру орамасы, қалыпқа келтіретін орама мен ротордың болат массасы белсенді кедергіге ие болғандықтан, оларда пайда болған ҚТ алғашқы кезіндегі еркін (апериодтық) тоқтар экспоненттік заң бойынша сөніп қалады. Сәйкесінше, олар тудырған еркін магниттік ағындар да азаяды. Осының нәтижесінде статордың  $\Phi_{ст}$  магниттік ағыны біртіндеп роторлық ораманың контурларына еніп, машинаның ауа саңылауындағы қорытқы магниттік ағындары азаяды да генератор ЭСК азаюы мен ҚТ периодтық құраушы  $i_{п}$  тоғының амплитудасының азаюына алып келеді. Қоздыру орамасы мен қалыпқа келтіретін орамалардағы еркін тоқ сөнген соң ЭСК генераторы мен ҚТ периодтық құраушы тоғының амплитудасының өзгерісі тоқтайды да ҚТ бекітілген режимі орнайды.

Осылайша, *ҚТ өтпелі үрдісінің ұзақтығы бұл жағдайда ҚТ тоғының периодтық құраушыларының өзгеру ұзақтығымен анықталады, ол өз кезегінде роторлық орамалардағы еркін тоқтардың сөну уақытына тәуелді.*

Заманауи генераторлардың ҚТ өтпелі үрдісінің ұзақтығы 3-5 с. көп емес.

ҚТ ( $t = 0$ ) кезінде генераторды сипаттайтын параметрлерді *асқын өтпелі* деп атайтынын айта кетуіміз керек.

Оларға мыналар жатады:

Бойлық ось бойынша генератордың асқын өтпелі кедергісі  $x''_d$ ;

Асқын өтпелі ЭСҚ, оның әсер ету фазалық мәні былай белгіленеді  $E_{|0|}''$ .  
 ҚТ тоғының периодтық құраушыларының алғашқы мәнін былай белгілейді:  
 $I_{п\max}$  — амплитуда;  
 $I_{п0}$  — ҚТ бірінші периодындағы әсер ету мәні.  
 Синусоидалық ток үшін

$$I_{п0} = \frac{I_{п\max}}{\sqrt{2}}.$$

Мұнда  $x_{рез}$  — ҚТ тізбегінің нәтижелік кедергісі

$$I_{п0} = \frac{E_{|0|}''}{x_d'' + x_k} = \frac{E_{|0|}''}{x_{рез}}, \quad (3.15)$$

Генератордың ЭСҚ асқын өтпелілігі мына шартпен анықталады

$$E_{|0|}'' = \sqrt{(U_{|0|} \pm I_{|0|} x_d'' \sin \varphi_{|0|})^2 + (I_{|0|} x_d'' \cos \varphi_{|0|})^2}, \quad (3.16)$$

Мұнда  $U_{|0|}$  және  $I_{|0|}$  — сәйкесінше фазалық кернеу және ҚТ алдыңғы режиміндегі генератор статорының тоғы;  $\varphi_{|0|}$  — сол режимдегі ток векторлары мен кернеуі арасындағы өзгеру бұрышы.

Еркін магниттік ағындар сөнгеннен кейін ҚТ тоғының периодтық құраушылары азайып, мынадай шартпен анықталады

$$I_{пт} = \frac{E_{\Phi t}}{x_d'' + x_k} = \frac{E_{\Phi t}}{x_{рез}}, \quad (3.17)$$

мұнда  $E_{\Phi t}$  —  $t$  уақыт кезіндегі ЭСҚ фазасының әсер ету мәні.

Алдындағы жағдайдағыдай соққылық ток мына формуламен анықталады (3.11):

$$i_{уд} = \sqrt{2} I_{п0} k_{уд}$$

### АРВ-мен шектелген қуат генераторынан берілетін тізбекте үшфазалы ҚТ (3.3-сурет, с)

Электр станцияларында жұмыс істейтін генераторлар генератордың статор орамасының терминалдарында белгіленген кернеудің барлық ауытқуларына сәйкес қоздыру тоғын автоматты түрде өзгерткен кернеудің белгілі бір деңгейін ұстап тұруға арналған автоматтандырылған қоздырғышты бақылау (АРВ) құрылғыларымен жабдықталған.

АРВ қосылған генераторлық терминалдарда ҚТ процесі қалай жүретінін қарастырайық.

Қысқа тұйықталу кезінде генератордағы кернеу төмендейді және автоматты контроллер қоздыру тоғын арттырады. Алайда, барлық АРВ құрылғыларының кейбір іштей әрекет ету уақыты бар және ротордың орамасының айтарлықтай индуктивтілігі қоздыру тоқының жоғарылауын кешіктіргендіктен, АРВ-тің әрекет етуі дереу емес, бірақ қысқа кідіріспен (ҚТ басталуынан кейін 0,08-0,3 с) пайда болады. Бұл, АРВ ҚТ алғашқы кезеңдеріндегі ҚТ тоғының шамасына әсер етпейтінін түсіндіреді. ҚТ тоғының мерзімді және аperiodтық компоненттерінің бастапқы мәндері, аperiodтық компоненттің ыдырауы, шок тоғы АРВ жоқ генератордың қарастырылған жағдайындағылармен бірдей болып қалады.

Генератордың ҚТ кезіндегі кернеудің төмендеуі ақаулық орынның электрлік қашықтығына байланысты. Демек, АРВ жүйесіндегі реакция және АРВ әсерінен кейінгі ҚТ тоғының мерзімді құрамдас бөлігінің өзгеру сипаты да оған байланысты. Генераторға өте жақын ҚТ (хк кіші) ҚТ тоғының мерзімді компоненті АРВ әсерінен кейін артады, бірақ шамалы, нәтижесінде тұрақты күйде  $A < 1$ .  $x_k$  мәнінің үлкен мәнімен,  $1 / 00 / n_0$  арақатынасы артады. ҚТ ұзақ қашықтық кезінде, қарсылық  $x_k$  генератордың 4-6 коэффициентінен асып кеткен кезде, тұрақты күй режимінің  $1 / *$  ағымдағы ток  $1 / n_0$  ( $D > 1 / n_0$ ) тең немесе одан да көп болуы мүмкін.

Ақаулықтың орналасу көзінен қашықтығынан кейін ҚТ тоғы азаяды және генератордың жұмысына

әсер етеді, яғни қашықтағы ҚТ құрылғылары АРВ генераторлары жұмыс істемесе және олардың қозғау тоғын арттырмайды, сондықтан қашықтағы ақаулықтарда генератордағы кернеу өзгеріссіз және номиналды кернеуге теңестіріледі. Бұл жағдайда ҚТ тізбегіндегі ағымдағы өзгерістің сипаты тұрақты кернеудің қуат жүйесіндегі автобустардан ҚТ қуатымен бірдей болады.

### **3.4. Үшфазалы қысқа тұйықталу тоғын есептеу әдістері**

#### **3.4.1. Есептеуді орындау міндеті мен тәртібі**

ҚТ тоғын есептеу келесілер үшін қажет:

электр станциялары, желілер мен қосалқы станциялардың негізгі сызбасын салыстыру, бағалау мен таңдау үшін;

электр аппараттары мен өткізгіштерді таңдау мен тексеру;

релелік қорғаныс пен автоматика құрылғыларын жобалау мен баптау;

байланыс желісіндегі электр беру желісінің нөлдік бірізділігі тоғының әсерін анықтау;

жерге қосатын құрылғыларды жобалау;

электр құрылғылары мен электр жүйесіндегі апаттарды талдау;

электр желілерінде түрлі сынақтарды жүргізу әдістерін жасау және мүмкіндігін бағалау;

энергожүйелер жұмысының беріктігін талдау.

Бұл кітапта кернеуі 1 кВ артық болатын өзгермелі тоғы бар электр құрылғыларындағы ҚТ тоғын есептеу әдістері қарастырылады, олар электр станциялары мен қосалқы станцияларда қолданылатын электр аппараттары мен өткізгіштерді тексеру мен таңдауға, сонымен қатар, жерге қосатын құрылғыларды таңдауға, релелік қорғаныс пен автоматика құрылғыларының сезімталдығын тексеру мен орнатуды таңдауға қажет.

Ірі электр жүйелеріндегі ҚТ тоғын есептеу – нақты есеп үшін жоғары санатты ЭЕМ қолдануды талап ететін біршама қиын тапсырма.

Сонымен қатар, тәжірибеде кездесетін тапсырмалардың көп бөлігін шешуге бірқатар жорамалдар қолданылады, олар есептеулерді жеңілдетіп, айтарлықтай қатесіз орындауға мүмкіндік береді.

[3.1, 1.1 б.; 3.3, 5.1 б.] сәйкес ҚТ тоғын есептеу кезінде төмендегілерді есептемеуге рұқсат етіледі:

ҚТ ұзақтығы 0,5 с аспайтын болса синхронды генераторлардың, компенсаторлар мен электр қозғалтқыштар роторының айналу жиілігінің өзгеруі мен ЭСҚ фазасы бойынша жылжуы;

күштік трансформаторлар мен автотрансформаторлардың магниттеу тоғын;

электр машиналарының магниттік жүйелерінің толысуы;

кернеуі 110-220 кВ, ұзындығы 200 км аспайтын және кернеуі 330-500 Кв ал ұзындығы 150 км аспайтын электр беру желілерінің көлденең ауа сыйымдылығы;

ҚТ тоғының периодтық құраушысы – электр энергетикалық жүйенің белсенді кедергі бөліктері, оның ішінде, егер ҚТ нүктесімен салыстырмалы нәтижелі эквивалентті белсенді кедергі қорытқы эквиваленті индуктивті кедергінің 30% аспаған жағдайдағы электр берудің кабельдік және ауа желілерін есептеу кезінде. Алайда, ҚТ тоғының аперидоттық құраушысының  $T_a$  тұрақты сөну уақытын анықтаған кезде белсенді кедергіні ескеру керек.



Көрсетілген жорамалдар ҚТ тоғының біршама артуына алып келеді (есептеу қателері 5 - 10 % - дан аспайды, бұл талаптарға сәйкес рұқсат етіледі [3.1]).

Үшфазалы ҚТ тоғын есептеу келесідей тәртіпте жүзеге асырылады:

1. Қарастырылып отырған электр құрылғысының есептеу сызбасы жасалады, ҚТ есептеу нүктелері белгіленеді.

2. Есептеу сызбасын негізге ала отырып, эквивалентті алмастыру сызбасы жасалады, онда барлық кернеу нөмірленеді.

3. Алмастыру сызбасының барлық бөліктерінің кедергі шамасы салыстырмалы немесе атаулы шамада анықталады және алмастыру кестесінде көрсетіледі; ҚТ есептеу нүктелері белгіленеді.

4. ҚТ есептеу нүктелерін біртіндеп салыстыру арқылы алмастыру сызбасын барынша қарапайым түрге алып келеді, ондағы мақсат белгілі эквивалентті мәнмен сипатталатын әр

тоқ көзі немесе қуат көзінің тобы ҚЭК  $E''_{\text{ЭКВ}}$  және соққы коэффициенті  $k_{\text{уд}}$ , ҚТ нүктесімен бір қорытқы кедергімен байланысуында.

5. Ом заңы бойынша ҚТ тоғының периодтық құраушыларының бастапқы әсер ететін мәні анықталады, одан кейін соққылық ток  $I_{\text{уд}}$ , берілген уақыт сәті  $t$  ( $I_{\text{п } t}$ ,  $i_{a t}$ ) үшін ҚТ тоғының периодтық және аperiodтық құраушылары  $I_{\text{по}}$  анықталады.

Төменде үшфазалы ҚТ тоғын [3.1] талаптары мен [3.3] ұсыныстарын қолдана отырып есептеуді жүргізу кезеңдері қарастырылады.

### 3.4.2. Электр құрылғысын есептеу сызбасы

Электр құрылғысы есептеу сызбасы ұғымы аясында ҚТ тоғына әсер ететін барлық бөлшектер мен олардың параметрлері көрсетілетін, сондықтан, есептеу барысында ескерілуі тиіс жеңілдетілген бірсызықты сызба қабылданған.

Есептеу сызбасының мысалы 3.6.сур. көрсетілген.

Есептеу сызбасында немесе оның қосымшасында ҚТ тоғын есептеу кезінде ескерілетін кедергілер, барлық бөлшектер (жүйелер, генераторлар, трансформаторлар, электр беру желілері, рекаторлар), атаулы параметрлері (кернеу, қуат, кедергі және т.б.) көрсетіледі, яғни, көрсету керек: энерго жүйелер үшін -

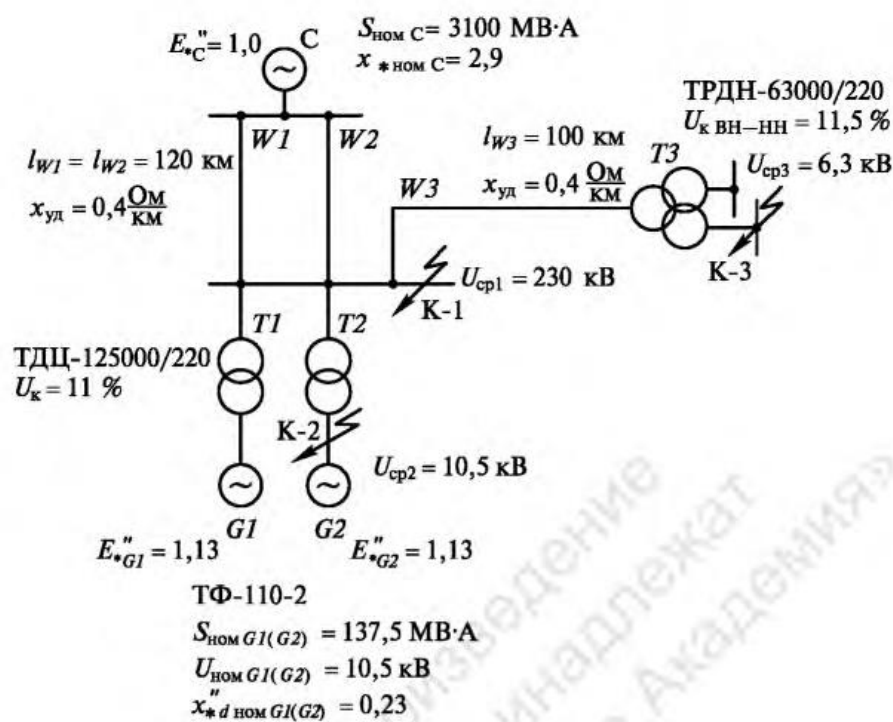
—  $S_{\text{ном } C}$ , МВ·А;  $x^*_{\text{ном } C}$

генераторлар, синхронды компенсаторларға —  $S_{\text{ном } G}$  МВ·А;  $x''_{d^* \text{ ном}}$  ;

трансформаторлар үшін (АТ) —  $S_{\text{ном } T}$ , МВ·А;  $u_k$ , %;

электр беру желілері үшін —  $I_w$ , КМ;  $x_{уд}$ , Ом/км;

реакторлар үшін —  $X_{\text{ном}}$ , Ом.



3.6 сур. Электр құрылғысын есептеу сызбасы

Ескерту. Индекс \* (жұлдызша) шама шартты бірлікпен көрсетілгенін білдіреді, «ном» индексі — берілген бөлшектің атаулы параметрлеріне жататынын көрсетеді.

Атаулы параметрлер электр құрылғылардың каталогтық мәліметтерінен алынады, электр беру желілерінің  $x_{уд}$  салыстырмалы кедергісін 3.1 кестесінен алуға болады.

Электр құрылғыларын есептеу сызбасындағы құрама шинада орташа кернеу  $U_{ср}$  кВ шамасы 770; 515; 340; 230; 154; 115; 37; 24; 20; 18; 15,75; 13,8; 10,5; 6,3; 3,15 шкаласына сәйкес көрсетіледі.

3.1. Кесте

### Электр беру желілерінің салыстырмалы индуктивті кедергісінің орташа мәні

| Электр беру желісі                           | Худ, Ом/км |
|----------------------------------------------|------------|
| Біртізбекті ауа желісі, кВ:                  |            |
| 6—220                                        | 0,4        |
| 220 — 330 (фазада екі сымға ыдыраған кезде)  | 0,325      |
| 400 — 500 (фазада үш сымға ыдыраған кезде)   | 0,307      |
| 750 (фазада төрт сымға ыдыраған кезде)       | 0,28       |
| Үш өзекті кабель, кВ:                        |            |
| 6 — 10                                       | 0,08       |
| 35                                           | 0,12       |
| Бір өзекті май толтырылған кабель 110—220 кВ | 0,16       |

Әр сатыға орташа кернеу ала отырып, берілген сатыда қосылған барлық бөлшектердің атаулы кернеуі оның орташа кернеуіне тең деп есептеледі. Сонымен қатар, есептеу сызбасында қысқа тұйықталу алдындағы режимде ЭСК қуат көзінің ( $E_j 0$ ) асқын өтпелі фазалық мәндерін көрсетілуі тиіс.

Шартты түрде барлық синхронды машиналар ҚТ дейін толық атаулы жүктемемен, атаулы қуат коэффициенті мен атаулы кернеу жағдайында жұмыс жасаған деп есептеледі.

Сонымен қатар, олардың барлығы ҚАР құрылғысымен және қоздыруды ұдету құрылғысымен жабдықталған.

Синхронды генераторлар мен қозғалтқыштар үшін асқан өтпелі ҚАР (3.16) формуласымен, ал, синхронды компенсаторлардікін мына формуламен анықтайды

$$E''_{|0|} = U_{|0|} \pm I_{|0|} x''_d \quad (3.18)$$

(3.16) және (3.18) формулаларында (+) белгісі ҚТ кезіне дейін аза қозу режимінде жұмыс істеген синхронды машиналарға жатады, ал (-) белгісі толық қозбаған режимдегілерге жатады;  $U_0$ , —

сәйкесінше ҚТ алғашқы режиміндегі синхронды машина статорының тоғы мен фазалық кернеуі;  $x''_d$  — синхронды машинаның асқын өтпелі кедергісі.

Асинхронды қозғалтқыштар (АҚ) үшін

$$E_0 = \sqrt{(U_{|0|} - I_{|0|} x''_{Ad} \sin \phi_0)^2 + (I_{|0|} x''_{Ad} \cos \phi_0)^2}, \quad (3.19)$$

мұнда  $x_{Ad}$  — АҚ асқын өтпелі индуктивті кедергісі, о.е.

(3.16), (3.18), (3.19) формулаларында салыстырмалы бірлік жүйесін қолданған кезде  $U_0 = 1,0$ ;  $I_{|0|} = 1,0$  мәні пайдаланылады.

$$E''_{|0|} = \sqrt{(U_{|0|} - I_{|0|} x''_{Ad} \sin \phi_0)^2 + (I_{|0|} x''_{Ad} \cos \phi_0)^2} \quad (3.19)$$

### 3.2.кесте

#### Атаулы шарт жағдайындағы $E''$ асқын өтпелі ЭСҚ орташа мәндері

| Көзі                           | $E''_{ном, о.е.}$ |
|--------------------------------|-------------------|
| МВт қуатты турбогенератор:     |                   |
| 100 дейін                      | 1,08              |
| 100 — 1000                     | 1,13              |
| Қалыпқа келтіретін орамасы бар | 1,13              |
| Қалыпқа келтіретін орамасы жоқ | 1,18              |
| Синхронды компенсатор          | 1,2               |
| Синхронды электр қозғалтқыш    | 1,1               |
| Асинхронды электр қозғалтқыш   | 0,9               |
| Энергетикалық жүйе             | 1,0               |

3.2 кестесінде ҚТ тоғын есепту кезінде қолдануға болатын  $E''$  асқын өтпелі ЭСҚ ток көздерінің орташа мәндері келтірілген. Осында қозғалтқыш жүктемесі ЭСҚ туралы да мәлімет болады. Генератор кернеуі шинасына тікелей қосылған жүктеме (ЖЭС-да) генератор қуатының шамасымен өлшеніп, ҚТ тоғын есептеу кезінде ЭСҚ шамасының  $E'' = 1,0$  дейін төмендейтінін ескеруіміз керек. ҚТ тоғына жақын жерде қосылған аса көлемді жүктеме өзінің параметрлері бар жалпылама ток көзі ретінде саналады  $E''_{ном} = 0,85$ ;  $x''_{ном} = 0,35$  ҚТ жанындағы ток онсыз есептелген ҚТ тоғының 5%-дан кем емес жүктемесін құрайтын болса осы параметрлермен есептеледі.

ҚТ тоғын есептеу кезінде кешенді жүктеменің әсерін есептеу әдістері [3.1, 9 б.] және [3.3, 5.7 б.] көрсетілген.

Алыста орналасқан желілер, трансформация сатылары арқылы ҚТ тоғынан алыстаған жүктемелер ескерілмейді.

ҚТ кезінде қозғалтқыш жүктемесінің электр станциясының өз қажеттілігі жүйесіне әсері төменде қарастырылады.

Есептеу сызбасында ҚТ тоғына есептеу жүргізілуі тиіс нүктелер қойылады, нақтырақ

айтсақ, ҚТ нүктесі қосымша жалғанған (желі, трансформатор) кернеудің құрама шиналарына, электр аппараттары мен тоқ жүргізетін бөлшектерді таңдау керек желіге қойылады.

3.6. суретте көрсетілген есептеу сызбасын қарастырып көрейік. Мұнда  $W1$ ,  $W2$ ,  $W3$ , ауа желілерінде аппаратты,  $T1$  ( $T2$ ) блоктық трансформаторларда 220 кВ шықпаны таңдау үшін К-1 н. (құрама шиналардағы  $и_{ср1} = 230$  кВ) ҚТ тоғын есептеу қажет. Блоктың генераторлық кернеуі желісіндегі аппаратты таңдау үшін К-2 н.  $и_{ср2} = 10,5$  кВ ҚТ тоғы қарастырылады; Т3 трансформаторына (ТК) енгізу желісінде аппарат таңдау үшін К-3 н. құрама шинада  $и_{ср3} = 6,3$  кВ болатын ҚТ есептеледі.

#### 3.4.3. Эквивалентті электрлік алмастыру сызбасы

Электр құрылғыларын есептеу сызбасы негізінде тікелей ретті эквивалентті электрлік алмастыру сызбасы жасалады.

*Алмастыру сызбасы деп, есептеу сызбасының бастапқы мәліметтерімен сәйкес келетін, тек барлық магниттік (трансформерлік) байланыстар электрлікке алмастырылған сызбаны айтады.*

Трансформаторлар мен қосарланған реакторлардың алмастыру сызбасы 3.3. кестеде берілген.

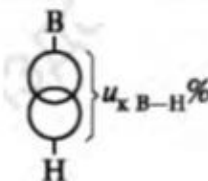
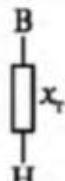
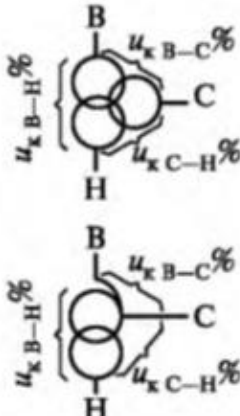
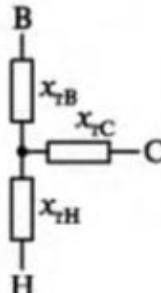
Алмастыру сызбасының әр кедергісіне жеке нөмір қойылады, ол есептеудің соңына дейін сонда сақталады. Алмастыру сызбасында ҚТ есептеу нүктелері қойылады.

3.6 сур. көрсетілген К-1, К-2, К-3 н. үшфазалы ҚТ тоғын есептеу сызбасы бойынша алмастыру сызбасының бастапқы мәліметтерінің мысалы 3.7 а, в, д сур. көрсетілген.

Алмастыру сызбасын жасаған кезде ҚТ тоғының қуат көзінен ҚТ тоғының зақымдалған жеріне қарай жүргенде айналып өтетін есептеу сызбалары көрсетілмейді. Мысалы, К-1 және К-2 н. үшфазалы ҚТ тоғының есебі ҚТ жерінен алыстағы  $W3$  желісі мен Т3 трансформаторының жүктемесінсіз жүргізіледі, сондықтан,  $W3$  желісі мен Т3 трансформаторы алмастыру сызбасына кіргізілмейді (3.7, а, в сур. қараңыз).

#### 3.3.кесте

**Трансформаторлардың, автотрансформаторлардың және қосарланған реакторлардың алмастыру сызбасы. Олардың индуктивті кедергілерін анықтау**

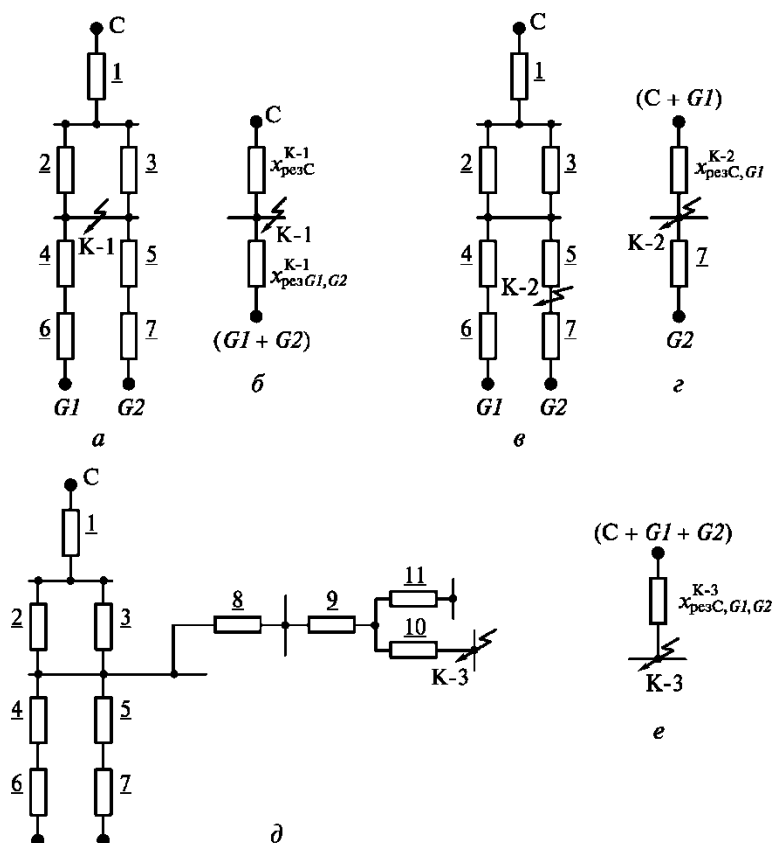
| Атауы                                        | Бастапқы сызба, бастапқы мәліметтер                                               | Алмастыру сызбасы                                                                 | Атаулы шарттар жағдайындағы есептеу мәндері                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Екі орамалы трансформатор                    |  |  | $x_{т} \% = u_{к \text{ В-Н}} \%$                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Үш орамалы трансформатор, авто-трансформатор |  |  | $x_{т \text{ ВН}} \% = 0,5(u_{к \text{ В-Н}} \% + u_{к \text{ В-С}} \% - u_{к \text{ С-Н}} \%);$<br>$x_{т \text{ СН}} \% = 0,5(u_{к \text{ В-Н}} \% + u_{к \text{ С-Н}} \% - u_{к \text{ В-С}} \%);$<br>$x_{т \text{ НН}} \% = 0,5(u_{к \text{ В-Н}} \% + u_{к \text{ С-Н}} \% - u_{к \text{ В-С}} \%)$ |

| Атауы                                                                              | Бастапқы сызба, бастапқы мәліметтер | Алмастыру сызбасы | Атаулы шарттар жағдайындағы есептеу мәндері                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Үш тармаққа бөлінген ең төменгі кернеулі ормалы, екіге бөлінген ормалық топ        | <p><i>a</i></p> <p><i>б</i></p>     |                   | <p><i>a</i></p> $x_{тВН} \% = 0,125 u_{кВН-НН} \%;$ $x_{тНН1} \% = x_{тНН2} \% = 1,75 u_{кВН-НН} \%$ <p><i>б</i></p> $x_{тВН} \% = u_{кВН-НН} \% - 0,5 u'_{кНН1-НН2} \%;$ $x_{тНН1} \% = x_{тНН2} \% = u'_{кНН1-НН2} \%;$ <p><math>u'_{кНН1-НН2} \%</math> задаётся в каталогах относительно</p> $S_{НН1} = S_{НН2} = 0,5 S_{ном т}$ |
| Екі тармаққа бөлінген ең төменгі кернеулі ормалы бірфазалы екі ормалық топ         |                                     |                   | $x_{тВ} = 0;$ $x_{тНН1} \% = x_{тНН2} \% = 2 u_{кВН-НН} \%$                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Үш тармаққа бөлінген ең төменгі кернеулі ормалы бірфазалы трансформаторлардың тобы |                                     |                   | $x_{тВН} = 0;$ $x_{тНН1} \% = x_{тНН2} \% = x_{тНН3} \% = 3 u_{кВН-НН} \%$                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Қосарланған реактор                                                                |                                     |                   | $x_C = -k_{св} x_{LR}, \text{ Ом}$ $x_1 = x_2 = (1 + k_{св}) x_{LR}, \text{ Ом}$                                                                                                                                                                                                                                                     |

### 3.3 кестенін соңы

К-3 н. ҚТ тоғын есептегенде алмастыру сызбасына **W3** желісі мен **T3** трансформаторын енгізу қажет, себебі олардың үстінен К-3 н. қарай ҚТ тоғы өтеді (3.7, д сур. қараңыз).

Бұдан кейін алмастыру сызбасындағы барлық кедергілердің шамасын анықтау қажет. Бұл жағдайда каталогтық және зауыттық ақпараттық мәліметтерде аппараттар мен машиналардың өздерінің *атаулы қуаты мен кернеуіне* қатысты атаулы параметрлері берілетінін ескерген дұрыс. Бірқатар жағдайда есептеу сызбасы бір, көп жағдайда бірнеше сатылы кернеуден тұрады, сондықтан, эквивалентті алмастыру сызбасы көмегімен есептеулерді жүргізу үшін әуелі алмастыру сызбасындағы барлық кедергілерді бір базалық шартқа алып келу керек.



3.7. - сурет. ҚТ тоғын есетеуге арналған алмастыру сызбасы:

*a* — К-1 н. үшін бастапқы; *б* — К-1 н. үшін соңғы; *в* — К-2 н. үшін бастапқы; *г* — К-2 н. үшін соңғы; *д* — К-3 н. үшін бастапқы; *е* — К-3 н. үшін соңғы

Алмастыру сызбасындағы кедергіні есептеудің екі әдісі бар: **салыстырмалы бірлікпен** (яғни, базалық шаманың белгілі бір үлесімен) немесе **атаулы бірлікпен** (оммен).

Кедергіні салыстырмалы бірлікпен есептеу үшін базалық шарттар болуы тиіс:

$S_6$  — базалық қуат, МВ·А;

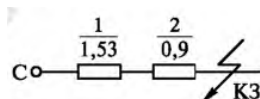
$U_6$  — базалық кернеу, кВ.

Базалық қуат есебіне кез келген шаманы алуға болады. Кедергілердің салыстырмалы шамаларының тәртібі ыңғайлы болуы үшін есептеу кезінде  $S_6 = 1000$  МВ·А мәні жиі қолданылады. Базалық кернеу ретінде қысқа тұйықталу есептелетін сатының орташа кернеуін  $U_6 = U_{cp}$  пайдалану ыңғайлы. 3.4 кестедегі формулаларды қолдана отырып, базалық шартқа келтірілген алмастыру сызбасының барлық элементтерінің кедергісін салыстырмалы бірлікпен анықтайды.

Егер алмастыру сызбасының кедергісі атаулы бірлікпен орындалатын болса, **базалық кернеу  $u_6$** , шамасы болуы тиіс. Базалық кернеу ретінде алмастыру сызбасында бар қандай да бір кернеу сатысына тең  $U_{cp}$  орташа кернеу  $u_6$  алынады. Егер ҚТ тоғын есептеу электр аппараттарын таңдау үшін жүргізілетін болса, базалық кернеу мәнін ҚТ тоғы қарастырылатын  $U_6 = U_{cp}$  сатысын алу ыңғайлы болады. Кедергілерді ом арқылы анықтайтын есеп формулалары 3.4. кестеде келтірілген.

Элементтер кедергілерінің алынған шамалары алмастыру сызбасында бөлшек түрінде көрсетіледі (алымында – кедергінің реттік нөмірі, бөлімінде – қабылданған есептеу әдісіне байланысты салыстырмалы бірлікте немес ом түріндегі шамасы).

Мысалы:



ҚТ тоғын электрлік аппараттарды тексеру мен таңдау үшін есептейтін болса, оны салыстырмалы бірліктер жүйесін қолдана отырып жасаған ыңғайлы әрі оңай болатынын айта кеткен жөн, ал, релелік қорғаныс саласына қатысты бірқатар есептерге атаулы бірліктерді пайдалану дұрыс болады.

Алмастыру сызбасындағы кедергіні **атаулы бірлікпен** (оммен) есептеу қосымша назар аударуды талап етеді, себебі, **барлық** кедергілерді **бір** базалық кернеуге (мысалы,  $U_{б1} = U_{ср1}$ ), алып келу керек, ал, есептеу сызбасында бірнеше кедергі сатылары бар. Есептеу үдерісінде алмастыру сызбасының кедергісі мен ҚТ тоғын бір кернеу сатысынан ( $U_{ср1}$ ) екіншісіне ( $U_{ср2}$ ) ауысқан кезде қайта-қайта есептеу қажеттілігі туындайды.

3.4 кесте

#### Келтірілген кедергі мәндерін анықтауға арналған есептік өрнек

| Электр құрылғысының элементі | Бастапқы параметр                                         | Атаулы бірлік, Ом                                                | Салыстырмалы бірліктер, о. е.                             |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Генератор (G)                | $x_{d*ном}'';$<br>$S_{номG}, \text{ МВ} \cdot \text{А}$   | $x_{\bar{6}} = x_{d*ном}'' \frac{U_{\bar{6}}^2}{S_{номG}}$       | $x_{*6} = x_{d*ном}'' \frac{S_{\bar{6}}}{S_{номG}}$       |
|                              | $x_d'', \%$ ;<br>$S_{номG}, \text{ МВ} \cdot \text{А}$    | $x_{\bar{6}} = \frac{x_d''}{100} \frac{U_{\bar{6}}^2}{S_{номG}}$ | $x_{*6} = \frac{x_d''}{100} \frac{S_{\bar{6}}}{S_{номG}}$ |
| Энергия жүйесі (С)           | $S_K, \text{ МВ} \cdot \text{А}$                          | $x_{\bar{6}} = \frac{U_{\bar{6}}^2}{S_K}$                        | $x_{*6} = S_{\bar{6}}/S_K$                                |
|                              | $I_{откл.ном}, \text{ кА}$                                | $x_{\bar{6}} = \frac{U_{\bar{6}}^2}{\sqrt{3}I_{откл.ном}U_{ср}}$ | $x_{*6} = \frac{S_{\bar{6}}}{\sqrt{3}I_{откл.ном}U_{ср}}$ |
|                              | $x_{*номC};$<br>$S_{номC}, \text{ МВ} \cdot \text{А}$     | $x_{\bar{6}} = x_{*номC} \frac{U_{\bar{6}}^2}{S_{номC}}$         | $x_{*6} = x_{*номC} \frac{S_{\bar{6}}}{S_{номC}}$         |
| Трансформатор (Т)            | $x_T\% = u_K\%;$<br>$S_{номT}, \text{ МВ} \cdot \text{А}$ | $x_{\bar{6}} = \frac{x_T\%}{100} \frac{U_{\bar{6}}^2}{S_{номT}}$ | $x_{*6} = \frac{x_T\%}{100} \frac{S_{\bar{6}}}{S_{номT}}$ |
| Реактор (LR)                 | $x_{номLR}, \text{ Ом}$                                   | $x_{\bar{6}} = x_{номLR} \frac{U_{\bar{6}}^2}{U_{ср}^2}$         | $x_{\bar{6}} = x_{номLR} \frac{S_{\bar{6}}}{U_{ср}^2}$    |
| Электр беру желісі (W)       | $x_{уд}, \text{ Ом/км};$<br>$l, \text{ км}$               | $x_{\bar{6}} = x_{уд}l \frac{U_{\bar{6}}^2}{U_{ср}^2}$           | $x_{\bar{6}} = x_{уд}l \frac{S_{\bar{6}}}{U_{ср}^2}$      |

Ескерту.  $S_{ном}$  — элементтердің (генератордың, трансформатордың, энерго жүйенің) атаулы қуаты,  $\text{МВ} \cdot \text{А}$ ;  $S_{\bar{6}}$  — базалық қуат,  $\text{МВ} \cdot \text{А}$ ;  $S_K$  — ҚТ энерго жүйесінің қуаты,  $\text{МВ} \cdot \text{А}$ ;  $I_{откл.ном}$  — сөндіргіштің атаулы сөну тоғы, кА;  $x_{*номC}$  — энерго жүйенің салыстырмалы атаулы кедергісі;  $x_T\%$  — ҚТ трансформаторы  $u_K\%$  кернеуі арқылы анықталатын трансформатордың салыстырмалы кедергісі (3.3 кестені қараңыз);  $I_{\bar{6}}$  — базалық ток, кА;



$U_{cp}$  — берілген элементті орнатқан жердің орташа кернеуі, кВ;  $x_{уд}$  — желінің 1 км ұзындыққа индуктивті кедергісі, Ом/км;  $l$  — желі ұзындығы, км.

Бұл қайта есептеу мына сатылар арасында трансформация коэффициентін пайдалану арқылы жүргізіледі:

**Кедергі үшін, Ом,**

$$x_{U_{cp2}} = x_{U_{cp1}} \left( \frac{U_{cp2}}{U_{cp1}} \right)^2;$$

Сәйкесінше

$$I_{U_{cp2}} = I_{U_{cp1}} \frac{U_{cp1}}{U_{cp2}},$$

$x_{U_{cp1}}$ ,  $I_{U_{cp1}}$  келтірілген кедергі мен ток;  $U_{б1} = U_{cp1}$ ;  $x_{U_{cp2}}$ ,  $I_{U_{cp2}}$  олар да, бірақ  $U_{cp2}$ -ға келтірілген

Алмастыру сызбасы жасалып, барлық элементтердің кедергісі анықталғаннан кейін ол қарапайым түрге ауысады. Ауысу қуат көзінен қысқа тұйықталу жеріне қарай ток көзі мен ҚТ нүктесі арасында бір ғана кедергі қалатындай жүргізіледі. Мұнда кедергілерді реттілік және параллель қосудың белгілі тәртібі қолданылады, кедергі үшбұрышының жұлдызға және керісінше ауысуы т.с.с. Сызбаны қайта құруға және бастапқы сызда токты бөлуді анықтауға арналған формулалар 3.5. кестеде көрсетілген.

Егер бастапқы есептеу сызбасы (немесе оның қандай да бір бөлігі) бірқатар нүктелермен салыстырғанда симметриялы болса, ол жердің эквивалентті кедергісін анықтау кезінде бірдей әлеуетті нүктелерді қосады да ҚТ кезінде нүктесі тоқсызданған элементтерді алып тастайды (3.3. мысалында К-2 н. қатысты тікелей реттілік ауыстыру сызбасын қайта құруды қараңыз).

Ауыстыру сызбасын қайта құру үрдісі барысында бірнеше көзді бір топқа біріктіру қажеттілігі жиі туындайды (тудыратын бір тарамға). Бұл біріктіру көздердің ҚТ жерінен қашықтығын ескере отырып жүргізілуі керек. Шиналарында ҚТ пайда болған генератор жеке тізбекке бөлінеді. ҚТ жерінен біршама алыс барлық генераторлар (синхронды компенсаторлар) және энерго жүйенің басқа бөлігі атаулы қуаты тарамдағы барлық көздердің жиынтық қуатына тең және өзгермейтін кернеуі бар бір көзбен алмастырылады.

Есептелетін ҚТ тоғының ток көзінен электр қашықтығын  $I_{п0}$  тоғының периодтық құраушысының негізгі мәнін ҚТ бастапқы кездегі атаулы токқа  $I_{ном.ист}$  ҚТ қатысымен анықтайды. Егер байланыс  $I_{п0}/I_{ном.ист} \geq 2$ , болса ҚТ жақын деп саналады.

Егер ҚТ жеріне бірдей қашықтықта орналасқан бірнеше біртүрлі генератор болса оларды бір эквивалентті көзге біріктірген дұрыс..

**Сызбалар салу және токтаратуды анықтайтын негізгі формулалар**

| Өндірілетін өзгеріс                     | Сызба             |                   | Өзгерістің шартты белгісі | Өзгертілген сызба элементтерінің кедергі формулалары                                                                                                                                                                 | Өзгерткенге дейін, сызбалардағы ток тарату формулалары                                                                                      |
|-----------------------------------------|-------------------|-------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                         | өзгерткенге дейін | өзгергеннен кейін |                           |                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                             |
| Тізбекті қосылыс                        |                   |                   | $+$                       | $X_{\text{экв}} = X_1 + X_2 + \dots + X_a$                                                                                                                                                                           | $I_1 = I_2 = \dots = I$                                                                                                                     |
| Параллель қосылыс                       |                   |                   | $  $                      | $X_{\text{экв}} = \frac{1}{\frac{1}{X_1} + \frac{1}{X_2} + \dots + \frac{1}{X_a}}$<br>При двух ветвях $X_{\text{экв}} = \frac{X_1 X_2}{X_1 + X_2}$<br>При $X_1 = X_2 = \dots = X_a$ $X_{\text{экв}} = \frac{X_1}{a}$ | $I_a = I \frac{X_{\text{экв}}}{X_a}$                                                                                                        |
| Үшбұрышты эквивалентті жұлдызға өзгерту |                   |                   | $\Delta / Y$              | $X_L = \frac{X_{ML} X_{LN}}{X_{ML} + X_{LN} + X_{NM}};$<br>$X_N = \frac{X_{LN} X_{NM}}{X_{ML} + X_{LN} + X_{NM}};$<br>$X_M = \frac{X_{ML} X_{NM}}{X_{ML} + X_{LN} + X_{NM}}$                                         | $I_{ML} = \frac{I_M X_M - I_L X_L}{X_{ML}};$<br>$I_{LN} = \frac{I_L X_L - I_N X_N}{X_{LN}};$<br>$I_{NM} = \frac{I_N X_N - I_M X_M}{X_{NM}}$ |

|                                                     |  |  |                 |                                                                                                                                                                                                              |                                                                                 |
|-----------------------------------------------------|--|--|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Жұлдызды эквивалентті үшбұрышқа өзгерту             |  |  | $Y / \Delta$    | $X_{ML} = X_L + X_M + \frac{X_L X_M}{X_N};$<br>$X_{LN} = X_L + X_N + \frac{X_L X_N}{X_M};$<br>$X_{NM} = X_M + X_N + \frac{X_M X_N}{X_L}$                                                                     | $I_L = I_{LN} - I_{ML};$<br>$I_M = I_{ML} - I_{NM};$<br>$I_N = I_{NM} - I_{LN}$ |
| Көпсәулелі жұлдызды, диагональды көпбұрышқа өзгерту |  |  | $+ / \boxtimes$ | $X_{LM} = X_L X_M \sum y;$<br>$X_{MN} = X_M X_N \sum y,$<br>.....<br>мұндағы $\sum y = \frac{1}{X_L} + \frac{1}{X_M} + \frac{1}{X_N} + \frac{1}{X_P}$                                                        | $I_L = I_{LM} + I_{LN} - I_{PL};$<br>.....<br>и т.д.                            |
| Бірнеше көрек көздерін эквивалентпен ауыстыру       |  |  | $  $            | $E_{\text{экв}} = \frac{1}{y_{\text{экв}}} \sum_{a=1}^a y_a E_a,$<br>мұндағы $y_{\text{экв}}$ элементтердің параллель қосылысын қарау<br>Екі тармақта $E_{\text{экв}} = \frac{E_1 X_2 + E_2 X_1}{X_1 + X_2}$ | $I_a = \frac{E_a - U_{\kappa}}{X_a}$                                            |

3.7, б суретте К-1-тен біркелкі болатын генераторлардың тармақтары көздің номиналды қуаты бар бір тармаққа біріктіріледі, ол мынаған тең

$$S_{\text{ном.ист}} = S_{\text{ном}G1} + S_{\text{ном}G2}.$$

3.7, г суретте шиналардағы ҚТ болған (яғни К-2) G2 генераторы бөлек тармаққа бөлінген. К-2-ден К1-2-ден бөлінген G1 генераторының бөлімшесі қуаты болатын трансформацияның екі кезеңіне бөлінеді

$$S_{\text{ном.ост}} = S_{\text{ном}C} + S_{\text{ном}G1}$$

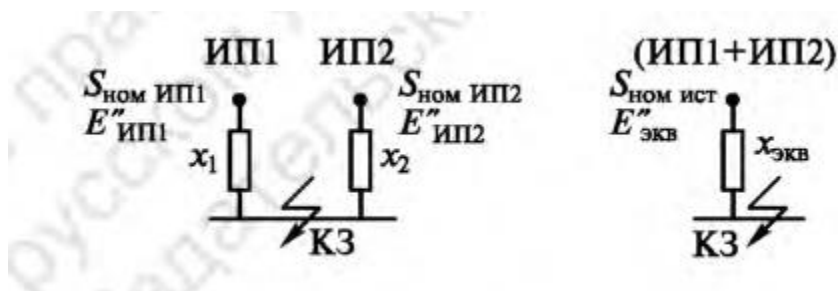
3.7, е суретте барлық қуат көздері (жүйе, G1 және G2 генераторлары) К-3-тен бірдей, сондықтан олар бір жалпы тармаққа біріктіріледі  $S_{\text{ном.ост}} = S_{\text{ном}C} + S_{\text{ном}G1} + S_{\text{ном}G2}$

Дереккөздерді біріктіру нәтижесінде екі немесе үш генерациялайтын филиалдардан артық болмауы керек, олар  $k_{\text{уд}}$  және  $E''$  мәндерінде әртүрлі болады.

Егер супертрассионды ЭМ-нің әртүрлі мәндері бар көздер жалпы салаға біріктірілсе, біріккен көздің баламалы ЭДС  $E''$  анықтау қажет болуы мүмкін.  $E_{\text{экв}}$  анықтауға есептелген

есептеулер 3.5. кестеде келтірілген.

ЭДС  $E''$  жоғарыөтпелі әртүрлі мәндері бар, (ҚК1 және ҚК2) әртүрлі қорек көдерінен қоректенетін екі тармақтың ҚТ есептеу кезіндегі бір эквивалентті тармаққа біріктіру мысалын қарастырайық:



Біріктіру кезінде анықталады:

ҚТ нүктесіне дейінгі эквивалентті (қорытқы) кедергі

$$x_{\text{ЭКВ}} = \frac{x_1 x_2}{x_1 + x_2};$$

біріккен ток көзінің эквивалентті асқын өтпелі ЭСК

$$E''_{\text{ЭКВ}} = \frac{E''_{\text{ИП1}} x_2 + E''_{\text{ИП2}} x_1}{x_1 + x_2};$$

біріккен (эквивалентті) ток көзінің атаулы қуаты Үшфазалы ҚТ тоғын есептеудің практикалық әдістері

$$S_{\text{НОМ.ИСТ}} = S_{\text{НОМ ИП1}} + S_{\text{НОМ ИП2}}.$$

### 3.4.4 Үшфазалы ҚТ тоғын есептеудің практикалық әдістері

Ауыспалы электр тізбегінің трансформациясы аяқталғаннан кейін үшфазалы ҚТ ток көрсетілген нүктеде есептеледі. ҚТ режимінде электродинамикалық және жылу кедергісі үшін электрлік аппараттар мен өткізгіштерді таңдау және тексеру, сондай-ақ ажыратқыштардың сыну мүмкіндігін тексеру үшін мыналарды есептеу қажет:

$I_{\Pi 0}$  - ҚТ тоғының мерзімді компонентінің бастапқы тиімді мәні (ақаулықтың басталу сәтінде,  $t = 0$ );

$I - \tau = (0.01 + t_{\text{сөнд. ж.у.}}) - t = \tau$  кезіндегі ҚТ тоқтың мерзімді компоненті - коммутациялық қондырғының (коммутатордың) бұрылу контактілерінің басталуына сәйкес келетін  $t_{\text{сөнд. ж.у.}}$  - меншікті өшіру уақыты, с;

$I_{\text{ат}} - t = \tau$  кезінде ҚТ тоғының аperiодтық компоненті;

$i_{\text{yo}}$  - ҚТ соғу тоғы.

ҚТ ( $I_{\Pi 0}$ ) тоғының мерзімді компонентінің бастапқы тиімді мәнін есептеу. Осы компоненттің ҚТ түпкілікті ауыстыру тізбегіне сәйкестігі қандай да бір қиындықтарды тудырмайды және формулалар арқылы жүзеге асырылады: кедергілерді есептеу кезінде

| Қатысты бірліктерде (қ.б.)                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Атаулы бірліктерде (ОМ)                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $I_{п0} = \frac{E^* I_6}{x_{рез(6)}}, \text{ кА}, \quad (3.20)$ <p>Мұндағы <math>I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} U_6}</math> — базалық ток, кА;<br/> <math>S_6</math> — базалық қуаттылық, МВ·А;<br/> <math>U_6 = U_{ср}^{кз}</math> — сатының орташа тұйықталуы ҚТ, кВ; <math>x_{рез(6)}</math> — ҚТ нүктесіне дейінгі салдарлы кедергісі</p> | $I_{п0} = \frac{E^* U_6}{\sqrt{3} x_{рез(6)}}, \text{ кА}, \quad (3.21)$ <p>Мұндағы <math>U_6 = U_{ср}^{кз}</math>, кВ; <math>x_{рез(6)}</math> — ҚТ нүктесіне дейінгі салдарлы кедергісі, ОМ</p> |

ҚТ тоғын анықтау ( $i_{уд}$ )

Үш фазалы ҚТ кезінде орын алатын процестерді қарастырған кезде, ток соғу әдетте ҚТ пайда болғаннан кейін 0,01 секундтан кейін пайда болады деп анықталды. Оның көлемі келесі формуламен анықталады (3.11):

$$i_{уд} = \sqrt{2} I_{п0} k_{уд},$$

мұндағы  $k_{уд} = 1 + e^{-0,01/T_a}$  ҚТ  $T_a$  тоғының апериодтық ток компонентінің демпфирлеу уақытының тұрақты мәніне байланысты ҚТ схемасының индуктивтілік және белсенді кедергісінің қатынасына байланысты айқындалатын шок коэффициенті, с,

$$T_a = \frac{x_{рез}}{\omega r_{рез}}.$$

Оқыту жобалауда, электр желілерінің сипатты нүктелері үшін 3.6. кестеде келтірілген  $T_a$  и  $k_{уд}$ , орташа мәндерін қолдануға болады.

Егер ҚТ генератор терминалдарында орын алса, онда оның тармағы үшін  $T_a$  көлемі осы генератордың каталогтық деректерінен алынады. Генераторлардың кейбір түрлері үшін деректерді 3.7. кестеде пайдалануға болады.

### 3.6. кесте

**ҚТ нүктесінде жалғасатын тармақтарға тән ҚТ  $T_a$  тоғының апериодтық құраушысының тұрақты сөну уақыты мен куд соққылы коэффициентінің мәні**

| Элемент немесе энерго жүйенің бөлігі                                                                            | $T_a$ , с | куд        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------------|
| Қуаттылығы турбогенератор, МВт:                                                                                 |           |            |
| 12-60                                                                                                           | 0,16-0,25 | 1,94-1,955 |
| 100-1000                                                                                                        | 0,4-0,54  | 1,975-1,98 |
| Қуаты 60 МВт болатын турбогенератор мен генератордың атаулы кернеу кезіндегі трансформатордан тұратын блок, кВ: |           |            |
| 6,3                                                                                                             | 0,2       | 1,95       |
| 10                                                                                                              | 0,15      | 1,935      |
| Генератор қуаттылығы кезінде көтерілетін трансформатор мен турбогенератордан тұратын блок, МВт:                 |           |            |
| 100-200                                                                                                         | 0,26      | 1,965      |
| 300                                                                                                             | 0,32      | 1,97       |
| 500                                                                                                             | 0,35      | 1,973      |
| 800                                                                                                             | 0,3       | 1,967      |

|                                                                                                  |           |             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------|
| ҚТ ауа кернеуі желілерімен қарастырылатын құрамалы шинамен байланысты жүйе, кВ:                  |           |             |
| 35                                                                                               | 0,02      | 1,608       |
| 110-150                                                                                          | 0,02-0,03 | 1,608-1,717 |
| 220-330                                                                                          | 0,03-0,04 | 1,717-1,78  |
| 500-750                                                                                          | 0,06-0,08 | 1,85-1,895  |
| ҚТ бірлік қуатты трансформаторлары арқылы қарастырылатын құрамалы шинамен байланысты жүйе, МВ-А: |           |             |
| 80 и выше                                                                                        | 0,06-0,15 | 1,85-1,935  |
| 32-80                                                                                            | 0,05-0,1  | 1,82-1,904  |
| 5,6-32                                                                                           | 0,02-0,05 | 1,6-1,82    |

|                                               |       |       |
|-----------------------------------------------|-------|-------|
| Элемент немесе энерго жүйенің бөлігі          | Та, с | қуд   |
| Атаулы ток реакторымен қорғалған тапалмап. А: |       |       |
| 1000 және одан артық                          | 0,23  | 1,956 |
| 630 және одан кем                             | 0,1   | 1,904 |
| 6-10 кВ кернеулі таратушы желілер             | 0,01  | 1,369 |

3.7. кесте

**Генераторлар мен синхронды компенсаторларға арналған Та және Л\., мәні**

| Генератор немесе | Та, с | қуд   | Генератор немесе               | Та, с         | қуд           |
|------------------|-------|-------|--------------------------------|---------------|---------------|
| ТВФ-63-2У3       | 0,39  | 1,975 | КС-16-10У3                     | 0,145         | 1,933         |
| ТВФ-63-2У3       | 0,24  | 1,959 | КСВБ-50-11У1                   | 0,187         | 1,948         |
| ТВФ-63-2ЕУ3      | 0,247 | 1,96  | КСВБО-50-11У1                  | 0,187         | 1,948         |
| ТВФ-110-         | 0,41  | 1,976 | КСВ-75-11У1                    | 0,2           | 1,95          |
| ТВФ-120-2У3      | 0,4   | 1,975 | КСВБ-100-11У1                  | 0,248         | 1,96          |
| ТВВ-160-         | 0,408 | 1,976 | КСВБО-100-                     | 0,248         | 1,96          |
| ТВВ-220-         | 0,307 | 1,968 | КСВБ-160-15У1                  | 0,26          | 1,962         |
| ТВВ-320-         | 0,388 | 1,974 | КСВБО-160-                     | 0,26          | 1,962         |
| ТВМ-300-У3       | 0,392 | 1,975 | Бәсеңдету орамасы бар ұзындығы | 0,05<br>0,045 | 1,979         |
| ТВВ-500-         | 0,34  | 1,971 | гидрогенераторл                |               |               |
| ТВВ-800-         | 0,33  | 1,97  | Бәсеңдету орамасы жоқ ұзындығы | 0,1-0,5       | 1,905<br>1,98 |
| ТВВ-1000-4У2     | 0,33  | 1,97  | гидрогенераторл                |               |               |
| ТВВ-1000-        | 0,33  | 1,97  |                                |               |               |
| ТВВ-1200-        | 0,38  | 1,973 |                                |               |               |

ҚТ тоғының апериодтық және периодтық құраушыларын уақыттың кез келген сәті үшін анықтау

ҚТ тоғының апериодтық және периодтық құраушыларының уақыт  $t > 0$  үшін білу сөндіргіштердің сөну қабілетін тексеру үшін қажет. ҚТ тоғын анықтауды қажет ететін есептеу уақыты доға сөндіргіш түйіспенің ҚТ тізбегінен ажырау уақытына сәйкес келеді және  $t$  деп белгіленеді. Ол с сияқты анықталады:

$$\tau = 0,01 + t_{\text{с.в.откл}},$$

мұнда  $t_{\text{с.в.откл}}$  — сөндіргіштің өзінің сөну уақыты, с (өшіргіштің каталогтық мәліметтерінде беріледі

$$i_{a\tau} = i_{a0} e^{-\tau/T_a},$$

(3.4) формуласына сәйкес ҚТ тоғының апериодтық құраушысы  $\tau = 0,01 + t_{\text{с.в.откл}}$  үшін

$$i_{a\tau} = \sqrt{2} I_{\text{п0}} e^{-\tau/T_a} \quad (3.22)$$

мұнда  $I_{\text{ном.ист}}$  — тарамдарды қуаттандыратын көздің атаулы тоғы.

3.8 суретте түрлі топтағы турбогенераторларға арналған қисық типтер  $\gamma_{*t} = \frac{I_{\text{пт}}}{I_{\text{п0}}} = f(t)$  келтірілген, онда түрлі типтегі генераторларды қоздырудың ( $t < 0,5$  с үшін) белгілі

$$I_{* \text{п0ном}} = \frac{I_{\text{п0}}}{I_{\text{ном.ист}}},$$

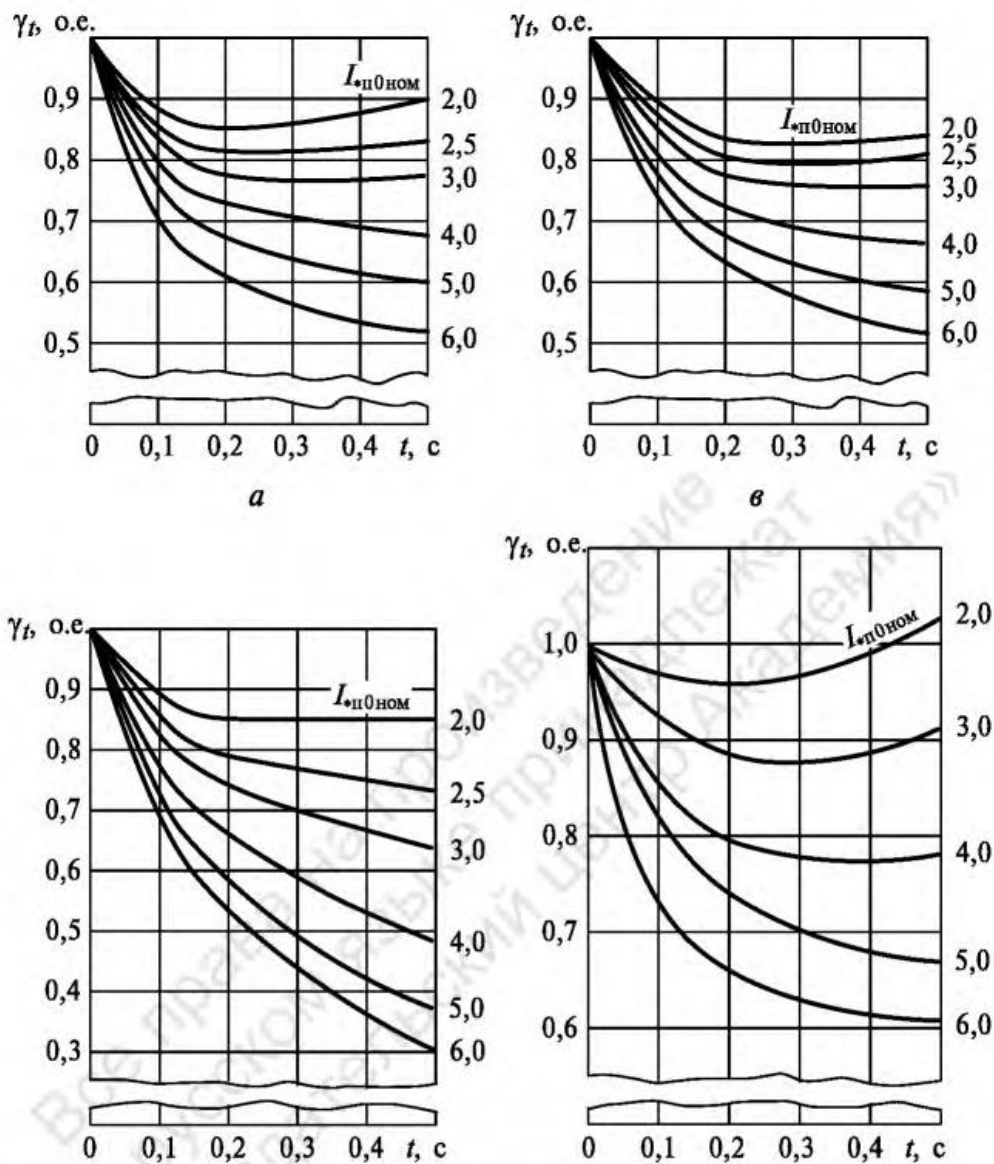
жүйелерімен жабдықтау үдерісі ескерілген.

Барлық қисықтар статор болатының қанығуын, статор тоғының апериодтық құраушысы туыдырған статор жолы сейілуінің қанығуын, ротор контурларындағы тоқты ығыстыру әсері мен ротор турбинының айналу жиілігін реттеуді ескере отырып алынған. Бұл жағдайда ҚТ дейін генератор атаулы режимде жұмыс істеп тұрған деп жорамалданады.

Типтік қисықтар егер  $I_{\text{пт}}$  если  $I_{\text{п0}}/I_{\text{ном.ист}} \geq 2$ , болса ҚТ тоғының 1п, периодтық құраушысының әрекеттік мәнінің өзгерісін ескереді.

Жоғарыда көрсетілгендерді ескеріп, уақыттың  $t$  кез келген (еркін) кезі үшін анықтауға болады ҚТ нүктесінің синхронды машинадан электрлік қашықтығы генератордың ҚТ тоғының периодтық құраушысының әрекеттік мәнінің ҚТ бастапқы кезі мен атаулы тоғының қатынасымен сипатталады, яғни

$$I_{\text{пт}} = \gamma_{*t} I_{\text{п0}} \quad (3.23)$$



3.8.- сурет Генератордан ҚТ тоғының периодты құраушыларының қисық типтік өзгерістері

Бізді,  $\tau = 0,01 + t_{с.в.откл.}$  кезіндегі  $I_{пт}$  көлемі қызықтырады. Оны табу үшін,  $I_{ном.ист} = S_{ном.ист} / \sqrt{3}U_{ном}$  көздің номиналды тоғын табу керек және  $I_{п0}/I_{ном.ист}$  коэффициентті бағалау керек.

1.Егер,  $I_{п0}/I_{ном.ист} \geq 2$  болса, онда  $\tau = 0,01 + t_{с.в.откл.}$  уақыт  $\gamma_{*т}$  сәті үшін 3,8 а,б,в,г қисық суреттері арқылы анықталады, одан кейін, (3,23)  $I_{пт} = \gamma_{*т} I_{п0}$  формула бойынша табылады.

2. Егер,  $I_{п0}/I_{ном.ист} < 2$  болса, ҚТ көзінен жойылған, сондықтан  $\gamma_{*т} = 1$  и  $I_{пт} = I_{п0} = const$  қабылданады.

Гидрогенераторлар үшін  $I_{п0}/I_{ном.ист} < 3\gamma_{*т} = 1$  и  $I_{пт} = I_{п0} = const$ . жағдайындағы.

Типтік қисық әдісін ҚТ нүктесі генераторлардың (синхронды компенсаторлардың) шықпасында немесе олардан біршама электрлік қашықтықта орналасқан жағдайда, мысалы, жүйелі электр станциясы желілерінің трансформаторлары артында болса. Егер, ток көзі (энерго жүйе) ҚТ нүктесімен тікелей, яғни, ҚТ жеріне жақын орналасқан генераторларға қарамастан байланысса, онда үшфазалы ҚТ кезіндегі ҚТ тоғының

периодтық құраушысының кез келген уақыт сәті үшін әрекеттік мәні  $I_{\text{ш}} = I_{\text{ш0}} = \text{const.}$  тең деп есептеуге болады.

Егер ҚТ тоғын есептеу бірнеше тарамнан тұратын қорытынды алмастыру сызбасы үшін

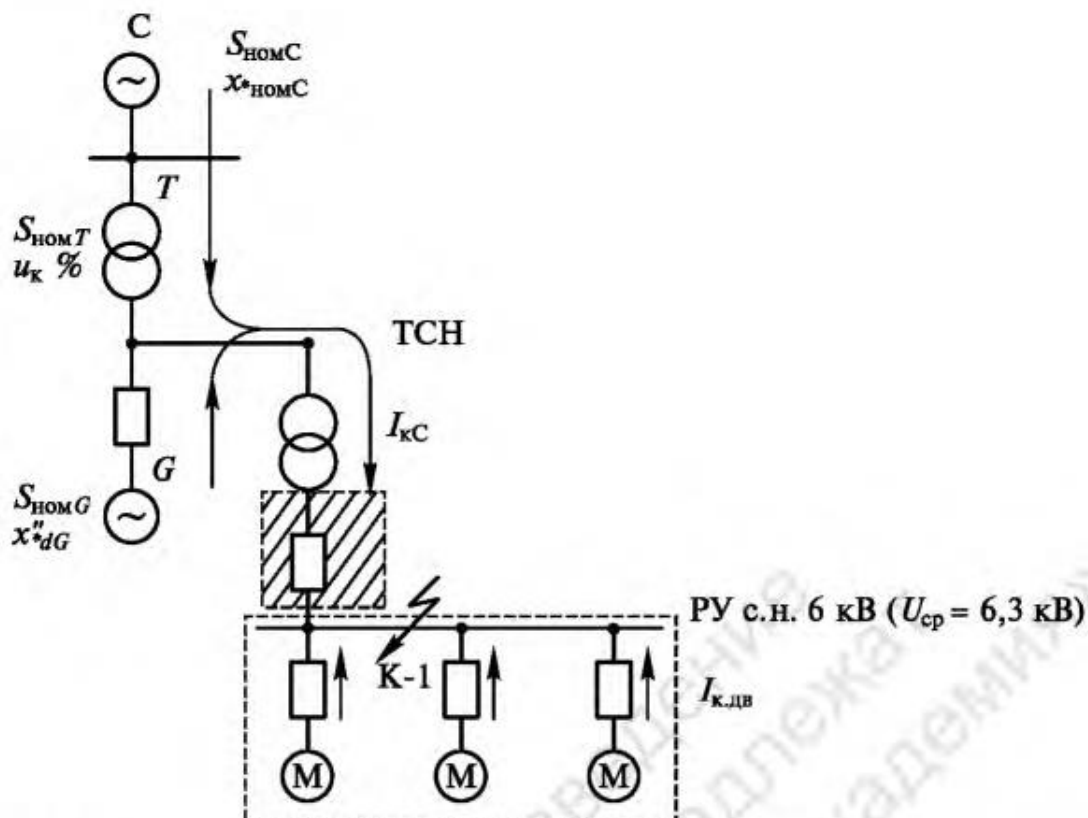
жасалатын болса, онда жеке тарам бойынша  $I_{\text{ш0}}, I_{\text{шт}}, i_{\text{ат}}, i_{\text{уд}}$  құраушы токтарды анықтаған соң ҚТ жеріне жиналатын құраушы токтардың жиынтық мәнін және одан кейін берілген тізбектегі аппараттарды анықтау үшін ҚТ тоғының мәнін анықтау керек (3.10 бөл).

ҚТ тоғын есептеу алынған нәтижені талдау мен есептеу кезінде айрықша назарды талап ететін қиын жұмыс екенін айту керек, сондықтан, бұл есептеуді кесте формасында жүргізген ыңғайлы (3.1 мысал).

Теориялық білімдерінді бекіту үшін 3.1. мысалын үшфазалы ҚТ есептеу бойынша орындаңдар. Сонда ҚТ тоғын есептеу кестесінің үлгілері (3.12, 3.13 кесте) мен ҚТ тоғын есептеу нәтижелерінің жинақтық кестесі (3.14 кесте) берілген.

### 3.5. Электр станциясының өзіндік қажеттіліктері жүйесіндегі қысқа тұйықталу тоғын есептеу ерекшеліктері

Электр станциясының өз қажеттіліктері жүйесіндегі ҚТ кезінде (3.9. сур. К-1 н.) ҚТ тоғының мәні мен үрдіс сипатына зақымдалған жерге жақын қосылған қозғалтқыштар айтарлықтай әсер етеді. Бұл 6 кВ ЖЭС және АЭС өзіндік қажеттіліктері (ө.қ.) желісінде айтарлықтай байқалады. Ө.қ. механизмдер жетегі үшін әдетте қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыштар қолданылады. Жақын ҚТ кезінде қозғалтқыштар шықпасындағы кернеу төмендеп, оның ЭСҚ аз болады. Электр қозғалтқыштар зақымданған жерге ток жіберетін генераторлар режиміне айналады. Синхронды қозғалтқыштар да ҚТ жерін қуаттандырып тұрады. Ө.қ. жүйесін қозғалтқыштар арқылы қуаттауды есептей білу және ө.қ. 6кВ РУ электр аппараттарын тексеру мен тандауда ескеру керек, сондай-ақ, осында берілген РЗ құрылғыларын тандауда да ескерген жөн.





Сәйкесінше, ҚТ кезінде электр станциясының өзіндік қажеттіліктері шинасында энерго жүйе тарапынан болатын тоқты /кС ғана емес, қозғалтқыш тарапынан болатын қуаттау тоғын /кДВ анықтай білу керек.

ҚТ кезіндегі электр станциясының өзіндік қажеттіліктері құрама шинасындағы (3.9. сур. К-1 н.) тоқты есептеп жаттығуды оңайлату мақсатында келесі реттілік берілген.

Бастапқы мәліметтер негізінде электр құрылғының есептеу сызбасы жасалады.

ҚТ тоғын сыртқы тоқ көздерінен (энерго жүйе, оның ішінде, электр станциясы) анықтау үшін алмастыру сызбасы жасалады және олардың К-1 н. дейінгі қорытқы кедергісі анықталады, одан кейін 3.4. бөлімде көрсетілгендей, жүйе тарапынан болатын ҚТ тоғының құраушылары  $p_{0C} = 1\% C$ ,  $i_{aT} C$ ,  $i_{уд} C$  есептеледі.

ҚТ қарастырылатын ө.қ. 6 кВ құрама шина жүйесіне қосылған барлық электр қозғалтқыштарының атаулы жиынтық қуаты  $X P_{ном.дв}$ , анықталады. Егер қозғалтқыштардың нақты құрамы белгісіз болса,

$$\sum P_{ном.дв} \approx S_{номТСН}$$

Немесе

$$\sum P_{ном.дв} \approx \frac{1}{2} S_{номТСН}$$

(егер ТК тарамдалған орамасы бар ТСН қолданылса), мұнда  $S_{номТСН}$  — өзіндік қажеттілік трансформаторының атаулы қуаты.

$$I_{п0дв} = I_{пуск} = I_{+пуск} \sum I_{ном.дв} = I_{+пуск} \frac{\sum P_{ном.дв}}{\eta_{дв} \cos \varphi_{дв} \sqrt{3} U_{ном}} = 4 \frac{\sum P_{ном.дв}}{U_{ном}} = \quad (3.24)$$

$$= 4 \frac{S_{номТСН}}{U_{ном}}$$

Немесе

$$I_{п0дв} = 4 \frac{S_{номТСН}}{2 U_{ном}} \quad (3.25)$$

НН тарамдалған орамасы бар ТСН үшін ҚТ қарастырылатын болса,

(3.24) және (3.25) формулаларында  $S_{номТСН}$  МВ·А мәнінде;  $U_{ном}$  — кВ мәнінде қабылданады.

$\tau = 0,01 + t_{с.в.откл}$ , кезінде қозғалтқыштан болатын ҚТ тоғының периодтық құраушысы анықталады, кА,

$$I_{п\tau дв} = I_{п0 дв} e^{-\tau/0,07} \quad (3.26)$$

$t$ , кезінде қозғалтқыштан болатын ҚТ тоғының аperiodтық құраушысы анықталады, кА,

$$i_{a\tau дв} = \sqrt{2} I_{п0 дв} e^{-\tau/0,04} \quad (3.27)$$

қозғалтқыштан болатын ҚТ соққылы тоғы табылады, кА,

$$i_{уд.дв} = \sqrt{2} I_{п0 дв} k_{уд.дв} \quad (3.28)$$

мұнда  $k_{уд.дв} = 1,65$ .

6кВ ТСН (3.14. сур. штрихталған) енгізу тізбегінде тоқ беруші бөлшектер мен электр аппараттарын таңдау сыртқы тоқ көзі мен қозғалтқыштың ө.қ. тарапынан болатын ҚТ тоғының жиынтық мәнімен емес, олардың ең көбімен: немесе сыртқы тоқ көздері тарапынан, немесе ө.қ. қозғалтқыштары тарапынан жасалады. Қозғалтқыштарды енгізудің өз тізбегіндегі жабдықтарды таңдау жүйе мен ө.қ. қозғалтқыштары тарапынан болатын ҚТ тоғының жиынтық мәнімен таңдалады (толығырақ 3.10.бөлімінде).

ҚТ тоғын есептеу кезінде синхронды және асинхронды қозғалтқыштардың әсерінің нақты әдісі туралы [3.1, 6.7 б.] және [3.3, 5.6 б.] танысуға болады.

### 3.6. Симметриялы емес қысқа тұйықталу

Симметриялы емес қысқа тұйықталуды есептеуде симметриялық құраушылардың әдісін қолдану

Үшфазалы жүйелерде симметриялық емес ҚТ келесі түрлері болуы мүмкін: екіфазалы ҚТ; бір- және екіфазалы ҚТ жерге.

Симметриялық емес ҚТ есептеу электр жүйесіндегі басқа да симметриялы емес режимдерді (сымдардың үзілуі, «екі сым – жер» жүйесі бойынша жұмыс және т.б.) есептеу сияқты симметриялық құраушылар әдісінің көмегімен орындаған ыңғайлы, оның негіздері электр техникасы теориясында берілген. Бұл әдістің негізгі ережелерін есімізге түсірейік. Оның мәні үш  $\vec{A}$ ,  $\vec{B}$ ,  $\vec{C}$  векторынан тұратын кез келген симметриялық емес тоқ жүйесі немесе кернеуді түзу  $\vec{A}_1$ ,  $\vec{B}_1$ ,  $\vec{C}_1$ , кері  $\vec{A}_2$ ,  $\vec{B}_2$ ,  $\vec{C}_2$  және нөлдік  $\vec{A}_0$ ,  $\vec{B}_0$ ,  $\vec{C}_0$  реттілік үш симметриялық вектор жүйесімен алмастыруға болатындығында, яғни, үш фазаның әрқайсы:

$$\begin{aligned} \vec{A} &= \vec{A}_1 + \vec{A}_2 + \vec{A}_0; \\ \vec{B} &= \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_0 = a^2 \vec{A}_1 + a \vec{A}_2 + \vec{A}_0; \\ \vec{C} &= \vec{C}_1 + \vec{C}_2 + \vec{C}_0 = a \vec{A}_1 + a^2 \vec{A}_2 + \vec{A}_0. \end{aligned} \quad (3.29)$$

Мұнда  $a = e^{j120^\circ}$  кешенді саны — фаза операторы, оған көбейтілген кез келген вектор сол вектордың түзу бағыттағы (сағат тіліне қарсы)  $120^\circ$  бұрылысына тең. Фаза операторы симметриялық жүйе векторын негізгі деп саналған кез келген вектор арқылы көрсетуге мүмкіндік береді (біздің жағдайда — фаза А).

Түзу реттілік жүйесінің векторлары шамасы бойынша тең және фазалардың түзу реттілік бағытына қарай бір біріне  $120^\circ$  қатысты бұрылған (симметриялық қалыпты жүйені құрайды). Кері реттілік жүйесінің векторлары шамалары бойынша тең және фазалардың кері реттілік бағытына қарай бір біріне  $120^\circ$  қатысты бұрылған (симметриялық қалыпты жүйені құрайды). Нөлдік реттілік жүйесінің векторлары бағыттары бойынша сәйкес келеді және шамалары бойынша тең, симметриялық бірақ, қалыпсыз жүйені құрайды. Сәйкесінше, түзу реттілік векторларының геометриялық сомасы нөлге тең:

$$\vec{A}_1 + \vec{B}_1 + \vec{C}_1 = 0;$$

кері реттілік нөлге тең:

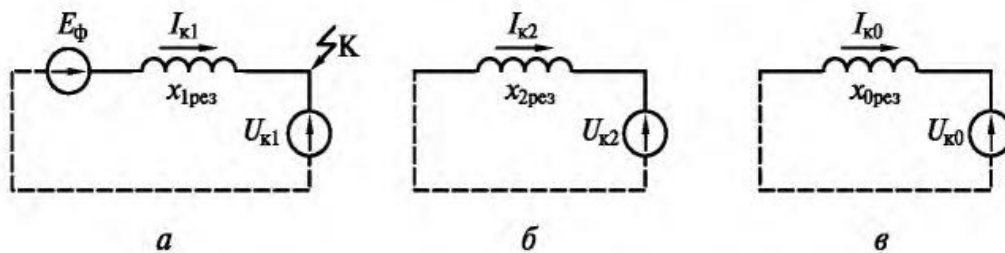
$$\vec{A}_2 + \vec{B}_2 + \vec{C}_2 = 0; \quad (3.30)$$

нөлдік реттілік нөлге тең емес:

$$\bar{A}_0 + \bar{B}_0 + \bar{C}_0 = 3\bar{A}_0 \neq 0.$$

А фазасының басқа симметриялық құраушыларын фазалық шама арқылы анықтауға болады

$$\begin{aligned}\bar{A}_1 &= \frac{1}{3}(\bar{A} + a\bar{B} + a^2\bar{C}); \\ \bar{A}_2 &= \frac{1}{3}(\bar{A} + a^2\bar{B} + a\bar{C}); \\ \bar{A}_0 &= \frac{1}{3}(\bar{A} + \bar{B} + \bar{C}).\end{aligned}\tag{3.31}$$



3.10. - сурет. Түзу (а), кері (б) және нөлдік (в) реттілік алмастыру қорытқы сызбасы. Келтірілген барлық өрнектер үшфазалық симметриялық емес режимдегі тоқ үшін де, кернеу үшін де келе береді.

Үшфазалық металдық ҚТ кезінде ҚТ жеріндегі кернеу нөлге тең.

Симметриялық емес ҚТ кезінде ҚТ жеріндегі кернеу нөлге тең емес, ҚТ жерінде оның симметриялық құраушылары Кирхгофтың екінші заңына сәйкес анықталады:

$$\begin{aligned}\bar{U}_{к1} &= \bar{E}_\phi - \bar{I}_{к1}jX_{1рез}; \\ \bar{U}_{к2} &= 0 - \bar{I}_{к2}jX_{2рез}; \\ \bar{U}_{к0} &= 0 - \bar{I}_{к0}jX_{0рез},\end{aligned}\tag{3.32}$$

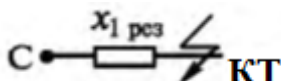
мұнда  $\bar{E}_\phi$  — қуат көздерінің түзу реттілік нәтижелік ЭСҚ (фазалық мәні);  $X_{1рез}$ ,  $X_{2рез}$ ,  $X_{0рез}$  — ҚТ тізбегінің түзу, кері және нөлдік реттілігінің нәтижелік кедергісі.

Симметриялық емес ҚТ есептеу үшін түзу, кері алмастыру сызбасын, ал, ҚТ жерге болса, нөлдік реттілікті де жасау қажеттілігі туындайды. Барлық генераторлар тек түзу реттілік ЭСҚ симметриялы үшфазалық жүйесін жасағандықтан, алмастыру сызбасында тек қуат көздерінің түзу реттілік ЭСҚ мен ҚТ жерінде симметриялық құраушы кернеу көрсетіледі (3.10. сур.).

### 3.6.2 Жекелеген реттілік алмастыру сызбасын құру ережесі

Симметриялық ҚТ есептеу кезінде жекелеген реттілік алмастыру сызбасын жасайды, олардың әрқайсына берілген симметриялық емес ҚТ арқылы сәйкес реттілік тоғы өтетін барлық элементтер кіреді.

Түзу реттілік алмастыру сызбасы симметриялық үшфазалы ҚТ есептеуге жасалатын сызба секілді жасалады. Ол ҚТ нүктесіне қатысты жұмыршақтанып, түзу реттілік нәтижелік кедергісі  $x_{1рез}$  анықталады



Кері реттілік алмастыру сызбасы кері алмастыру кедергісінен тұрады. Мұнда ЭБЖ, реаторлардың, трансформаторлардың түзу және кері реттілік кедергісі өзара тең екенін ескеру керек, яғни,  $x_1 = x_2$ ,  $r_1 = r_2$ ,  $Z_1 = Z_2$ . Айналып тұратын машиналарда кері реттілік тоғы роторға қатысты екі есе жиілікпен айналатын статордың магниттік ағынын тудырады, оларда жалпы жағдайда  $x_1 \neq x_2$ . Синхронды машиналарға арналған жуықтау есебінде  $x_2 \approx x''_d$  қабылданады.

Жоғарыда көрсетілгендерден түзу және кері реттілік қорытқы кедергісі қарастылып отырған ҚТ нүктесімен салыстырғанда бір біріне тең деп қабылдауға болады, яғни,

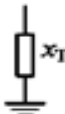
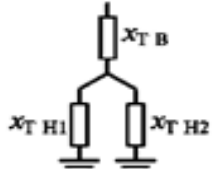
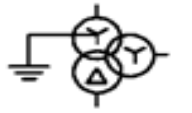
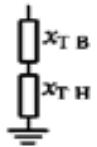
$$x_{1 \text{ рез}} = x_{2 \text{ рез}}$$

**Нөлдік** реттілік алмастыру сызбасы қысқа тұйықталу тоғының жерге бағытталған жағдайын есептегенде керек. Бұл сызбаға тек нөлдік реттілік тоғы өтуі мүмкін элементтер ғана енгізіледі, атап айтқанда: жерлендірілген байтараптамасы бар желілер, жерлендірілген бейтараптамасы бар күштік автотрансформаторлар мен трансформаторлар, оларды байланыстыратын ЭБЖ және желілер.

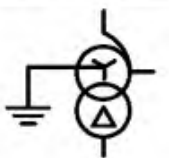
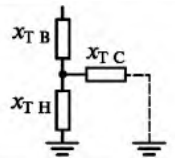
Жерлендірілген бейтараптамасы бар АТ және трансформаторлардың алмастыру сызбасы 3.8. кестеде келтірілген.

3.8. кесте

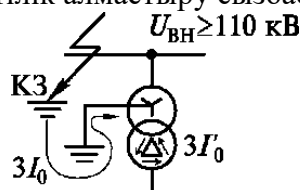
**АТ және трансформаторлардың нөлдік реттілік алмастыру сызбасы**

| Элемент сызбасы                                  | Графикалық бейне                                                                     | Алмастыру сызбасы                                                                     |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Екі орамды трансформатор                         |  |  |
| Тарамдалған орамамен НН екі орамды трансформатор |  |  |
| Үш орамды трансформатор                          |  |  |

3.8. кестенің соңы

| Элемент сызбасы   | Графикалық бейне                                                                    | Алмастыру сызбасы                                                                     |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Автотрансформатор |  |  |

ҚТ жерге болғанда нөлдік реттілік тоғы жерлендірілген бейтараптамасы бар трансформаторлардың ЖК орамасына түсетініне назар аударыңдар. Олар ТК жағына өзгеріп, үшбұрыш сызбасы бойынша біріккен ТК орамаларымен тұйықталады, оның шегінен шықпайды. Осы себеппен, үшбұрыш сызбасы бойынша байланысқан ТК трансформаторлар орамасының кедергісі жерлендірілген бейтараптамасы бар трансформаторлардың нөлдік реттілік алмастыру сызбасына енгізіледі



Нөлдік реттілік алмастыру сызбасындағы ЭСҚ кедергісі түзу реттілік алмастыру сызбасындағы мәнінен шамасы бойынша ерекшеленеді.

Екітізбектік желінің нөлдік реттілік индуктивті кедергісі 400-500 м дейінгі қашықтықта әсер ететін өзара индуктивті тізбектерінің болуы себебінен біртізбектік желіден артық болады.

Ауа желілері үшін  $x_0/x_1$  қатынасының орташа мәні 3.9. кестеде көрсетілген.

3.9. кесте

Ауа электр беру желілері үшін  $x_0/x_1$  қатынасының орташа мәні

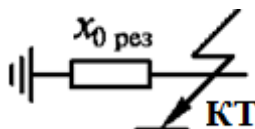
| Желінің сипаттамасы                                   | $x_0/x_1$ |
|-------------------------------------------------------|-----------|
| Жерлендірілген арқансыз біртізбектік желі             | 3,5       |
| Жерлендірілген болат арқанды біртізбектік желі        | 3,0       |
| Жақсы өткізгіш материалдан жасалған біртізбектік желі | 2,0       |
| Жерлендірілген арқансыз екітізбектік желі             | 5,5       |
| Жерлендірілген болат арқанды екітізбектік желі        | 4,7       |
| Жақсы өткізгіш материалдан жасалған екітізбектік желі | 3,0       |

Желілердің нөлдік реттілік кедергісі оны салу сипатына, өткізгіш ораманың бар-жоғына, өткізгіш ораманың (егер бар болса) жерлендіру кедергісіне және басқа да факторларға байланысты. Желілер үшін рұқсат етіледі

$$x_0 = (3,5 - 4,5)x_1 \text{ и } R_0 = 10R_1.$$

Алынған нөлдік реттілік алмастыру сызбасын ҚТ нүктесіне қатысты жұмыршақтанады.

Нөлдік реттілік алмастыру сызбасының жерлендірілген барлық нүктелерінде жердің әлеуеті болғандықтан, сызбаны қарапайымдағанда оларды бір ортақ нүктеге біріктіріп, нәтижелік кедергіні анықтайды  $x_{0\text{рез}}$



### 3.6.3 Қысқа тұйықталу жеріндегі тоқтар мен кернеулер

ҚТ жерінде тоқтар мен кернеуді есептеу үшін ҚТ нүктесіне қатысты жекелеген реттілік қорытқы кедергісі анықталуы керек және  $E_\phi$  тоқ көзінің ЭСҚ белгілі болуы керек.

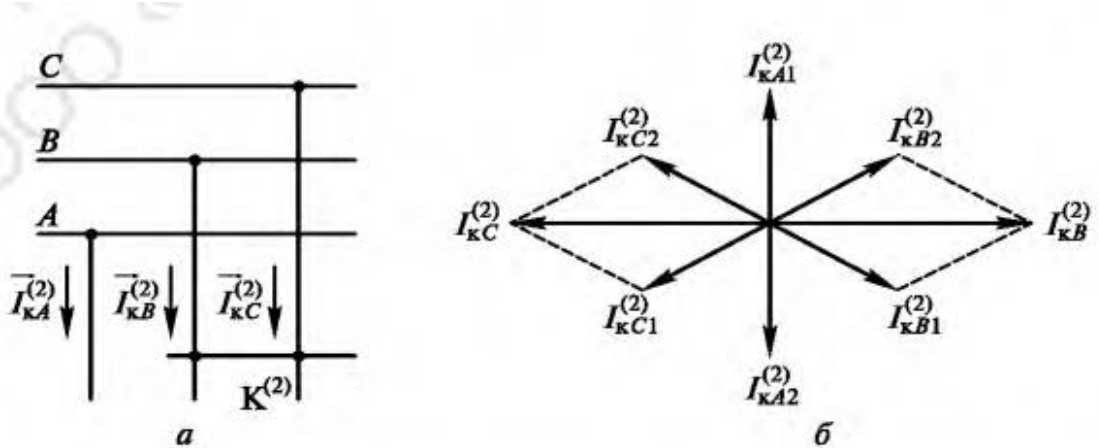
Екіфазалық ҚТ қарастырайық (3.11.сур.)

Екіфазалық ҚТ кезінде В және С фазаларының арасындағы шектік шарттар:

$$\bar{I}_{KA}^{(2)} = 0; \quad \bar{I}_{KB}^{(2)} = -\bar{I}_{KC}^{(2)}; \quad \bar{U}_{KB}^{(2)} = \bar{U}_{KC}^{(2)}.$$

Фазалық тоқтың сомасы нөлге тең болғандықтан, талыпты саналады, сондықтан  $\bar{I}_{K0}^{(2)} = 0$ .  
Онда

$$\bar{I}_{KA}^{(2)} = \bar{I}_{KA1}^{(2)} + \bar{I}_{KA2}^{(2)} = 0, \quad \text{кайда} \quad \bar{I}_{KA1}^{(2)} = -\bar{I}_{KA2}^{(2)}. \quad (3.33)$$



3.11 - сурет. Екіфазалық ҚТ (а) және зақымданған жедегі тоқтың векторлық диаграммасы (б)

Бұдан кейін (3.29) формуласынан аламыз

$$\bar{U}_{KA1}^{(2)} = \bar{U}_{KA2}^{(2)}, \quad (3.34)$$

(3.32) формуласын ескеріп теңдікке ие боламыз:

$$\bar{E}_\Phi - j\bar{I}_{KA1}^{(2)}x_{1\text{рез}} = -j\bar{I}_{KA2}^{(2)}x_{2\text{рез}} = j\bar{I}_{KA1}^{(2)}x_{2\text{рез}}.$$

Екіфазалық ҚТ тоғы кезінде кешенді формадағы есептік өрнекті қайдан аламыз

$$\bar{I}_{KA1}^{(2)} = \frac{\bar{E}_\Phi}{j(x_{1\text{рез}} + x_{2\text{рез}})}. \quad (3.35)$$

Өрнектің кешенді формасы (3.35) тоқтың ЭСК  $90^\circ$  бұрышқа қалып қойғанын көрсетеді ( $j$  бөлу). Формуланы (3.29) пайдаланып зақымданған фазаларда тоқты анықтауға болады:

$$\bar{I}_{KB}^{(2)} = a^2 \bar{I}_{KA1}^{(2)} + a \bar{I}_{KA1}^{(2)} = (a^2 - a) \bar{I}_{KA1}^{(2)} = -j\sqrt{3} \bar{I}_{KA1}^{(2)}$$

$$\bar{I}_{KC}^{(2)} = j\sqrt{3} \bar{I}_{KA1}^{(2)}.$$

Сонымен қатар

Осылайша, зақымданған фазадағы қысқа тұйықталу тоғының абсолютті шамасы

$$I_K^{(2)} = \sqrt{3} I_{KA1}^{(2)} = \frac{\sqrt{3} E_\Phi}{x_{1\text{рез}} + x_{2\text{рез}}}. \quad (3.36)$$

Екіфазалық ҚТ кезінде тоқтардың векторлық диаграммасы 3.11, б. сур. берілген.

Бірфазалық ҚТ қарастырайық (3.12. сур.).

А фазалы бірфазалық ҚТ шектік шарттары:

$$\bar{I}_{KB}^{(1)} = 0; \quad \bar{I}_{KC}^{(1)} = 0; \quad \bar{U}_{KA}^{(1)} = 0.$$

Тоқ екі фазада болмағандықтан, зақымданған А фазасының симметриялық құраушылары (3.31) формулаға сәйкес тең болады:

$$\bar{I}_{KA1}^{(1)} = \bar{I}_{KA2}^{(1)} = \bar{I}_{KA0}^{(1)} = \frac{1}{3} \bar{I}_{KA}^{(1)}.$$

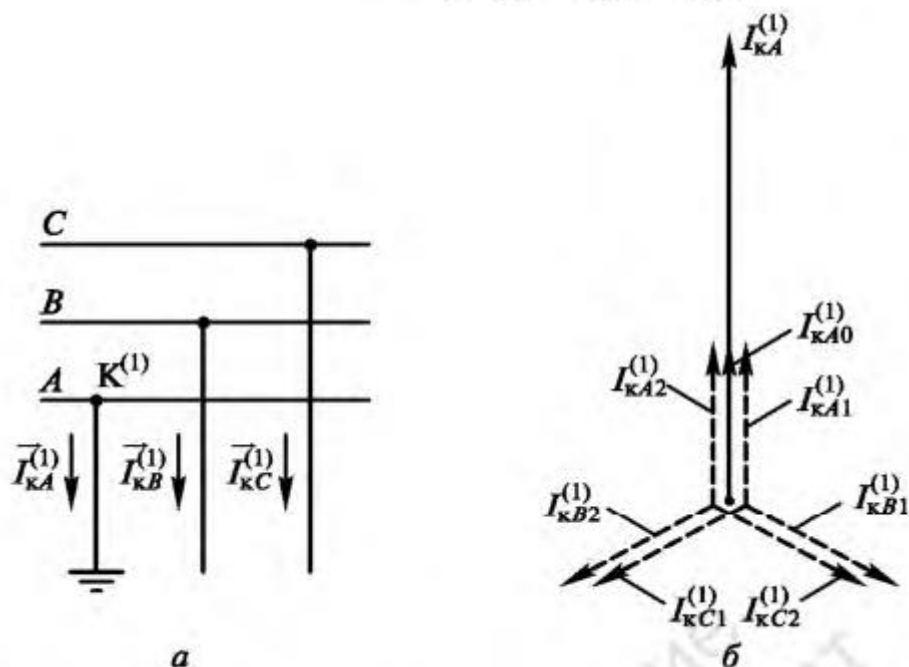
кернеуді  $\bar{U}_{KA}^{(1)}$  симметриялық құраушылар арқылы беріп, олардың мәнін

$$\bar{U}_{KA1}^{(1)} + \bar{U}_{KA2}^{(1)} + \bar{U}_{KA0}^{(1)} = \bar{U}_{KA}^{(1)} = 0$$

$$\bar{E}_\Phi - \bar{I}_{KA1}^{(1)} j(x_{1\text{рез}} + x_{2\text{рез}} + x_{0\text{рез}}) = 0.$$

Бұдан

$$\bar{I}_{KA1}^{(1)} = \frac{\bar{E}_\Phi}{j(x_{1\text{рез}} + x_{2\text{рез}} + x_{0\text{рез}})}. \quad (3.37)$$



3.12. сур. бірфазалық ҚТ (а) және зақымданған жердегі тоқтардың векторлық диаграммасы (б)

Бірфазалық ҚТ кезінде зақымдалған фазадағы толық тоқтың абсолюттік мәні

$$I_{\kappa}^{(1)} = 3I_{\kappa A1}^{(1)} = \frac{3E_{\Phi}}{x_{1\text{рез}} + x_{2\text{рез}} + x_{0\text{рез}}}. \quad (3.38)$$

Бірфазалы ҚТ кезіндегі тоқтардың векторлық диаграммасы 3.12, б сур. көрсетілген.

Екіфазалық ҚТ жерге үдерісін осыған ұқсас талдауға болады және зақымдану түрінде тоқтар мен кернеудің есептік мәнін анықтауға болады (3.11. кестені қараңыз).

Симметриялық емес ҚТ барлық түрлерін талдап, былай қорытынды жасауға болады: симметриялық емес ҚТ тоғы абсолюттік мәні бойынша берілген ҚТ түзу реттілік тоғына пропорционалды:

$$I_{\kappa}^{(n)} = m^{(n)} I_{\kappa 1}^{(n)}, \quad (3.39)$$

мұнда  $n$  — ҚТ түрінің индексі;  $m^{(n)}$  — пропорционалдық коэффициенті, оның мәні ҚТ түріне байланысты (3.10. кесте);  $I_{\kappa 1}^{(n)}$  — берілген ҚТ түрі үшін түзу реттілік тоғы, ол жалпылама былай анықталады.

$$I_{\kappa 1}^{(n)} = \frac{E_{\Phi}}{x_{1\text{рез}} + \Delta x^{(n)}} = \frac{E_{\Phi}}{x_{\text{рез}}^{(n)}}. \quad (3.40)$$

**Симметриялық емес ҚТ үшін қосымша индуктивті кедергі  $\Delta x^{(n)}$  мен  $m^{(n)}$  коэффициентінің мәні**

| ҚТ түрі          | $\Delta x^{(n)}$ мәні                                                       | $m^{(n)}$ коэффициентінің мәні                                                                      |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Екіфазалық       | $x_{2\text{рез}}$                                                           | $\sqrt{3}$                                                                                          |
| Бірфазалық       | $x_{2\text{рез}} + x_{0\text{рез}}$                                         | 3                                                                                                   |
| Екіфазалық жерге | $\frac{x_{2\text{рез}} x_{0\text{рез}}}{x_{2\text{рез}} + x_{0\text{рез}}}$ | $\sqrt{3} \sqrt{1 - \frac{x_{2\text{рез}} x_{0\text{рез}}}{(x_{2\text{рез}} + x_{0\text{рез}})^2}}$ |

ҚТ кез келген түрі бойынша тоқтың периодтық құраушысының бастапқы мәні  $I_{\pi 0}^{(n)}$  анықталады

| салыстырмалы бірліктер                                                      | о. е. | атаулы бірліктер Ом                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $I_{\pi 0}^{(n)} = m^{(n)} \frac{E_{*}''}{x_{* \text{рез}}^{(n)}} I_{\Phi}$ |       | $I_{\pi 0}^{(n)} = m^{(n)} \frac{E_{\Phi}''}{x_{\text{рез}}^{(n)}} = m^{(n)} \frac{E''}{\sqrt{3} x_{\text{рез}}^{(n)}}$ |

Үш фазалы ҚТ кезінде ҚТ  $m^{(n)} = 1$ .

### 3.6.4. Симметриялық емес қысқа тұйықталуды есептеудің практикалық әдістері

Симметриялық емес ҚТ есептеудің әдісі келесідей болады. Желінің есептеу сызбасы жасалады.



Есептеу сызбасы негізінде түзу реттілік алмастыру сызбасы жасалады, ол қарапайымдалып, берілген ҚТ нүктесіне қатысты түзу реттілік қорытқы кедергісі  $x_{1рез}$  анықталады.

Кері реттілік алмастыру сызбасының қорытқы кедергісі түзу реттілік қорытқы кедергіге тең деп қабылданады:  $x_{2рез} = x_{1рез}$ .

Бір- және екіфазалық ҚТ жерге есептегенде нөлдік реттілік алмастыру сызбасы жасалады, ол қарапайымдалып, берілген ҚТ нүктесіне қатысты нөлдік реттілік қорытқы кедергісі  $x_{0рез}$  анықталады.

3.11. кестесінде келтірілген формулаларды қолдана отырып, симметриялық емес ҚТ тоғының ҚТ бастапқы кезін анықтауға болады. Қажет жағдайда бұл тоқтардың жекелеген симметриялық құраушысын да анықтауға болады.

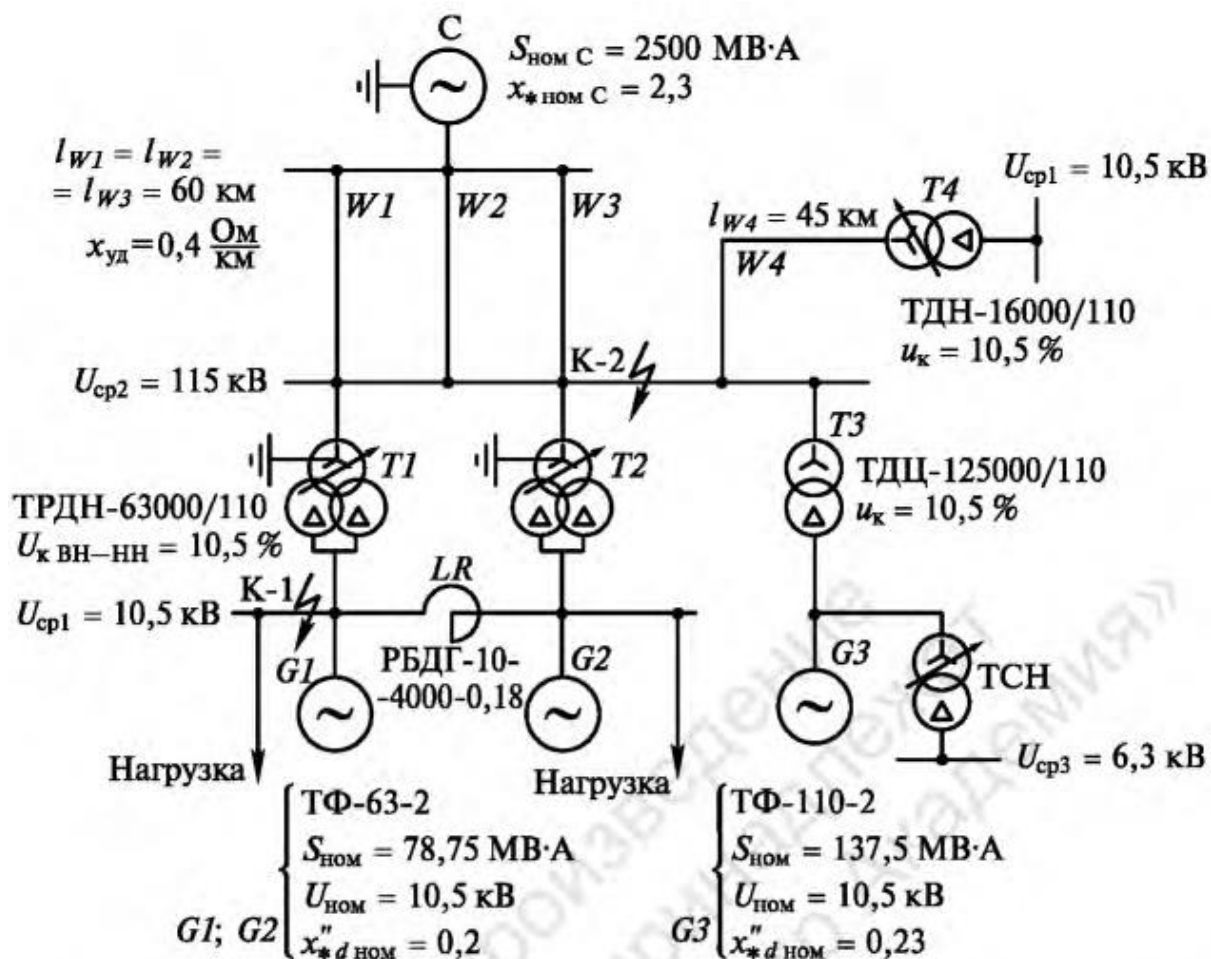
Оқыған теориялық материалды бекіту үшін нақты есептеу сызбасы үшін екіфазалы және бірфазалы ҚТ есептеу көрсетілген 3.2 және 3.3 мысалдарын қараңдар.

3.11 кесте

**ҚТ кезіндегі бастапқы кезде ассиметриялық ҚТ ( $t=0$ ) ағынын анықтауға арналған есептік өрнектер**

| ҚТ түрі                      | ҚТ тоқтары                          | Салыстырмалы бірліктерді пайдалану кезінде                                                                                                                                                                                                                           | Аталған бірліктерді пайдалану кезінде                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Екіфазалық ҚТ («мерсес»)     | ҚТ жеріндегі тоқ                    | $I_{n0}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}I_6 E_*''}{x_{*1рез} + x_{*2рез}} =$ $= \frac{\sqrt{3}I_6 E_*''}{2x_{*1рез}} = 0,87I_{n0}^{(3)}, \text{ кА}$                                                                                                                           | $I_{n0}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}U_6 E_*''}{\sqrt{3}(x_{1рез} + x_{2рез})} =$ $= \frac{\sqrt{3}U_6 E_*''}{2\sqrt{3}x_{1рез}} = 0,87I_{n0}^{(3)}, \text{ кА}$                                                                                                                           |
| Жерге арналған бірфазалық ҚТ | ҚТ жеріндегі тоқ                    | $I_{n0}^{(1)} = 3I_0^{(1)} =$ $= \frac{3I_6 E_*''}{2x_{*1рез} + x_{*0рез}}, \text{ кА}$                                                                                                                                                                              | $I_{n0}^{(1)} = 3I_0^{(1)} = \frac{3U_6 E_*''}{\sqrt{3}(2x_{1рез} + x_{0рез})} =$ $= \frac{1,73U_6 E_*''}{2x_{1рез} + x_{0рез}}, \text{ кА}$                                                                                                                                        |
|                              | ҚТ тоғының симметриялық құраушылары | $I_1^{(1)} = I_2^{(1)} = I_0^{(1)} =$ $= \frac{I_6 E_*''}{2x_{*1рез} + x_{*0рез}}, \text{ кА}$                                                                                                                                                                       | $I_1^{(1)} = I_2^{(1)} = I_0^{(1)} =$ $= \frac{U_6 E_*''}{\sqrt{3}(2x_{1рез} + x_{0рез})}, \text{ кА}$                                                                                                                                                                              |
| Жерге арналған екіфазалық ҚТ | ҚТ жеріндегі тоқ                    | $I_{n0}^{(1,1)} = 3I_0^{(1,1)} =$ $= \frac{3I_6 E_*''}{x_{*1рез} + 2x_{*0рез}}, \text{ кА}$                                                                                                                                                                          | $I_{n0}^{(1,1)} = 3I_0^{(1,1)} = \frac{3U_6 E_*''}{\sqrt{3}(x_{1рез} + 2x_{0рез})} =$ $= \frac{1,73U_6 E_*''}{x_{1рез} + 2x_{0рез}}, \text{ кА}$                                                                                                                                    |
|                              | ҚТ тоғының симметриялық құраушылары | $I_1^{(1,1)} = \frac{I_6(x_{*1рез} + x_{*0рез})E_*''}{x_{*1рез}(x_{*1рез} + 2x_{*0рез})}, \text{ кА}$ $I_2^{(1,1)} = \frac{I_6 x_{*0рез} E_*''}{x_{*1рез}(x_{*1рез} + 2x_{*0рез})}, \text{ кА}$ $I_0^{(1,1)} = \frac{I_6 E_*''}{x_{*1рез} + 2x_{*0рез}}, \text{ кА}$ | $I_1^{(1,1)} = \frac{U_6(x_{1рез} + x_{0рез})E_*''}{\sqrt{3}x_{1рез}(x_{1рез} + 2x_{0рез})}, \text{ кА}$ $I_2^{(1,1)} = \frac{U_6 x_{0рез} E_*''}{\sqrt{3}x_{1рез}(x_{1рез} + 2x_{0рез})}, \text{ кА}$ $I_0^{(1,1)} = \frac{U_6 E_*''}{\sqrt{3}(x_{1рез} + 2x_{0рез})}, \text{ кА}$ |

Ескерту: 3.11 кестеде көрсетілген есептер формулаларын дұрыс қолдану, егер  $x_{1рез} = x_{2рез}$



3.1. мысал. 3.13 сур. көрсетілген К-1 н. есептеу сызбасында үшфазалық ҚТ / $\wedge$ , 7 $\wedge$ , i $\textcircled{R}$ , тоғының құраушыларын жалпылама есептеу. Бастапқы мәліметтер есептеу сызбасында берілген.

Шешімі. Есептеу сызбасы негізінде К-1 н. үшфазалы ҚТ тоғын есептеу үшін түзу реттілік алмастыру сызбасы жасалады (3.14, а сур.).

Алмастыру сызбасына есептеу сызбасындағы К-1 н. тоқ көзімен байланыстыратын элементтер ғана кіреді. Әр кедергі өзінің нөміріне ие болады, ол бөлшектің алымында, ал, бөлімінде сол кедергінің шамасы қабылданған есептеу жүйесіне сәйкес салыстырмалы бірлікте немесе олда көрсетіледі.

Асқын өтпелі ЭСҚ көздерінің мәні 3.2. кестесіндегі ұсыныстарға сәйкес алынды:

Система үшін  $E_{*C}'' = 1,0$ ;

Генератор үшін  $G3$   $E_{*G3}'' = 1,13$ , өйткені  $P_{\text{ном } G3} > 100 \text{ МВт}$ .

ГРУ 10,5 кВ құрама шиналарына түсетін жүктеме G1 және G2 генераторлары шамасының ЭСҚ төмендеуімен ескеріледі

$E_{*G1(G2)}'' = 1,0$

2. 3.4. кестесінде келтірілген формулаларды қолдана отырып алмастыру сызбасы кедергісі есептеу өзіңіз таңдаған бірлікте жүргізіледі

| Салыстырмалы бірліктер<br>(о. с.)                                                        | Атаулы бірліктер<br>(Ом)                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $x_{*1} = x_{*номC} \frac{S_6}{S_{номC}}$                                                | $x_1 = x_{*номC} \frac{U_6^2}{S_{номC}}$                                                          |
| $x_{*2} = x_{*3} = x_{*4} = x_{уд} l_{W1} \frac{S_6}{U_{cp2}^2}$                         | $x_2 = x_3 = x_4 = x_{уд} l_{W1} \frac{U_6^2}{U_{cp2}^2}$                                         |
| $x_{*5} = x_{*6} = \frac{u_{кВН-НН} \%}{100} \frac{S_6}{S_{номT1}}$                      | $x_5 = x_6 = \frac{u_{кВН-НН} \%}{100} \frac{U_6^2}{S_{номT1}}$                                   |
| $x_{*7} = x_{номLR} \frac{S_6}{U_{cp1}^2}$                                               | $x_7 = x_{номLR} \frac{U_6^2}{U_{cp1}^2}$                                                         |
| $x_{*8} = x_{*9} = x_{d*номG1}'' \frac{S_6}{S_{номG1}}$                                  | $x_8 = x_9 = x_{d*номG1}'' \frac{U_6^2}{S_{номG1}}$                                               |
| $x_{*10} = \frac{u_k \%}{100} \frac{S_6}{S_{номT3}}$                                     | $x_{10} = \frac{u_k \%}{100} \frac{U_6^2}{S_{номT3}}$                                             |
| $x_{*11} = x_{d*номG3}'' \frac{S_6}{S_{номG3}}$                                          | $x_{11} = x_{d*номG3}'' \frac{U_6^2}{S_{номG3}}$                                                  |
| Базалық қуат ретінде мынаны<br>қабылдаған ыңғайлы $S_6 = 1000 \text{ МВ} \cdot \text{А}$ | Базалық кернеу ретінде мынаны<br>қабылдаған ыңғайлы $U_6 = U_{cp}^{K-1} =$<br>$= 10,5 \text{ кВ}$ |

Есептеу сызбасына сәйкес Т1 және Т2 трансформаторлары төменгі керенулі тарамдалған ораманың қысқартылған шықпасымен жұмыс істегендіктен, олардың кедергілері  $x_5$ ,  $x_6$  кәдімгі екіорамды трансформердің кедергісі секілді есептеледі.

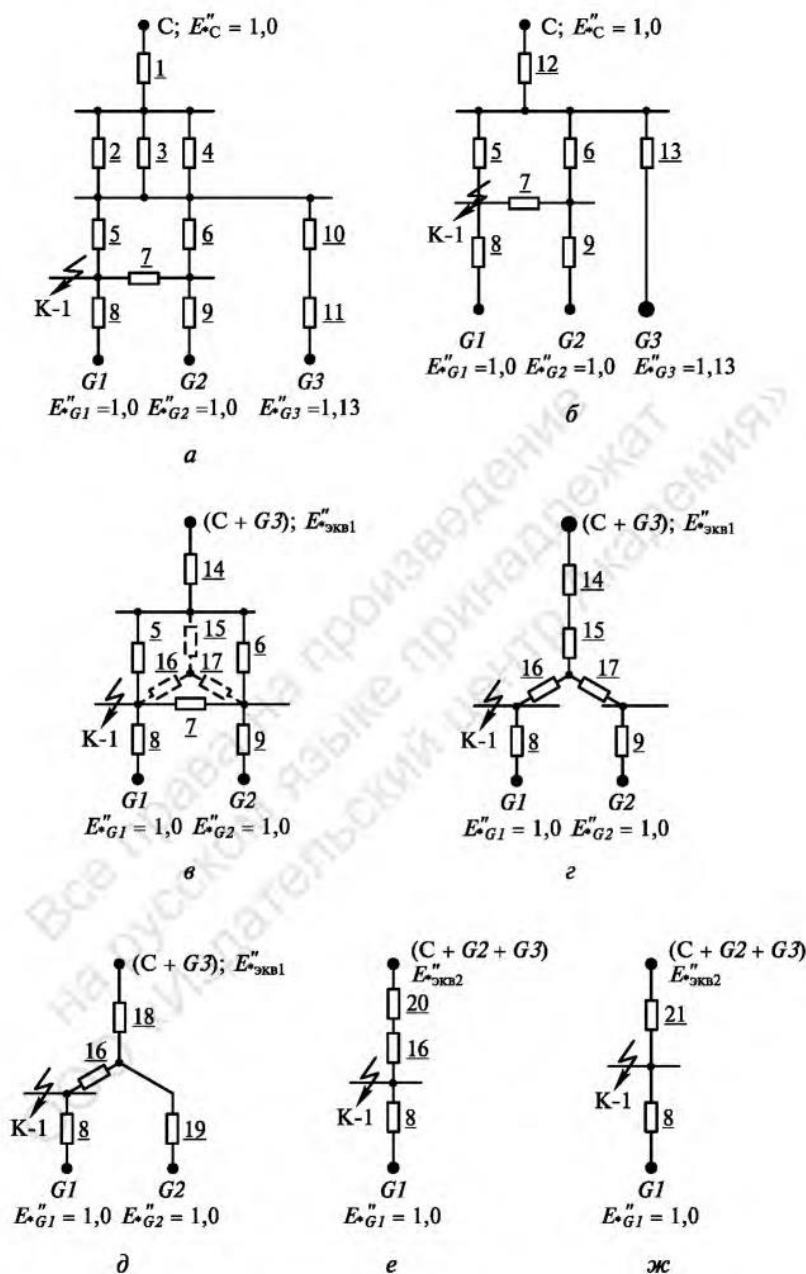
Алмастыру сызбасы ҚТ жеріне тоқ көздерінен тоқтың ағу мүмкіндігін ескере отырып К-1 н. қатысты қарапайымдалады (жұмыршықтанады). Алмастыру сызбасының өзгеруі 3.5. кесетеді көрсетілген.

Жүйеден бастап 110 кВ құрама шинаға дейінгі қорытқы кедергі анықталады

$$x_{12} = x_1 + \frac{1}{3} x_2 \text{ (рис. 3.14, б).}$$

G3 генераторы тармағының 110 кВ құрама шинаға дейінгі қорытқы кедергісі мынаны құрайды:

$$x_{13} = x_{10} + x_{11} \text{ (см. рис. 3.14, б).}$$



3.14. сур. К-1 н. үшфазалы ҚТ есептеу және оның өзгеруі үшін эквивалентті алмастыру сызбасы (а, б, в, г, д, е, ж) ( 3.1. мысалға)

(сондай-ақ 134б. қараңыз)

G3 генераторы ҚТ К-1 н. трансформацияның екі сатысына алшақ, сондықтан, оны үйемен бірге бір тарамға біріктіруге болады:

$$x_{14} = \frac{x_{12}x_{13}}{x_{12} + x_{14}} \quad (\text{рис. 3.14, в}).$$

Біріктірілген тоқ көздерінің асқын өтпелі ЭСҚ шамасы әртүрлі болғандықтан ( $E''_C = 1,0$ ;  $E''_{G3} = 1,13$ ), эквивалентті ЭСҚ анықтаймыз

$$E''_{*ЭКВ1} = \frac{E''_C x_{13} + E''_{G3} x_{12}}{x_{12} + x_{13}}.$$

Кедергі үшбұрышын  $x_5, x_6, x_7$  жұлдызға  $x_{15}, x_{16}, x_{17}$  айналдырамыз

$$x_{15} = \frac{x_5 x_6}{x_5 + x_6 + x_7}; \quad x_{16} = \frac{x_5 x_7}{x_5 + x_6 + x_7}; \quad x_{17} = \frac{x_6 x_7}{x_5 + x_6 + x_7} \quad (3.14 \text{ сур. } z)$$

Сызбаны жеңілдетуді жалғастырамыз:

$$x_{18} = x_{14} + x_{15}, \quad (\text{рис. 3.14, } d).$$

$$x_{19} = x_{17} + x_9$$

G2 генераторы да К-1 н. нүктесінен алшақ тоқ көзі болып саналады (одан ҚТ тоқтары К-1 н. жартылай реактор, жартылай 72 және 77 трансформаторлары арқылы ағады), сондықтан, оны энерго жүйе мен G3 генераторының тарамына қосады:

$$x_{20} = \frac{x_{18} x_{19}}{x_{18} + x_{19}} \quad (\text{рис. 3.14, } e).$$

Эквивалентті ЭСҚ есептейміз:

$$E''_{\text{ЭКВ2}} = \frac{E''_{\text{ЭКВ1}} x_{19} + E''_{G2} x_{18}}{x_{18} + x_{19}}.$$

$x_{21} - x_{20} + x_{16}$  анықтаймыз да К-1 н. қатысты соңғы алмастыру сызбасын аламыз (3.14, ж сур.), онда G7 генераторы К-1 н. тікелей  $x_8$ , кедергісі арқылы байланысты, ал қалған барлық тоқ көздері К-1 н.  $x_{21}$  кедергісі арқылы байланысқан бір эквиваленттіге (С + G2 + G3) біріктірілген.

Егер бір эквивалентті тарамға ҚТ н. айтарлықтай алыс тоқ көздері мен жүйені біріктіретін болса,  $E''_{\text{экв}}$  есептемей-ақ,  $E''_{\text{экв}} - 1,0$  деп қабылдай беруге болады. Берілген мысалда жүйенің бір тарамына G2 және G3 генераторларын біріктіретін болса  $E''_{\text{экв}} - 1,0$  деп қабылдай беруге болады.

К-1 н. үшфазалы ҚТ тоғын есептеу жүргізіледі. Есептеуді 3.12 немесе 3.13 кестесінде жүргізген ыңғайлы (алмастыру сызбасының кедергіні есептеудің қабылданған жүйесіне байланысты).

3.12 кесте

**Салыстырмалы бірлікте алмастыру сызбасын есептеу кезіндегі үшфазалық ҚТ тоғының есептік кестесі**

|                                                                                     |                                                            |                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| ҚТ нүктесі                                                                          | К-1                                                        |                                             |
| Базалық қуат $S_6, \text{МВ} \cdot \text{А}$                                        | 1000                                                       |                                             |
| Орташа кернеу $U_{\text{ср}}, \text{кВ}$                                            | 10,5                                                       |                                             |
| Ток көздері                                                                         | (Система + $G2 + G3$ )                                     | $G1$                                        |
| Ток көздерінің атаулы қуаты $S_{\text{ном}}, \text{МВ} \cdot \text{А}$              | $2500 + 78,75 + 137,5 = 2716,25$                           | 78,75                                       |
| Қорытқы кедергі $X_{\text{срез}}, \text{О.е.}$                                      | $X_{*21} = \dots, \text{О.е.}$                             | $X_{*8} = \dots, \text{О.е.}$               |
| Базалық ток $I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} U_6}, \text{кА}$                             | $\frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 55,05$                 |                                             |
| $E''$ (см. табл. 3.2)                                                               | $E''_{*ЭКВ2} = 1, \dots$                                   | $E''_{*G1} = 1,0$                           |
| $I_{\text{п0}}^{(3)} = \frac{E''}{X_{\text{срез}}} I_6, \text{кА}$                  | $\frac{1, \dots 55,05}{X_{*21}} = \dots$                   | $\frac{1,0 \cdot 55,05}{X_{*8}} = \dots$    |
| $I_{\text{ном.ист}} = \frac{S_{\text{ном.ист}}}{\sqrt{3} U_{\text{ср}}}, \text{кА}$ | $\frac{2716,25}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = \dots$              | $\frac{78,75}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = \dots$ |
| $\frac{I_{\text{п0}}^{(3)}}{I_{\text{ном.ист}}}$                                    | Есептеулерді көрсету                                       |                                             |
| $\tau = (0,01 + t_{\text{с.в.откл}}), \text{с}$                                     | 0,01 + 0,1 = 0,11 (сөндіргішін орнатуды жобалай МГГ-10-63) |                                             |
| $\gamma_{*\tau}$ (см. рис. 3.8)                                                     | Берілген кестенің ескертуін қараңыз                        |                                             |
| $I_{\text{пт}}^{(3)} = \gamma_{*\tau} I_{\text{п0}}^{(3)}, \text{кА}$               | Есептеулерді көрсету                                       |                                             |
| $k_{\text{уд}}$ (см. табл. 3.6, 3.7)                                                | 1,9                                                        | 1,959                                       |
| $T_a, \text{с}$ (см. табл. 3.6, 3.7)                                                | 0,1                                                        | 0,24                                        |
| $i_{\text{уд}}^{(3)} = \sqrt{2} k_{\text{уд}} I_{\text{п0}}^{(3)}, \text{кА}$       | Есептеулерді көрсету                                       |                                             |
| $e^{-\tau/T_a}$                                                                     | $e^{-0,11/0,1} = \dots$                                    | $e^{-0,11/0,24} = \dots$                    |
| $i_{\text{ат}}^{(3)} = \sqrt{2} I_{\text{п0}}^{(3)} e^{-\tau/T_a}, \text{кА}$       | Есептеулерді көрсету                                       |                                             |

Ескерту: 1. Егер  $I_{\text{п0}}^{(3)} / I_{\text{ном.ист}} < 2$  қатынасы алынса, онда  $\gamma_{*\tau} = 1 \rightarrow I_{\text{пт}}^{(3)} = I_{\text{п0}}^{(3)}$  қабылданады.

2. Егер  $I_{\text{п0}}^{(3)} / I_{\text{ном.ист}} \geq 2$  қатынасы болса, онда шаманы у,т 3.8 сур. арқылы анықтап  $I_{\text{пт}}^{(3)} = \gamma_{*\tau} I_{\text{п0}}^{(3)}, \text{кА}$  табады.



**Деректі бірлікте алмастыру сызбасын есептеу кезіндегі үшфазалық ҚТ тоғының есептік кестесі (Ом)**

|                                                                             |                                               |                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| ҚТ нүктесі                                                                  | К-1                                           |                                               |
| Базалық (орташа) кернеу                                                     | 10,5                                          |                                               |
| Тоқ көздері                                                                 | (Система + G2 + G3)                           | G1                                            |
| Тоқ көздерінің атаулы қуаты $S_{\text{НОМ}}, \text{ МВ} \cdot \text{А}$     | $2500 + 78,75 + 137,5 = 2716,25$              | 78,75                                         |
| Қорытқы кедергі $x_{\text{рез}}, \text{ Ом}$                                | $x_{21} = \dots, \text{ Ом}$                  | $x_8 = \dots, \text{ Ом}$                     |
| $E''$ (3.2 кестені қараңыз)                                                 | $E''_{\text{ЭКВ2}} = 1, \dots$                | $E''_{G1} = 1,0$                              |
| $I_{\text{п0}}^{(3)} = \frac{E'' U_6}{\sqrt{3} x_{\text{рез}}}, \text{ кА}$ | $\frac{1, \dots 10,5}{\sqrt{3} x_{21}}$       | $\frac{1,0 \cdot 10,5}{\sqrt{3} x_8} = \dots$ |
| $I_{\text{НОМ.ИСТ}} = \frac{S_{\text{НОМ.ИСТ}}}{\sqrt{3} U_6}, \text{ кА}$  | $\frac{2716,25}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = \dots$ | $\frac{78,75}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = \dots$   |
| Бұдан кейінгі есептеулер 3.12 кестесінде көрсетілгендермен дәл келеді       |                                               |                                               |

Ескерту. Алдында айтылғандай, электр аппараттарын тексеру мен таңдау үшін ҚТ тоғын есептеу кезінде базалық кернеу  $U_6$  ретінде ҚТ есептеуі жүргізілетін сатының орташа кернеуін алған ыңғайлы (берілген жағдайда  $U_6 = U_{\text{ср}}^{K-1} = 10,5 \text{ кВ}$  қабылданды).

Егер ауыстыру тізбегінің кедергісін есептеу аталған бірліктерде (Ом) жасалса, үшфазалы қысқа тұйықталу токтарының есептік кестесі Кесте тәрізді түрде жасалады. 3.13. 5. Үш фазалы қысқа тұйықталу токтарының есептеулерінің нәтижелері кестеде келтірілген. 3.14. Болашақта, сол кестеде, электр аппаратын таңдау жүргізілетін тізбектерге арналған қысқа тұйықталу токтарының есептік мәндерін көрсету ыңғайлы.

Үй тапсырмасы ретінде студенттерге айырбастау тізбегінің кедергісін есептеудің екі әдісін қолданып есептеу схемасында көрсетілген бастапқы деректер негізінде (1-суретті қараңыз) К-1-де үшфазалы ток ағымдарын есептеу ұсынылады (салыстырмалы және аталған бірліктер). Алынған нәтижелер сәйкес келуі керек, бұл орындалған есептеулердің дұрыстығын растайды.

Қысқа тұйықталу токтарының есептеу нәтижелерінің жиынтық кестесі

| Уср нүктесі | $U_{ср},$<br>кВ | Кернеу көзі                                                                                   | Үш фазалы токтар, кА |                |                |                |                                       |
|-------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------------------|
|             |                 |                                                                                               | $I_{п0}^{(3)}$       | $I_{пт}^{(3)}$ | $i_{ат}^{(3)}$ | $i_{уд}^{(3)}$ | $\sqrt{2}I_{пт}^{(3)} + i_{ат}^{(3)}$ |
| К-1         | 10,5            | $(C + G2 + G3)$                                                                               |                      |                |                |                |                                       |
|             |                 | $G1$                                                                                          |                      |                |                |                |                                       |
|             |                 | Жалпы құны                                                                                    |                      |                |                |                |                                       |
|             |                 | G1 (III аймақ) генераторлық схемасындағы құрылғыны таңдау үшін есептелген мәндер              |                      |                |                |                |                                       |
|             |                 | T1 біріктіру трансформаторының тізбегінде аппаратты таңдау үшін есептелген мәндер (II аймағы) |                      |                |                |                |                                       |

Ескерту: II аймақтағы құрылғыларды таңдау үшін қысқа тұйықталу токтарының есептік мәні ретінде барлық көздерден жалпы қысқа тұйықталу токтар алынады және III аймағында ең жоғары токтар есептеледі: G1 генераторынан немесе сыртқы көздерден  $(C + G2 + G3)$ . Қосымша мәліметтер - б. 3.10.

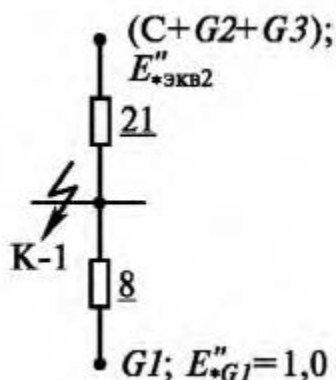
**3.2. мысал.** К-1 ( $I_{п0}^{(2)}$ ) екіфазалық ҚТ тоғының периодтық құраушысының бастапқы әрекеттік мәнін жалпылама түрде анықтау, есептеу сызбасы 3.13 сур. көрсетілген.

Шешімі. Берілген мысал К-1 үшфазалық ҚТ тоғын анықтаған 3.1 мысалдың жалғасы болып табылады.

Екіфазалық ҚТ симметриялық емес болып саналады, сондықтан, К-1 н. екіфазалық ҚТ тоғының периодтық құраушысының бастапқы әрекеттік мәнін І\$ анықтау үшін түзу реттілік кедергісін ғана емес, есептеу сызбасы элементтерінің кері реттілік кедергісін де білу керек. Бірақ, мәселе теориясында берілгендей (3.6 б. қараңыз), алмастыру сызбасы элементтерінің кері реттілік кедергісін анықтауды жеңілдету мақсатында түзу реттілік алмастыру сызбасы кедергісіне тең деп қабылданады, олай болса К-1 н. үшін:  $x_{рз} = X_{Кез}$ . Бұл жағдайда 3.11 кестеде көрсетілгендей, екі- және үшфазалық ҚТ кезінде токтың периодтық құраушыларының бастапқы мәнінің қатынасы мынаны құрайды:

$$I_{п0}^{(2)} = 0,87 I_{п0}^{(3)}, \text{ кА.}$$

К-1 н. үшін түзу реттілік алмастыру сызбасы 3.1 мысалда жасалды (3.14, а сур. қараңыз) және соңында осы нүктеге қатысты өзгертілді (3.14, ж сур. қараңыз). Оны қолданып көрейік:



Жоғарыда айтылғандарды ескере отырып, қорытынды алмастыру сызбасындағы әр тарам үшін К-1 н. ағып келетін екіфазалық ҚТ тоғын анықтайық:



G1, генераторынан тоқ, кА,  $I_{п0G1}^{(2)} = 0,87 I_{п0G1}^{(3)}$ ;  
эквивалентті тоқ көзінен тоқ (C+G2+G3), кА,

$$I_{п0(C+G2+G3)}^{(2)} = 0,87 I_{п0(C+G2+G3)}^{(3)}.$$

Токтын шамалары  $I_{п0G1}^{(3)}$  и  $I_{п0(C+G2+G3)}^{(3)}$  3.1 мысалда есептелген (3.12 кестені қараныз)

K-1 н. екіфазалық ҚТ тоғының периодтық құраушысы бастапқы әрекеттік мәнінің жиынтығы мынаны құрайды, кА,

$$I_{п0K-1}^{(2)} = I_{п0G1}^{(2)} + I_{п0(C+G2+G3)}^{(2)}.$$

Жоғарыда берілген екіфазалық ҚТ есептеудің әдісі мен 3.1 мысалды шешкенде анықталған K-1 н. екіфазалық ҚТ тоғының шамасын қолдана отырып, тоқтың абсолютті шамасын  $I_{п0K-1}^{(2)}$ , килоамперде табыңдар.

**3.3 мысал.** 3.13. сур. көрсетілген есептеу сызбасындағы K-2 н. (110 кВ құрама шинасында) бірфазалы ҚТ тоғының периодтық құраушысының бастапқы әрекеттік мәнін жалпылама түрде есептеу.

Есептеу үшін қосымша мәліметтер:

W1, W2, W3 электр беру желілері — жерлендірілген болат арқаны бар екітізбекті;

Номиналдік реттіліктің атаулы кедергісі системы  $x_{*0номC} = 5,0$ .

K-2 н. ЦК-2 -115 кВ болатын құрама шинада орналасқанына мән беру керек, 3.1 мысалда кедергіні деректі бірлікпен (оммен) есептеген кезде базалық кернеу ретінде  $U_6 = U_{ср}^{K-1} = 10,5$  кВ қабылданған болатын, және оған алмастыру сызбасының барлық кедергілері келтірілген еді. Базалық кернеу ретінде алдында қабылданған шаманы өзгертпей есептеуді жалғастырамыз.

Шешімі. K-2 н. бірфазалы ҚТ тоғын есептеу үшін түзу, кері және нөлдік реттілік алмастыру сызбасын жасап, олардың қорытқы кедергісін  $x_{1рез}^{K-2}$ ,  $x_{2рез}^{K-2}$ ,  $x_{0рез}^{K-2}$  анықтау керек.

1.Түзу реттілік алмастыру сызбасы 3.1 мысалда келтірілген үшфазалы ҚТ тоғын есептеуге жасалған алмастыру сызбасынан айырмашылығы жоқ (3.14, а сур. қараңыз), 3.14, в сур. көрсетілгендей ықшамдалған. Осы сызбаларды тағы бір жасап, оларды K-2 н. қатысты өзгертуді жалғастырамыз (3.14' сур.).

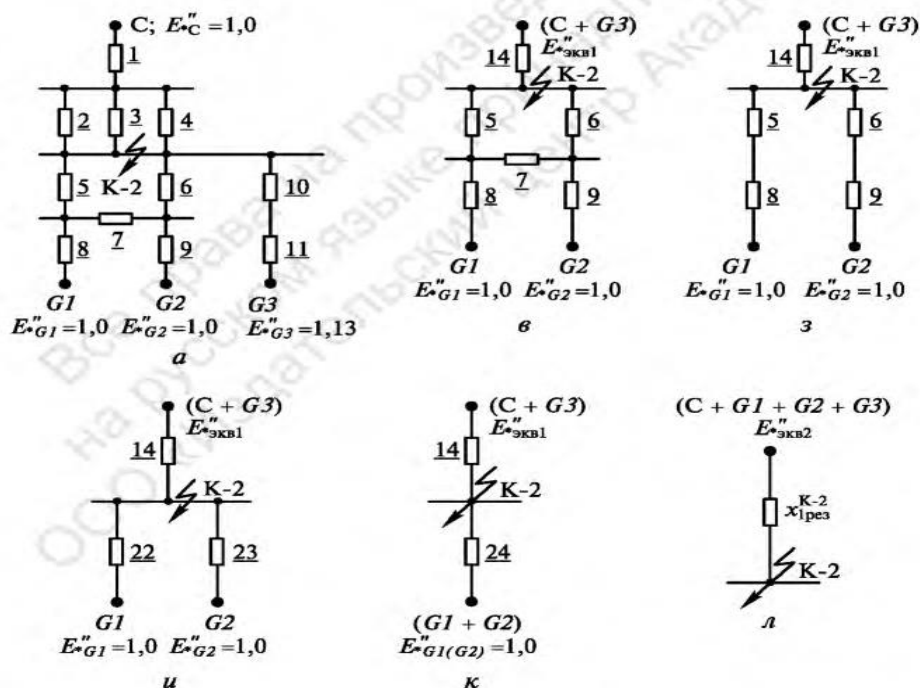
3.1 мысалына сәйкес кедергілерді нөмірлеуді жалғастырамыз.

G1 және G2 генераторларының тарамдары K-2 н. қатысты симметриялық ( $x_5 = x_6$ ;  $x_8 = x_9$ ), сондықтан, реактор кедергісі  $x_7$  бірдей әлеуетті түйіндер арасында орналасқан, сәйкесінше, K-2 н. ҚТ кезінде  $x_7$  арқылы тоқ өтпейді және оны алмастыру сызбасына алып тастауға болады (3.14', з сур. қараңыз).

Бұдан кейін:

$$x_{22} = x_5 + x_8;$$

$$x_{23} = x_6 + x_9 \text{ (см. рис. 3.14, и);}$$



3.14' сур. Соңы. К-2 н және оның өзгеруі кезіндегі бірфазалық ҚТ тоғын есептеуге арналған түзу реттілік алмастыру сызбасы (а, в, з, и, к, л) (3.3 мысалына) сондықтан,

$x_{22}=x_{23}$ ,  $x_{24} = \frac{1}{2} x_{22}$  алмастырамыз (3.14', к сур. қараңыз).

К-2 н. қатысты түзу реттілік алмастыру сызбасының қорытқы кедергісін анықтаймыз: Бү кездегі эквивалентті ЭСК

$$x_{1\text{рез}}^{K-2} = \frac{x_{14}x_{24}}{x_{14} + x_{24}} \quad (\text{рис. 3.14}', \text{ л}).$$

Кері реттілік алмастыру сызбасының қорытқы кедергісі түзу реттілік алмастыру сызбасының қорытқы кедергісіне тең деп саналады

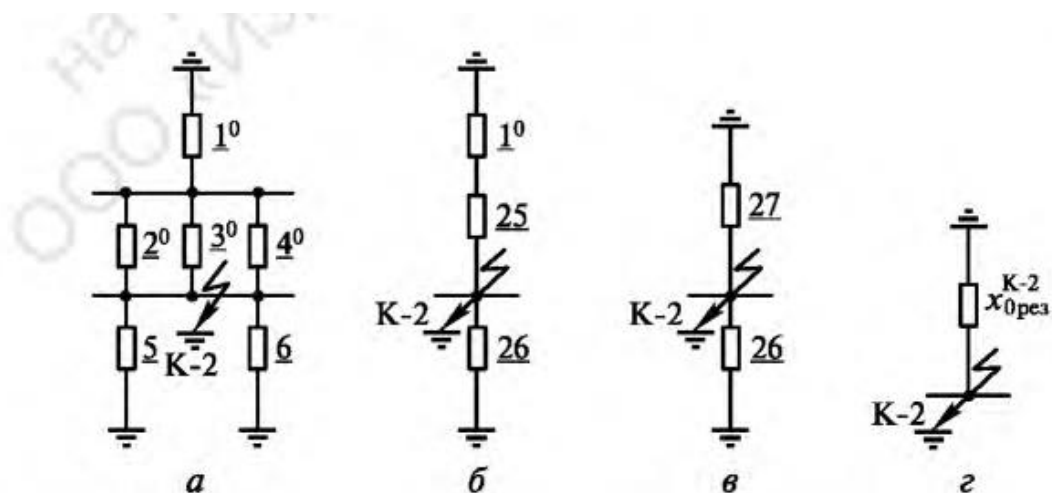
$$E''_{*ЭКВ2} = \frac{E''_{*ЭКВ1}x_{24} + E''_{*G1}x_{14}}{x_{24} + x_{14}}.$$

Нөлдік реттілік алмастыру сызбасына тек есептеу сызбасының жермен байланысы бар элементтері мен олардың арасындағы желілері кіреді, атап айтқанда: жерлендірілген бейтараптамасы бар жүйе, бейтараптамасы жерлендірілген Т1 және Т трансформаторлары және W1, W2, W3 ЭБЖ (3.15, а сур.). Нөлдік реттілік алмастыру сызбасындағы Т1 және Т2 (x5, x6) трансформаторларының кедергілерінің шамасы өзгермегенін және түзу реттілік алмастыру сызбасында болғандай екенін есте ұстау қажет. Жүйенің кедергісін есептеу қажет, ол өзгереді:

$$x_{*1}^0 = x_{*0\text{НОМС}} \frac{S_6}{S_{\text{НОМС}}}, \text{ о.е., (немесе } x_1^0 = x_{*0\text{НОМС}} \frac{U_6^2}{S_{\text{НОМС}}}, \text{ Ом}).$$

W1, W2, W3 ЭБЖ (болат арқаны бар екітізбекті) кедергісі нөлдік реттілік алмастыру сызбасында артып, 3.9 кестесіне сәйкес мынаны құрайды:

$$x_{*2}^0 = x_{*3}^0 = x_{*4}^0 = 4,7 x_{*2}, \text{ о.е. (или } x_2^0 = x_3^0 = x_4^0 = 4,7 x_2,$$



3.15 сур. К-2 н.қатысты нөлдік реттілік алмастыру сызбасы мен оның өзгеру жолы  
.К-2-ге қатысты тікелей тізбектің ауыстыру тізбегінің нәтижелендіруші қарсылығын анықтаймыз:

$$x_{25} = \frac{1}{3} x_2^0;$$

$$x_{26} = \frac{1}{2} x_5 \text{ (рис. 3.15, б)}$$

$$x_{27} = x_1^0 + x_{25} \text{ (рис. 3.15, в).}$$

Осындай бірігудегі ЭҚК баламасы:

$$x_{0рез}^{K-2} = \frac{x_{27} x_{26}}{x_{27} + x_{26}} \text{ (рис. 3.15, г).}$$

Кері тізбекті ауыстыру тізбегінің нәтижесінде туындайтын қарсылық алдыңғы тізбекті ауыстыру тізбегінің нәтижелі кедергісіне тең болады::  $x_{K-2} = x_{0рез}$ .

Нөлдік дәйекті ауыстыру тізбегі құрылады, ол жерге қосылуға арналған сызбаның элементтерін ғана қамтиды және олардың арасында байланыс желілері, атап айтқанда: жерге тұйықталған бейтарап, күшті трансформаторлар Т1 және Т2, олар жерге тұйықталған және ЛЭП W1, W2, W3 (Сурет 3.15, а).

Т1 и Т2 ( $x_5$ ,  $x_6$ ) трансформаторларының нөлдік тізбектегі ауыстыру тізбегіндегі қарсылық мәндері өзгермейді және тікелей тізбектің ауыстырылатын тізбегіндегі параметрлерге сәйкес келеді. Жүйенің қарсылығын қайта есептеу қажет, ол өзгереді:

| салыстырмалы бірліктердегі кедергілерді есептеу кезінде (о.е.)                                                                                   | аталған бірліктердегі кедергілерді есептеу кезінде (Ом)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $I_{п0}^{(1)} = \frac{3I_6^{K-2} E''_{*экв2}}{2x_{*1рез}^{K-2} + x_{*0рез}^{K-2}}, \text{ кА}$                                                   | $I_{п0}^{(1)} = \frac{3U_6^{K-1} E''_{*экв2}}{\sqrt{3}(2x_{1рез}^{K-2} + x_{0рез}^{K-2})} \left( \frac{U_{ср}^{K-1}}{U_{ср}^{K-2}} \right), \text{ кА}$                                                                                                                                                                                                                               |
| <p>Мұнда</p> $I_6^{K-2} = \frac{S_6}{\sqrt{3}U_{ср}^{K-2}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 115} = 5,02 \text{ кА};$ $U_{ср}^{K-2} = 115 \text{ кВ}$ | <p>3.1-мысалға келергілерді есепке алу<br/> <math>U_6^{K-1} = U_{ср}^{K-1} = 10,5 \text{ кВ}</math>, жүзеге асты а т.<br/> К-2 кернеуі <math>U_{ср}^{K-2} = 115 \text{ кВ}</math>, шиналарда орналасқан, сондықтан К-2 ағынының шын мәнін алу үшін ол <math>U_{ср}^{K-1} = 10,5 \text{ кВ}</math> -қа дейін <math>U_{ср}^{K-2} = 115 \text{ кВ}</math> -ға дейін қайта есептелді.</p> |

Есептеу тізбегінің бастапқы деректерін пайдалану арқылы (3.13-суретті қараңыз), ауыстыру тізбегінің кедергісін есептеудің екі әдісін қолданып, К-2, ағымдағы 1мәнді есептеп, алынған нәтижелерді салыстырыңыз (сәйкес келуі керек).

### 3.7 Қысқа тұйықталу токтарының электродинамикалық әсері

Электрөткізгіштердегі токтардың өтуі олардың арасындағы электродинамикалық (механикалық) күштердің пайда болуына әкеледі. Бірдей жолдардың параллель өткізгіштері сол бағытта олардың тартымдылығын, қарама-қарсылығын - олардың серпілуін тудырады. Қалыпты жүктеме режимінде өзара әрекеттесудің механикалық күштері шамалы, бірақ қысқа тұйықталу кезінде олар электр құрылғылары мен шиналауға үшін қауіпті мәндерге жетуі мүмкін және тіпті бұзылуы мүмкін. Теориялық электротехникадан белгілі болғандай, екі өткізгіштердің  $i_1$  және  $i_2$  ағымдары арқылы өтетін өзара әрекеттесу күші формула бойынша анықталады:

$$F = 2 \cdot 10^{-7} i_1 i_2 \frac{l}{a} k_{\phi}, \text{ Н}, \quad (3.41)$$

$i_1, i_2$  — өткізгіштердегі лездік токтар, А;  $l$  — өткізгіштер ұзындығы, м;  $a$  — өткізгіштердің осьтері арасындағы қашықтық, м;  $k_{\phi}$  — сызықтың нысанын және өткізгіштердің өзара орналасуын ескеретін пішін коэффициенті (көлденең қиманың дөңгелек сымдары, айналма секциясы, көлденең қимасы үшін 0,1 м және одан да көп  $k_{\phi} = 1$ ; тікбұрышты өткізгіштер үшін  $k_{\phi}$  4.4 суреттегі қисықтардан анықталады).

Өткізгіштер арасындағы ең үлкен механикалық күштер қысқа тұйықталу режимінде ақаулық ток соққыға жеткен кезде пайда болады.

Конструкция фазасындағы үшфазалы өткізгіштер жүйесінде әрекет ететін максималды күшті Н формулалары арқылы анықтау қажет: ҚТ үшфазалы кезінде

$$F_{\max} = \sqrt{3} \cdot 10^{-7} i_{уд}^{(3)2} \frac{l}{a} k_{\phi} k_{расп}; \quad (3.42)$$

ҚТ екіфазалы кезінде

$$F_{\max} = 2 \cdot 10^{-7} i_{уд}^{(2)2} \frac{l}{a} k_{\phi} k_{расп}, \quad (3.43) ?$$

$k_{расп}$  — өткізгіштердің өзара орналасуына байланысты коэффициент ([3.2, кестесі 1] және [3.3, кестесі 7.3]); шиналар бірдей жазықтықта немесе тең жақты үшбұрыш шындары

бойымен орналастырылған кезде білім беру дизайнында  $k_{расп} = 1,0$ ; тікбұрышты ұшбұрыштың шындары бойынша  $k_{расп} = 0,95$ .

*Электр өткізгіштерде пайда болатын күштердің нәтижесінде пайда болған механикалық зақымдардың алдын алу үшін, ағымдық тасымал құрылымының барлық элементтері **электродинамикалық тұрақтылыққа** ие болуы тиіс, яғни, қысқа тұйықталу токтарының ағуы кезінде пайда болатын механикалық күштерге, деформациясыз, олардың әрі қарай қалыпты жұмысына кедергі келтірмеуге тиіс.*

Электр жабдығының түріне, оның электродинамикалық тұрақтылығын тексеруіне қарай жағдайлар әрқилы. Мысалы, өндіруші-зауыттар ҚТ гдин кепілдемелік тоғын көрсетеді, (немесе  $i_{max}$ , немесе  $i_{пр.сқв}$ ), бұл кезде құрылғылардың (ажыратқыштар, айырғыштар) электродинамикалық тұрақтылығы қамтамасыз етіледі. Оларды таңдағанда келесі шарт орындалуы керек:  $i_{уд} \leq i_{дин}$ , кА.

Шина құрылымында электродинамикалық тұрақтылық бар, егер мынадай шарттар орындалса:

$$\sigma_{max} \leq \sigma_{доп},$$

$$F_{max} \leq F_{доп},$$

$\sigma_{max}$ ,  $\sigma_{доп}$  — тиісінше, шиналардың материалындағы максималды конструкция мен рұқсат етілген кернеу, МПа (4.2 кестесін қараңыз);  $F_{max}$ ,  $F_{доп}$  — тиісінше, оқшаулағыштарға арналған максималды конструкция мен рұқсат етілген механикалық жүктемелер, Н (каталогтарда көрсетілген).

ЭКДОЕ сәйкес икемді өткізгіштердің электродинамикалық тұрақтылығы қысқа тұйықталу кезіндегі қателіктер кезінде максималды көзқарас пен өткізгіштерді тексеру үшін ғана тексеріледі  $i_{уд} > 50$  кА [1.12, п. 1.4.2].

Шиналар мен аппараттардың электродинамикалық тұрақтылығын анықтауға арналған есептерді орындау әдістемесі 4 тарауда қарастырылады.

Электродинамикалық тұрақтылықты қамтамасыз ету үшін аппаратты және өткізгіштерді тексеруге болмайтын жағдайлар [1.12, п. 1.4.3] қарастырылған.

Мысалы, жеке камераға өздерінің орналасқан жері бойынша электродинамикалық машиналар мен шина қарсылық кернеу трансформаторлары үшін тексерілмейді; 60 А дейінгі токтар үшін сақтандырғыш байланыстары бар сақтандырғыштармен қорғалған құрылғылар мен өткізгіштер.

### 3.8. Қысқа тұйықталу токтарының термиялық әрекеті

Өткізгіштер электрлік токтар арқылы ағып жатқанда, өткізгіштер қыздырылады. Егер өткізгіштің жүктеменің ағымы қызған болса, шығарылған жылудың бір бөлігі қоршаған ортаға ыдырайды және шашырау дәрежесі салқындату жағдайларына байланысты болады. Қысқа тұйықталу тогы кезде, өткізгіш температурасы айтарлықтай артады, ҚТ кезіндегі токтар күрт артады, ал ҚТұзақтылығы аз, сондықтан да өткізгіштегі жылудың қоршаған ортаға ауысуына үлгіре алмайды да, барлығы өткізгіштің қызуына апарады. ҚТ кезінде өткізгішті жылыту қауіпті құндылықтарға жетуі мүмкін, бұл оқшауланудың балқуына немесе бұзылуына, ағымдық бөліктердің деформациялануына және балқуына әкелуі мүмкін. Өткізгіштердің жылу кедергісі критерийі олардың ҚТ қызуына ( $\theta_{доп}$ , °C) рұқсат етілген температурасы болып табылады, [3.2, кесте. 6; 3.3, кесте 8.1] және кесте. 3.15. көрсетілген

Егер қысқа тұйықталу кезінде қыздыру температурасы рұқсат етілген мәндерден аспаса, өткізгіш немесе аппарат термиялық тұрақты деп есептеледі.

Жалпы жағдайда термиялық тұрақтылық шарты осылай көрінеді, °C:

$$\theta_{кон} \leq \theta_{доп}, \quad (3.44)$$

$\vartheta_{\text{кон}}$  қысқа тұйықталу режиміндегі өткізгіштің температурасының соңғы мәні.

3.15 кесте

**Қысқа тұйықталу кезіндегі өткізгіш қыздырудың максималды рұқсат етілген температурасы**

| Өткізгіштер түрлері                                                                                                                              | $\vartheta_{\text{доп}}, ^\circ\text{C}$ |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Алюминий шиналары                                                                                                                                | 200                                      |
| Мыс шиналары                                                                                                                                     | 300                                      |
| Құрылғылармен тікелей байланысы жоқ шиналар                                                                                                      | 400                                      |
| Құрылғылармен тікелей байланысқан шиналар                                                                                                        | 300                                      |
| Кернеуге арналған қағазды сіңдірілген кабельдер, кВ:                                                                                             |                                          |
| 1                                                                                                                                                | 250                                      |
| 6 — 10                                                                                                                                           | 200                                      |
| 20 — 35                                                                                                                                          | 130                                      |
| 110 — 220                                                                                                                                        | 125                                      |
| Мыс және алюминий өткізгіштері бар оқшауланған сымдар және оқшавлағыштар:                                                                        |                                          |
| поливинилхлорид                                                                                                                                  | 160                                      |
| резеңкелер                                                                                                                                       | 160                                      |
| полиэтилен (35 кВ дейінгі кабельдердің номиналды вулканизацияланған (өзара байланысты) полиэтилен (35 кВ дейінгі кабельдердің номиналды көрнегі) | 130                                      |
| Мысты оқшауланбаған сымдар, Н/мм <sup>2</sup> :                                                                                                  | 250                                      |
| 20 кем                                                                                                                                           | 200                                      |
| 20 және одан атық                                                                                                                                |                                          |
| Алюминий оқшауланбаған сымдар, Н/мм <sup>2</sup> :                                                                                               |                                          |
| 10 кем                                                                                                                                           | 200                                      |
| 10 және одан артық                                                                                                                               | 160                                      |
| Құрыш-алюминий сымдарының алюминий бөлігі                                                                                                        | 200                                      |

[3.2, бөлім. 3] сәйкес, Джоуль интегралын пайдаланатын өткізгіштер мен электр аппараттарында қысқа тұйықталу тогының жылу әсерін дәрежесін анықтау ұсынылады

$$B_K = \int_0^{t_{\text{откл}}} i_{\text{кл}}^2 dt, \quad (3.45)$$

$i_{\text{кл}}$  — қысқа тұйықталудың жалпы қысымы  $t$ , А;  $t_{\text{откл}}$  — ҚТ есептік ұзақтылығы, с.  
Джоул интегралы - бұл энергия көздерінің параметрлеріне, бастапқы дизайн сұлбасының конфигурациясына, ақаулық орынның көздерден электрлік қашықтығына және басқа да факторларға байланысты күрделі функция. Толығырақ баға әдістері және  $B_K$  анықтамалары [3.2, п. 3.1] и [3.3, п. 8.2] берілген. Джоул  $B_K$  интегралының қоректену көздерінен едәуір қашықтыққа ие тізбектердегі шамамен есептеулер үшін  $kA^2$ -с формуласын пайдалануға болады,

$$B_K = I_{\text{п0}}^2 (t_{\text{откл}} + T_{\text{а.экв}}), \quad (3.46)$$

$I_{\text{п0}}$  —  $t = 0$  тең балама көзден ҚТ токтың мерзімді компонентінің тиімді мәні, кА;  $T_{\text{а.экв}}$  — ҚТ токтарының мерзімді компонентінің баламалы ыдырау уақытының тұрақты мәні, с;  $t_{\text{кл}}$  — есептік ұзақтылығы, с.

Генераторлар немесе синхронды компенсаторлардың маңында қысқа тұйықталу үшін Джоул интегралын анықтау қиын. ([3.2, п. 3.1 и 3.3, п. 8.2]). Бірақ білім беру жобасында

біз мұнда формуланы (3.46) пайдалана аламыз, өйткені осы жағдайда алынған  $B_k$  мәні біршама жоғарлаған, ұзақ мерзімді жағдайларда және электродинамикалық тұрақтылық жағдайында жоғары қуатты қосылыстар (генератор, байланыс трансформаторы және т.б.) таңдалған өткізгіштер мен аппараттар термиялық қарсылықтың айтарлықтай қорларына ие.

Жоғарыда айтылғандардың негізінде, (3.46) формуласында  $T_a$  ЭВ негізінде  $T_a$  ҚТ орнын коректендіретін мәндерінің ең үлкенін қабылдауға болады, егер ондайлардың бірнешеуі болса, бұл есептелген Джоуль интегралының ұлғаюына алып келеді және құрылғыны жылу тұрақтылығына тексеру кезінде қате бермейді.

Джоуль интегралын анықтау кезінде  $t_{\text{ТКЛ}}$  анықтау жеткілікті. ЭҚОЕ сәйкес ҚТ 4ткл есептеу ұзақтылығы [1.12, п. 1.4.8] тізбектің негізгі релелік қорғаныс жұмыс уақытынан тұрады ( $t_{\text{ж}}$ ) ол ажыратқыштардың каталогтық деректерінде көрсетілген АҚҚ және ажыратқыштың жалпы өшу уақытын ( $t_{\text{ТКЛ.В}}$ ) с, есепке алғандағы әрекеттермен жүзеге асады.

$$t_{\text{ТКЛ}} = t_{\text{р.з}} + t_{\text{ТКЛ.В.}}$$

$P_{\text{НОМГ}} \geq 60$  МВт генераторлардың тізбектері үшін ЭҚОЕ  $t_{\text{откл}} = 4$  с, қабылдау керек, яғни резервтік қорғаныстың ұзақтығы бойынша.

Каталогтардағы өндіруші-зауыттар кепілдік берілген орташа квадраттық ток жылу кедергісінің мәндерін және оның электр аппараттарына (ажыратқыштар, ажыратқыштар, ток трансформаторлары және т.б.) арналған ағынның рұқсат етілген уақытына ( $t_{\text{тер}}$ , с) әкеліп соғады.

Бұл жағдайда ҚТ режиміндегі аппараттың жылу тұрақтылығының шарты келесідей,  $\text{кА}^2 \cdot \text{с}$ ,

$$B_k \leq I_{\text{тер}}^2 t_{\text{тер}}. \quad (3.47)$$

$q_{\text{станд}}$ ,  $\text{мм}^2$  стандарттық ағымы бар жылу тұрақтылығын тексеру кезінде келесі шарт орындалуы тиіс:

$$q_{\text{станд}} \geq q_{\text{min}}, \quad (3.48)$$

$q_{\text{min}} = \sqrt{B_k} / C_T$  — бұл қысқа тұйықталу кезіндегі өткізгіштің қысқа мерзімді рұқсат етілген температураға дейін қыздырылуына әкелетін минималды көлденең қимасы;  $C_T$  — осы оқулықтың [3.2, кестесінде. 7, 8, 9], [3.3, кестесінде. 8.2, 8.3, 8.4] және 3.16, 3.17, 3.18 кестелерінде келтірілген мәндердің функциялары.

Кесте 3.16

**Қатты шиналар үшін  $C$  параметрінің мәні**

| Қосындылау жүйесі | Өткізгіш материалы немесе қорытпа маркасы | °C бастапқы $t_{\text{Ст}}$ , $\text{А} \cdot \text{с}^{1/2} / \text{мм}^2$ мәні |    |     |
|-------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----|-----|
|                   |                                           | 70                                                                               | 90 | 120 |
| —                 | Мыс                                       | 170                                                                              |    |     |
| А1                | АДО                                       | 90                                                                               | 81 | 68  |
|                   | АДШ                                       | 91                                                                               | 82 | 69  |
|                   | АДОМ, АД1М                                | 92                                                                               | 83 | 70  |
| Al-Mg-Si          | АД31Т1                                    | 85                                                                               | 77 | 64  |
|                   | АД31Т                                     | 82                                                                               | 74 | 62  |
|                   | АД33Т1                                    | 77                                                                               | 71 | 59  |

|          |                        |    |    |    |
|----------|------------------------|----|----|----|
|          | АДЗЗТ                  | 74 | 67 | 57 |
|          | АВТ1                   | 73 | 66 | 55 |
|          | АВТ                    | 71 | 63 | 53 |
| Al-Zn-Mg | 1911                   | 71 | 63 | 53 |
|          | 1915, 1915Т            | 66 | 60 | 51 |
| Al-Mg-Mn | АМг5                   | 63 | 57 | 48 |
| —        | йдоп= 400 °С кезіндегі | 70 |    |    |
|          | йдоп= 300 °С кезіндегі | 60 |    |    |

Кесте 3.17

### Кабельдер үшін $C_T$ параметрінің мәні

| Кабельдер сипаттамасы                                            | $C_T, A \cdot c^{1/2}/mm^2$<br>мәні |
|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 10 кВ дейінгі кабельдер:                                         |                                     |
| мыс тарамымен                                                    | 140                                 |
| алюминий тарамымен                                               | 90                                  |
| 20 — 30 кВ кабельдері:                                           |                                     |
| мыс тарамымен                                                    | 105                                 |
| алюминий тарамымен                                               | 70                                  |
| Поливинилхлоридті немесе резеңке<br>оқшаулаумен кабельдер мен    |                                     |
| мыс тарамымен                                                    | 120                                 |
| алюминий тарамымен                                               | 75                                  |
| Полиэтиленді оқшаулаумен кабельдер мен<br>оқшауланған кабельдер: |                                     |
| мыс тарамымен                                                    | 103                                 |
| алюминий тарамымен                                               | 65                                  |

Кесте 3.18

### Сымдар үшін $C_T$ параметрінің мәні

| Сым материалы       | Сым маркасы               | ҚТ 0С кезіндегі сымдардың<br>қызу $t$ -ның $C_T, A \cdot c^{1/2}/mm^2$ мәні |     |     |
|---------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----|-----|
|                     |                           | 160                                                                         | 200 | 250 |
| Мыс                 | М                         | —                                                                           | 142 | 162 |
| Алюминий            | А, АКП, Ап,<br>АпКП       | 76                                                                          | 90  | —   |
| Алюминий            | АН, АН КП,                | 69                                                                          | 81  | —   |
| Алюминий —<br>болат | АЖКП                      | 66                                                                          | 77  |     |
|                     | АСК, АпС,                 | 76                                                                          | 90  |     |
|                     | АСКС, АпСКС,<br>АпСК, АС, |                                                                             |     |     |

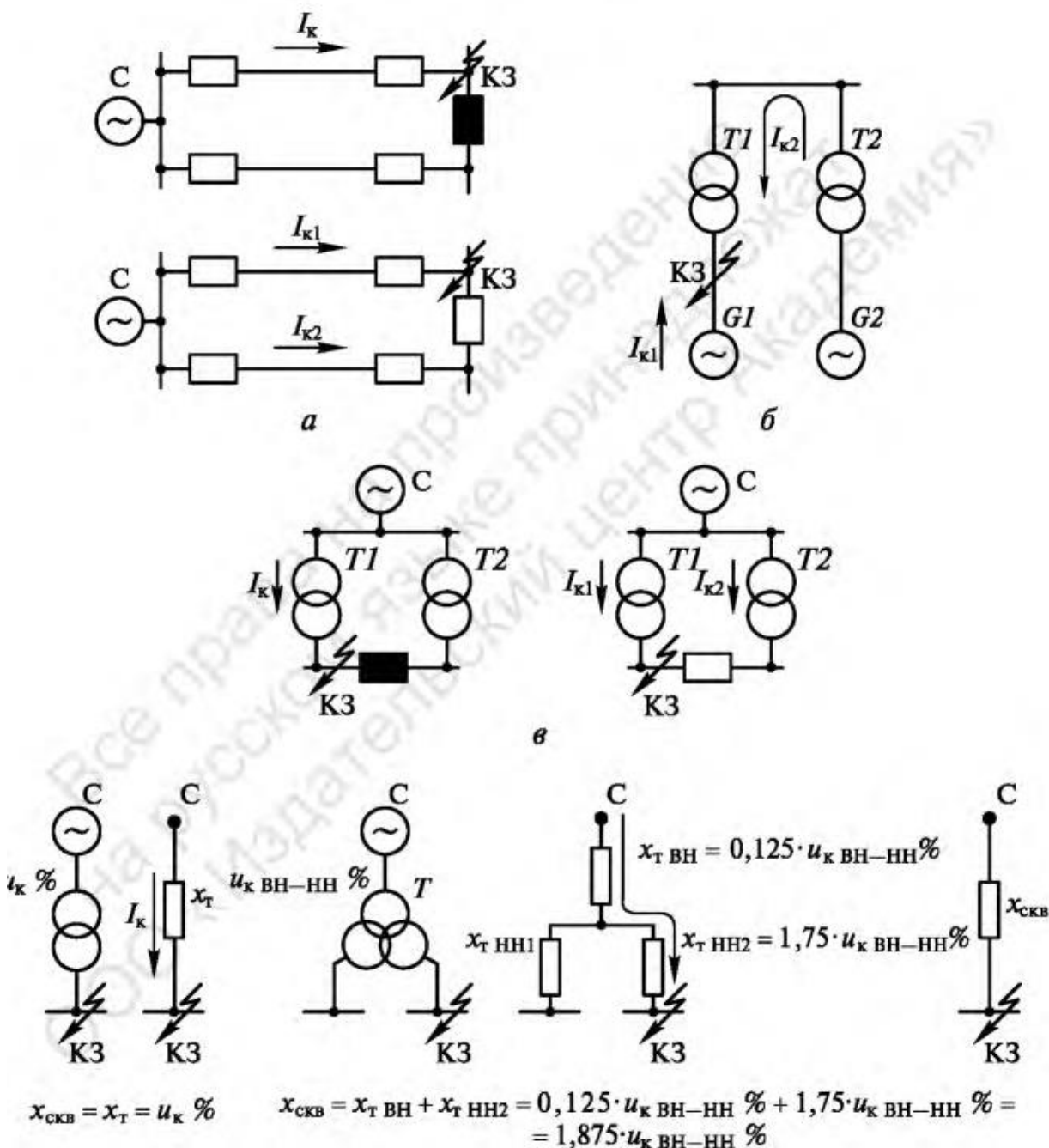
ЭҚОЕ-де қысқа тұйықталу кезінде жылу кедергісі үшін өткізгіштер мен аппараттарды тексеруге жол берілмеген кезде бірқатар жағдайлар қарастырылған. Бұл электр



желілерінің сымдарына, сақтандырғыштармен қорғалған электр тізбектерінің аппараттарына және т.б. қатысты [1.12, п. 1.4.3]. Қысқа тұйықталу токтарын шектеу әдістері.

Энергетикалық жүйеде қысқа тұйықталу токтарының координациясы

Бір жағынан, генераторлық қуаттардың өсуі, электр станцияларының сыйымдылығы, ірі энергетикалық бірлестіктерді құру, бір жағынан, электрмен жабдықтау сенімділігінің артуына, ал екінші жағынан қысқа тұйықталу токтарының едәуір ұлғаюына әкеледі.



Сурет 3.16. Қысқа тұйықталу токтарын шектеу әдістері:

а — электр желілерін бөлу; б — блок схемаларын G — Т электростанцияларында қолдану; в — трансформаторлардың жеке және параллель жұмыс істеуі; г — трансформаторларды НН орамасының көмегімен қолдану

35 кВ және одан жоғары желілер үшін қысқа тұйықталу токтарының максималды деңгейі қуат жүйелерінің тұрақтылығын қамтамасыз ету шарттары мен электр аппараттары мен өткізгіштердің параметрлерімен, ал өз қажеттіліктері мен тарату желілерінде 6 - 20 кВ -

электр аппараттарының параметрлері, ток өткізгіштер, кабельдердің жылу кедергісі, мотор жүктемесінің тұрақтылығымен шектеледі.

Қысқа тұйықталу токтарының шектелуі бойынша шаралар қолдану экономикалық жағынан тиімді болып табылады, егер қосымша жабдықтар шығындарды жабық жабдықтар мен ток өткізгіш бөліктерді пайдалану арқылы төленсе және тұтынушыларға электрмен жабдықтау сенімділігі артса.

Қысқа тұйықталу токтарының шектелуі электр станцияларының және желілерінің сұлбаларының тиісті құрылысы арқылы төмендегілерді ескере отырып қол жеткізуге болады:

желілердің кернеуін арттыру жұмыс істейтін токтар мен қысқа тұйықталу токтарының төмендеуіне әкеледі;

электр желілерін бөлу көздердің қатарлас жұмысын болдырмайды және тиісінше, қысқа тұйықталу токтарының санын азайтады (электр желілеріндегі шығындар және қалыпты режимде трансформаторлар жоғалуы мүмкін) сурет 3.16, а;

Генератор-трансформатор мен генератор-трансформатор желісінің қосылысының блоктауы көздер арасындағы көлденең байланыстарды жояды және қысқа тұйықталу токтарын азайтады (сурет 3.16, б);

трансформаторлардың қосалқы станциялардағы төмен вольтты шиналардағы бөлек жұмысы (3.16, с), сондай-ақ электр станциялары мен қосалқы станциялардың қосалқы қажеттіліктері жүйесінде қысқа тұйықталу контурының кедергісін арттырылады және қысқа тұйықталу токтары азайтылады;

белгіш НН орамасы бар трансформаторларды пайдалану қысқа тұйықталу токтарын шектейді, өйткені олардың қысқа тұйықталу режиміндегі кедергісі НН орамасының бөлінуінсіз бірдей номиналды параметрлері бар трансформаторларға қарағанда шамамен 2 есе көп (сурет 3.16, d).

Токты шектеу реакторы

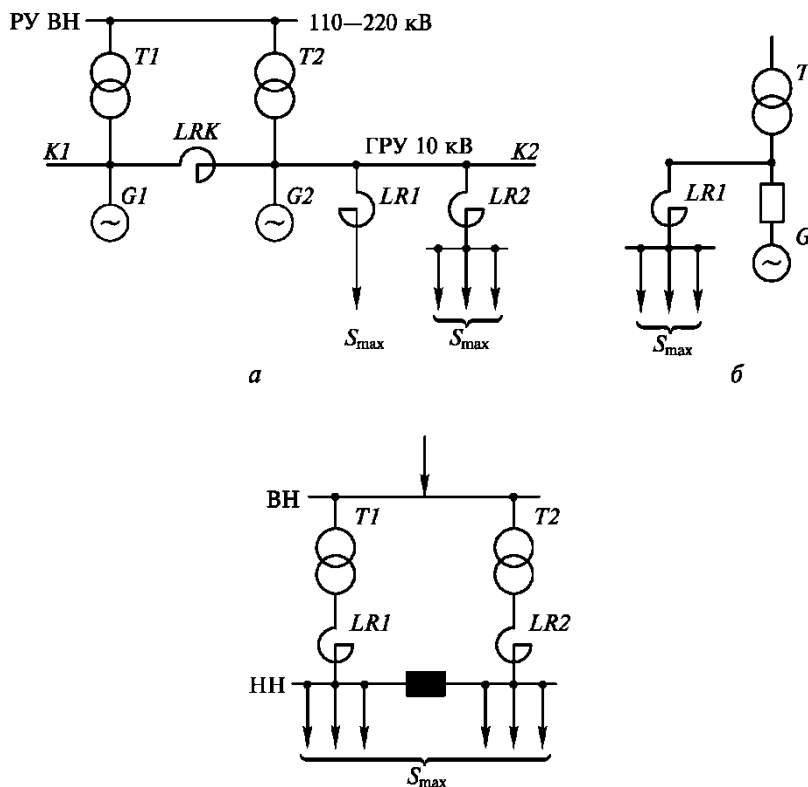
Реакторлар қысқа тұйықталу тізбегінің кедергісін жасанды түрде арттырады, демек, қысқа тұйықталу токтарының шектелуін және реакторлардың артынан зақымдану жағдайында қажетті кернеу деңгейін ұстап тұрады.

Реактор - ядросыз индуктивтілік катушкалар, сондықтан оның қарсылығы ағымның тоғынан тәуелсіз.

Қазіргі кезде шектейтін реакторлар ЖЭО сияқты станцияларда қолданылады

а) НТҚ (секциялық реакторлар) секцияларының арасында - LRK реакторы, сурет 3.17, а;

б) НТҚ құрастырмалы шиналардан жергілікті тұтынушылар үшін НТҚ (сызықтық LR1 немесе топтық LR2 реакторлары) — сурет. 3.17, а;

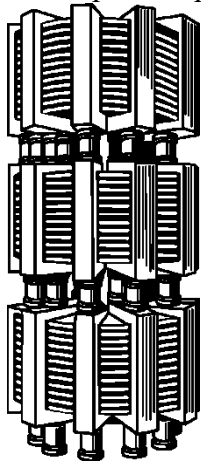


Сурет. 3.17. Ток шектейтін реакторларды қосу схемалары: а — НТҚ бар ЖЭО; б — жиынтықталған түрдегі ЖЭО; в — қосалқы станцияларда

в) реактіленген аралық шықпалары арқылы жиынтықталған ЖЭО-нан жергілікті тұтынушылардың қажеттілігі үшін- сурет. 3.17, б.

Кейде қосалқы станциялардағы төмендеткіш трансформаторлардың төменгі вольттық кіріс тізбектерінде ток шектейтін реакторларды орнату қажет (3.17-сурет, с).

Бүгінде РБ маркасының алюминий орамасы бар ток шектелетін бетон реакторлары кеңінен қолданылады (3.18-сурет). Орамалар бір-бірінен оқшауланып, арнайы қаңқамен жабылады және қысқа тұйықталу токтарының ағымы кезінде өздерінің массасы мен электродинамикалық күштері әсерінен олардың қоныс аударуына жол бермейтін бетон бағаналарда нығайтылады. Жерлендірілген конструкциялардан және тік қондырғымен - және іргелес фазалардан реакторлар оқшаулағыштармен



Сурет. 3.18.

630 А тік фазалық орналасуы бар үш фазалы бетон реакторы 10 кВ

оқшауланады. Бетон реакторлары 4000 А дейінгі номиналды токтар үшін шығарылады және тік, көлденең және қадамдық орнатуға арналған. Реакторларда белсенді күштің жоғалуын төмендету үшін үлкен роторлы токтарда жасанды салқындату (камераларды желдету) орындалады. Жоғарыда қарастырылған қарапайым реакторлармен қатар,

орамның ортаңғы нүктесінен қосымша терминалға ие РБС сериясындағы қос реакторлар кеңінен қолданылады. Орташа нәтиже реактор орамасын екі тармаққа бөледі. Екі тармақта бірдей номиналды токқа бағынады, оның мөлшері каталогта көрсетілген. Орташа нәтиже әдетте қуат көзіне қосылады және қос номиналды ток үшін есептеледі (сурет 3.19, а).

$L$  -тармақтарының индуктивтері бірдей, сондықтан реактордың әр саласының индуктивті қарсылығы екіншісінде болмаған кезде  $x_v = mL$  құрайды және  $x_{ном.в}$  и номиналды тармақтың қарсылығы деп аталады (каталогта көрсетіледі). Екінші реактордың сипаттамалары тараулар арасында магниттік байланыстың болуымен анықталады (өзара  $M$  индуктивтілігімен).

Жүктеме жағдайында қосарланған реактордың жұмысын қарастырайық (сурет 3.19, б). Операция барысында реактордың екі тармағын бірдей жүктеуге тырысады.

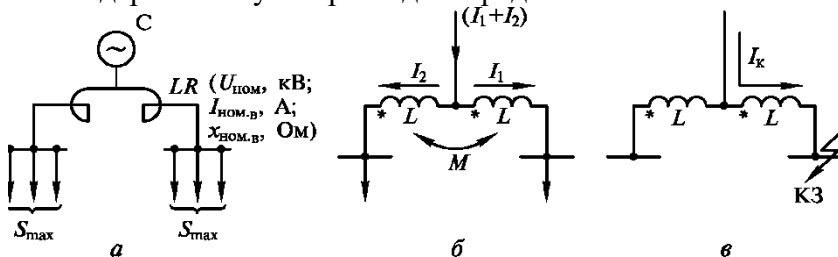
$$x_1 = x_2 = \omega L - \omega M = \omega L \left( 1 - \frac{M}{L} \right) = x_{ном.в} (1 - k_{св}), \quad (3.49)$$

$k_{св} = M/L$  — реактор орамаларының қосынды коэффициенті (әдетте қос реакторлар орындалады)  $k_{св} = 0,4 \dots 0,6$ ).

Егер  $k_{св} = 0,5$ , болса, онда жүктеме режимінде реактордың әрбір тармағының қарсылығы ұқсас реактормен салыстырғанда төмендейді

$$x'_в = x_{ном.в} (1 - 0,5) = 0,5 x_{ном.в}.$$

Демек, қос реактор реактордың әрбір тармағында жүктеме жағдайында кернеудің төмендеуін (электр қуатының жоғалуын азайту) және тарату қондырғысының жалпы өлшемдерін азайтуға мүмкіндік береді.



3.19. - сурет Қос реактор: а — қосу сұлбасы; б — жүктеу режимі; в — ҚТ режимі

Реактордың бір тармағының артындағы қысқа тұйықталу режимін қарастырайық (сурет 3.19, в).

Бұл режимдегі ақаулық тогының шамасы реактордың осы тармағының индуктивті қарсылығымен анықталады, ол арқылы ол ағып кетеді, яғни.

$$x''_в = \omega L = x_{ном.в}.$$

Әлбетте, қысқа тұйықталу режимінде қос реактор қысқа тұйықталу тогын сол номиналды параметрлері бар бір реактор сияқты бірдей шектейді.

Қазіргі уақытта РТОС типті ішкі қондырғысының  $U_{ном} = 10$  кВ,  $I_{ном} = 1600, 2500, 4000$  А есептелген, құрғақ жалғыз ток шектегі реакторларын шығарады.

### 3.9.3. Ағымдағы шектеулі реакторларды таңдау

Реакторлар олардың орналасу орнына, номиналды кернеуге, ток және индуктивті кедергіге байланысты таңдалады.

НТҚ ЖЭС орнату үшін ішкі қондырғы реакторлары сынаудың барлық жағдайларын қанағаттандыратын болса, блоктық жылу және электр станцияларында және қосалқы станцияларда - сыртқы реакторларда жергілікті тұтынушыларды қуаттандыру үшін қолданылады.

Реактордың номиналды кернеуі орнатудың номиналды кернеуіне сәйкес келуі керек,

$$U_{уст} \leq U_{номLR}.$$

Реактордың номиналды тогы (немесе егізгі реактордың тармақтары) ол қосылатын тізбектің жүктемесінің максималды үздіксіз тогынан кем болмауы керек, А,

$$I_{max} \leq I_{номLR},$$

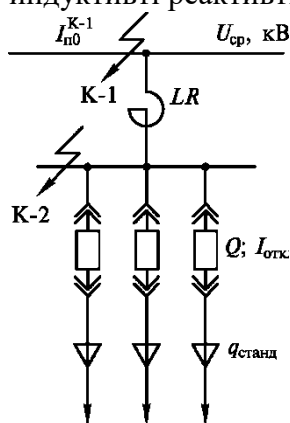
секциялық реактор үшін LRK на ГРУ ТЭЦ (. 3.17 сурет қараныз, а) ток, А

$$I_{max LRK} = 0,7 I_{номG} = 0,7 \frac{S_{номG}}{\sqrt{3} U_{номG}};$$

$S_{max}$  — реактор арқылы қосылған жүктеменің максималды қуаттылығы, МВ·А.

Каталог реакторды көрсетілген тізбекті көрсетеді, бірақ реактордың негізгі параметрі индуктивті қарсылық  $x_{номLR} = \omega L$ , болып табылады.

Қысқа тұйықталу токын шектеу және тұтынушы шиналарында қалдық кернеу деңгейін жоғарылату тұрғысынан реактордың ең үлкен кедергісі болу керек, ал жүктеме режимінде бұл реактордағы кернеу мен қуат шығындарының жоғарылауына әкеледі. Реактордың индуктивті реактивтілігін таңдау келесідей жүргізіледі.



Сурет. 3.20. Ағымдағы шектеулі реакторды таңдау. Түсіндіру схемасы

НТҚ ЖЭО орнатылған секциялық реактордың кедергісін таңдағанда, ең үлкен мән реактор типіне арналған каталогтардан алынады. Реакторлардың барлық басқа қосымшалары үшін қажетті индуктивтілік кедергісі қысқа тұйықталу тогын белгілі бір деңгейге дейін шектеу қажеттілігіне байланысты анықталады. Қысқа тұйықталудың ток шегінің деңгейі толық тарату құрылғыларында орнатылған (коммутациялық аппараттар немесе коммутациялық құрылғылар) орнатылған ажыратқыштардың коммутациялық сыйымдылығымен немесе электр желісінің қуат кабельдерінің жылулық тұрақтылығын қамтамасыз ету қажеттілігімен анықталады. Қажетті реактор кедергісін есептеу (3.20-сурет) келесі тәртіпте жүзеге асырылады. Қысқа тұйықталу схемасының нәтижелендіруші қарсылығы реактор орналасқан жерге дейін анықталады (т. К-1, дейін сурет. 3.20),

$$x_{рез}^{K-1} = \frac{U_{cp}}{\sqrt{3} I_{п0}^{K-1}}, \quad (3.50)$$

К-1, кА үшфазалы қысқа тұйықталу тогының мерзімді компонентінің белгілі бастапқы мәні.

Қысқа тұйықталу тогының мәніне төмендету үшін қысқа тұйықталу схемасының қажетті кедергісі анықталады.

$$x_{рез.треб}^{K-2} = \frac{U_{cp}}{\sqrt{3} I_{п0}^{K-2}_{треб}}, \quad (3.51)$$

а) толық коммутациялық құрылғыда орнатылған қосқыштардың

$$I_{\text{п0 треб}}^{K-2} = \frac{I_{\text{откл.ном}}(1 + \beta_{\text{норм}})}{1 + e^{-\tau/T_a}}, \text{ кА}, \quad (3.52)$$

Мұнда  $I_{\text{откл.ном}}$  — ажыратқыш ток, кА;  $\beta_{\text{норм}}$  — ағытпалы ток ішіндегі апериодтық компоненттің нормаланған мазмұны, о. е. (ол қосқыштар бойынша каталогта орнатылған немесе 4.36-суреттегі 4-бөлімде анықталған;  $\tau \geq 0,1$  кезінде 0);  $\tau = 0,01 + t_{\text{с.сөнген кезде}}$ , с — ҚТ есептік уақыты;  $t_{\text{с.сөнген кезде}}$  — ажыратқышты сөндірудің жеке уақыты с (ажыратқыштар үшін каталогта орнатылған);  $T_a$  — реактормен қорғалған тізбектерге арналған қысқа тұйықталу тогының апериодтық компонентінің сөндірілу уақытша тұрақтылығы (3.6-кестені қараңыз);

б) электр желісінің қуат кабельдерінің жылулық тұрақтылығын қамтамасыз етуін негізге ала отырып, кА,

$$I_{\text{п0 треб}}^{K-2} = \frac{q_{\text{станд}} C_{\tau} \cdot 10^{-3}}{\sqrt{t_{\text{откл}} + T_a}}, \quad (3.53)$$

$q_{\text{станд}}$  — кабельдің стандартты көлденең қимасы, тотықтың экономикалық тығыздығы алдын ала анықталады және жүктің ұзақ уақыт тоқымен жылыту күйінде тексеріледі, мм<sup>2</sup>;  $t_{\text{откл}} = t_{\text{р.з}} + t_{\text{откл.в}}$ , с;  $t_{\text{откл.в}}$  — ажыратқышты өшіру уақыты, с (ажыратқыштар үшін каталогта орнатылған);  $C_{\tau}$  в [2, кесте. 8], [3, кесте. 8.3] және 3.17-кестені қараңыз.

Реактордың қажетті қарсылығын анықтаңыз,

$$X_{\text{треб LR}} = X_{\text{рез.треб}}^{K-2} - X_{\text{рез}}^{K-1}. \quad (3.54)$$

Каталог бойынша реактор таңдалады  $X_{\text{треб LR}} \geq X_{\text{рез LR}}$  Ом.

Оның номиналды параметрлері кестеге жазылады

Реактор таңдаған соң, ҚТ кезіндегі ток

$$I_{\text{п0}}^{K-2} = I_{\text{пт}}^{K-2} = \frac{U_{\text{ср}}}{\sqrt{3}(X_{\text{рез}}^{K-1} + X_{\text{ном LR}})}; \quad (3.55)$$

$$i_{\text{ат}}^{K-2} = \sqrt{2} I_{\text{п0}}^{K-2} e^{-\tau/T_a}; \quad (3.56)$$

$$i_{\text{уд}}^{K-2} = \sqrt{2} I_{\text{п0}}^{K-2} k_{\text{уд}}. \quad (3.57)$$

Осында  $T_a$ , куд реакторлармен қорғалған сымдар үшін 3.6 кестесінен алынған. Таңдалған реактор тексеріледі:

а) ҚТ режимінде электродинамикалық тұрақтылығына, келесі шарт бойынша:

$$i_{\text{уд}}^{K-2} \leq i_{\text{дин}}, \text{ кА}; \quad (3.58)$$

б) ҚТ режимінде термиялық тұрақтылығына

$$(3.59)$$

$$B_K = (I_{n0}^{K-2})^2 (t_{откл} + T_a) \leq B_{тер} = I_{тер}^2 t_{тер}, \text{ кА} \cdot \text{с}$$

где /дин, 1тер, /тер — реактордың номиналды параметрлері (каталогта көрсетіледі).

Қажет болса, ҚТ кезіндегі реакторға 6 (10) кВ шиналарының қалдық кернеуі тексеріледі, кВ,

$$U_{ост} \% = x_{номLR} \frac{\sqrt{3} I_{н0}^{K-2}}{U_{ном}} 100 \%. \quad (3.60)$$

Қозғалтқыштарының өздігінен іске қосу күйін қамтамасыз ету үшін

$$U_{ост} \geq (65 - 70) \% U_{ном}, \text{ кВ}. \quad (3.61)$$

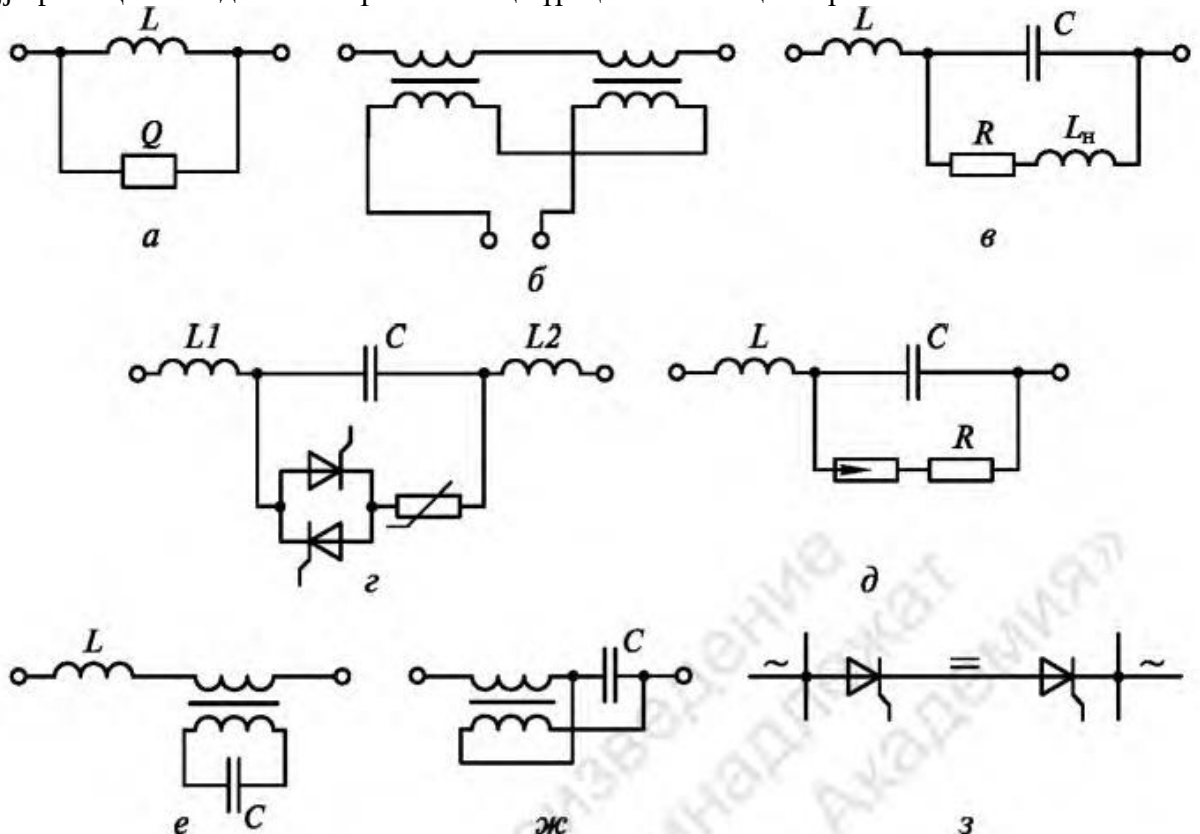
Реактор іріктеу және тексеру үшін барлық жағдайларды қанағаттандыратын болса, осы тізбеге орнату үшін жарамды болып саналады. еке және топтық ток шектейтін реакторларды пайдаланған кезде тізбектің қалыпты жұмыс режимінде кернеудің айтарлықтай жоғалуы байқалады. Сондықтан, қысқа тұйықталу токтарының елеулі шектеулері талап етілетін жағдайларда тұрақты күйдегі және қысқа тұйықталу ақауларын шектейтін арнайы инерциясыз токты шектейтін құрылғылар (БТУ) жасалды. БТУ сызықтық, сызықты емес және шектік элементтердің кейбір тіркесімінен тұрады. Бөлек құрылғыларда арнайы басқару жүйесі бар. Жалпы алғанда, БТУ-дің бақыланатын қуат жүйесінің элементі ретінде келесі параметрлерді қанағаттандыруы керек. /щак < Ггран қарсылығы кезінде БТУ минималды болуы керек:

$$Z_{БТУ} \rightarrow 0; \Delta U_{БТУ} \rightarrow 0,$$

осында /max — БТУ тұратын максималды токтың жүктемесі (рұқсат етілген жүктемені ескере отырып);/ран — БТУ жұмыс істейтін шекаралық ток.

$$Z_{БТУ} \approx -\Delta Z_{нагр},$$

ΔZ<sub>нагр</sub> — ҚТ кезінде БТУ жүктемесінің тұрақтылығының өзгері.



### 3.21. – сурет Тоқ шеттегіш қондырғылардың сызбасы

БТУ желінің орналасуын өзгерткен кезде тұрақтылық сипаттамаларына ие болуы және қалыпты тәртіпте негізгі тізбектің параметрлеріне сызықтық емес бұрмалануларды енгізбеуі керек.

а — әдетте шекті элементтен шағылысқан реактор; б — тұрақты тоқты үстеме магниттеуімен басқару реакторы; в—д — қысқа тұйықталу кезінде кернеудің резонанстарын жоюға арналған әр түрлі әдістермен резонанстық тоқты шектейтін құрылғылар; е, ж — Қосалқы орамның жағынан параметрлерін реттеу арқылы трансформаторлық типтегі тоқтық құрылғылар; з —

тұрақты тоқты енгізу

Екінші шартты орындау қиын, сондықтан нақты электр қондырғы схемасы үшін БТУ-дың нақты түрін қабылдау техникалық және экономикалық есептеулер негізінде анықталады, бұл БТУ-дың құнын және оны электр торабында орнатуға болатын әсерді ескереді.

БТУ принципті сызбалары 3.21 суретінде көрсетілген.

Қысқа тұйықталу режиміне сәйкес электр аппараттарын және ток өткізгіш бөліктерін тексерудің жобалау шарттары

Электр қондырғыларының өткізгіштері мен аппараттары электр қондырғысының әр түрлі жұмыс жағдайларында, соның ішінде қысқа тұйықталу схемаларына сәйкес, олардың жұмыс істеу жағдайларына сәйкес келуі керек. Қысқа тұйықталу кезінде электродинамикалық және жылу кедергісі үшін өткізгіштер мен аппараттарды тексеру үшін электр қондырғысының жобалау схемасын, ақаулықтың дизайны түрін, есептелген нүктені және ақаулықтың есептелген ұзақтығын таңдау қажет.

[3.2] және [1.12] тармақтарына сәйкес, қысқа тұйықталу токтарын анықтау үшін жобалау схемасын таңдау кезінде, электрлік қондырғының ұзақ мерзімді жұмыс істеуі үшін, оның ішінде жөндеу және авариядан кейінгі режимдерден басталуы керек. Есептеу сызбасы сыртқы электр желілерін және болашақ электр қондырғыларын қосудың кем дегенде бес жыл бойы жұмыс істейтін генерациялау көздерін дамыту перспективаларын ескеру қажет. Қысқа тұйықталу конструкциясының түрі ретінде мыналарды қабылдау керек: аппараттардың және қатты шиналардың электродинамикалық тұрақтылығын анықтау үшін - үш фазалық қысқа тұйықталу; аппараттар мен өткізгіштердің термиялық тұрақтылығын анықтау - үш фазалы қысқа тұйықталу; электр станцияларының генераторлық кернеулері бойынша - үш немесе екі фазалы қысқа тұйықталу, олардың қайсысы қыздыруға әкелетініне байланысты;

икемді өткізгіштерді олардың ақаулығы кезінде рұқсат етілген тәсілдің жай-күйі кезінде, үш немесе екі фазалық ақаулық, олардың қайсысы өткізгіштердің үлкен жақындығына әкеледі;

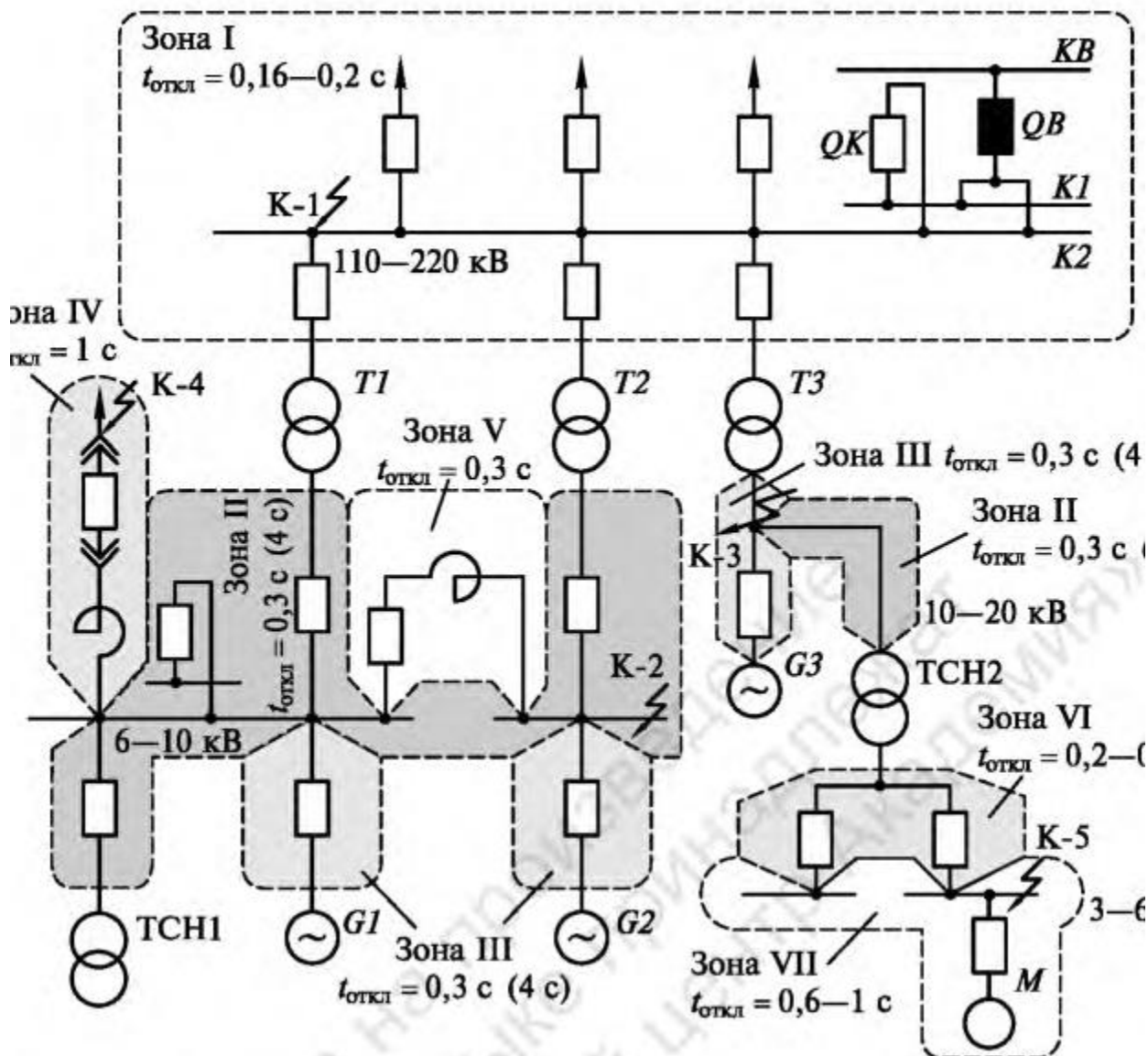
коммутациялық сыйымдылықты аппараттарды таңдау үшін - үш-немесе бір фазалы қысқа тұйықталу жағдайында (қысқа тұйықталу токтарының жерге тұйықталған жерлерде) алынған мәндердің көптігі үшін.

ҚТ есептеу нүктесі ретінде, өткізгіштер мен электр аппараттары қысқа тұйықталу кезінде, ең үлкен электродинамикалық және жылулық әрекетке ұшырайтын конструкция сызбасына осындай ұстанымды қабылдау керек.

Жылулық тұрақтылықты есептегенде, негізгі қорғау әрекетінің уақытын (автоматты түрде қайта қосу әрекетін ескере отырып), қателік орынға ең жақын қосқышта орнатылған уақытты және осы қосқышты өшірудің жалпы уақытын жобалау уақыты ретінде қабылдау керек. Негізгі қорғаныста өлі аймақ болған жағдайда, электрлік қондырғының қарастырылатын ауданы құлаған кезде әрекет ету аймағында резервтік қорғаныстың ұзақтығына қарсы жылу кедергісі тексерілуі тиіс. 60 МВт және одан жоғары қуаттылығы бар генераторлы тізбектерде және сол қуаттағы генераторлық-трансформаторлық қондырғыларда пайдаланылатын құрылғылар мен ток өткізгіштері қысқа тұйықталудың ағымына сәйкес, 4 секундқа тең жылу тұрақтылығына тексерілуі тиіс.



Есептеу мөлшерін азайту үшін, электр қондырғыларында ақаулық режимі үшін шамамен бірдей жағдайларда тізбектер топтарының фактісі пайдаланылады. Бұл жағдай барлық электр қондырғының схемасын белгілі бір жалпы жобалау шарттары орнатылған бөлек аймақтарға соқтыруға мүмкіндік береді.



3.22 – сурет ЖЭС зауытының типінде қысқа тұйықталу токтарының есептеу аймақтары  
Осы аймақтың аппараттарының жылулық тұрақтылығын бағалауға арналған қысқа тұйықталу уақыты негізгі қорғаныстарды пайдалану уақыты мен қосқыштарды өшірудің жалпы уақытымен анықталады  $t_{откл} = t_{рз} + t_{откл.в}$  қабылдануы мүмкін бе  $t_{откл} = (0,16 — 0,2)$  с.

II аймағына кіретін тізбектер үшін KZ-K-2 жобалау нүктесі (генераторлық кернеу шиналары бойынша). Осы аймақтың барлық аппараттары мен ағымдық бөліктері K-2-дегі барлық қысқа тұйықталу токтарының барлық көздерінен тексеріледі. Осы аймақтың генераторлық кернеуін ауыстырып қосқыштарды өшірудің жалпы уақытын ескере отырып,  $t_{откл} = 0,3$  с қабылдауға болады.

III аймағы - НТҚ шиналарына қосылған генератордың кіріс сұлбасы немесе генератор трансформаторлық блок схемасында жұмыс істейтін генератор. Бұл тізбектегі есептеу нүктесі - бұл K-2 немесе K-3 нүктесі, бірақ мұнда құрылғыны таңдау жоғары қысқа тұйықталу тогынан немесе ең зақымдалған генератордан немесе басқа барлық қуат көздерінен алынған. зоны III аймағы үшін өшу уақыты қабылданады  $t_{откл} = 0,3$  с, егер  $P_{номв} < 60$  МВт, и  $4 > t_{кл} = 4$  с, егер  $P_{номв} \wedge 60$  МВт.

IV аймағында (6-10 кВ реактивтелген желінің тізбегі) жабдық реактордан кейінгі (К-4) барлық күштік көздердегі ағындардың қосындысы негізінде таңдалады, бірақ шиналау учаскесі бірінші өткінші изоляторларына дейін (өте кішкентай), К-2-дегі жалпы қысқа тұйықталу токтарымен таңдалады. Бұл аймақ үшін өшіру уақытын қабылдауға бола ма?  $t_{откл} = 1,0$  с.

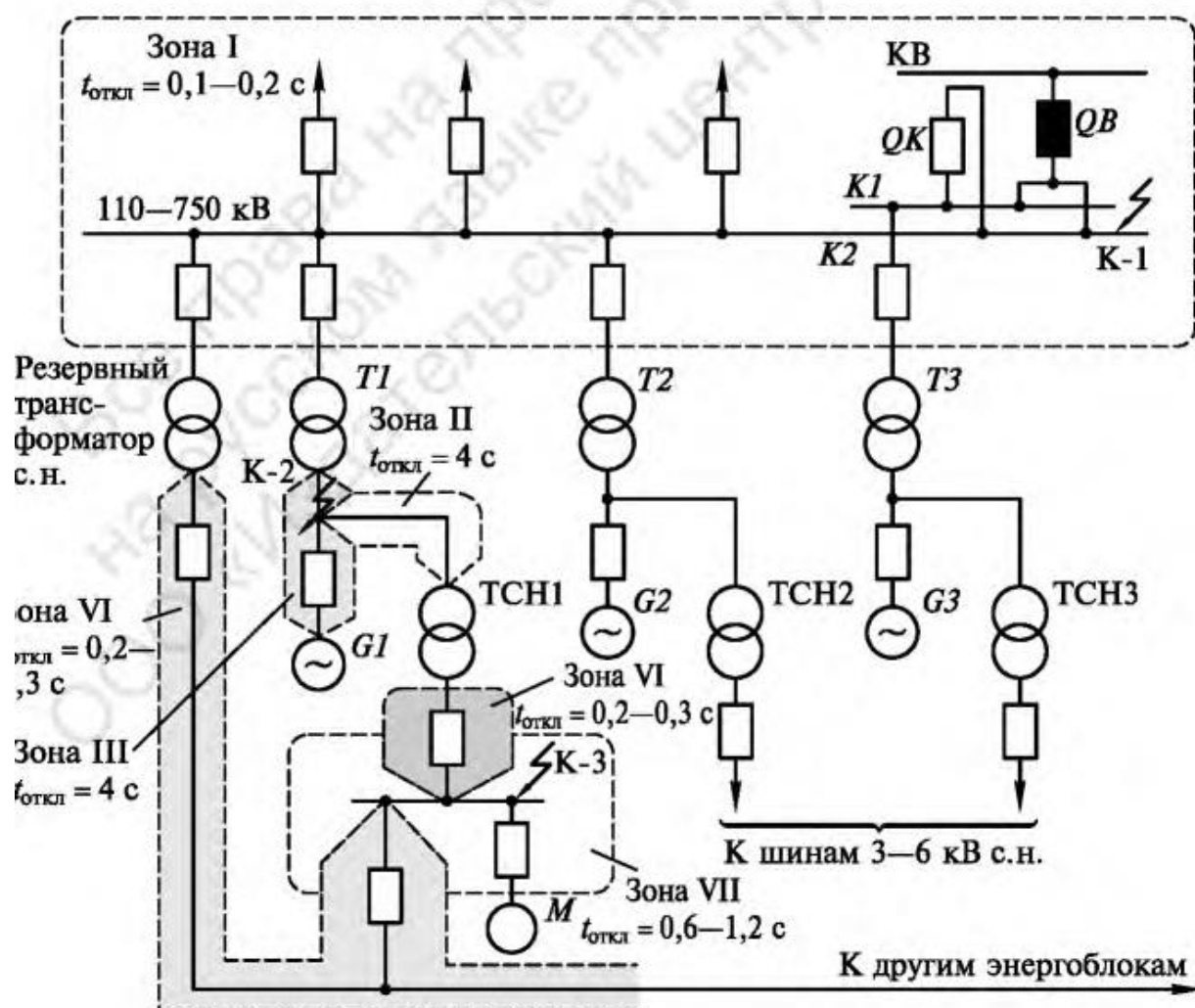
V аймағына НТҚ секциялық байланыс кіреді 6 (10) кВ. Бұл аймаққа қатысты есептеу шарттары III аймаққа сәйкес, бірақ  $t_{откл} = 0,3$  с.

НН жеке қажеттіліктері трансформаторларының нәтижелерінің тізбектері (VI аймағы) III аймақтың тізбектеріне сай, Сондықтан осы аймақтың аппаратын таңдау ең көбірек тұйықталу токтарында жүзеге асырылады (К-5 есептік нүктесі) немесе барлық біріктірілген сыртқы қоректендіру көздерінен немесе ҚТ алған шиналарға қосылған қозғалтқыштардан. Бұл аймақтағы өшіру уақытын қабылдауға бола ма?  $t_{откл} = (0,2 — 0,3)$  с.

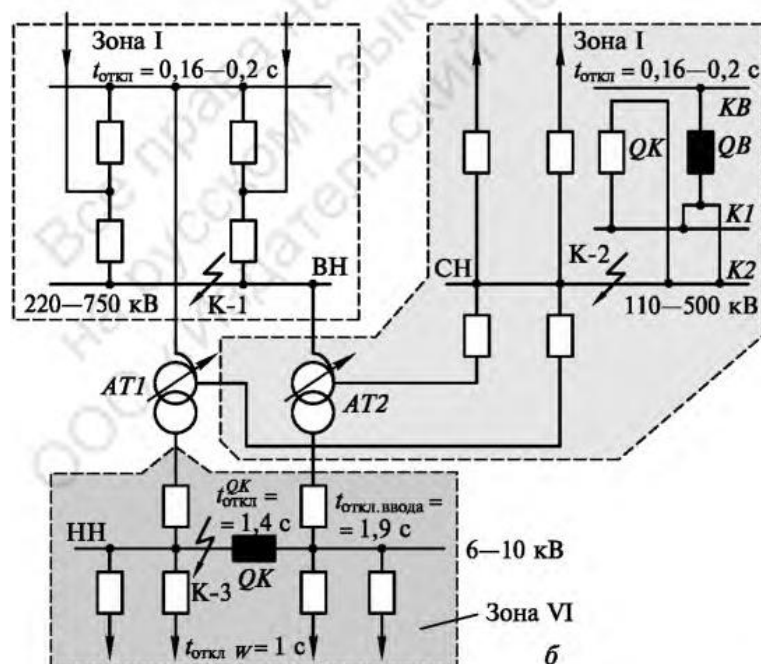
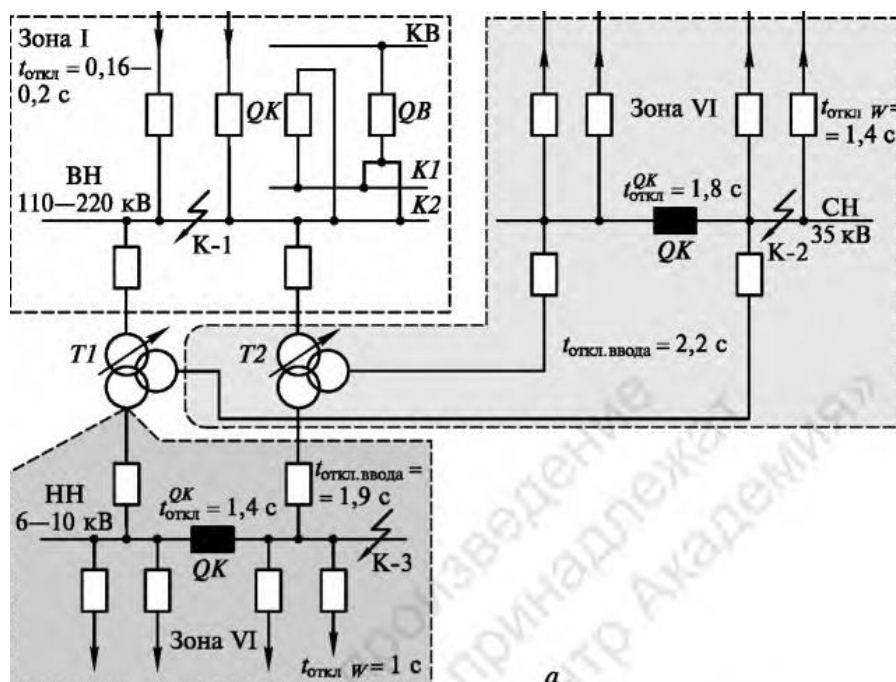
VII аймағында орналасқан жабдық барлық көздерден К-5 қысқа тұйықталу кезіндегі ағымдардың жалпы мәнімен тексеріледі,

$t_{откл} = (0,6 — 1)$  с.

3.23- суретінде I, II, III, VI, VII тән аймақтары бар блоктық электр станциясының құрылысы көрсетілген Жоғарыда айтылғандардың барлығы блоктық станциялардың көрсетілген аймақтарына қатысты құрылғылар мен ток бөлшектерін таңдау және тексеру үшін жарамды.



2.23 –сурет Блоктық станция үшін қысқа тұйықталу токтарының есептеу аймақтары



3.24. - сурет Әртүрлі номиналды кернеулі қосалқы станция үшін ҚТ токтарының есептелген аймақтары

(а, б)

3.24 суретінде екі трансформатор немесе автотрансформаторы бар төмендеткіш қосалқы станциялардың жобасын көрсетілген. Іс жүзінде тек екі аймақ бар (I и VI). Кестелерде барлық қуат көздерінен есептеу нүктесінде қысқа тұйықталу токтарының жалпы мәндеріне негізделген құрылғыларды таңдаумен, әр аймақта аппараттар мен тірі бөлшектерді таңдау үшін есептелген қысқа тұйықталу және уақыттары көрсетіледі. Қосалқы станцияларда синхронды теңгермелер орнатылған болса, онда ол аймағын III (синхронды теңгермелер кіріс тізбек) пайда болады, онда аппарат тексеру үшін есептеу қысқа тұйықталу токтарын құндылықтар немесе зақымдалған синхронды теңгермелерін немесе барлық басқа (сыртқы) қуат көздерінен таңдайды. Қосалқы станцияның 6 — 10 кВ

ПС қосалқы тізбектерінде ток шектейтін реакторлар орнатылса, IV аймағы пайда болады, онда құрылғы реактордың артындағы ақаулықтардағы барлық көздерден қысқа тұйықталу токтарының жалпы мәндерінен таңдалады.

### 3.11 Қысқа тұйықталу токтарының есептеуі үшін ЭЕМ пайдалану

ҚЗ токтарының есептеуі үшін электр машиналарында өтпелі кезеңдерді ескере отырып, жоғары дәлдік қажет болған жағдайларда немесе бастапқы конструкция сызбасы ҚТ токтарының есебі үшін көп айналымды болса онда ЭЕМ пайдаланылады. Заманауи ЭЕМ, олардың операциялық жүйелері күрделі бағдарламалық жасақтама әзірлеуді жүзеге асырады, графикалық ақпараттық дисплей жүйелерін қолданады, есептік деректерді алу және өңдеу процесін едәуір жеделдетеді.

Математикалық модельдер аварияны, авариялық-құтқару жүйесінің жұмыс істеу логикасын және имитациялық электр қондырғыларының релелік қорғанысын және технологиялық операциялардың кезектілігін көбейтуі керек. Математикалық модельдер электр жабдықтарын жобалау, реттеу және пайдалану кезінде қолданылатын сипаттамаларға олардың әсер ету дәрежесін бағалауға мүмкіндік беретін конструкциялық жағдайларды, желілік параметрлерді, машиналарды, реттеуші құрылғыларды өзгертуге мүмкіндік береді.

Қазіргі кезде ҚТ токтарының түрлі дәрежедегі ЭЕМ пайдалана отырып, дәлдігі мен күрделілігін есептеу үшін көптеген бағдарламалар әзірленді. Бірақ электр қондырғыларында ҚТ кезінде пайда болатын процестер теориясын мұқият зерттегеннен кейін, бағдарламаны дамытудағы проблемаларды қалыптастыруға құзыретті түрде баруға болады, содан кейін - ЭЕМ көмегімен алынған ҚТ токтарының есептеу нәтижелерін бағалауға, сондай-ақ практикалық қызметте қолдануға: электр станциялар мен желілердің электр жабдықтарын жобалау, пайдалануға беру немесе пайдалану болса да.

Мысал 3.4. Үш фазалық ҚТ (П), ПЗ\43), г'УД) ағынының компоненттерін және К-1-дегі 1Р0 екі фазалы қысқа тұйықталу ақауларының (500 кВ кернеулі 500 кВ-тық арналған) уақытша компонентінің бастапқы тиімді мәнін анықтау сурет 3.25.

Автотрансформатордың 500 кВ кіріс контурында электр жабдықтарын тандау және тексеру үшін ҚТ токтарының есептік мәндерін анықтау. Бастапқы деректер есептеу схемасында келтірілген. Сонымен қатар, ОРУ 500 кВ-та  $\rho_{\text{своткл}} = 0,025$  с.бар ВГУ-500Б-40У1 түріндегі элегаздық ажыратқыштар орнатылғанын ескеру қажет.

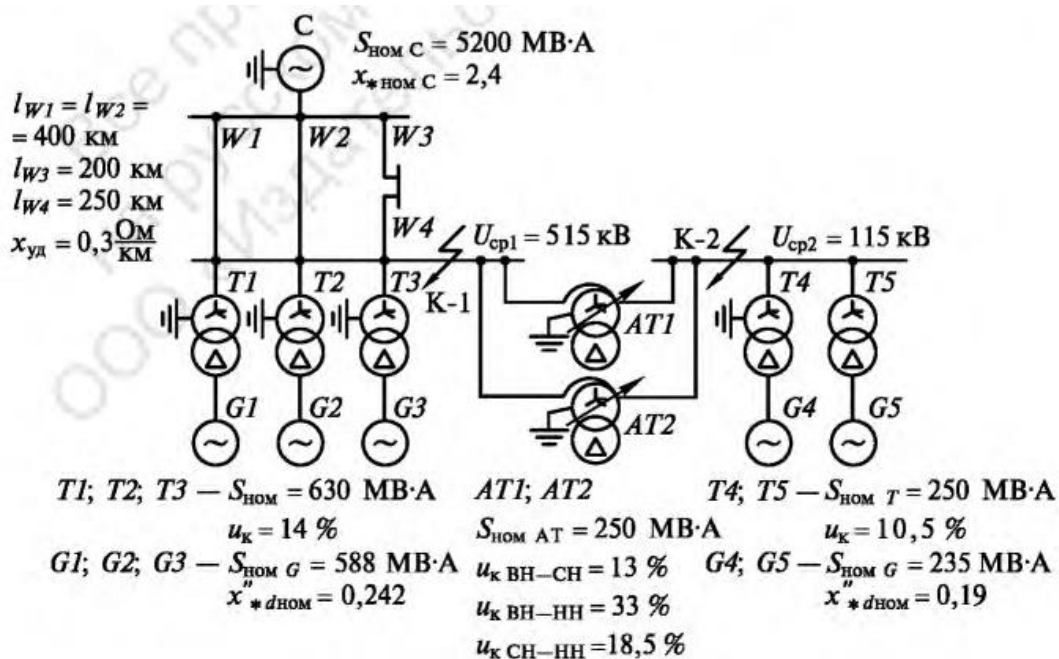
Есептеулер екі нұсқамен орындалады: салыстырмалы, аталған бірліктерде.

**ШЕШІМІ.** 1. К-1-дегі үш фазалы қысқа тұйықталудың токтарын есептеу үшін тікелей тізбекті ауыстыру схемасы жобалау схемасы негізінде жасалады (3.26-сурет, а, 3.27, а). Әрбір кедергіге өз сериялық нөмірі беріледі, ол есептердің соңына дейін сақталады және жақын маңдағы бөлшектің номерінде көрсетіледі (бөлшектің бөлігіндегі осы қарсылықтың мәні көрсетіледі).

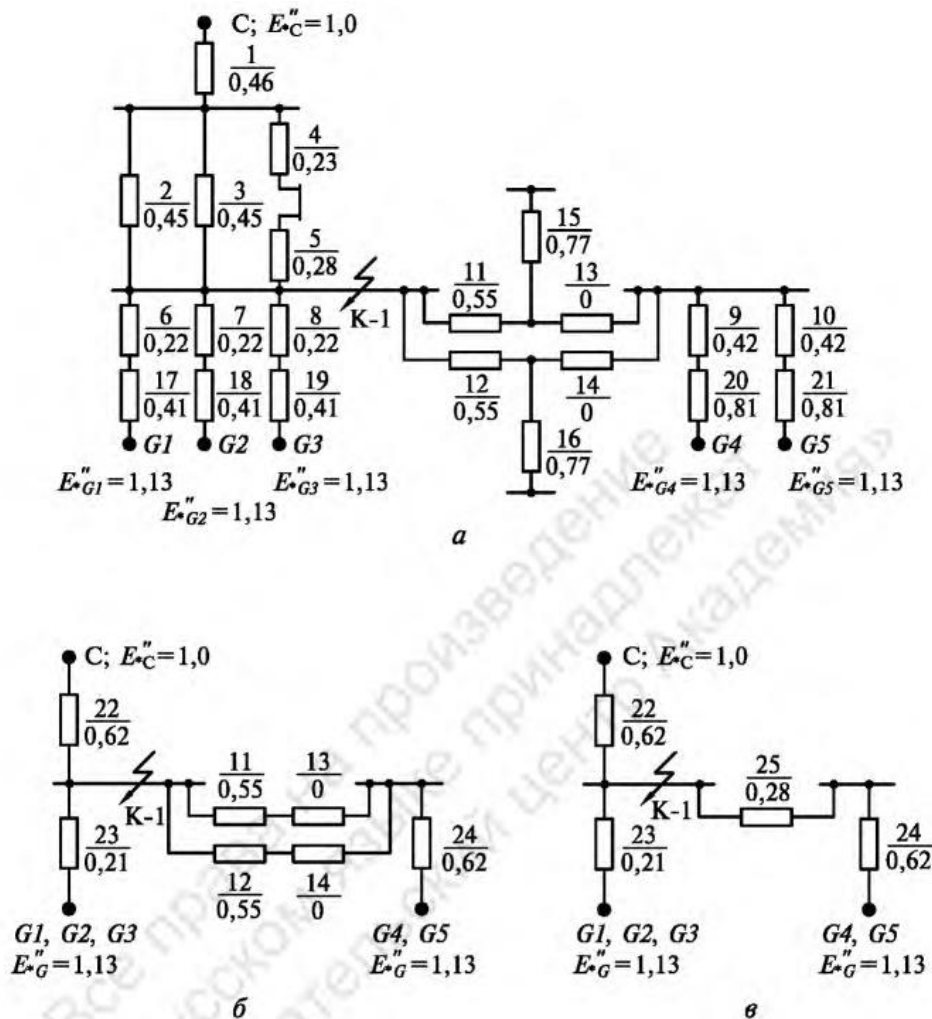
Өтпелі ЭҚК қуат көздерінің мәндерін 3.2 кестемен қабылдаймыз:

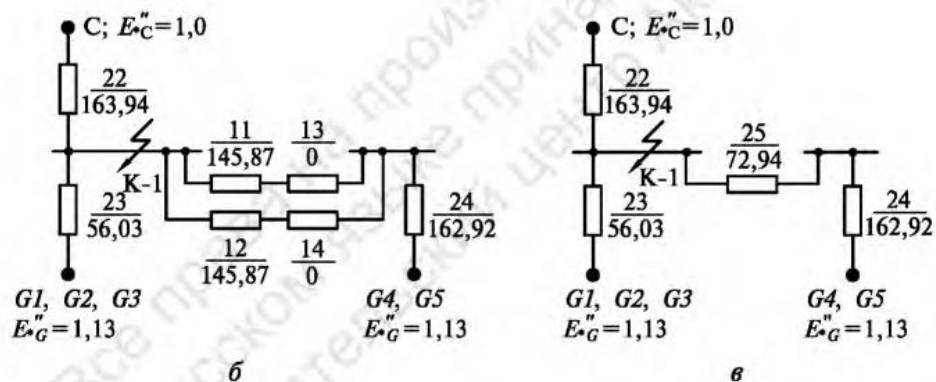
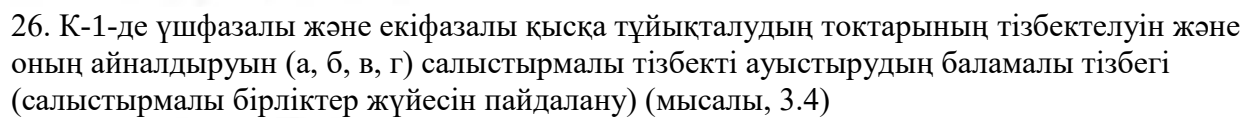
$E^{\text{C}} = 1,0$  жүйесі үшін;

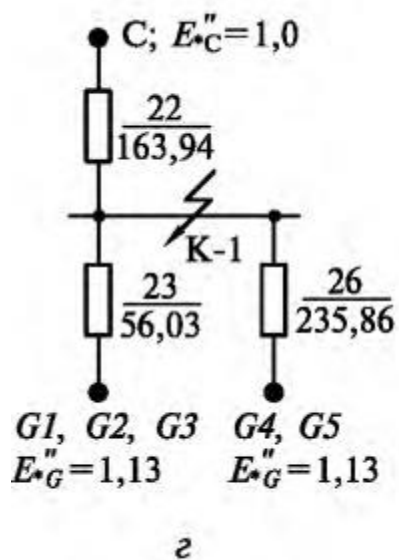
G1 — G5  $E^{\text{G}} = 1,13$  генераторлары үшін, себебі барлық генераторлардың  $P_{\text{номC}} > 100$  МВт бар ; 110 кВ-тық жинақ шиналарына қосылған қашықтағы жүктеме есепке алынбайды.



3.25 – сурет Электр қондырғысың жобалық сызбасы







Сурет 3.27. К-1-де үшфазалы және екіфазалы қысқа тұйықталудың токтарының тізбектелуін және оның айналдыруын (а, б, в, г) салыстырмалы тізбекті ауыстырудың баламалы тізбегі (аталған бірліктер жүйесін пайдалану)

2. Ауыстыру схемасының кедергісі Кестеде келтірілген формулаларға сәйкес салыстырмалы және аталатын бірлікпен есептеледі. 3.4 кестесіндегі бұрын қабылданған негізгі шарттар бойынша

| Салыстырмалы бірліктер (о. е.)<br>$S_6 = 1000 \text{ MB} \cdot \text{A}$                                                                     | Атау бірліктер (Ом)<br>$U_6 = U_{\text{cp}}^{K-1} = 515 \text{ кВ}$                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $x_{*1} = x_{* \text{НОМ C}} \frac{S_6}{S_{\text{НОМ C}}} =$ $= 2,4 \frac{1000}{5200} = 0,46$                                                | $x_1 = x_{* \text{НОМ C}} \frac{U_6^2}{S_{\text{НОМ C}}} =$ $= 2,4 \frac{515^2}{5200} = 122,4$                                          |
| $x_{*2} = x_{*3} = x_{\text{уд}} l_{W1} \frac{S_6}{U_{\text{cp1}}^2} =$ $= 0,3 \cdot 400 \frac{1000}{515^2} = 0,45$                          | $x_2 = x_3 = x_{\text{уд}} l_{W1} \frac{U_6^2}{U_{\text{cp1}}^2} =$ $= 0,3 \cdot 400 \frac{515^2}{515^2} = 120$                         |
| $x_{*4} = x_{\text{уд}} l_{W3} \frac{S_6}{U_{\text{cp1}}^2} =$ $= 0,3 \cdot 200 \frac{1000}{515^2} = 0,23$                                   | $x_4 = x_{\text{уд}} l_{W3} \frac{U_6^2}{U_{\text{cp1}}^2} =$ $= 0,3 \cdot 200 \frac{515^2}{515^2} = 60$                                |
| $x_{*5} = x_{\text{уд}} l_{W4} \frac{S_6}{U_{\text{cp1}}^2} =$ $= 0,3 \cdot 250 \frac{1000}{515^2} = 0,28$                                   | $x_5 = x_{\text{уд}} l_{W4} \frac{U_6^2}{U_{\text{cp1}}^2} =$ $= 0,3 \cdot 250 \frac{515^2}{515^2} = 75$                                |
| $x_{*6} = x_{*7} = x_{*8} =$ $= \frac{u_{\text{к}} \% }{100} \frac{S_6}{S_{\text{НОМ T1}}} =$ $= \frac{14 \% }{100} \frac{1000}{630} = 0,22$ | $x_6 = x_7 = x_8 =$ $= \frac{u_{\text{к}} \% }{100} \frac{U_6^2}{S_{\text{НОМ T1}}} =$ $= \frac{14 \% }{100} \frac{515^2}{630} = 58,94$ |
| $x_{*9} = x_{*10} = \frac{u_{\text{к}} \% }{100} \frac{S_6}{S_{\text{НОМ T4}}} =$ $= \frac{10,5 \% }{100} \frac{1000}{250} = 0,42$           | $x_9 = x_{10} = \frac{u_{\text{к}} \% }{100} \frac{U_6^2}{S_{\text{НОМ T4}}} =$ $= \frac{10,5 \% }{100} \frac{515^2}{250} = 111,4$      |

АТ қарсылығын есептеу үшін алдын-ала анықтаймыз

$$u_{\text{кВН}} \% = 0,5(u_{\text{кВН-НН}} + u_{\text{кВН-СН}} - u_{\text{кСН-НН}}) \% = 0,5(33 + 13 - 18,5) \% = 13,75 \%;$$



$$u_{\text{кCH}}\% = 0,5(u_{\text{кBH-CH}} + u_{\text{кCH-HH}} - u_{\text{кBH-HH}})\% = 0,5(13 + 18,5 - 33)\% = -0,75\%;$$

$$u_{\text{кHH}}\% = 0,5(u_{\text{кBH-HH}} + u_{\text{кCH-HH}} - u_{\text{кBH-CH}})\% = 0,5(33 + 18,5 - 13)\% = 19,25\%.$$

$$x_{*11} = x_{*12} = \frac{u_{\text{кBH}}\%}{100} \frac{S_6}{S_{\text{НОМАТ}}} =$$

$$= \frac{13,75\%}{100} \frac{1000}{250} = 0,55$$

$$x_{*13} = x_{*14} = \frac{u_{\text{кCH}}\%}{100} \frac{S_6}{S_{\text{НОМАТ}}} =$$

$$= \frac{0,75\%}{100} \frac{1000}{250} = 0,03 \approx 0$$

$$x_{*15} = x_{*16} = \frac{u_{\text{кHH}}\%}{100} \frac{S_6}{S_{\text{НОМАТ}}} =$$

$$= \frac{19,25\%}{100} \frac{1000}{250} = 0,77$$

$$x_{*17} = x_{*18} = x_{*19} =$$

$$= x_{d*\text{НОМГ1}}'' \frac{S_6}{S_{\text{НОМГ1}}} =$$

$$= 0,242 \frac{1000}{588} = 0,41$$

$$x_{*20} = x_{*21} =$$

$$= x_{d*\text{НОМГ4}}'' \frac{S_6}{S_{\text{НОМГ4}}} =$$

$$= 0,19 \frac{1000}{235} = 0,81$$

$$x_{11} = x_{12} = \frac{u_{\text{кBH}}\%}{100} \frac{U_6^2}{S_{\text{НОМАТ}}} =$$

$$= \frac{13,75\%}{100} \frac{515^2}{250} = 145,87$$

$$x_{13} = x_{14} = \frac{u_{\text{кCH}}\%}{100} \frac{U_6^2}{S_{\text{НОМАТ}}} =$$

$$= \frac{0,75\%}{100} \frac{515^2}{250} = 7,96 \approx 0$$

$$x_{15} = x_{16} = \frac{u_{\text{кHH}}\%}{100} \frac{U_6^2}{S_{\text{НОМАТ}}} =$$

$$= \frac{19,25\%}{100} \frac{515^2}{250} = 204,22$$

$$x_{17} = x_{18} = x_{19} =$$

$$= x_{d*\text{НОМГ1}}'' \frac{U_6^2}{S_{\text{НОМГ1}}} =$$

$$= 0,242 \frac{515^2}{588} = 109,16$$

$$x_{20} = x_{21} =$$

$$= x_{d*\text{НОМГ4}}'' \frac{U_6^2}{S_{\text{НОМГ4}}} =$$

$$= 0,19 \frac{515^2}{235} = 214,43$$

Белгілерді жеңілдету үшін біз «\*» индексін төмендетеміз.

Алынған кедергілердің маңызы алмастыру сызбасында қойылады:

3.26, а суретінде — салыстырмалы бірліктерінде;

3.27, а суретінде — аталған бірліктерінде.

3. Қысқа тұйықталу токтарының көздерден ақаулық алаңға шығатын ықтимал жолдарын ескере отырып, Т-1-ге қатысты ауыстыру сызбасы жеңілдетілген. х15және х16 кедергілері токтармен ағып кетпейді және ауыстыру тізбегінен шығарылады.

А. Салыстырмалы бірліктері жүйелерін пайдалану (3.26, а суретін қараңыз).

Жүйе тарапынан алынған қарсылық анықталады т. К-1 дейін:

$$x_{22} = x_1 + \frac{\frac{1}{2} x_2 (x_4 + x_5)}{\frac{1}{2} x_2 + x_4 + x_5} =$$

$$= 0,46 + \frac{\frac{1}{2} 0,45 (0,23 + 0,28)}{\frac{1}{2} 0,45 + 0,23 + 0,28} = 0,62 \text{ о.е. (рис. 3.26, б).}$$

G1, G2, G3 бірқилы генераторлық тармақтарының жалпы қарқындылығы  $588 \times 3 = 1764$  МВ - А т. К-1

$$x_{23} = \frac{1}{3} (x_6 + x_{17}) = \frac{1}{3} (0,22 + 0,41) = 0,21 \text{ о.е. (см. рис. 3.26, б).}$$

Бірқилы генераторлық тармақтарының жиынтық қуаты G4, G5  $235 \times 2 = 470$  МВ-А 115 кВ шиналарына дейін

$$x_{24} = \frac{1}{2} (x_9 + x_{20}) = \frac{1}{2} (0,42 + 0,81) = 0,62 \text{ о.е. (см. рис. 3.26, б).}$$

Екі параллель АТ1 және АТ 2 автотрансформаторлардың қарсылығы

$$x_{25} = \frac{1}{2} (x_{11} + x_{13}) = \frac{1}{2} x_{11} = \frac{1}{2} 0,55 = 0,28 \text{ о.е. (рис. 3.26, в).}$$

Генератор тармағының нәтижелік қарсылығы G4, G5 т. К-1 дейін:

$$x_{26} = x_{24} + x_{25} = 0,62 + 0,28 = 0,9 \text{ о.е. (рис. 3.26, г).}$$

К-1-дегі үш фазалы қысқа тұйықталу токтарының есептеу үшін түпкілікті ауыстыру тізбегі 3.26, г суретінде ұсынылған. ҚТ токтарының есебі 3.19 кестесінде келтірілген.

Кесте 3.19

**К-1-дегі үшфазалы қысқа тұйықталу токтарының есептік кестесі салыстырмалы бірліктердегі ауыстыру тізбегінің кедергісін есептеу (о.е.)**

|                                 |      |
|---------------------------------|------|
| ҚТ нүктесі                      | К-1  |
| Базалық қуаты $S_6$ ,<br>МВ · А | 1000 |
| Орташа кернеуі<br>$U_{cp}$ , кВ | 515  |

| КТ нүктесі                                                                          | К-1                                      |                                           |                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|
| Көздері                                                                             | Жүйе                                     | $(G1+G2+G3)$                              | $(G4+G5)$                                |
| Акөздерінің номиналды қуаты $S_{\text{ном}}, \text{МВ} \cdot \text{А}$              | 5200                                     | $588 \cdot 3 = 1764$                      | $235 \cdot 2 = 470$                      |
| Нәтижедегі қарсылық $X_{*\text{рез}}, \text{О.Е.}$                                  | $x_{22} = 0,62$                          | $x_{23} = 0,21$                           | $x_{26} = 0,9$                           |
| Базалық ток<br>$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} U_6}, \text{кА}$                          | $\frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 515} = 1,12$ |                                           |                                          |
| $E''$ (3.2 кестесін қараңыз)                                                        | 1,0                                      | 1,13                                      | 1,13                                     |
| $I_{\text{п0}}^{(3)} = \frac{E''}{x_{*\text{рез}}} I_6, \text{кА}$                  | $\frac{1 \cdot 1,12}{0,62} = 1,81$       | $\frac{1,13 \cdot 1,12}{0,21} = 6,03$     | $\frac{1,13 \cdot 1,12}{0,9} = 1,41$     |
| $I_{\text{ном.ист}} = \frac{S_{\text{ном.ист}}}{\sqrt{3} U_{\text{ср}}}, \text{кА}$ | $\frac{5200}{\sqrt{3} \cdot 515} = 5,84$ | $\frac{1764}{\sqrt{3} \cdot 515} = 1,98$  | $\frac{470}{\sqrt{3} \cdot 515} = 0,53$  |
| $\frac{I_{\text{п0}}^{(3)}}{I_{\text{ном.ист}}}$                                    | $\frac{1,81}{5,84} = 0,31$               | $\frac{6,03}{1,98} = 3,04$                | $\frac{1,41}{0,53} = 2,66$               |
| $\tau = (0,01 + t_{\text{с.в. откл}}), \text{с}$                                    | $0,01 + 0,025 = 0,035 \text{ с}$         |                                           |                                          |
| $\gamma_{*\tau}$ (см. рис. 3.8)                                                     | 1                                        | 0,98                                      | 0,985                                    |
| $I_{\text{пт}}^{(3)} = \gamma_{*\tau} I_{\text{п0}}^{(3)}, \text{кА}$               | 1,81                                     | $6,03 \cdot 0,98 = 5,91$                  | $1,41 \cdot 0,985 = 1,39$                |
| $k_{\text{уд}}$ (см. табл. 3.6)                                                     | 1,85                                     | 1,973                                     | 1,935                                    |
| $T_a, \text{с}$ (см. табл. 3.6)                                                     | 0,06                                     | 0,35                                      | 0,15                                     |
| $i_{\text{уд}}^{(3)} = \sqrt{2} k_{\text{уд}} I_{\text{п0}}^{(3)}, \text{кА}$       | $\sqrt{2} \cdot 1,85 \cdot 1,81 = 4,72$  | $\sqrt{2} \cdot 1,973 \cdot 6,03 = 16,78$ | $\sqrt{2} \cdot 1,935 \cdot 1,41 = 3,85$ |
| $e^{-\tau/T_a}$                                                                     | $e^{-0,035/0,06} = 0,56$                 | $e^{-0,035/0,35} = 0,9$                   | $e^{-0,035/0,15} = 0,79$                 |
| $i_{\text{ат}}^{(3)} = \sqrt{2} I_{\text{п0}}^{(3)} e^{-\tau/T_a}, \text{кА}$       | $\sqrt{2} \cdot 1,81 \cdot 0,56 = 1,43$  | $\sqrt{2} \cdot 6,03 \cdot 0,9 = 7,65$    | $\sqrt{2} \cdot 1,41 \cdot 0,79 = 1,57$  |

Б. Атаулы бірліктердің жүйесін пайдалану (3.27, а суретін қараңыз). Есептеу тәртібі А нұсқасына сәйкес:

$$\left. \begin{aligned} x_2 &= x_1 + \frac{\frac{1}{2}x_2(x_4 + x_5)}{\frac{1}{2}x_2 + x_4 + x_5} = 122,4 + \frac{\frac{1}{2}120(60 + 75)}{\frac{1}{2}120 + 60 + 75} = \\ &163,94 \text{ Ом;} \\ x_3 &= \frac{1}{3}(x_6 + x_{17}) = \frac{1}{3}(58,94 + 109,16) = 56,03 \text{ Ом;} \\ x_4 &= \frac{1}{2}(x_9 + x_{20}) = \frac{1}{2}(111,4 + 214,43) = 162,92 \text{ Ом;} \end{aligned} \right\} \text{(рис. 3.27, б)}$$

$$x_{25} = \frac{1}{2}(x_{11} + x_{13}) = \frac{1}{2}x_{11} = \frac{1}{2}145,87 = 72,94 \text{ Ом (рис. 3.27, в);}$$

$$x_{26} = x_{24} + x_{25} = 162,92 + 72,94 = 235,86 \text{ Ом (рис. 3.27, г).}$$

Соңғы ауыстыру сызбасын қолдана отырып (3.27, г суретін қараңыз), К-1-де үш фазалы қысқа тұйықталу токтарының есебін 3.20 кестесінде шығарамыз.

3.20кесте

**К-1-дегі үш фазалы ҚТ токтарының есебі аталған бірліктердегі ауыстыру тізбегінің кедергісін есептеу кестесі (Ом)**

|                                                                  |                                                      |                                                     |                                                       |
|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| КТ нүктесі                                                       | К-1                                                  |                                                     |                                                       |
| Көздері                                                          | Жүйе                                                 | $(G1+G2+G3)$                                        | $(G4+G5)$                                             |
| Акөздерінің номиналды қуаты $S_{ном}, МВ \cdot А$                | 5200                                                 | $588 \cdot 3 = 1764$                                | $235 \cdot 2 = 470$                                   |
| Нәтижедегі қарсылық $X_{рез}, О.е.$                              | $x_{22} = 0,62$                                      | $x_{23} = 0,21$                                     | $x_{26} = 0,9$                                        |
| Базалық ток<br>$I_{\Sigma} = \frac{S_6}{\sqrt{3}} \text{ кА}$    | $\frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 515} = 1,12$             |                                                     |                                                       |
| КТ нүктесі                                                       | К-1                                                  |                                                     |                                                       |
| Базалық (орташа) кернеуі $U_6, кВ$                               | 515                                                  |                                                     |                                                       |
| Көздері                                                          | Жүйе                                                 | $(G1+G2+G3)$                                        | $(G4+G5)$                                             |
| Көздерінің номиналды қуаты $S_{ном}, МВ \cdot А$                 | 5200                                                 | $588 \cdot 3 = 1764$                                | $235 \cdot 2 = 470$                                   |
| Нәтижедегі қарсылық $X_{рез}, Ом$                                | $x_{22} = 163,94$                                    | $x_{23} = 56,03$                                    | $x_{26} = 235,86$                                     |
| $E''$ (3.2 кестесін қараңыз)                                     | 1,0                                                  | 1,13                                                | 1,13                                                  |
| $I_{п0}^{(3)} = \frac{E'' U_6}{\sqrt{3} x_{рез}}, \text{ кА}$    | $\frac{1,0 \cdot 515}{\sqrt{3} \cdot 163,94} = 1,82$ | $\frac{1,13 \cdot 515}{\sqrt{3} \cdot 56,03} = 6,0$ | $\frac{1,13 \cdot 515}{\sqrt{3} \cdot 235,86} = 1,42$ |
| $I_{ном.ист} = \frac{S_{ном.ист}}{\sqrt{3} U_{cp}}, \text{ кА}$  | $\frac{5200}{\sqrt{3} \cdot 515} = 5,84$             | $\frac{1764}{\sqrt{3} \cdot 515} = 1,98$            | $\frac{470}{\sqrt{3} \cdot 515} = 0,53$               |
| $i_{уд}^{(3)} = \sqrt{2} k_{уд} I_{п0}^{(3)}, \text{ кА}$        | $\sqrt{2} \cdot 1,85 \cdot 1,81 = 4,72$              | $\sqrt{2} \cdot 1,973 \cdot 6,03 = 16,78$           | $\sqrt{2} \cdot 1,935 \cdot 1,41 = 3,85$              |
| $e^{-\tau/T_a}$                                                  | $e^{-0,035/0,06} = 0,56$                             | $e^{-0,035/0,35} = 0,9$                             | $e^{-0,035/0,15} = 0,79$                              |
| $i_{ат}^{(3)} = \sqrt{2} I_{п0}^{(3)} e^{-\tau/T_a}, \text{ кА}$ | $\sqrt{2} \cdot 1,81 \cdot 0,56 = 1,43$              | $\sqrt{2} \cdot 6,03 \cdot 0,9 = 7,65$              | $\sqrt{2} \cdot 1,41 \cdot 0,79 = 1,57$               |



| ҚТ нүктесі                                               | К-1                                     |                                          |                                          |
|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|
| $\frac{I_{п0}^{(3)}}{I_{ном.ист}}$                       | $\frac{1,82}{5,84} = 0,31$              | $\frac{6,0}{1,98} = 3,03$                | $\frac{1,42}{0,53} = 2,67$               |
| $\tau = (0,01 + t_{с.в.откл}), с$                        | $0,01 + 0,025 = 0,035$                  |                                          |                                          |
| $\gamma_{*\tau}$ (см. рис. 3.8)                          | 1                                       | 0,98                                     | 0,985                                    |
| $I_{пт}^{(3)} = \gamma_{*\tau} I_{п0}^{(3)}, кА$         | 1,82                                    | $6,0 \cdot 0,98 = 5,88$                  | $1,42 \cdot 0,985 = 1,39$                |
| $k_{уд}$ (см. табл. 3.6)                                 | 1,85                                    | 1,973                                    | 1,935                                    |
| $T_a, с$ (см. табл. 3.6)                                 | 0,06                                    | 0,35                                     | 0,15                                     |
| $i_{уд}^{(3)} = \sqrt{2} k_{уд} I_{пт}^{(3)}, кА$        | $\sqrt{2} \cdot 1,85 \cdot 1,82 = 4,75$ | $\sqrt{2} \cdot 1,973 \cdot 6,0 = 16,69$ | $\sqrt{2} \cdot 1,935 \cdot 1,42 = 3,87$ |
| $e^{-\tau/T_a}$                                          | $e^{-0,035/0,06} = 0,56$                | $e^{-0,035/0,35} = 0,9$                  | $e^{-0,035/0,15} = 0,79$                 |
| $i_{ат}^{(3)} = \sqrt{2} I_{пт}^{(3)} e^{-\tau/T_a}, кА$ | $\sqrt{2} \cdot 1,82 \cdot 0,56 = 1,44$ | $\sqrt{2} \cdot 6,0 \cdot 0,9 = 7,61$    | $\sqrt{2} \cdot 1,42 \cdot 0,79 = 1,58$  |

## Үш фазалы тоқ токтарының есептеу нәтижелерінің жиынтық кестесі

| ҚТ нүктесі | $U_{ср}, кВ$ | Көзі                                                                                | ҚТ үшфазалық токтары, кА |                |                |                |                                        |
|------------|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------------------------------|
|            |              |                                                                                     | $I_{п0}^{(3)}$           | $I_{пт}^{(3)}$ | $i_{ат}^{(3)}$ | $i_{уд}^{(3)}$ | $\sqrt{2} I_{пт}^{(3)} + i_{ат}^{(3)}$ |
| К-1        | 515          | Жүйе                                                                                | 1,81                     | 1,81           | 1,43           | 4,72           | $\sqrt{2} \cdot 1,81 + 1,43 = 3,98$    |
|            |              | $(G1 + G2 + G3)$                                                                    | 6,03                     | 5,91           | 7,65           | 16,78          | $\sqrt{2} \cdot 5,91 + 7,65 = 15,98$   |
|            |              | $(G4 + G5)$                                                                         | 1,41                     | 1,39           | 1,57           | 3,85           | $\sqrt{2} \cdot 1,39 + 1,57 = 3,53$    |
|            |              | кіру тізбегінде электр жабдықтарын таңдау үшін есептелген мәндер 500 кВ АТ (зона I) | 9,25                     | 9,11           | 10,65          | 25,35          | 23,49                                  |

ҚТ токтарының есептерін талдағаннан кейін біз нәтижелердің іс жүзінде бірдей екеніне сенімдіміз (жүздеген кездердегі сәйкессіздіктер есептеулердегі қателіктерге байланысты). Үш фазалы ҚТ токтарының есептеулерінің нәтижелері 3.21. кестесінде келтірілген.

К-1-дегі екіфазалы қысқа тұйықталудың (D) ағымдағы кезеңді құрамдас бөлігінің бастапқы тиімді мәнін  $x_{2рез}=x_{1рез}$  екенін және кестеде алынған екі және үш фазалы ҚТ токтарының арасындағы қатынасты қолдануға болатынын қабылдаймыз.

$$I_{п0}^{(2)} = 0,87 I_{п0}^{(3)},$$

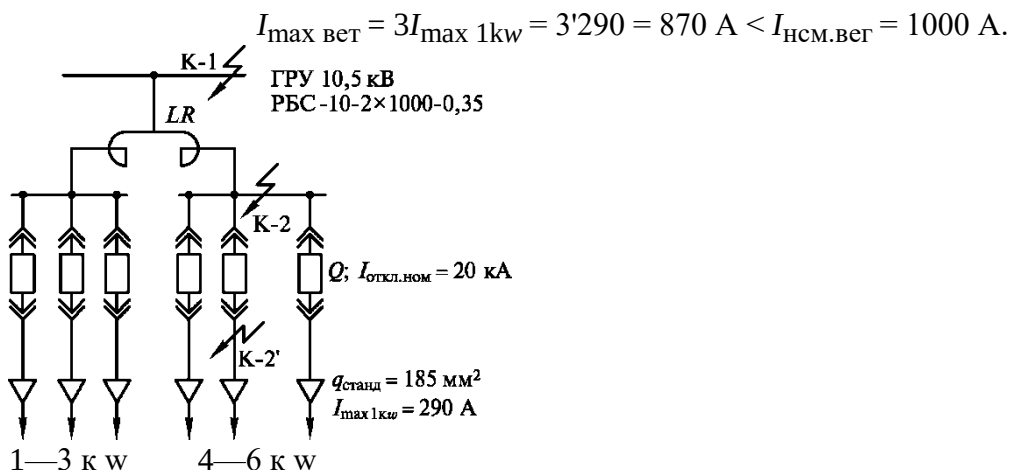
демек,

$$I_{п0}^{(2)} = 0,87 \cdot 9,25 = 8,05 \text{ кА.}$$

**Мысал 3.5.** Тұтынушыларды 10,5 кВ-тық ЖЭО генераторлық қондырғыларынан қамтамасыз ететін алты кабельдік желілердің тізбектеріндегі қысқа тұйықталу тогын шектеу үшін топтық реакторды таңдау (3.28-сурет). Әр жолдың максималды үздіксіз тогі  $I_{\max 1кв} = 290 \text{ А}$ . НТҚ 10,5 кВ (К-1) шиналарында үшфазалы қысқа тұйықталу кезіндегі токтың мерзімдік құрамдас бөлігінің бастапқы мәні  $I_{л0}^{K-1} = 58 \text{ кА}$ . ВВЭ-М-10- 630-2У3 түрінің вакуумдық ажыратқыштары орнатылған,  $I_{откл.ном} = 20 \text{ кА}$  номиналды ажыратқыш тогы меншікті өшіру уақыты  $t_{с.в} = 0,02 \text{ с.}$  бар кабель желілері коммутациялық ұяшықтар арқылы қосылады. Сызықтар алюминий өткізгіштері көлденең кимасы бар үш қабатты кабельмен жасалады  $d_{станд} = 185 \text{ мм}^2$  с  $I_{доп} = 310 \text{ А}$ . Сызықтарда уақытты ұстау максималды ток қорғанысы орнатылған. ҚТ толық уақыттын өшіруді қабылдау. (с.в.өшіру = 1,0 с.

Шешім 1. Осы тапсырмаға сәйкес, біз басқа ином = 10 кВ,  $I_{ном.вет} = 1000 \text{ А}$ . есептелген РБС -10-2 \* 1000 типті ішкі қондырғының 10,5 кВ тігінен жасалған НТҚ қондырғыларын орнатуды жоспарлап отырмыз.

Реактордың екі тармағының арасындағы бірдей алты кабельдік желіні тарату, әр тармақтың жүктелуін тексереміз:



Сурет 3.28. 3.5 мысалына түсіндірме сызбасы

2.Енді қажетті реактордың қарсылығын есептеу керек.

Формула бойынша (3.50) пайдалану реактордың орналасқан жеріне ҚТ

$$x_{рез}^{K-1} = \frac{U_{ср}}{\sqrt{3} I_{п0}^{K-1}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 58} = 0,105 \text{ Ом.}$$

схемасының нәтижесіне қарсы тұруын анықтаймыз ( т. К-1):

3.Формула бойынша (3.51) ҚТ тогын қажетті мәнге дейін азайту үшін қысқа тұйықталу схемасының қажетті кедергісін анықтаймыз

$$x_{\text{рез.треб}}^{K-2} = \frac{U_{\text{ср}}}{\sqrt{3} I_{\text{п0 треб}}^{K-2}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 15,14} = 0,4 \text{ Ом},$$

$I_{\text{п0 треб}}^{K-2}$  — реактордың артынан қажетті ҚТ тогының ең аз мәні (яғни, К-2), екі шарт бойынша анықталады:

а) (3.52) формуласына сәйкес, коммутациялық ұшықтарда орнатылған ВВЭ-М-10-630-2У3 қосқыштарының бұзылуына байланысты,

$$I_{\text{п0 треб}}^{K-2} = \frac{I_{\text{откл.ном}}(1 + \beta_{* \text{норм}})}{1 + e^{-\tau/T_a}} = \frac{20(1 + 0,5)}{1 + e^{-\frac{0,03}{0,23}}} = 15,96 \text{ кА},$$

$\tau = 0,01 + t_{\text{с.в.откл}} = 0,03 \text{ с}$ ;  $T_a = 0,23 \text{ с}$  3.6 кестесімен анықталған;  $\beta_{* \text{қалыпты}} = 0,5$  (или  $\beta_{* \text{қалыпты}} = 50\%$ ) — 4.36 суреті бойынша

б) (3.53) формула бойынша- жылу тұрақтылығынын кабельдерден

$$I_{\text{п0 треб}}^{K-2} = \frac{q_{\text{станд}} C_T \cdot 10^{-3}}{\sqrt{t_{\text{откл}} + T_a}} = \frac{185 \cdot 90 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1 + 0,23}} = 15,14 \text{ кА},$$

Мұнда  $C_T = 90 \text{ А} \cdot \text{с}^{1/2} / \text{мм}^2$ ; 3.17 кестесімен анықталған.

4. Реактордың қарсылығын формуласымен (3.54)

$$x_{\text{треб LR}} = x_{\text{рез.треб}}^{K-2} - x_{\text{рез}}^{K-1} = 0,4 - 0,105 = 0,295 \text{ Ом}.$$

5. Каталог бойынша РБС-10-2 х 1000-0,35 реакторын таңдаймыз,  $x_{\text{ном LR}} = 0,35 \text{ Ом} > x_{\text{треб LR}} = 0,295 \text{ Ом}$ . Параметрлерді 3.22. кестесінде жинақтаймыз.

6. ҚТ тоқтарын реакторға есептейміз. (т. К-2 немесе т. К-2'):

$$I_{\text{п0}}^{K-2} = I_{\text{пт}}^{K-2} = \frac{U_{\text{ср}}}{\sqrt{3}(x_{\text{рез}}^{K-1} + x_{\text{ном LR}})} = \frac{10,5}{\sqrt{3}(0,105 + 0,35)} = 13,34 \text{ кА};$$

Кесте 2.33

| Түрі            | Байланыс коэффициенті | фаза бойынша шығын | Электр динамикалық тұрақтылық | Термиялық тұрақтылықтың | Термиялық тұрақтылықтың |
|-----------------|-----------------------|--------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| РБС-10-2х 1000- | 0,55                  | 11,5               | 37                            | 15                      | 8                       |

$$i_{\text{уд}}^{K-2} = \sqrt{2} I_{\text{п0}}^{K-2} k_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot 13,34 \cdot 1,956 = 36,79 \text{ кА};$$

$$i_{\text{ат}}^{K-2} = \sqrt{2} I_{\text{п0}}^{K-2} e^{-\tau/T_a} = \sqrt{2} \cdot 13,34 e^{-\frac{0,03}{0,23}} = 16,51 \text{ кА},$$

Мұнда  $k_{\text{уд}} = 1,956$  және  $T_a = 0,23 \text{ с}$  3.6 кестеден

Таңдалған реактор тексеріледі:

а) (3.58) формуласы бойынша ҚТ режимінде электродинамикалық тұрақтылыққа:



$$i_{уд}^{K-2} = 36,79 \text{ кА} < i_{дин} = 37 \text{ кА};$$

б) (3.59 формуласы бойынша ҚТ режимінде термиялық тұрақтылыққа):

$$B_k = (I_{п0}^{K-2})^2 (t_{откл} + T_a) = 13,34^2 (1,0 + 0,23) = \\ = 218,88 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} < B_{тер} = I_{тер}^2 t_{тер} = 15^2 \cdot 8 = 1800 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Реактордан кейінгі ақаулықта генератор реакторының шиналарындағы қалдық кернеу формула бойынша анықталады. (3.60)

$$U_{ост} \% = x_{номLR} \frac{\sqrt{3} I_{п0}^{K-2}}{U_{ном}} 100 \% = 0,35 \frac{\sqrt{3} \cdot 13,34}{10,5} 100 \% = \\ = 76,93 \% > 65 \% U_{ном},$$

ЭҚОЕ талаптарына сәйкес келеді.

Таңдалған реактор барлық талаптарға жауап береді және берілген тізбеге орнатылуға жарамды.

### Бақылау сұрақтары

- 1.Электрлік қондырғыларда ҚТ туындауының себептері қандай?
- 2.Қысқа тұйықталу кезіндегі мерзімді және апериодтық компоненттердің болуы немен анықталады?
- 3.Қысқа тұйықталу тогына анықтама беріңіз.
- 4.Электр станцияларының қосалқы қажеттіліктер жүйесінде қысқа тұйықталудың пайда болуының салдары қандай?
- 5.Қуат жүйелерінде жоғары жылдамдықты релелік қорғаныс құрылғылары мен өшіру құрылғыларын қолдану қандай әсер етеді?
- 6.Нақты негізделген және негізсіз бейтараптық желілерде ҚТ қандай түрлері болуы мүмкін?
- 7.Электр аппараттарының және ағымдық бөліктердің термиялық тұрақтылығының сынау процедурасының мәнін сипаттаңыз.
- 8.Қуат жүйесінде қысқа тұйықталу токтарының мәндерін төмендету қажеттілігі қандай? Оларды қысқартудың қандай жолдары бар?
- 9.Бір реактивті реакторлар алдында қосарланған ток шектеу реакторларын пайдаланудың артықшылықтары қандай?
- 10.ЖЭО-ның қосылыстарын тізбектеңіз, ток шектейтін реакторларды орнатуға болатын орындарды айтып беріңіз.
- 11.Реактордан кейін ақаулық кезінде шиналардағы қалдық кернеудің мәні қалай анықталады? Не үшін оны анықтау керек?

## 4 ТАРАУ

### ЭЛЕКТР АППАРАТТАРЫ ЖӘНЕ ТОҚ ЖҮРГІЗУШІ БӨЛШЕКТЕР

#### 4.1. Созылмалы жұмыс режимінде сымдар мен аппараттарды таңдау үшін арналған есеп шарттары

*Электр техникалық құрылығы ларының созылмалы жұмыс режимі - бұл қоршаған ортаның өзгермеген температурасында оның бөлшектерінің бекітілген температурасына қол жеткізу үшін қажет уақытқа созылатын режим.*

Электр техникалық құрылғыларының созылмалы режимі егер энергия жүйесі немесе электр қондырғысы келесі режимдердің біреуінде: қалыпты, жөндеу және авариядан кейінге режимде болғанда ғана орны болады.

Қалыпты режим — бұл электр техникалық құрылғылар параметрлерінің мәні пайдалануға берілген шарттары шегінен шықпайтын электр техникалық құрылғыларының жұмыс режимі.

Қалыпты режимде мәжбүрлі түрде және себепсіз ажыратуларсыз электр қондырғысының барлық элементтері жұмыс істейді, онсыз болмайды. Ток жүктемесі осы күйде жүктеме кестесіне байланысты өзгеруі мүмкін. Аппараттар мен ток жүретін бөліктерін таңдау үшін қалыпты режимнің ең үлкен ток  $I_{\text{нормаларын}}$  қолдануы керек.

Жөндеу режимі – бұл жоспарлы профилактикалық және күрделі жөндеу режимі. Жөндеу режимінде электр қондырғыларының жарты элементтері ажыратылған болады, сондықтан жұмыста қалған бөлігіне көтеріңкі жүктеме салынады. Аппараттар мен ток жүретін бөліктерін таңдау кезінде осы артық жүктемені  $I_{\text{реммах}}$  ескеру қажет.

Авариядан кейінгі режим – бұл Электр қондырғылары элементтерінің жартысы істен шыққан немесе онда авариялық ажырату салдарынан (жоспарсыз) жөндеуге берілген режим. Бұл ретте режимде жұмыста қалған электр қондырғылары элементтерінің / павтах ток күшеюі болуы мүмкін.

Соңғы екі режимнен ең ауыры таңдалады, мұнда электр қондырғысының қарастырылып отырған элементінде үлкен ток /тах.өтеді.

Осылайша, созылмалы режимнің есеп айырысу тоқтары мыналар болып табылады:  $I_{\text{норм}}$  - қалыпты режимдегі ең үлкен ток ;  $I_{\text{мах}}$  - жөндеу немесе авариядан кейінгі режимнің ең жоғары тоғы.

Есептік тоқтарды айқындау үшін кейбір нақты жағдайлары қарастырайық.

Генератор тізбегі. қалыпты режимдегі ең үлкен ток генераторды номиналды кернеу және  $\cos \varphi_{\text{ном}}$  кезінде  $P_{\text{ном}}$  номиналды қуатына

$$I_{\text{норм}} = I_{\text{ном.г}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} U_{\text{ном}} \cos \varphi_{\text{ном}}} . \quad (4.1)$$

дейін жүктегенде қабылданады

Жөндеу немесе авариядан кейінгі режимнің ең жоғары тоғы кернеуі 5 % төмендеген кезде генератордың жұмыс шартымен анықталады.

$$I_{\text{мах}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} U_{\text{ном}} 0,95 \cos \varphi_{\text{ном}}} . \quad (4.2)$$

Нақты жағдайларда  $I_{\text{мах}}$  салқындату жүйесін жақсартудың арқасында генератордың жоғары ток жүктемесімен анықталуы мүмкін (сутектің жоғары қысымы және т.б.).

Электростанциядағы екі орамды байланыс трансформаторының тізбегі. ВН және НН жағынан қабылдайды:

$$I_{\text{норм}} = I_{\text{ном.т}} = \frac{S_{\text{ном}}}{\sqrt{3}U_{\text{ном}}}, \quad (4.3)$$

мұнда  $S_{\text{ном}}$  — трансформатордың номиналды қуаты.

Жөндеу немесе авариядан кейінгі режимнің ең жоғары тоғы қосарлама жұмыс істейтін трансформаторды ажырату кезінде қабылданады, мұнда жұмыста қалған трансформатор авариялық ұзақтық немесе жүйелі жүктеме ережесі бойынша қайта жүктелуі мүмкін. 2.2.- тармағында көрсетілгендей МЕМСТ 14209 - 85 сәйкес трансформаторлар үшін жүйелі жүктемесіне, трансформатор түріне және жүктеме кестесіне байланысты 40% созылмалы авариялық жүктемесіне және салқындату шарттарына сәйкес жол беріледі. Егер рұқсат етілген жүктемемен нақты мәндері белгілі болса, оқу жобасында мұндай қабылдауға болады:

$$I_{\text{max}} = k_{\text{пт}} I_{\text{ном.т}} = (1,3 - 1,4) I_{\text{ном.т}}, \quad (4.4)$$

Мұнда  $k_{\text{пт}}$  — жабдықтың асыр жүктелу қабілетінің коэффициенті.

Электростанциядағы үш орамды трансформатор немесе автотрансформатор тізбегі. Үш орамды трансформаторлар ЖЭО байланыс трансформаторлары ретінде кеңінен пайдаланылады. Мұндай жағдайда олар генератор қуатын ВН және СН желілеріне артық қуатты бере отырып, көтермелі ретінде жұмыс істейді. ВН, СН және НН тізбектерін жүктеу нақты шарттарға байланысты: НН, СН жүктеме кестесі және электр қондырғыларын НН жалғау сызбалары. Генераторды трансформатормен НН жағында блоктық жалғау (5.15 сур. қар)  $I_{\text{норм}}$ ,  $I_{\text{ном}}$  генератор тізбегіндей анықталады.

Көлденең байланыстырда НН және ВН жағындағы генераторлар арасындағы есеп шарттары трансформатор қуаты бойынша оның жүктемесін ескерумен анықталады, яғни:

$$I_{\text{норм}} = I_{\text{ном.т}}; \quad I_{\text{max}} = (1,3 - 1,4) I_{\text{ном.т}}.$$

СН жағында егер энергия жүйесімен байланыс болмаса және екі трансформатор орнатылса,

$$I_{\text{норм}} = \frac{S'_{\text{нг}}}{2\sqrt{3}U_{\text{ном}}}, \quad (4.5)$$

мұнда  $S'_{\text{нг}}$  — СН аса болашағы бар жүктеме

$$I_{\text{max}} = 2I_{\text{норм}}. \quad (4.6)$$

Егер СН шиналарына энергия жүйесі жалғанса және ВН және СН көшу мүмкін болса, онда

$$I_{\text{норм}} = I_{\text{ном.т}}; \quad I_{\text{max}} = (1,3 - 1,4) I_{\text{ном.т}}.$$

Қосалқы станциядағы екі орамды трансформатор тізбегі. ВН және НН жақтарында есеп жүктемелері негізінен болашақта трансформаторларды номиналды қуаттың МЕМСТ шкаласы бойынша орнатуды ескерумен анықталады  $S'_{\text{ном.т}}$  [5.2, 4.4 тарауш]:

$$I_{\text{норм}} = (0,65 - 0,7) \frac{S'_{\text{НОМ.Т}}}{\sqrt{3} U_{\text{НОМ}}}; \quad (4.7)$$

$$I_{\text{max}} = (1,3 - 1,4) \frac{S'_{\text{НОМ.Т}}}{\sqrt{3} U_{\text{НОМ}}}. \quad (4.8)$$

Қосалқы станциядағы үш орамды трансформатор тізбегі. ВН жағында есеп тоқтары (4.7) және (4.8) формулалар бойынша анықталады.

СН жағында есеп тоқтары екі орнатылған трансформаторларда:

$$I_{\text{норм}} = \frac{S'_{\text{НГ}}}{2\sqrt{3} U_{\text{НОМ}}}; \quad (4.9)$$

$$I_{\text{max}} = 2I_{\text{норм}}, \quad (4.10)$$

мұнда  $S'_{\text{НГ}}$  — 10 жылдық СН кезеңге болжамды жүктеме

Қосалқы станциядағы автотрансформатор тізбегі. ВН және СН жағында есеп тоқтары (4.7) және (4.8) формулалар бойынша анықталады, себебі автотрансформатор екі жүйе байланысы және қуатты ВН-нан СН-ға және керісінше өткізу үшін қолданылу мүмкін. НН жағында есеп тоқтары (4.9) және (4.10) болашағы бар жүктеме формулалары бойынша анықталады

Желі тізбегі. Егер желі жалсыз, радиалды болса, онда  $I_{\text{норм}} = I_{\text{max}}$  желінің ең үлкен жүктемесі бойынша анықталады.

Екі қатарынан жұмыс істеп тұрған желілер үшін

$$I_{\text{норм}} = \frac{S_{\text{НГ}}}{2\sqrt{3} U_{\text{НОМ}}}; \quad I_{\text{max}} = 2I_{\text{норм}},$$

мұнда  $S'_{\text{НГ}}$ , — желілерге жалғаған тұтынушылардың ең үлкен қуаты.  
n параллель желілер үшін

$$I_{\text{норм}} = \frac{S_{\text{НГ}}}{n\sqrt{3} U_{\text{НОМ}}}; \quad (4.11)$$

$$I_{\text{max}} = \frac{n}{n-1} I_{\text{норм}}. \quad (4.12)$$

*Секциялық, шина жалғағыш ажыратқыштар тізбектері, жинақ шиналар.* Қалыпты режим тоғы шиналар бойынша тоқтарды таратуды ескерумен аса жағымсыз пайдалану режиміне анықталады. Мұндай режимдер

Осындай режимдер мыналар болып табылады: генераторлардың бір бөлігін ажырату, өткізу желілерін бір шиналар жүйесі шиналар, ал қоректендіру көздерін - басқасына аудару. Әдетте, құрама шиналар, секциялық және шина жалғағыш ажыратқыштар бойынша өтетін тоқ осы шиналарға жалғанған ең қуатты трансформатор немесе генератор тоғынан  $I_{\text{max}}$  аспайды.

*Топтық екі еселенген реактор тізбегі.* Қалыпты режимде реактор тарамдары бірқалыпты жүктелген. Қалыпты режимнің ең үлкен тоғы тарамға жалғаған тұтынушылар жүктемесі бойынша анықталады:

$$I_{\text{норм}} = \frac{S_{\text{НГ}}}{\sqrt{3} U_{\text{НОМ}}}. \quad (4.13)$$

Авариядан кейінгі немесе жөндеу режимінде реактор тарамына жалғаған тұтынушылар желісінің біреуін өшіру кезінде, басқа тарам жүктемесі сәйкесінше өсуі мүмкін сондықтан,

$$I_{\max} = \frac{n}{n-1} I_{\text{норм}},$$

мұнда  $n$  — реактордың бір тарамына жалғанған желілер саны.

Дұрыс таңдалған реакторда  $I_{\max}$  оның тарамының номиналды тоғынан аспайды. Соңында айта кетейік, авариялық режим бойынша аппараттар мен тоқ жүргізуші бөлшектерді таңдау үшін шарттар (қысқа тұйықталу) 3.10 тараушығында қарастырылған.

## **4.2 Тарату құрылғыларының шиналары және күш кабельдері**

### **4.2.1. Негізгі электр тізбектерінде қолданылатын сымдар түрлері**

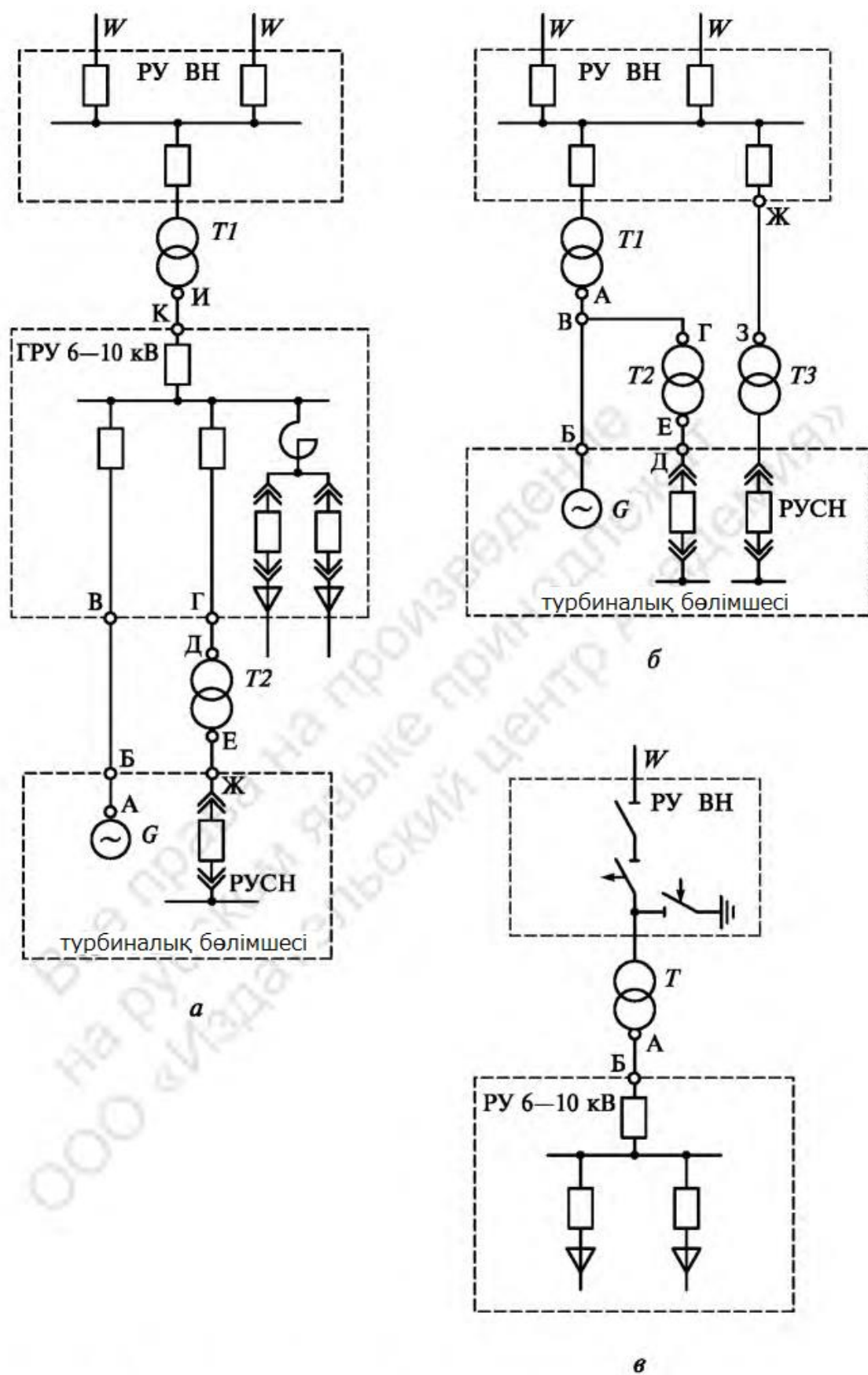
Электр станциялары мен қосалқы станциялардың негізгі электр жабдығы (генераторлар, трансформаторлар, синхронды компенсаторлар) мен осы тізбектегі аппараттар (ажыратқыштар, айырғыштар және т.б.) өзара әртүрлі типті өткізгіштермен қосылады, олар электр қондырғысының тоқ жүргізуші бөлшектерін құрайды.

Электр станциялары мен қосалқы станцияларда қолданылатын өткізгіштер түрлерін қарастырайық. 4.1 суретте айырғыштарсыз жеңілдетіп ЖЭО, КЭС және қосалқы станциялар сызбалар элементтері көрсетіледі.

ТЭЦ генератор тізбегі (4.1, а сур. қар.). G генератор шығысынан фасад қабырғасына дейін турбина бөлігіштері шамасында (АБ учаскесі) тоқ жүргізуші бөлшектер қатты бос алюминий шиналарынан жасалған көпір шиналарымен немесе фаза бойынша жиынтық экрандалған тоқ өткізгішімен орындалады (қуаты 60 МВт және одан жоғары генератор тізбегінде) БВ учаскесінде турбиналық бөлігіш пен басты таратушы құрылғысы арасында (ГРУ) жалғау шиналық көпірмен, серпінді аспалы тоқ өткізгішімен немесе жиынтық тоқ өткізгішімен орындалады. Бұл жалғаулардың конструкциясы 6.5 тараушығында қарастырылған (6.18, 6.19, 6.22 сур. қар.). Жабық РУ 6—10 кВ ішіндегі барлық жалғаулар жинақ шиналарын қоса алғанда, тікбұрыш немесе қорапты қимасымен қатты бос алюминий шиналарынан жасалады. . ГРУ бастап Т1 байланыс трансформаторының шығысына дейін жалғау (ИК учаскесі) шиналық көпірмен, серпінді аспалы тоқ өткізгішімен немесе жиынтық тоқ өткізгішімен орындалады.

35 кВ және одан жоғары РУ тоқ жүргізуші бөлшектері әдетте Ас болат алюминий сымдарынан жасалады. Кейбір ОРУ конструкциясында шиналаудың бір бөлігі немесе барлығы алюминий құбырларымен орындалуы мүмкін.

Жеке мұқтаждықтар трансформаторының тізбегі (4.1, а сур. қар.). ГРУ қабырғасынан ГРУ жақын орналастырылған Т2 шығыстарына дейін жалғау қатты алюминий шиналарымен орындалады. Егер жеке мұқтаждар трансформаторы бас корпусын фасад қабырғаларына орнатылатын болса, онда ГД учаскесі икемді тоқ өткізгішімен орындалады. Трансформатордан жеке мұқтаждар тарату құрылғыларына дейін кабельдік жалғау қолданылады (ЕЖ учаскесі).



4.1.сур. Негізгі электр тізбегіндегі өткізгіштерді таңдау үшін:  
а — ТЭЦ сызбалар элементі; б — КЭС және АЭС; в — қосалқы станциялар

6-10 кВ желілер тізбектерінде реакторға дейін және одан кейінгі, сонымен қатар КРУ шкафындағы шиналау тіктөртбұрышты алюминий шиналармен орындалды. Тұтынушыға тікелей кабель желілері тартылады.

КЭС арналған генератор - трансформатор блогында АБ учаскесі және ВГ жеке мұқтаждар трансформаторына дәнекерлеу фаза бойынша (4.1, б сур. қар.) жиынтық экрандалған тоқ өткізгішімен орындалады. (6.19 сур. қар.).

ЕД учаскесі үшін Т2 жеке мұқтаждар тарату құрылғылары дейін жабық ток сымы 6 кВ қолданылады.

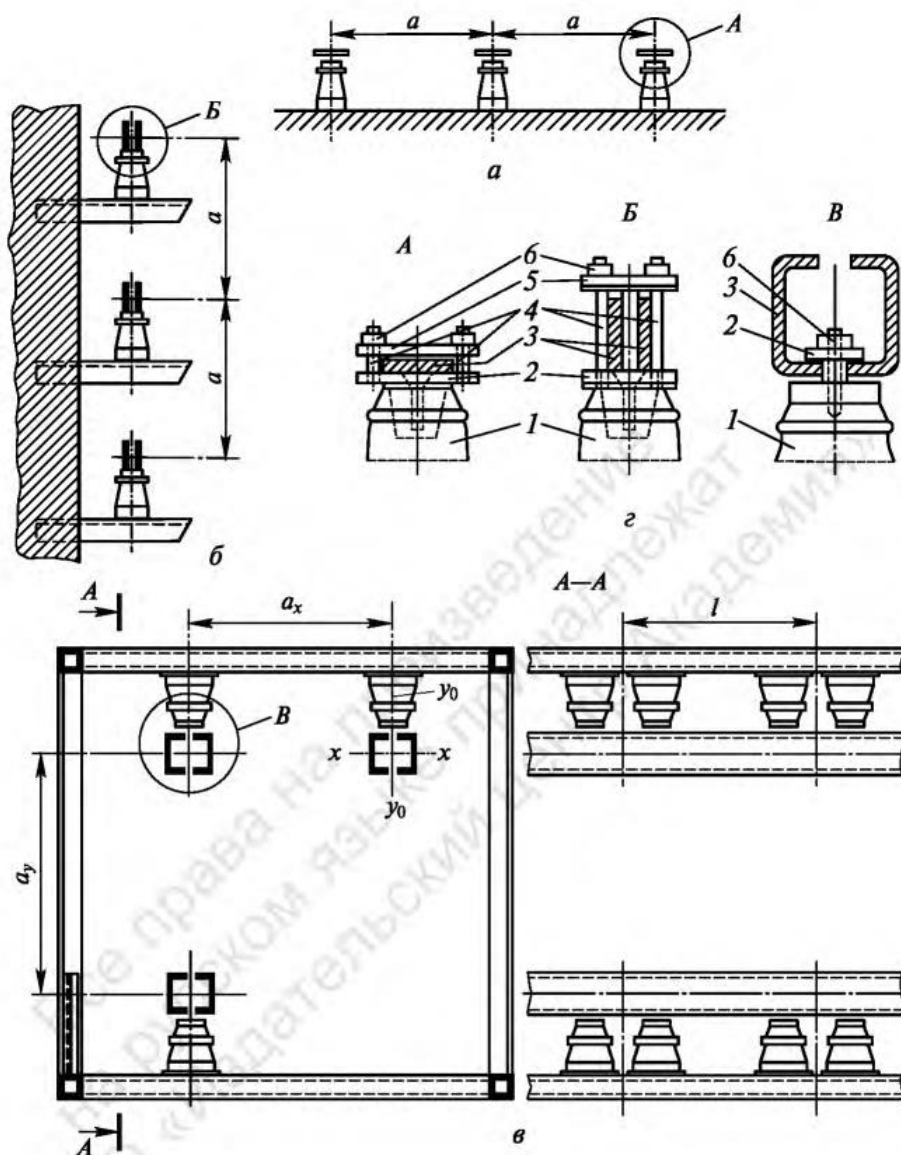
Жеке мұқтаждар резервтік трансформатордың тізбегінде ЖЗ учаскесі кабельмен немесе икемді өткізгішпен орындалуы мүмкін. Жалғаудың сол немесе басқа да тәсілін таңдау АТҚ, бас корпусының және резервтік ТЗөзара орналасуына тәуелді. ЖЭО сияқты 35 кВ және одан жоғары ТҚ барлық шиналау АС өткізгіштермен орындалады.

Қосалқы станцияларда (ашық бөлігінде) АС сымдары немесе алюминий құбырлармен қатты шиналау қолданылуы мүмкін. Трансформаторды жабық ТҚ 6 - 10 кВ және КРУ 6-10 кВ жалғау серпінді аспалы тоқ өткізгішімен, шиналық көпірмен немесе жабық жиынтық тоқ өткізгішімен орындалады РУ 6-10 кВ қатаң шиналау қолданылады.

#### **4.2.2 Қатты шиналарды таңдау**

Жоғарыда айтылғандай, жабық РУ 6 — 10 кВ шиналау және жинақ шиналар қатты алюминий шиналармен орындалады. Мыс шиналар олардың жоғары құнына байланысты тіпті үлкен тоқ жүктемесінде де қолданылмайды. 3000 А дейінгі тоқ кезінде бір және екі жолақты шиналар қолданылады. Үлкен тоқ кезінде қорапты қима шиналары ұсынылады, себебі олар жақындық әсерінен және жазықтық әсерінен аз жоғалтуды, сонымен қатар жақсы салқындату жағдайын қамтамасыз етеді. Мысалы, 2650 А тоғы кезінде өлшемі 60 x 10 мм үш жолақты алюминий шиналары немесе 2670 А өткізу тоғы бар өлшемі 2x695 мм<sup>2</sup> қорапты шиналар қажет. Бірінші жағдайда шиналардың жалпы қимасы 1800 мм<sup>2</sup>, екіншісінде — 1390 мм<sup>2</sup> құрайды. Көрініп тұрғандай, қорапты шиналарда тоқтың шекті тығыздығы барынша көбірек (1,47 А/мм<sup>2</sup> орнына 1,92).

Жинақ шиналар және олардың тік бұрышты немесе қорапты профиль өткізгішінен 3-10 кВ электр аппараттарына тарамдары (шиналау) тіреуіш фарфор изоляторында бекітіледі. Оның көмегімен шиналар изоляторға бекітілетін шина ұстағыштар шиналардың қызу салдарынан жойылуы кезінде олардың бойлай жылжуына мүмкіндік береді. Үлкен ұзындық кезінде шиналарға сол шиналар материалынан жасалған жұқа жолақтардан тұратын компенсатор бекітіледі. Изолятордағы шиналар ұштарында бойлық сопақ тесіктер және серіппелі шайбасы бар шпилька арқылы жылжымалы бекітпесі болады.



4.2. сур. – Шиналардың орналасу эскиздері:

а — көлденең; б — тігінен; в — үшбұрыш ұштары бойынша; г — А, Б, В тораптарына шиналарды бекіту: 1 — тіреуіш изолятор; 2 — берік жұқа тақтайша; 3 — шина; 4 — берік кергіш құбыр; 5 — алюминийден жасалған тақтайша; 6 — түйреуіш шиналардың температуралық созылуы кезінде туындайтын күш аппаратқа берілмес үшін компенсаторлар орнатады. Изоляторға шиналарды орналастырудың әртүрлі әдістер эскиздері 4.2. сур. көрсетілген. Шиналарды ұзындығы бойынша жалғау әдетте дәнекерлеумен орындалады.

Алюминий шиналарын аппараттардың мыс (латун) қысқыштарына жалғау мыс-алюминий электролит жұбының пайда болуын алдын алатын ауыспалы қысқыштар көмегімен орындалады.

Жақсы жылу берілісі және пайдалану ыңғайлылығы үшін шиналар: ауыспалы тоқта А фазасы — сары түске, В фазасы — жасыл түске және С фазасы — в қызыл түске; ауыспалы тоқта оң шина — қылы түске, теріс шина — көк түске боялады.

ПУЭ 1.3.28 т. сәйкес электр қондырғыларының жинақ шиналары және барлық кернеудегі ашық және жабық РУ аясында шиналау тоқтың экономикалық тығыздығы тексерілмейді. Шиналар қимасын таңдау қыздыру бойынша орындалады (ұйғарынды тоқ бойынша).

Онымен қоса, тек қалыпты режимдер ғана емес, сонымен қатар апаттан кейінгі режимдер, сондай-ақ жөндеу кезіндегі режимдер және шиналар секциясы арасында тоқтарды әркелкі тарату мүмкіндігі есептеледі. Таңдау шарты:



$$I_{\max} \leq I_{\text{доп}}, \quad (4.14)$$

мұнда  $I_{\text{доп}}$  — шинаның жалпағынан орналасуы (ПУЭ 1.3.23 т.) немесе кестеде қабылданған температурадан өзгеше ( $\vartheta_{\text{о.ном}} = 25^\circ\text{C}$ ) ауа температурасында түзетулерді ескерумен таңдалған қима шинасына ұйғарынды ток. Соңғы жағдайда

$$I_{\text{доп}} = I_{\text{доп.ном}} \sqrt{\frac{\vartheta_{\text{доп}} - \vartheta_{\text{о}}}{\vartheta_{\text{доп}} - \vartheta_{\text{о.доп}}}}. \quad (4.15)$$

Оқшауланбаған сымдар мен боялған шиналар үшін  $\vartheta = 70^\circ\text{C}$ ,  $\vartheta_{\text{о.ном}} = 25^\circ\text{C}$  қабылданды, онда

$$I_{\text{доп}} = I_{\text{доп.ном}} \sqrt{\frac{70 - \vartheta_{\text{о}}}{45}}, \quad (4.16)$$

Шиналарды ҚТ кезінде қызуға төзімділігін тексеру төмендегі шарт бойынша орындалады:

$$\vartheta_{\text{к}} \leq \vartheta_{\text{к.доп}} \text{ ИЛИ } q_{\min} \leq q, \quad (4.17)$$

мұнда  $\vartheta_{\text{к}}$  — ҚТ ток қызған кездегі шина температурасы;  $\vartheta_{\text{к.доп}}$  — ҚТ кезінде шинаның ұйғарынды қызу температурасы (3.15 кестені қар.);  $q_{\min}$  — қызу төзімділігі бойынша минималды қима ((3.48) формуласы);  $q$  — таңдалған қима.

*Шиналарды электр динамикалық төзімділікке тексеру.* Изоляторларға бекітілген қатты шиналар электр динамикалық күш әсерінде жатқан динамикалық ауытқу жүйесін білдіреді. Мұндай жүйеде жиілігі құрылым салмағы мен қаттылығына тәуелді болатын ауытқу пайда болады.

ҚТ кезінде пайда болатын электр динамикалық күштердің құраушылар болады, олар 50 және 100 Гц жиілігімен ауысып отырады. Егер шина-изолятордың ауытқу жүйесінің жеке жиілігі осы мәндерге сәйкес келсе, онда шина және изолятор ауыртпалығы өседі. Егер жеке жиілігі 30 аз немесе 200 Гц көп болса, онда механикалық резонанс пайда болмайды. Көптеген қолданылатын шиналар құрылымында бұл шарттар сақталады, сондықтан ПУЭ механикалық ауытқуды ескерумен электр динамикалық төзімділікке тексеруді қажет етпейді. Жеке жағдайларда, мысалы қатты шиналары бар РУ жаңа құрылымын жобалаған кезде жеке ауытқулар жиілігін анықтау орындалады [1.14]: алюминий шиналар үшін:

$$f_0 = \frac{173,2}{l^2} \sqrt{\frac{J}{q}}; \quad (4.18)$$

Мыс шиналар үшін

$$f_0 = \frac{125,2}{l^2} \sqrt{\frac{J}{q}}, \quad (4.19)$$

Мұнда  $l$  — изоляторлар арасындағы ашық аралық ұзындығы, м;  $J$  — шинаның иілетін күшінің бағытына перпендикулярлы оське қатысты көлденең қима инерция моменті, см<sup>4</sup>;  $q$  — шинаның көлденең қимасы, см<sup>2</sup>.

Ашық аралық ұзындығын және шина қимасының формасын өзгерте отырып, механикалық резонанстың жойылуына, яғни  $f_0 > 200$  Гц қол жеткізуге болады. Мұндай жағдайда шиналарды электр динамикалық төзімділікке тексеру шиналар мен изоляторлар ҚТ кезінде пайда болатын максималды электр динамикалық күшіне тең жүктемесі бар статикалық жүйе болып табылады деген болжаммен орындалады (3.7. тараушығын қар.). Егер  $f_0 < 200$  Гц болса, шиналық құрылымның механикалық ауытқуы кезінде пайда

болатын қосымша динамикалық күшті ескерумен шиалардың арнайы есебі орындалады [3.3].

**Бір жолақты шиалардың механикалық есебі.** Үш фазалық ҚТ кезінде аса салыстырмалы күш (3.42) формуласы бойынша анықталады, Н/м,

$$f^{(3)} = \sqrt{3} \cdot 10^{-7} \frac{i_{уд}^{(3)2}}{a}.$$

Фазалар арасындағы қашықтық шиалар параметрінен барынша көп болғандықтан  $a \gg 2(b + h)$ , онда форма коэффициенті  $k_f \approx 1$  болады.

3.7 тараушығында көрсетілгендей, аса мықты электр динамикалық күштер үш фазалық зақымдалуда пайда болады, сондықтан кейінгі есептерде үш фазалық ҚТ тоқ соқысы есепке алынады. Жеңілдетуге арналған индекстер (3) түсіріледі.

Бір қалыпты таратылған күш иілу моментін құрады (шина шеткі аралықта моменті көп тіреуіштерде еркін жатқан көп аралық бөрене ретінде қарастырылады), Нм,

мұнда  $l$  — шиалық құрылымның тіреуіш изоляторы арасындағы аралық ұзындығы, м.

Бүгілетін сәтте пайда болатын шиалардағы кернеу, МПа,

$$M_{\max} = \frac{fl^2}{10},$$

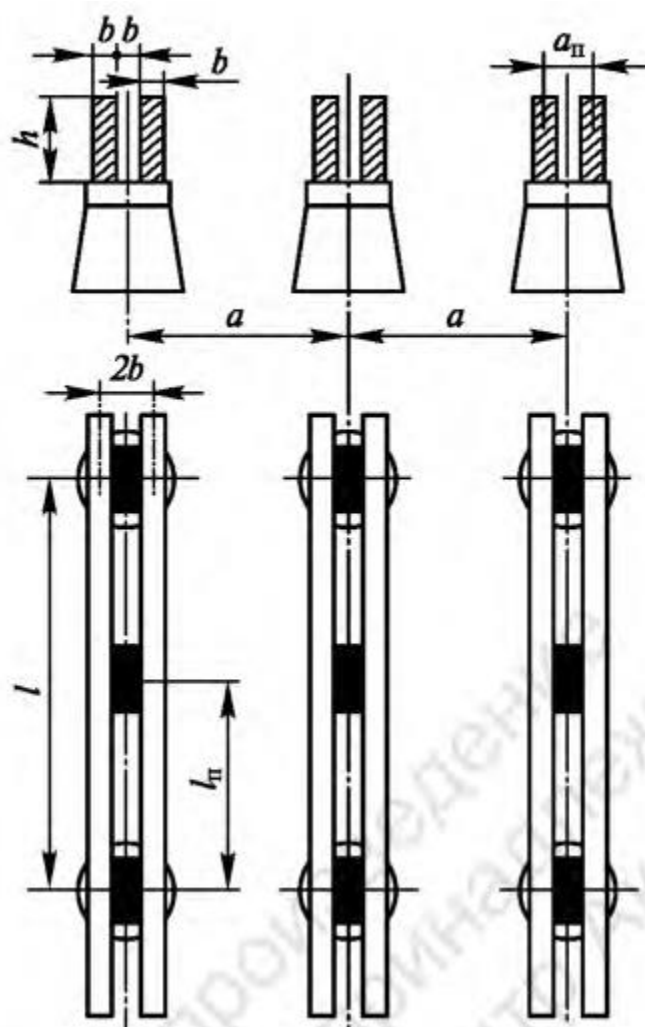
W- Иілу моменті салдарынан пайда болатын шина материалындағы кернеу, см<sup>3</sup>(4.1кесте )

$$\sigma_{\max} = \frac{M}{W} = \frac{fl^2}{10W} = \sqrt{3} \cdot 10^{-8} \frac{i_{уд}^2 l^2}{Wa}, \quad (4.20)$$

4.1 кесте

**Қарсылық пен инерция сәттері**

| Шиалардың орналасуы | инерция J.<br>момент: см <sup>4</sup> | Кедергі моменті<br>W, см <sup>3</sup> |
|---------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
|                     | $\frac{bh^3}{12}$                     | $\frac{bh^2}{6}$                      |
|                     | $\frac{hb^3}{12}$                     | $\frac{hb^2}{6}$                      |
|                     | $\frac{bh^3}{6}$                      | $\frac{bh^2}{3}$                      |
|                     | $\frac{hb^3}{6}$                      | $\frac{hb^2}{3}$                      |
|                     | $0,72bh^3$                            | $1,44b^3h$                            |
|                     | $\frac{\pi d^4}{64}$                  | $\frac{\pi d^3}{32}$                  |
|                     | $\frac{\pi(D^4 - d^4)}{64}$           | $\frac{\pi(D^3 - d^3)}{32D}$          |



Шиналар механикалық күшті, егер

$$\sigma_{\max} \leq \sigma_{\text{доп}},$$

мұнда  $\sigma_{\text{доп}}$  — шиналар материалындағы ұйғарынды механикалық кернеу.

Электр қондырғыларында алюминий қорытпасынан жасалған престелген (МЕМСТ 15176-84), шыңдалған және табиғи қартайған (АД31Т маркасы) немесе шыңдалған және табиғи қартайған (АД31Т1 маркасы) шиналар қолданылады. ПУЭ 1.4.15 т. сәйкес

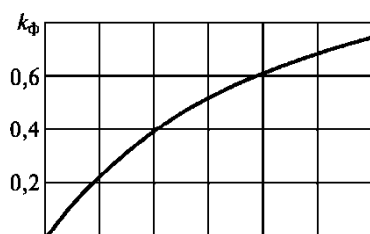
$$\sigma_{\text{доп}} \leq 0,7 \sigma_{\text{разр.}}$$

4.2 кестесінде дәнекерлеу орындарында шиналар беріктігін төмендетуді ескерумен ұйғарынды кернеу мәндері келтірілген [3.3].

**Екі жолақты шиналардың механикалық есебі.** Егер әр фаза екі жолақтан орындалатын болса (4.3. сур.), онда жолақтар арасында және фазалар арасында күш салу пайда болады. Жолақтар арасындағы күш салу олардың жанасуына алып келмеуі керек. Бұл күшті азайту үшін, жолақтар арасындағы аралыққа төсемдер орнатады. Төсемдер арасындағы аралық ҚТ кезінде пайда болатын электр динамикалық күштер жанасуды туғызбайтындай таңдалады:

$$l_{\text{п}} \leq 0,216 \sqrt{\frac{a_{\text{п}}}{i_{\text{уд}}^{(3)}}} \sqrt[4]{\frac{EJ_{\text{п}}}{k_{\text{ф}}}}. \quad (4.21)$$

Екі жолақтың механикалық жүйесі — изолятордың механикалық резонанс нәтижесінде күштің лезде артуын болдырмас үшін 200 Гц артық жеке ауытқу жиілігі болу керек. Осыдан  $l_{\text{п}}$  шамасы тағы бір шарт бойынша таңдалады:



4.4 сур.  $a = 2b$  кезінде екі жолақты шиналар үшін форма коэффициентін анықтауға арналған қисықтар

$$l_{\Pi} \leq 0,133 \cdot 10^{-2} \sqrt[4]{\frac{EJ_{\Pi}}{m_{\Pi}}}, \quad (4.22)$$

мұнда  $a_{\Pi}$  — жолақтар осьтері арасындағы қашықтық, см  $J_{\Pi} = hb^3/12$  — жолақтар инерциясының моменті, см<sup>4</sup>;  $k_{\phi}$  — форма коэффициенті (сур. 4.4);  $m_{\Pi}$  — жолақтың ұзындық бірлігіне салмағы, кг/м;  $E$  — шиналар материалының серпіндік модулі (4.2 кестені қар.).

Есепке (4.21) және (4.22) формулалары бойынша анықталған екі шамалардың ішіндегі кішісі қабылданады

Екі жолақтан тұратын пакеттегі жолақтар арасындағы өзара әрекеттесу күшін (3.43) формуласы бойынша анықтауға болады,

$$i_1 = i_2 = i_{уд}/2; \quad a = a_{\Pi} = 2b;$$

$$f_{\Pi} = 2 \cdot 10^{-7} k_{\phi} \left( \frac{i_{уд}}{2} \right)^2 \frac{1}{2b} 10^{-7} = \frac{k_{\phi}}{4} \frac{i_{уд}^2}{b} 10^{-7}. \quad (4.23)$$

4.2 кесте

#### Шиналар материалының негізгі сипаттамалары

| Шина материалы     | Марка  | Алшақтықтың уақытша кедергісі Сразр, МПа |                           | Ұйғарынды кернеу сдоп, МПа |                           | Серпіндік модулі Е, 1010 Па |
|--------------------|--------|------------------------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------------|
|                    |        | материалда                               | Дәнекерлеу жалғау жерінде | материалда                 | Дәнекерлеу жалғау жерінде |                             |
| Алюминий           | АО, А  | 118                                      | 118                       | 82                         | 82                        | 7                           |
|                    | АДО    | 59 — 69                                  | 59 — 69                   | 41 — 48                    | 41 — 48                   | 7                           |
| Алюминий қорытпасы | АД31Т  | 127                                      | 120                       | 89                         | 84                        | 7                           |
|                    | АД31Т1 | 196                                      | 120                       | 137                        | 84                        | 7                           |
|                    | АВТ1   | 304                                      | 152                       | 213                        | 106                       | 7                           |
|                    | 1915Т  | 353                                      | 318                       | 247                        | 223                       | 7                           |
| Мыс                | МГМ    | 345 — 355                                | —                         | 171,5 — 178                | —                         | 10                          |
|                    | МГТ    | 245 — 294                                | —                         | 171,5 —                    | —                         | 10                          |

Жолақтардың өзара әрекеттесуінен шиналар материалындағы кернеу (шиналар бірқалыпты таралған жүктемесі және қысылған ұштары бар бөрене ретінде қарастырылады), МПа,

$$\sigma_{\Pi} = \frac{f_{\Pi} l_{\Pi}^2}{12 W_{\Pi}}, \quad (4.24)$$

мұнда  $W_{\Pi}$  — бір жолақтың кедергі моменті,  $\text{см}^3$ ;  $l_{\Pi}$  — төсемдер арасындағы қашықтық, м4.20) формуласы бойынша фазалардың өзара әрекеттесуінен шиналар материалындағы кернеу:

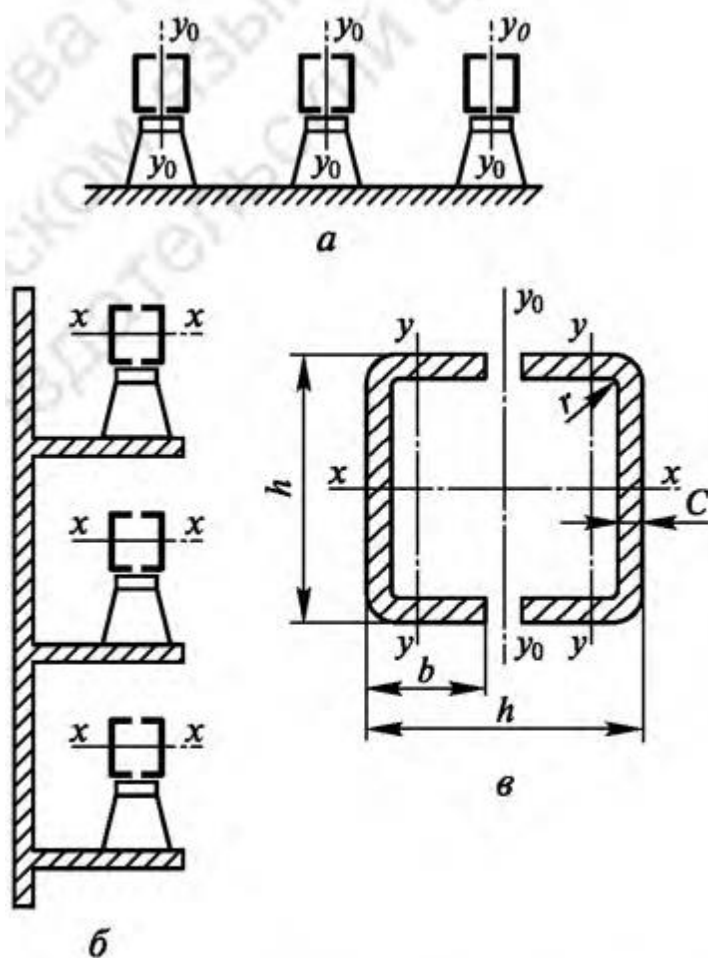
$$\sigma_{\Phi} = \sqrt{3} \cdot 10^{-8} \frac{l^2}{a W_{\Phi}} i_{\text{уд}}^2,$$

мұнда  $l$  — изолятор арасындағы аралық ұзындығы, м;  $W$  — шиналар пакетінің кедергі моменті (4.1 кестені қар.),  $\text{см}^3$ .

Шиналар механикалық берік болады, егер

$$\sigma_{\max} = \sigma_{\Phi} + \sigma_{\Pi} \leq \sigma_{\text{доп}}.$$

**Қорапты қима шиналардың механикалық есебі** (сур. 4.5). Қорапты қима шиналардың тік бұрышты қима шиналарына қарағанда инерция моменті барынша жоғары болады.



Мысалы, шинаны  $100 \times 100 \text{ мм}^2$  қырына орналастырған кезде

$$J = \frac{hb^3}{12} = \frac{10 \cdot 1^3}{12} = 0,83 \text{ см}^4,$$

ал швеллер бейінін бір шина қимамен  $1010 \text{ мм}^2$   $J_{y-y} = 18,5 \text{ см}^4$ ; тиісінше, тікбұрышты шина жалпақ орналасқанда

$$J = \frac{bh^3}{12} = \frac{10^3 \cdot 1}{12} = 83 \text{ см}^4,$$

ал швеллер шина үшін  $J_{x-x} = 135 \text{ см}^4$

Сәйкесінше қорапты қима шиналарында (4.18), (4.19)  $f_0$  формулаларының жеке ауытқу жиілігі тік төрт бұрышты қима шиналарына қарағанда барынша көп болады. Бұл механикалық ауытқуларсыз есептеуге мүмкіндік береді.

Фазалардың өзара әрекеттесуінен шиналар материалындағы кернеу шиналардың орналасуын ескерумен (4.20) формуласы бойынша анықталады. Егер шиналар көлденең жазықтықта орналасса (4.5 суретті қар.) және швеллерлер өзара қатты жалғанса, онда  $W = W_{y0-y0}$ .

Қатты жалғау болмаған жағдайда  $W = 2W_{y-y}$ .

Егер шиналар тік жазықтықта орналасса (4.5 суретті қар.), онда  $W = 2W_{x-x}$ . Қорапты профиль шинасын құрайтын швеллер арасындағы өзара әрекеттесу күші (4.5 суретті қар.)  $k_\phi = 1$ ,  $a = h$ ,  $i_1 = i_2 = i_{yD}/2$  шартымен (3.72) формуласы бойынша анықталады:

$$f_\Pi = 0,5 \frac{i_{yD}^2}{h} 10^{-7}. \quad (4.25)$$

Шина материалдағы кернеудің күш әсерінен  $f_0$  (4.24) формула бойынша есептеледі:

$$\sigma_\Pi = \frac{f_\Pi l_\Pi^2}{12W_\Pi},$$

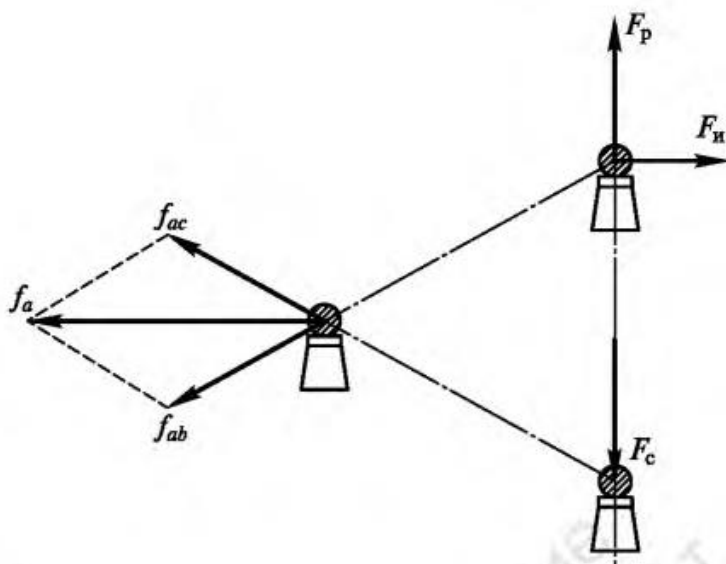
Мұнда  $W_\Pi = W_{y-y}$

Егер шиналар барлық ұзындығы бойымен қатаң байланысқан болса, онда  $\sigma_\Pi = 0$

Шиналар механикалық бойынша күшті, егер

$$\sigma_{\max} = \sigma_\phi + \sigma_\Pi \leq \sigma_{\text{доп}}.$$

**Тең қабырғалы үшбұрыштың ұштары бойынша орналасқан шиналардың механикалық есебі** (4.6 сур.). Барлық фазалар шиналары бірдей шарттарда болады. А фазасының шинасына  $f_{ac}$  және  $f_{ab}$  күштері әсер етеді, олар (3.72) формуласы бойынша анықталады, бірақ көлденең орналасуға қарағанда күш векторлары кеңістікте  $60^\circ$  бұрышқа орнынан қозғалған.  $f_a$  қорытқы күші тек  $2\omega t$  жиілігі шамасымен ғана өзгермейді



4.6 сур. Үш бұрыш ұштарында орналасқан шиналар есебіне

сонымен қатар изоляторға созылмалы  $F_p$ , иілімелі  $F_u$  және қыспалы  $F_c$  күш сала отырып бағыты бойынша да өзгереді ( $f_a$  векторының ұшы шеңбер бойынша жылжиды). Бұл жерде қорытынды шығармай отырып, өзара әрекеттесудің максималды күші шиналардың көлденең орналасқан кезінде В фазасында әрекет ететін тең күшіне ісер етеді, Н/м,

$$f_{\Phi} = \sqrt{3} \cdot 10^{-7} \frac{i_{уд}^2}{a}.$$

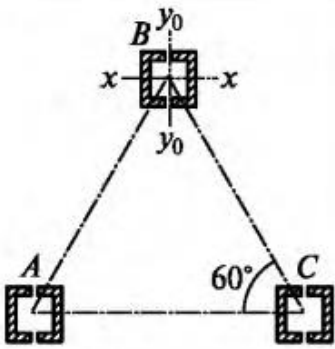
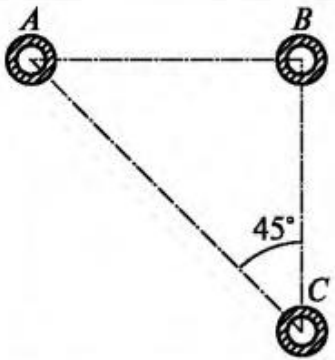
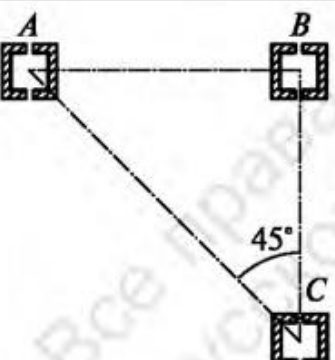
Егер шиналар тік бұрышты үшбұрыштың ұштары бойынша орналасқан болса, онда пайла болатын күштерді анықтау қиындай түседі, себебі фазалар әртүрлі жағдайларда болады.

4.3 кестеде  $\sigma_{\Phi, \max}$  және үшбұрыш ұштарында орналасқан қорапты және құбырлы шиналар изоляторына әсер ететін күштерді анықтауға арналған есеп формулалары келтірілген.

4.3 кесте

**Үшбұрыш ұштарында орналасқан шиналардың механикалық есебіне арналған формулалар**

| Шиналардың орналасуы | Фазалар арасындағы өзара әрекеттесуден шина материалдарына кернеу, МПа | Изоляторға әсер ететін күштер, Н                                                                                                 |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                      | $\sigma_{\Phi \max} = \sqrt{3} \frac{i_{уд}^2 l^2}{a W} 10^{-8}$       | $F_p = \sqrt{3} \frac{i_{уд}^2 l}{a} 10^{-7}$ $F_u = 1,62 \frac{i_{уд}^2 l}{a} 10^{-7}$ $F_c = 1,3 \frac{i_{уд}^2 l}{a} 10^{-7}$ |

| Шиналардың орналасуы                                                                | Фазалар арасындағы өзара әрекеттесуден шина материалдарына кернеу, МПа         | Изоляторға әсер ететін күштер, Н                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | $\sigma_{\phi \max} = 2,5 \frac{i_{\text{уд}}^2 l^2}{a W_{y_0 - y_0}} 10^{-8}$ | $F_p = \sqrt{3} \frac{i_{\text{уд}}^2 l}{a} 10^{-7}$ $F_n = 1,62 \frac{i_{\text{уд}}^2 l}{a} 10^{-7}$ $F_c = 1,3 \frac{i_{\text{уд}}^2 l}{a} 10^{-7}$ |
|   | $\sigma_{\phi \max} = 1,64 \frac{i_{\text{уд}}^2 l^2}{a W} 10^{-8}$            | $F_p = 1,5 \frac{i_{\text{уд}}^2 l}{a} 10^{-7}$ $F_n = 1,62 \frac{i_{\text{уд}}^2 l}{a} 10^{-7}$ $F_c = 1,62 \frac{i_{\text{уд}}^2 l}{a} 10^{-7}$     |
|  | $\sigma_{\phi \max} = 2,2 \frac{i_{\text{уд}}^2 l^2}{a W_{y_0 - y_0}} 10^{-8}$ |                                                                                                                                                       |

Ескерту. Есеп формулаларында:  $i$  — ампермен;  $l$  және  $a$  — метрмен;  $W$  — текше сантиметрмен.

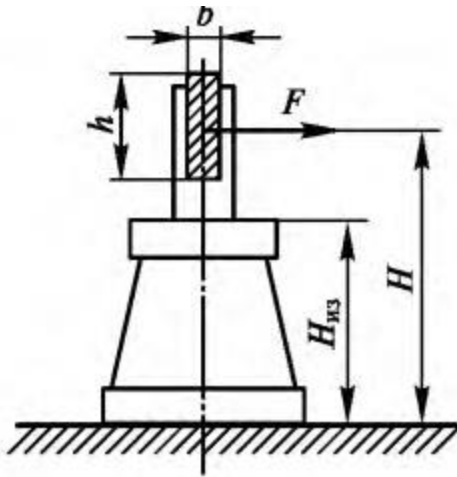
Қорапты шиналарда  $\sigma_{\Pi}$  немесе  $I_{\Pi \max}$  анықтау шиналардың көлденең және тігінен орналасуы кезіндегі сияқты орындалады.

**Изоляторларды таңдау.** Тарату құрылғыларында шиналар тіреуіш, өткізгіш және аспалы изоляторларға бекітіледі. Қатты шиналар тіреуіш изоляторларға бекітіледі, оларды таңдау келесі шарттар бойынша жүргізіледі: Номиналды кернеумен  $U_{\text{уст}} < U_{\text{ном}}$ ;

ұйғарынды жүктемемен  $F_{\text{расч}} \leq F_{\text{доп}}$ ,

мұнда  $F_{\text{расч}}$  — изоляторға әсер ететін күш;  $F_{\text{доп}}$  — изолятордың басына ұйғарынды жүктеме:  $F_{\text{доп}} = 0,6 F_{\text{разр}}$ ;  $F_{\text{разр}}$  — иілуді бұзушы жүктеме





4.7 сур. Изолятордың есептегіш жүктемесін анықтауға

Барлық фазалар изоляторының көлденең және тігінен орналасуы кезіндегі есеп күші, Н,

$$F_{\text{расч}} = \sqrt{3} \frac{i_{\text{уд}}^2}{a} l k_h 10^{-7} = f_{\phi} l k_h,$$

мұнда  $k_h$  — егер шина қабырғада орналасса, оның биіктігін түзету коэффициенті (4.7 сур.):

$$k_h = \frac{H}{H_{\text{из}}}; \quad H = H_{\text{из}} + b + \frac{h}{2},$$

мұнда  $H_{\text{из}}$  — изолятор биіктігі.

Үшбұрыш ұштарында шиналар орналасқан кезде.  $F_{\text{расч}} = k_h F_{\text{и}}$  (4.3 кестені қар.).

Өткізгіш изоляторлар:

$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$  кернеу;

$I_{\text{max}} \leq I_{\text{ном}}$  номиналды ток;

$I_{\text{расч}} \leq I_{\text{доп}}$  ұйғарынды жүктеме бойынша таңдалады.

Өткізгіш изоляторы үшін арналған есеп күші, Н,

$$F_{\text{расч}} = 0,5 f_{\phi} l.$$

### 4.2.3. Серпінді шиналар мен тоқ өткізгіштерін таңдау

РУ 35 кВ және жоғарыда Ас сымдарымнан жасалған серпінді шиналар қолданылады. Генераторлар мен трансформаторларды РУ 6—10 кВ жалғау үшін арналған серпінді тоқ өткізгіштері (6.18 суретті қар.) сақиналы шеңбер айналасы бойынша бекітілген сымдар түйінмен орындалады. Түйіннің ішіндегі екі сым – болат-аллюминий – негізінен өз салмағының, мұзтайғақтың және желдің механикалық жүктемесін өзі күшіне алады. Қалған сымдар – алюминий – тек тоқ жүргізуші болып табылады.

Түйіндегі жеке сымдар қиығын барынша үлкенін таңдау ұсынылады (500, 600 мм<sup>2</sup>), себебі бұл сымдар саны мен тоқ өткізу құнын азайтады.

Серпінді сымдар блок трансформаторларын ОРУ-мен жалғау үшін қолданылады.

Кернеуі 35 кВ артық электр берілісінің сызықтық сымдары, блок трансформаторының ОРУ-мен ұзын байланыс сымдары, генератор кернеуінің серпінді ток өткізгіштері тоқтың экономикалық тығыздығы бойынша тексеріледі.

$$q_3 = \frac{I_{\text{норм}}}{J_3}, \quad (4.26)$$

мұнда  $I_{\text{норм}}$  — қалыпты режим тоғы (асыра жүктеусіз);  $J_3$  — ток тығыздығын нормалау,  $\text{А/мм}^2$  (4.4 кесте).

4.3 кесте

**Тоқтың экономикалық тығыздығы**

| Өткізгіш                                                                                         | Т <sub>max</sub> кезінде, сағ |                                   |             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------|
|                                                                                                  | 1000 — 3000                   |                                   | 1000 — 3000 |
| Оқшауланбаған сымдар мен шиналар:                                                                |                               | Оқшауланба                        |             |
| Мыс                                                                                              | 2,5                           | Мыс                               | 2,5         |
| Алюминий                                                                                         | 1,3                           | алюминий                          | 1,3         |
| Қағаз кабелдері және төмендегідей тарамдары бар резеңкелі және поливинилхлорид изоляция сымдары: |                               | Қағаз кабелдері және төмендегідей |             |
| Мыс                                                                                              | 3                             | мыс                               | 3           |
| Алюминий                                                                                         | 1,6                           | алюминий                          | 1,6         |
| Төмендегідей тарамдары бар резеңкелі және пластмасса изоляция кабельдері:                        |                               | Төмендегідей                      |             |
| Мыс                                                                                              | 3,5                           | мыс                               | 3,5         |
| Алюминий                                                                                         | 1,9                           | алюминий                          | 1,9         |

(4.26) формуласынан табылған қима жақын стандартқа дейін дөңгелектейміз.

Тоқтың экономикалық тығыздығы бойынша тексерілмейді [1.12]:

Т<sub>max</sub> 5000 ч дейін болғанда кернеуі 1 кВ дейін өнеркәсіптік кәсіпорын және құрылыс желілері;

жеке электр қабылдағыштарына тарамдар  $U < 1$  кВ, сонымен қатар жарықтандыру желілері;

электр қондырғыларының жинақ шиналары және барлық кернеудегі ашық және жабық РУ шамасында шиналау;

уақытша құрылыс желілері, сонымен қатар қызмет мерзімі 3-5 жыл құрылғылар.

Қызу қимасын тексеру (шекті ток бойынша) (4.14) формуласы бойынша орындалады:

$$I_{\text{max}} \leq I_{\text{доп}}.$$

Таңдалған қима ҚТ тоғының қызу әсеріне (4.17) формуласы бойынша тексеріледі):

$$\vartheta_k \leq \vartheta_{\text{к.доп}}; \quad q_{\text{min}} = \frac{\sqrt{B_k}}{C} \leq q.$$

Тез әсер ететін АПВ құрылғыларымен жабдықталған желі өткізгіштерінің қызуға төзімділігін тексеру кезінде ҚТ ток өтуінің жалғасуының салдарынан қызудың артуын ескеру керек. ВЛ жарылған сымдары ҚТ жағдайында қызуға тексеру кезінде сомалық қима сымының бірі ретінде қарастырылады [1.12].

ҚТ тоғының электр динамикалық әсеріне РУ серпінді шиналары  $I_{\kappa}^{(3)} \geq 20 \text{ кА}$  кезінде тексеріледі [1.12, 4.2.56 т.].

ҚТ үлкен тоғы кезінде фазалардағы сымдар динамикалық өзара әрекеттесу нәтижесінде фазалар арасында бұзылыстар немесе ойықтар пайда болатындай жақындауы мүмкін.

Фазаладың аса жақындауы екі фазалық ҚТ кезінде көрші фазалар арасында байқалады, мұнда сымдар алдымен қарама-қарсы жаққа лақтырылады, содан кейін ҚТ тоғы өшірілгеннен кейін бір біріне қарама қарсы қозғалады. Олардың жақындауы қатты болған сайын, фазалар арасындағы қашықтық аз болады, салбыраған жері көп болады және өту ұзақтығы мен ҚТ тоғының мәні жоғары болады. ҚТ тоғы өткенде серпінді ток өткізгіштердің жақындауы [4.6] ұсынылған әдіс бойынша анықталуы мүмкін.

Екі фазалық ҚТ тоғының өту ұзақтығынан туындайтын күш, Н/м (3.43)

$$f = 2 \cdot 10^{-7} \frac{I^{(2)2}}{a},$$

мұнда  $a$  — фазалар арасындағы қашықтық, м (ОРУ үшін фазалар арасындағы қашықтықты  $D$  әрпімен белгілеу қабылданған);  $I^{(2)}$  — Екі фазалық ҚТ тоғының орташа квадрат мәні (өту уақытында). Есептеу үшін жеткілікті дәлдікпен мынаны қабылдауға болады:

$$I^{(2)} = I_{\text{п0}}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{\text{п0}}^{(3)}.$$

Осы мәндер қоя отырып, күшті табамыз, Н/м,

$$f = \frac{1,5 I_{\text{п0}}^{(3)2}}{D} 10^{-7}. \quad (4.27)$$

Ішкі фазаны ескере отырып, ағымдық токөткізгіштің 1 м ауырлық дәрежесін анықтайды, Н/м,

$$g = 1,1 \cdot 9,8 \text{ м},$$

мұнда  $m$  — токөткізгіштің 1 м массасы, кг

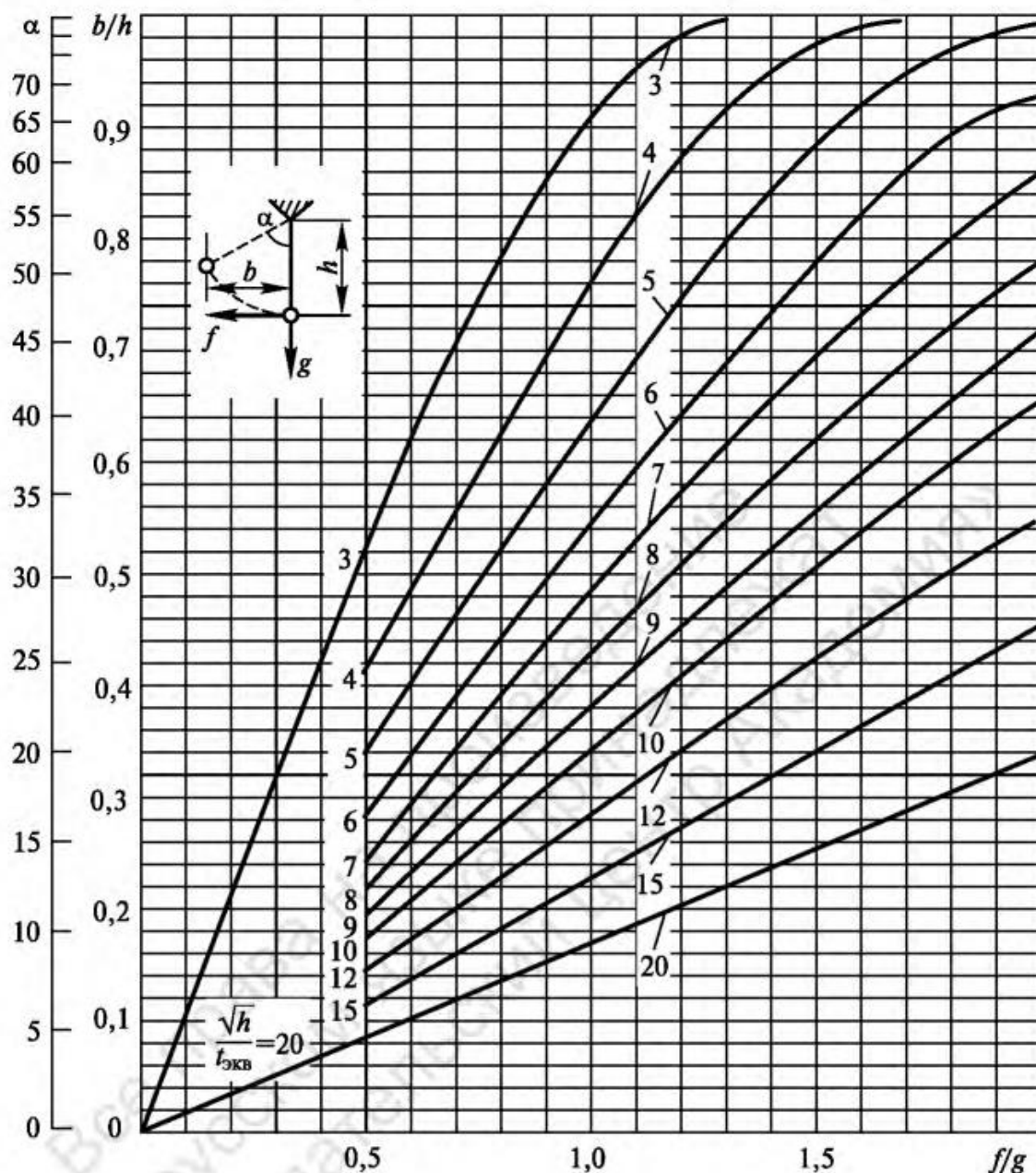
Қатынасын анықтайды

$$\sqrt{h}/t_{\text{ЭКВ}},$$

мұнда  $h$  — масималды есеп температурасы кезінде әр аралықтағы сымдардың салбыраған жерінің масималды есеп тілі;  $m$ ;  $t_{\text{ЭКВ}}$  — тез әрекетте ететін қорғаныс әрекетінің импульсі бойынша эквиваленті уақыт, с. Генераторлар және трансформаторлар тізбегі үшін орта есеппен

$$4\text{кВ}_4 + 0,05,$$

мұнда  $t_3$  — ҚТ тоғынан қорғаныс қуатының нақты ұсталым уақыты ; 0,05 периодты емес құраушылардың әсерін есептейді.



4.8 сур. ҚТ тоқтарының әсерінен фазалардың көлденең орналасуымен серпінді ток өткізгіштерінің ауытқуын анықтау диаграммасы

Диаграмма бойынша (4.8 сур.)  $f/g$  және  $\sqrt{h}/t_{\text{экв}}$  байланысты  $b$ , м сымдарының және  $\alpha$  бұрышының ауытқуы анықталады.

Табылған  $b$  мәнін максималды шекті мәнмен салыстырады:

$$b_{\text{доп}} = \frac{D - d - a_{\text{доп}}}{2}, \quad (4.28)$$

мұнда  $d$  — ток өткізгішінің диаметрі;  $a_{\text{доп}}$  — көрші фазалар арасындағы олардың қатты жақындау сәтіндегі ең аз шекті қашықтық. Генератор кернеуінің ток өткізгіші үшін  $a_{\text{доп}} = 0,2$  м, ПУЭ сәйкес ОРУ үшін 110 кВ кезінде — 0,45 м; 150 кВ — 0,6 м; 220 кВ — 0,95 м; 330 кВ — 1,4 м; 500 кВ — 2 м.

$b > b_{\text{доп}}$  болған жағдайда, салбыраған жердің тілін қысқарту керек немесе фазалар арасындағы қашықтықты арттыру қажет. Серпінді салбыраған сым өткізгіштерінде салбыраған жердің тілік қысқарту сымдардағы механикалық кернеудің барынша артуына

алып келуі мүмкін, ал фазалар арасындағы қашықтықтың артуы ОРУ өлшемдерінің артуына алып келеді. Сондықтан кей жағдайларда фазаларға изоляторлар арқылы жалғанатын көлденең тірегіштер орнатады, олар фазалар арасындағы қашықтықты арттырмауға және салбыраған жердің тілін қысқартпауға мүмкіндік береді. Салбыраған жердің тілін қысқарту керек болған жағдайда, қосымша тірегіштер орнатылады, яғни сымдардағы механикалық кернеуді ұйғарынды мәнде сақтап қалу үшін нақты аралықтарды қысқартады (сымдардың механикалық есебі «Электр желілері» курсына қарастырылады).

Жарық фазалары бар серпінді тоқ өткізгіштері сонымен қатар бір фазалы сымдардың электр динамикалық өзара әрекеттесуіне тексеріледі [1.12]. Есептеу келесі ретпен орындалады [4.6].

Барлық қалған  $n - 1$  сымдарымен өзара әрекеттесуден әрбір сымға күш салу мынаны құрайды, Н/м,

$$f_{ii} = \frac{n-1}{n^2} 2 \cdot 10^{-7} \frac{I_{\text{п0}}^{(3)2}}{d}, \quad (4.29)$$

мұнда  $n$  — фазадағы сымдар саны;  $d$  — фаза диаметрі, м;  $I_{\text{п0}}$  — үш фазалық ҚТ тоғының нақты мәні, А.

$f$  импульстік күш әсерінен фаза сымдары орталыққа жақындауға тырысады. Сымдарды белгілеу және олардағы импульстік күштерді азайту үшін фаза ішілік (қашықтық) тіреуіштері орнатылады. Тіреуіштер арасындағы қашықтық мынандай болу керек, м,

$$l_p = k \sigma_{\text{max}} \cdot 10^3 \sqrt{\frac{(k-1) \sigma_{\text{max}} \cdot 24\beta}{(\gamma_k + k\gamma_1)(\gamma_k - k\gamma_1)}}, \quad (4.30)$$

мұнда  $k = 1,8$  — ҚТ кезінде сымдағы механикалық кернеуді ұйғарынды арттыру коэффициенті;  $\sigma_{\text{max}}$  — қалыпты режимдегі сымдардың максималды кернеуі, МПа ( $40^\circ\text{C}$  температурасы немесе мұзтайғақ және  $-5^\circ\text{C}$  температурасы кезінде);  $\beta$  — сым материалының серпінді созылу коэффициенті (алюминий үшін  $\beta = 159 \cdot 10^{-13} \text{ м}^2/\text{Н}$ );  $\gamma_1$  — сымның өзі салмағының салыстырмалы ауыртпалығы, МПа/м;  $\gamma_k$  — ҚТ кезінде өзара

әрекеттесу күшінен салыстырмалы ауыртпалық, МПа/м:  $\gamma_k = \frac{f_{ii}}{q}$  ( $q$  — сым қимасы, мм<sup>2</sup>);

$\sigma_{\text{max}} = \frac{T_{\text{ф max}}}{nq}$  ( $T_{\text{ф max}}$  — қалыпты режимдегі фазаға максималды тартылу, Н).

Фазаға максималды тартылу серпінді байланысты бір уақытта салбыраған жердің максималды тілін анықтаумен механикалық есеп кезінде анықталады.

Сым өткізгіштерінің учаскесінде қорек беру көздерінің маңында дистанциялық тіреуіштердің арасындағы қашықтық бар жоғы  $3 - 5$  м құрайды, ал алыс аралықтарда ҚТ тоғының азаюына байланысты бұл қашықтық өсіп отырады. Егер электр динамикалық төзімдік шарты бойынша дистанциялық тіреуіштер қажет болмаса, онда оларды әрбір  $15$  м сайын жарық фазалар сымдарын белгілеу үшін орнатады.

[3.3] серпінді тоқ өткізгіштерінің қысқа тұйықталудың ұзақтығын, автоматты қайталанып қосылудың болуын, гирляндардың әсерін, тарамдары мен басқа да бірқатар факторларды ескерумен анығырақ есеп келтірілген.

Тәж шарты бойынша тексеру  $35 \text{ кВ}$  және одан жоғары кернеуі кезінде серпінді сымдар үшін қажет. Тәж түріндегі разряд сымның маңында жоғары электр өрісінің кернеулігі кезінде пайда болады және шыртылдаумен және жыртылдаумен жүреді. Сымның айналасындағы ауаны иондау процессі энергияның қосымша шығындалуына, радио бөгеттерін тудыратын электр магниттік ауытқулардың пайда болуына, және контактілік жалғаулардың сыртқы беттеріне зиянды әсер ететін озонның пайда болуына алып келеді. Сымдарды дұрыс таңдау тәждің әсерін ұйғарынды мәндерге дейін қысқартуды қамтамасыз ету керек. Мұндай тәж разрядты құбылыс «Энергетика объектілерін тоқтың күшеюінен қорғау» курсына зерттеледі. Тәж шарты бойынша сымдар қиығын таңдау үшін есептеу ретін қарастырайық.

$$E_0 = 30,3m \left( 1 + \frac{0,299}{\sqrt{r_0}} \right), \quad (4.31)$$

максималды мәні кезінде пайда болады, кВ/см, мұнда  $m$  — сымның сыртқы беттерінің бұдырлығын есептейтін коэффициент (көп өткізгіш сымдар үшін  $m = 0,82$ );  $r_0$  — сым радиусі, см.

Жарық сымдардың сыртқы бетінің айналасындағы электр өрісінің кернеулігі былай анықталады:

$$E = \frac{0,354U}{r_0 \lg \frac{D_{\text{ср}}}{r_0}}, \quad (4.32)$$

мұнда  $U$  — желілік кернеу, кВ;  $D_{\text{ср}}$  — фазалар сымдары арасындағы орташа геометриялық қашықтық, см.

Фазалардың көлденең орналасуында  $D_{\text{ср}} = 1,26D$ , тең бұрышты үшбұрыштардың ұштары бойынша фазалардың орналасуы кезінде  $D_{\text{ср}} = D$ , мұнда  $D$  — көрші фазалар арасындағы қашықтық, см. 330 кВ және одан жоғары тарату құрылғыларында тәжді азайту үшін әр фаза екі, үш немесе төрт сымдар, яғни жарық сымдар қолданылады.

4.5 кесте

**$k$  және  $r_{\text{экв}}$  мәндері**

| Параметр                                 | Фазадағы сымдар саны  |                               |                               |
|------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                                          | 2                     | 3                             | 4                             |
| $k$ коэффициенті                         | $1 + 2 \frac{r_0}{a}$ | $1 + 2\sqrt{3} \frac{r_0}{a}$ | $1 + 3\sqrt{2} \frac{r_0}{a}$ |
| $r_{\text{экв}}$ эквивалентті радиус, см | $\sqrt{r_0 a}$        | $\sqrt[3]{r_0 a^2}$           | $\sqrt[4]{\sqrt{2} r_0 a^3}$  |

Жеке жағдайларда жарық сымдар сонымен қатар 220 кВ желілерінде қолданылады. Жарық сымдар айналасындағы электр өрісінің кернеулігі (максималды мәні), кВ/см

$$E = k \frac{0,354U}{nr_0 \lg \frac{D_{\text{ср}}}{r_{\text{экв}}}}, \quad (4.33)$$

мұнда  $k$  — фазадағы  $n$  сымдар санын есептейтін коэффициент;  $r_{\text{экв}}$  — жарық сымдардың эквивалентті радиусі (4.5 кесте).

а жарық фазаларындағы сымдар арасындағы қашықтық 220 кВ орнатуында 20 — 30 см, 330 — 750 кВ орнатуында — 40 см ретінде қабылданады.

Сымдардың көлденең орналасуында орташа сымдағы кернеулік (4.32) және (4.33) формулалар бойынша анықталған шамадан шамамен 7% көбірек болады.

Сымдар, егер кез келген сымның бетіндегі ең жоғары өріс кернеулігі  $0,9E_0$  артық болса тәжденбейді. Осылайша тәждің жоқтығын мынандай түрде жазуға болады

$$1,07E \leq 0,9E_0. \quad (4.34)$$

#### 4.2.4. Кабельдерді таңдау

Кабельдер электр қондырғыларында кеңінен қолданылады. 6—10 кВ тұтынушылары, әдетте, қоректі кабель желілері бойынша алады, олар алдымен тарату құрылғысының кабель туннеліне, содан кейін жерге (траншеяға) тартылады. Тұтынушылардың жеке қажеттіліктерін электростанция мен шағын станцияларына жалғау үшін сәйкесінше шиналарға сонымен қатар 6 және 0,4 кВ кабельдері қолданылады. Бұл кабельдер кабельдік жартылай баспалдақтарға, кабель туннелдеріне ғимараттың қабырғалары мен құрылыстарына бекітілген металл тартпаларымен немесе ашық тарату құрылғысымен тартылады.

4.6 кесте

##### Жерге және ауаға төсеу үшін ұсынылатын кабельдер

| Қолдану саласы                                                                                         | Дымқыл қағаз<br>изоляциясымен    | Резеңке және пластмасса<br>изоляциясымен               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Жерге (траншеяға) орташа<br>коррозиялық<br>белсенділігімен: жылжымалы                                  | ААШв, ААШп, ААПл                 | АПвБбШв, АПВГ,<br>АВБбШв                               |
| Жылжымалы<br>Тоғымен                                                                                   | ААШп, ААБ2л,<br>ААП2л ААШпсУ     | АПАШв, АПАШп,<br>АВАШв                                 |
| Туннелдерге, аналдарға,<br>кабельдік жарты<br>баспалдақтарға, өндірістік<br>ғимараттарға төсеу: құрғақ | ААГ, ААШв, ААБлГ                 | АВВГ, АВРГ, АПВГ                                       |
| Дымқыл                                                                                                 | ААШв, ААБлГ, ААБв                | АВВБГ, АВРБГ                                           |
| Дымқыл коррозиялық                                                                                     | ААШв, ААБвГ,<br>ААБ2лШв, ЦААШпсУ | АВБбШв, АПАШв                                          |
| Белсенділігімен                                                                                        |                                  |                                                        |
| Өртке қауіпті ғимараттарға<br>төсеу                                                                    | ААГ, ААШв, ААБвГ                 | АВВГ, АВРГ, АПсВГ,<br>АВВБГ, АВВБбГ,<br>АВБбШв, ПвБВнг |

ЖЭС және АЭС өндірістік ғимараттарында өрт қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін изоляциясы, қабықшасы және жабындысы тұтанбайтын материалдардан, мысалы өздігінен өшетін полиэтиленнен немесе поливинилхлрид пластикасынан жасалған кабельдерді қолдану ұсынылады.

Ортаға тән қасиеттердің орналасуына байланысты, кабельде әрекет ететін механикалық күштер, түрлі кабельдердің маркаларды ұсынылады

Кабельдерді тандайды :

орнату кернеуі бойынша

$$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{сет.ном}};$$

құрастырылым бойынша

экономикалық ток тығыздығы бойынша

$$q_3 = \frac{I_{\text{ном}}}{J_3};$$

ұйғарынды ток бойынша

$$I_{\text{max}} \leq I_{\text{доп}},$$

Мұнда  $I_{\text{доп}}$  — жерде бір біріне жақын орналасқан кабельдер санының  $k_1$  және қоршаған орта температурасының  $k_2$  түзетілерін ескерумен ұзақ ұйғарынды ток:

$$I_{\text{доп}} = k_1 k_2 I_{\text{доп.ном}},$$

мұнда  $I_{\text{доп.ном}}$  — тарамдардың қалыпты температурасы кезінде ұйғарынды ток, °C; ПУЭ сәйкес резеңке және пластмасса изоляциясы бар кабельдер үшін  $I_{\text{доп}} = +65$  °C, қорғасын, алюминий немесе поливинилхлорид қабықшасындағы дымқыл қағаз кабелінің изоляциясы бар 35 кВ дейінгі кабельдер үшін мыналар қабылданған:

|                                     |      |     |     |         |
|-------------------------------------|------|-----|-----|---------|
| $U_{\text{ном}}$ , кВ .....         | До 3 | 6   | 10  | 20 и 35 |
| $\vartheta_{\text{доп}}$ , °C ..... | +80  | +65 | +60 | +50     |

$k_1$  және  $k_2$  түзету коэффициенттерін, ұйғарынды тоқты анықтамалар немесе ПУЭ бойынша табады.

Кабельдер қимасын таңдау кезінде ПУЭ 1.3.5 және 1.3.6 бойынша анықталатын олардың шекті асыра ауыртпалығын төсеу түріне, максимумның ұзақтығына және алдын ала жүктемеге байланысты ескеру керек.

Қалыпты режим бойынша таңдалған кабельдер төменді шарт бойынша қызу төзімділігіне тексереді:

$$\vartheta_k \leq \vartheta_{k,\text{доп}} \text{ немесе } q_{\text{min}} \leq q.$$

Онымен қоса, ұзындығы ұзын емес кабельдер ҚТ кезінде ток бойынша кабельдің басынан тексеріледі; ұзындығы бойынша сатылай қимасы бар жалғыз кабельдер ҚТ кезінде ток бойынша әр учаскенің басынан тексеріледі. Екі қос және одан артық кабельдер ҚТ кезінде ток бойынша тікелей кабельдер түйінімен, яғни ҚТ тоғының тарамдарын ескерумен тексеріледі.

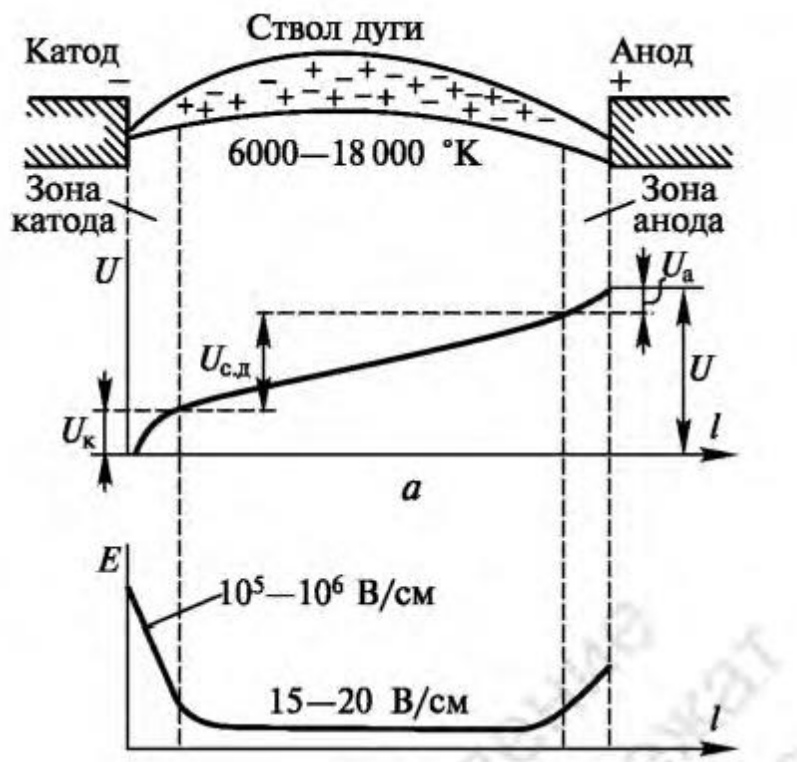
## 4.3 Электр доғасын өшіру

### 4.3.1 Доғаның пайда болу және жану шарттары

Коммутациялық аппараттардың құрылымын қарамас бұрын, алдымен электр доғасында болатын негізгі процесстермен танысу керек. Газдардағы разряд құбылысы, оның ішінде доға разряды «Энергетика объектілерін тоқтың күшеюінен қорғау» курсына зерттеледі.



Жоғары кернеу тізбегіндегі контактілері ажыратылған кезде доға түріндегі электр разряды пайда болады. Доғада катод маңы кеңістікті, доға өзегі және анод маңы кеңістігі ажыратылады (4.9 сур.). Барлық кернеулер  $U_k$ ,  $U_{с.д.}$ ,  $U_a$  осы жерлер арасында таратылады. Тұрақты ток доғасындағы кернеудің катодтық құлауы 10 — 20 В, ал бұл учаскенің ұзындығы  $10^{-4}$ – $10^{-5}$  см құрайды, осылайша, катод маңында электр өрісінің жоғары кернеуі байқалады ( $10^5$ — $10^6$  В/см).

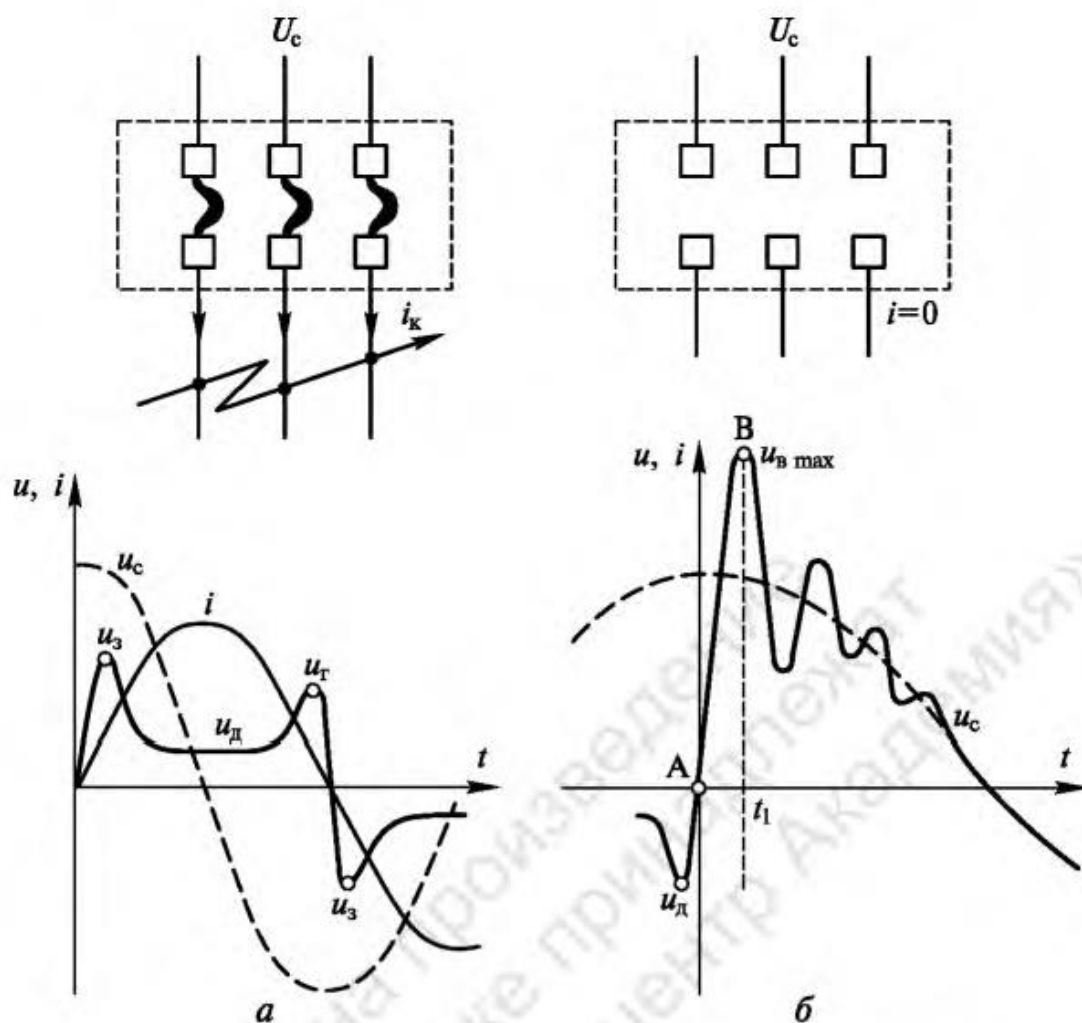


4.9 - сурет. Тұрақты ток стационарлы доғасындағы  $U$  (а) кернеуі мен  $E$  (б) кернеулігін тарату

Мұндай жоғары кернеулікте соққы иондауы пайда болады. оның мәні мынада: катодтан шыққан электрондар электр өрісінің күшімен (автоэлектронды эмиссия) немесе катоды қызуынан (термоэлектронды эмиссия) электр өрісіне бағытталады және бейтарап атомына соғылғанда оған өзінің кинетикалық энергиясын береді. Егер бұл энергия бір электронды бейтарап атомның қабықшасынан жұлып алу үшін жеткілікті болса, онда иондау орындалады. Пайда болған бос электрондар мен иондар доға өзегінің плазмасын құрайды. Плазманың өткізгіші металлдрдың өткізгішіне жақын болады [ $\gamma = 2500\text{ 1/(Ом-см)}$ ]. Доға өзегінен үлкен ток өтеді және жоғары температура пайда болады. Токтың тығыздығы  $10000\text{ А/см}^2$  дейін жетеді және одан артық болуы мүмкін, ал температура —  $18\text{ }000\text{ K}$  дейінгі және одан артық жоғары атмосфералық қысымы кезінде  $6000\text{ K}$  бастап болады.

Доға өзегіндегі жоғары температуралар қарқынды термо иондауға алып келеді, ол плазманың үлкен өткізгішін сақтайды. Термо иондау – иондардың үлкен кинетикалық энергиясы бар молекулалар мен атомдардың жоғары қозғалыс жылдамдығы кезінде соғылуы есебінен туындайтын процессі. Доғада ток көп боған сайын, оның кедергісі аз болады, және сондықтан доғаны тұтандыру үшін аз кернеу керек болады, яғни тоғы көп доғаны өшіру қиындау болады.

Ауыспалы ток кернеуін ис қорек беру көзі синусоидалық өзгереді, сонымен қатар тізбектегі ток  $i$  өзгереді (4.10 сур., а), мұнда ток кернеуден шамамен  $90^{\circ}$  қалып қояуда.



4.10 сур. Ауыспалық ток доғасын өшіру кезіндегі ток пен кернеудің өзгеруі:  
а — доғаның жану сәті; б — доғаны өшіргеннен кейін

Ажыратқыш контактілері арасында жанатын ид доғасындағы кернеу тұрақсыз. Аз ток кезінде кернеу из (тұтану кернеуі) шамасына дейін өседі, содан кейін доғадағы тоқтың өсу шамасына және қызуды иондау өсіміне қарай кернеу төмендейді. Жарты кезеңнің соңында, доға нөлге жақындап қалған кезде, доға иг тұтану кернеуі кезінде өшеді. Келесі жарты кезеңде егер аралықты кері иондау үшін шаралар қабылданбаса, құбылыс қайталанады.

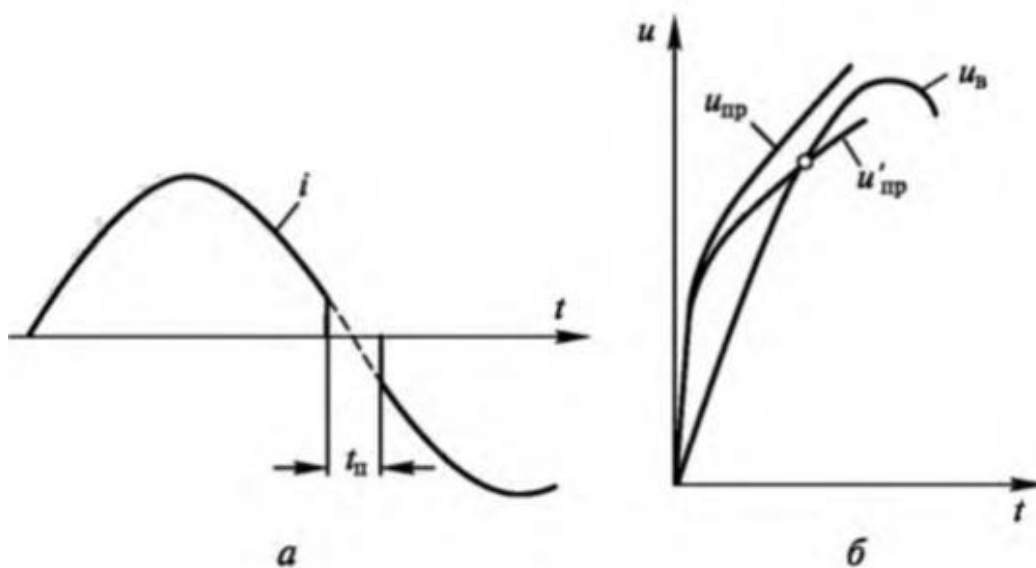
Егер доға сол немесе басқа әдістермен өшірілсе, онда ажыратқыш контактілер арасындағы кернеу қорек беру желісінің кернеуіне дейін қалпына келуі керек. Алайда тізбекте индуктивтік, белсенді және сыйымдылық кедергілері болғандықтан, ауыспалы процесс пайда болады, кернеуі ауытқуы туындайды (4.10 сур., б), олардың ив амплитудалары қалыпты кернеуден біршама жоғары болады. Ажыратушы аппаратура үшін АВ учаскесінде кернеу қандай жылдамдықпен қалпына келетіні өте маңызды.

Нәтиже шығара отырып, доға разряды соққы иондауынан және катод электрондарының эмиссиясы есебінен басталатынын, ал доға тұтанғаннан кейін доға өзегінде қызуды иондау сақталатынын айтуға болады.

### 4.3.2 Доғаны өшіру

Ажыратушы аппараттарда тек контактілерді ажыратып қана қоймай, сонымен қатар олардың арасында туындаған доғаны өшіру керек.

Ауыспалы ток тізбегінде доғадағы ток әр жарты кезең сайын нөл арқылы өтеді (4.10 суретті қар.), бұл сәттерде доға өздігінен өшеді, бірақ келесі жарты кезеңде доғадағы ток қайта пайда болуы мүмкін. Осциллограмма көрсеткендей, доғадағы ток нөл арқылы өздігінен өткеннен біршама ертерек нөлге жақын болады (4.11 сур., а). Бұл доғаға өткізетін ток энергиясының төмендеуі кезінде сәйкесінше доға температурасы да төмендейтінімен және қызуды иондаудың тоқталуымен түсіндіріледі. Токсыз паузаның ұзақтығы  $t_n$  көп емес (ондық микро секундтан бастап бірнеше жүздік микро секундқа дейін), бірақ доғаны өшіру кезінде маңызды рөл атқарады. Егер контактілерді тоқсыз паузаға тұйықтайтын болсақ, және оларды жеткілікті жылдамдықпен электр тесігі пайда болмайтындай қашықтыққа жайсақ, онда тізбек өте тез ажыратылатын болады.



4.11 сур. Ауыспалы ток доғасын өшіру шарттары

Токсыз пауза кезінде иондау қарқындылығы қатты түседі, себебі қызуды иондау жүрмейді. Коммутациялық аппараттарда, онымен қоса доға кеңістігін салқындатудың және зарядталған бөлшектер санын азайтудың жасанды шаралары қабылданады. Бұл кері иондау процесстері  $u_{пр}$  аралығының электр беріктілігін ақырындап артуына алып келеді (4.11 сур., б).

Токтың нөл арқылы ауысуынан кейін аралықтың электр беріктілігінің жылдам артуы негізінен катод маңы кеңістігі беріктілігінің артуынан болады (150 — 250 В ауыспалы ток тізбектерінде). Бір уақытта ив қалпына келтіруші кернеу өседі. а — токтың нөл арқылы өздігінен өтуі кезінде доғаны өшіру; б — токтың нөл арқылы өтуі кезінде доға аралығының электр беріктілігінің өсуі

Егер кез келген сәтте  $u_{пр} > u_{в}$  аралығы соғылмайтын болса, онда доға токтың нөл арқылы өтуі кезінде қайта тұтанбайды. Егер қандай бар сәтте  $u_{пр} = u_{в}$ , онда доғаның аралықта қайта тұтануы болады.

Осылайша, доғаны өшіру міндеті контактілер арасындағы аралықтың электр беріктілігі ипр олардың арасындағы кернеуден ив көп болатындай жағдай құру болып табылады.

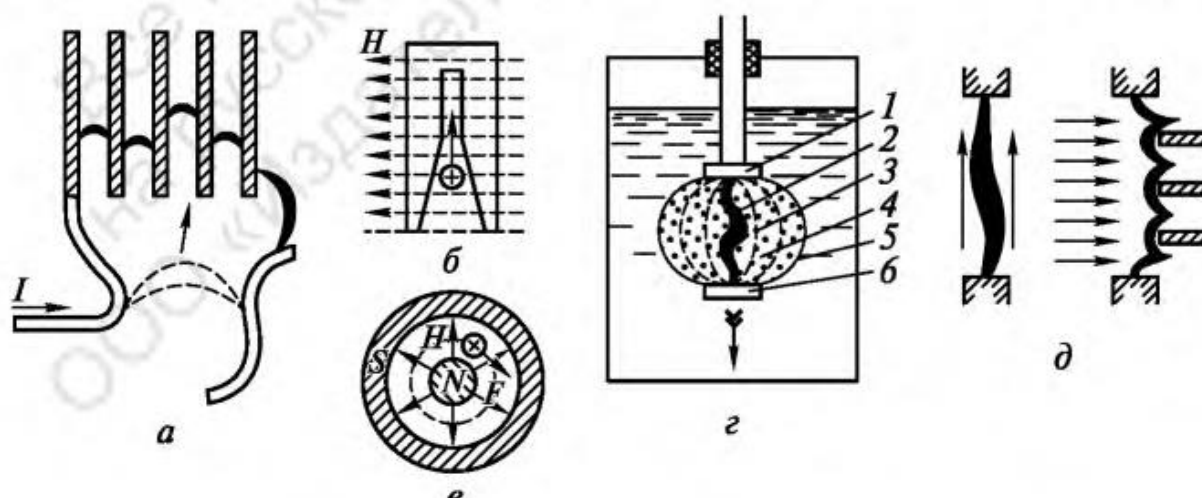
Ажыратушы аппараттың контактілері арасындағы кернеудің өсу процесі коммутацияланатын тізбек параметрлеріне байланысты әртүрлі сипатта болуы мүмкін. Егер белсенді кедергісі басым тізбек ажыратылатын болса, онда кернеу апериодтық заң бойынша қалпына келеді; егер тізбекте индуктивтік кедергі басым болса, онда жиілігі тізбектің сыйымдылығы мен индуктивтілігі қатынасына байланысты ауытқу пайда

болады. Ауытқу процессі кернеуді қалпына келтірудің біршама жылдамдығына алып келеді, ал жылдамдық көп болған сайын  $du_B/dt$ , доғаның қайта тұтану және аралықтың тесілуі ықтималдырақ болады.

Доғаны өшіру жағдайларын жеңілдету үшін ажыратылатын тоқ тізбегіне белсенді кедергілер енгізіледі, онда кернеуді қалпына келтіру сипаты аperiodтық болады (4.11 сур., б қар.).

### 1 кВ дейінгі аппараттарда доғаны өшірудің негізгі әдістері

Созылған доғалар контактілер тез жайылған кезде: доға ұзынырақ болған сайын, оған көп кернеу керек болады. Егер қорек көзінің кернеуі аз болатын болса, онда доға өшеді.



4.12 - сурет. Доғаны өшіру

а — ұзын доғаны қысқа доғаларға бөлу; б — доғаны өшіретін камераның тар тесігіне доғаны тарту; в — доғаны магнит өрісінде айналдыру; г — майда доғаны өшіру: 1 — қозғалмайтын контакт; 2 — доға өзегі; 3 — сутекті қабықша; 4 — газ зонасы; 5 — май буының зонасы; 6 — қозғалмалы контакт; д — газ-ауа үрлеу

Ұзын доғаны бірқатар қысқа доғаларға бөлу (4.12 сур, а). 4.9 суретте көрсетілгендей, доғадағы кернеу катоды  $U_K$  және анодты  $U_a$  кернеу құлауларынан және исд доға өзегінің кернеуін тұрады  $U_{с.д}$ :

$$U_d = U_K + U_a + U_{с.д} = U_{э} + U_{с.д}.$$

Егер контактілердің тұйықталуы кезінде пайда болған ұзын доғаны метал пластинасынан жасалған доға өшіретін торға тартатын болсақ, онда ол n-қысқа доғаларға бөлінеді. Әр қысқа доғаның өзінің катодтық және анодтық  $U_э$  кернеу құлауы болады. Доға өшеді, егер

$$U < nU_{э},$$

мұнда  $U$  — желі кернеуі;  $U_э$  — катодтық және анодтық кернеу құлауының сомасы (тұрақты тоқ доғасындағы 20—25 В).

Ауыспалы тоқ доғасын сонымен қатар n қысқа доғаларына бөлуге болады. Тоқтың нөл арқылы өту сәтінде катод маңы кеңістігі 150—250 В электр беріктілігіне иеленеді. Доға өшеді, егер  $U < (150 — 250)n$ .

Тар тесіктердегі доғаны өшіру. Егер доға тар тесіктерде тұтанатын бола, онда салқын сыртқы беттерімен жанасудың арқасында қарқынды салқындау және қоршаған ортаға зарядталған бөлшектерді диффузиялау процесстері жүреді. Бұл тез кері иондауына және доғаның өшуіне алып келеді.

Магнит өрісіндегі доға қозғалысы. Электр доғасы тоғы бар өткізгіш ретінде қарастырылады. Егер доға магнит өрісінде болатын болса, онда оған сол жақ қол ережесі бойынша анықталатын күш әсер етеді. Егер доға осыне тік бағытталған магнит өрісін құратын болсақ, онда ол ілгерілемелі қозғалысты қабылдайды және доға өшіретін камера тесігінің ішіне тартылатын болады (4.12 сур., б).

Радиалды магнит өрісінде доға кері қозғалыста болады (4.12 сур., в). Магниттік өріс тұрақты магниттермен, арнайы катушкалармен немесе ток жүргізуші бөлшектердің контурының өзімен құрылуы мүмкін. Доғаның тез айналуы және орын ауыстыруы оның салқындауына және кері иондауына әсер етеді.

Доғаны өшірудің соңғы екі әдісі (тар тесіктердегі және магниттік өрістегі) сонымен қатар кернеуі 1 кВ жоғары ажыратушы

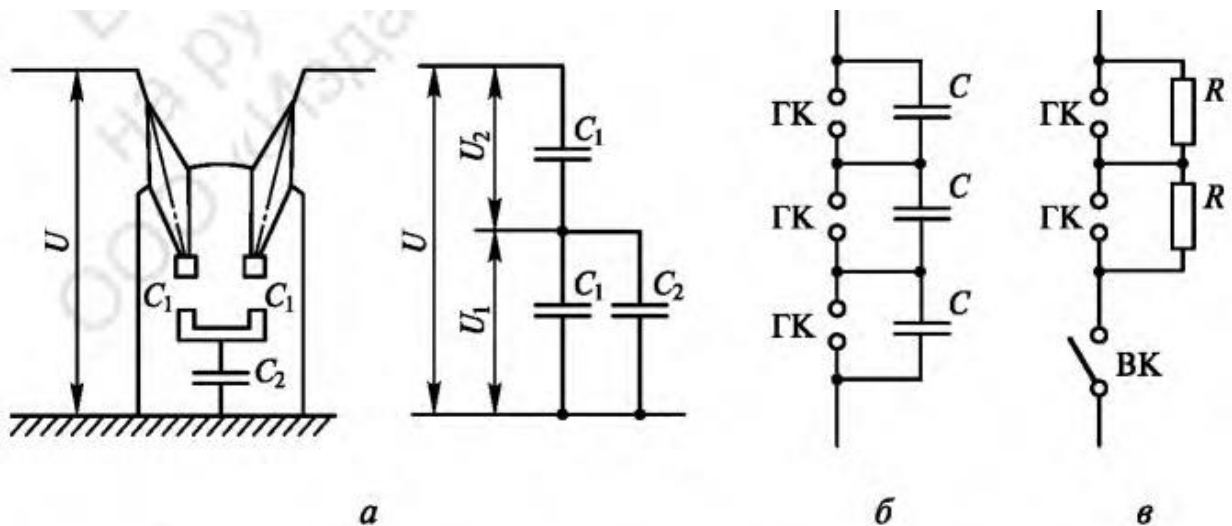
### ***1 кВ жоғары аппараттарда доғаны өшірудің негізгі әдістері***

Майдағы доғаны өшіру. Егер ажыратушы аппараттың контактілерін майға орналастыратын болсақ, онда тұйықталу кезінде туындайтын доға қарқынды газдың пайда болуына және майдың булануына алып келеді (4.12 сур., г). Доғаның айналасындағы негізінен сутектен тұратын (70 — 80%) газ тәріздес көпіршік туындайды; майдың тез бүлінуі көпіршіктегі қысымның өсуіне алып келеді, бұл оның жақсы салқындауына және кері иондауына жағдай жасайды. Сутектің жоғары доға өшіретін қасиеттері болады, доғаны өзегімен тікелей қатынаса отырып, ол оның кері иондауына алып келеді. Газ көпіршігінің ішінде газдың және майлар буының үздіксіз қозғалысы туындайды. Майдағы доғаны өшіру ажыратқыштарда кеңінен қолданылады.

Газ-ауа үрлеу. Егер газдардың бағытталған қозғалысы - үрлеуді құратын болсақ, доғаны салқындату жақсарады. Доға бойындағы немесе көлденеңнен үрлеу (4.12 сур., д) газ бөлшектерінің оның өзегіне енуіне, қарқынды диффузиясына және доғаның салқындауына жағдай жасайды. Майдың доғамен (май ажыратқыштары) немесе қатты газды генерациялау материалдарының (автогаз үрлеу) бүлінуі кезінде газ құрылады. Арнайы баллондардан түсетін қысылған қысыммен салқын иондалмаған ауамен үрлеу аса тиімдірек болады (ауа ажыратқыштары).

Ток тізбегінің бірнеше рет үзілуі. Жоғары кернеу кезінде үлкен тоқты ажырату қиынырақ болады. Бұл өткізілетін энергияның үлкен мәнінде және қалпына келтіру кернеуі кезінде доға аралығын кері иондаудың күрделенумен түсіндіріледі. Сондықтан кернеуі жоғары ажыратқыштарда әр фазадағы доғаның бірнеше рет үзілуі қабылданады (4.13 сур.).

Мұндай ажыратқыштардың номиналды кернеу бөлігіне есептелген бірнеше өшіргіш құрылғылары болады. Фазадағы үзіліс сандары ажыратқыш түріне және оның кернеуіне байланысты болады. 500 — 750 кВ ажыратқыштарында 12 және одан да көп үзілістер болуы мүмкін. Доғаның өшіруін жеңілдету үшін, қалпына келтіруші кернеу үзілістер арасында бірқалыпты таралуы керек. 4.13 суретте екі фаза үзілісі бар майлы ажыратқыш сызба түрінде көрсетілген.



4.13 сур. Май ажыратқышының үзілістері бойынша кернеуді (а), кернеудің сыйымдылық бөлгіштерін (б), кернеудің белсенді бөлгіштерін (в) тарату

Бір фазалық ҚТ ажырату кезінде қалпына келтіруші кернеу келесі түрдегідей үзілістер бойынша таралады:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{C_1 + C_2}{C_1},$$

мұнда  $U_1$ ,  $U_2$  — бірінші және екінші үзіліске салынған кернеу;  $C$  — осы үзілістер контактілері арасындағы сыйымдылық;  $C_2$  — жерге қатысты контактілік жүйе сыйымдылығы.

$C_2$   $C_1$  барынша көп болғандықтан, онда кернеу  $U_1 > U_2$  және, сәйкесінше өшіргіш құрылғылар әрқелкі жағдайларда жұмыс істейтін болады. Кернеуді теңестіру үшін ГК ажыратқышының басты контактілерімен қатар сыйымдылықты немесе белсенді кедергіні қосады (4.13 сур., б, в қар.). Сыйымдылық және белсенді тұйықтаушы кедергінің мәні үзілістегі кернеу тең таралатындай таңдалады. Тұйықтаушы кедергісі бар ажыратқыштарда ГК арасындағы доғаны өшіру кезінде кедергі мәндері бойынша шектелген ілеспе тоғы ВК қосымша контактілерімен үзіледі.

Тұйықтаушы кедергі қалпына келуші кедергінің өсу жылдамдығын азайтады, бұл доғаны өшіруді жеңілдетеді.

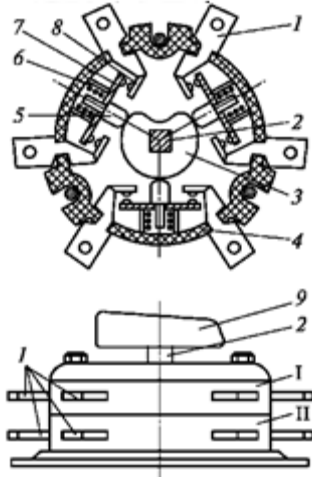
*Вакуумдағы доғаны өшіру.* Жоғары сұйытылған газдың ( $10^{-6}$ — $10^{-8}$ Н/см<sup>2</sup>) электр беріктілігі атмосфералық қысымдағы газға қарағанда он есе көп болады. Егер контактілер вакуумда тұйықталатын болса, онда ол доғадағы тоқтың нөл арқылы бірінші өтуінен кейін аралық беріктілігі қалпына келтіріледі және доға қайта тұтанбайды. Вакуумның бұл қасиеті ажыратқыштардың кейбір түрлерінде қолданылады.

*Қысымы жоғары газдардағы доғаны өшіру.* 2 МПа және одан жоғары қысым кезінде ауа сонымен қатар жоғары электр беріктілігіне ие болады. Бұл ауасы қысылған атмосферада доғаны өшіру үшін жеткілікті деңгейде шағын құрылғылар құруға мүмкіндік береді. Беріктілігі жоғары газдарды, алты фторлы күкіртті SF<sub>6</sub> (элегазды) қолдану аса тиімдірек болады. Элегаздың ауа және сутекке қарағанда, тек үлкен электр беріктілігі ғана емес, сонымен қатар атмосфералық қысым кезінде ең жақсы доға өшіргіш қасиеттері болады. Элегаз кернеуі жоғары ажыратқыштарда, бөлгіштерде, қысқа тұйықталу және басқа аппаратурада қолданылады.

## 4.4. 1 кВ дейінгі коммутациялық аппараттар

### 4.4.1. Автоматты емес ажыратқыштар

Автоматты емес ажыратқыштар жеке тоқсызданған бөлшектерді кернеуден ажырату үшін немесе ажыратқыштың 0,2—1 номиналды



4.14. сур. пакеттік жұдырық ажыратқыш

тоғынан аспайтын тоқтың қалыпты режиміндегі электр тізбегін қолмен қосу және сөндіру үшін арналған. Оларға жарғыш түрдегі автоматты емес ажыратқыштар (жарғыштар), пакеттік ажыратқыштар және ауыстырып-қосқыштар жатады.

*Ауыстырып-қосқыш — бұл электр тізбектерін ауыстырып-қосу үшін арналған контактілік коммутациялық аппарат.*

1 кВ дейінгі тарату құрылғысында және автоматиканың әлсіз тоқ тізбегінде пакеттік ауыстырып-қосқыштар және жарғыштардың ескі құрылымын ауыстыратын ажыратқыштар кеңінен қолданылады.

4.14 суретінде пакеттік жұдырық ажыратқышы көрсетілген.

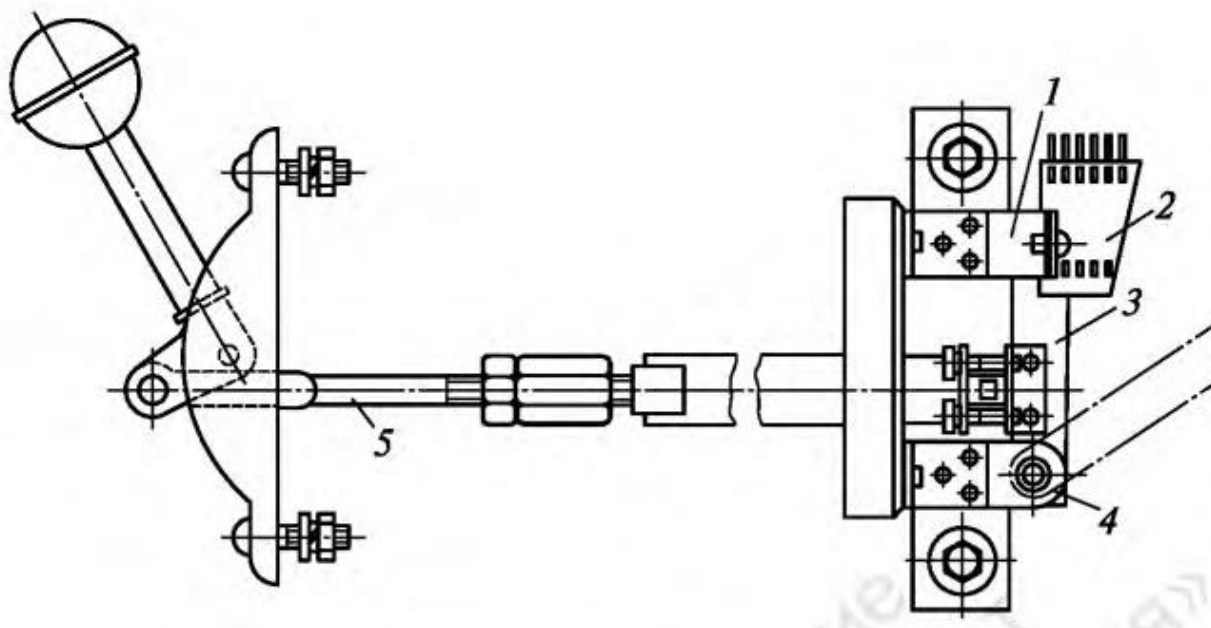
Ажыратқыш негізіне I, II екі пакеті бекітілген, олардың ішінде үш полюс бойынша контактілік жүйе орналасқан. Тұтқышты 9 бұраған кезде вал 2 және жұдырық 3 бұрылады. Егер шток 5 жұдырықтың ойығына 3 түсетін болса, онда 7, 8 контактілері серіппе 6 әрекетімен тұйықталады. Егер шток 5 жұдырық дөңесіне түсетін болса, онда контактілер тұйықталады. Пайда болған доға изоляциялық материалдан жасалған герметизациялау корпусынан 4 жабық көлемде өшеді. Сыртқы желі 1 шығыстарына жалғанады.

ПВ және ПМ сериялы пакеттік ажыратқыштар және ауыстырып-қосқыштар 220 В кернеуі кезіндегі 20 — 400 А тұрақты тоғының және 380 В кернеуі кезіндегі 63 — 250 А ауыспалы тоқтың номиналды тоғына бір, екі және үш жолақты болып шығарылады. Ажыратудың аса көп жиілігі сағатына – 300.

Пакеттік ауыстырып-қосқыштардың шағын габариттік өлшемдері болады, монтажда ыңғайлы; ауыстырып-қосуда от пен газдың атылуы жойылады. Контактілік жүйе бір уақытта үлкен тізбектер санын басқаруға мүмкіндік береді. Осындай ауыстырып-қосқыштармен номиналды тоқты ажырату орындалады.

Пакеттік ажыратқыштар тізбектің көзге көрінетін үзілісін қамтамасыз етеді, сондықтан кейбір тізбектерге жарғыштар орнатылады.

Жарғыш кернеуі 1 кВ аспайтын ауыспалы және тұрақты тоқ тізбегін қолмен қосу және сөндіру үшін арналған.



Құрылымы бойынша бір, екі және үш жолақты жарғыштарын ажыратады.

4.15 суретте иітірек жетегі бар жарғыш көрсетілген. Қозғалмалы контакт – жүздер 3 топсалы тіреуіште 4 айналады, осылайша қозғалмайтын контактпен 1 жарық құрады. Доға өшіргіш камера 2 доғаны өшіруді қамтамасыз етеді. Барлық полюстер жүздері изоляциялық білікшемен біріккен, оған қозғалыс күшпен 5 беріледі. Тұтқа шкафтың алдыңғы жағына, ал контакт бөлігі – шкафтың ішіне монтаждалады; осылайша жарғышпен операциялар жасау персонал үшін қауіпсіз болады. Мұндай жарғышпен 380 В қондырғыларындағы номиналды тоқты және 500 В қондырғыларындағы номиналды тоқтың 50% ажыратуға болады.

Жарғыштың маңызды бөлігі контактілер болып табылады. Әдетте жарғыш түріндегі желілік контактілер қолданылады, оларды басу арнайы болат серіппелерімен қамтамасыз етіледі.

Тұрақты ток (75 А дейін) доғасын өшіру оның механикалық созу есебінен орындалады. Үлкен ток кезінде доғаны өшіру оны өзара әрекеттесу электр динамикалық күшінің орын ауыстыруы арқасында жүзеге асырылады, онымен қоса жүзі қысқа болған сайын, доға мен жарғыш бөлшектері арасындағы өзара әрекеттесу күші көп болады, бұл жарғыштың ажырату қабілетін арттырады.

Ауыспалы ток доғасын өшіру катод маңы электр беріктілігі (150-250 В) арқасында орындалады, оның нөл арқылы тоқтың өтуі кезінде орны ерекше. Ауыспалы ток жарғыштардағы жүздің ұзындығы механикалық шарттар бойынша тандалды.

Доға өлшегіш камераларды қолдану 220 в тұрақты ток және 380 В ауыспалы ток жарғыштарымен номиналды тоқты ажырату кезінде доғаны өшіруді қамтамасыз етеді. 440 және 500 В кернеуі кезінде ажыратылатын токтар 0,51ном құрайды. Доға өшіргіш камералар иондалған газдардың атылуына алдын алады, сондықтан корпуста немесе ток жүргізу бөлшектер арасында жабу орындалмайды.

Доғаны өшіруге арналған құрылғысыз жарғыштар және ауыстырып-қосқыштар 5000 А дейінгі тоғына шығарылады және жүктеме тоғын ажырату үшін арналмаған.

Жарғыштарды таңдау мыналар бойынша орындалады:

орнату кернеуі бойынша  $U_{ном} > U_{сет.ном}$ ;

жүктеме тоғы бойынша  $I_{ном} \geq I_{ном.расч}$ ;  $k_{шт} I_{ном} \geq I_{прод.расч}$ ;

құрылымдық орындалу бойынша;

электр динамикалық төзімділік  $i_{пр.с} \geq i_{уд}$ ;



қызу төзімділігі  $I_{\text{тер}}^2 t_{\text{тер}} \geq B_{\text{к}}$ .

Номиналды ток  $I_{\text{ном}}$ , ұйғарынды өтпелі ток  $i_{\text{пр с}}$ , қызу төзімділігінің тоғы мен уақыты  $I_{\text{тер}}$ ,  $t_{\text{тер}}$  каталогтар мен анықтамаларда келтіріледі.  $I_{\text{норм.расч}}$  және  $I_{\text{прод.расч}}$  анықтамалары 4.1 тараушығында,  $k_{\text{пт}}$  — асыра жүктеу коэффициенті 2.1.2 және 2.2.5. тараушығында қарастырылған.

#### 4.4.2 Сақтандырғыштар

Сақтандырғыш – бұл қорғалған тізбекті белгілі бір мәннен асатын ток әсерінен осы үшін арнайы қарастырылған ток жүргізу бөлшектерді бұзуымен ажырату үшін арналған коммутациялық электр аппараты.

Көптеген сақтағыштарда тізбектің ажыратылуы ендіріме қорытпасының қорытылуы есебінен орындалады, ол қорғалатын тізбектің ол арқылы өтетін тоғымен қызады. Тізбекті ажыратқаннан кейін жаны кеткен ендірімені ақаусызға ауыстыру керек. Бұл операция қолмен немесе автоматты түрде барлық сақтандырғышты ауыстыру арқылы жүргізіледі.

Сақтандырғыштың басты элементтері мыналар болып табылады: корпус, қорытпалы ендіріме (қорытпа элемент), контактілік бөлік, доға өшіргіш құрылғы және доға өшіргіш орта.

Сақтандырғыштар 36, 220, 380, 660 В ауыспалы ток және 24, 110, 220, 440 В тұрақты ток кернеуіне әзірленеді.

Сақтандырғыштар ендіріме қорытпасының номиналды тоғымен, яғни ұзақ жұмыс үшін арналған ендіріме қорытпасы есептелген токпен сипатталады. Сақтандырғыштың сол бір корпусына әртүрлі номиналды тоғының ендіріме қорытпалары салынуы мүмкін, сондықтан сақтандырғыштың өзі сақтандырғыштың номиналды тоғымен сипатталады (негізі), ол берілген сақтандырғыш құрылымына арналған ендіріме қорытпасының ең үлкен номиналды тоғына тең болады.

1 кВ дейінгі сақтандырғыштар 1000 А дейінгі номиналды тоғына әзірленеді.

Қалыпты режимде ендіріме қорытпасындағы жүктеме тоғымен бөлінетін жылулық қоршаған ортаға беріледі және сақтандырғыштың барлық бөліктерінің температурасы шекті мәннен аспайды. Асыра жүктеу немесе ҚТ кезінде ендіріме температурасы өседі және ол балқиды. Ағатын ток көп болған сайын, балқу уақыты аз болады. Бұл тәуелділік сақтандырғыштың қорғаныс сипаттамасы (ток уақыты) деп аталады.

Сақтандырғыштар балқымаудың шартты тоғы ақпаған кезде электр тізбегін ажыратпау керек және балқудың шартты тоғы аққан кезде номиналды токқа байланысты белгілі бір уақыт аралығына (МЕМСТ 17242—79Е) тізбекті ажырату керек. Мысалы, 10 — 25 А номиналды тоғында ендіріме қорытпасы 130% номиналды тоғы кезінде 1 сағ аралығында балқымау керек және 175 % номиналды тоғы кезінде сол уақыт аралығында балқу керек.

Сақтандырғыштың іске қосылу уақытын азайту үшін әртүрлі металдан жасалған арнайы формадағы ендіріме қорытпалары қолданылады, сонымен қатар металлдық әсер пайдаланылады.

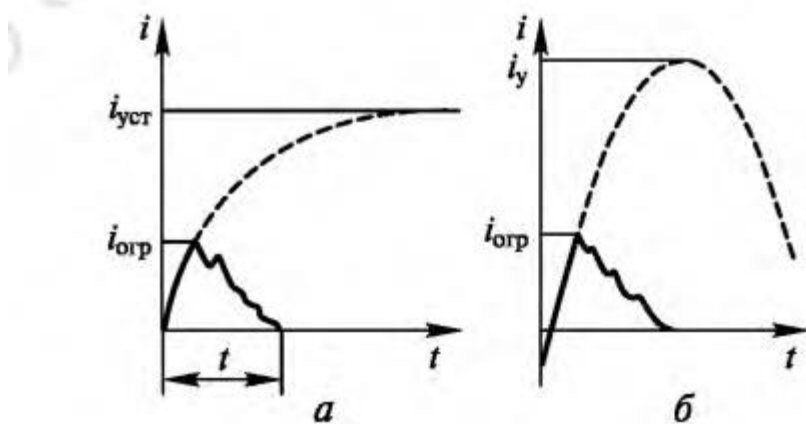
Ендіріме қорытпаларының аса кеңінен таралған материалдары мыс, цинк, алюминий, қорғасын және күміс болып табылады.

Жоғары номиналды ток кезінде ендіріме қорытпасы параллель сымдар мен жұқа мыс жолақтарынан орындалады.

Мыстан және күмістен жасалған ендіріме қорытпаларын жылдамдату үшін металлдық әсер – балқыған, баяу балқытын баяу балқығыш металлдарды балқыту құбылысы қолданылады. Егер, мысалы, диаметрі 0,25 мм мыс сымына қалайы-қорғасын қорытпасының жасалған шарикті 182 °С балқыту температурасымен дәнекерлесе, онда 650 °С сым температурасында ол 4 мин аралағында, ал 350 °С температурасында — 40 мин аралағында балқып кетеді. Сол сым еріткішсіз 1000 °С кем емсе температурада балқиды. Әдетте металлдық әсерді құру үшін мыс және күміс сымдарында таза қалайыны

қолданады, оның аса тұрақты қасиеттері болады. Қалыпты жұмыс режимінде шарик ендіріме температурасына әсер етпейді.

Ендіріменің балқуын жылдамдату сонымен қатар арнайы формадағы ендіріме қорытпасын қолданумен қол жеткізіледі. ҚТ тоқтарында тар учаскелердің балқитыны соншалықты тез, тіпті жылу шығып үлгермейді.



4.16 сур. Қорытпалы сақтандырғыштардың тоқты шектеуші әсері: а — тұрақты тоқ кезінде; б — ауыспалы тоқ кезінде

Ендіріме бір уақытта бірнеше тарылған орындарда ҚТ тоғы өзінің тұрақты ток тізбегіндегі немесе соққы тоғының ауыспалы ток тізбегіндегі бекітіліген мәніне қол жеткізгенге дейін жанады (4.16 сур.). ҚТ тоғы онымен қоса  $i_{огр}$  (2-5 есе) мәніне дейін шектеледі. Мұндай құбылыс сақтандырғыштың тоқ шектеуші әрекеті деп аталады. Осындай сақтандырғышпен қорғалған тізбектегі электр динамикалық күштерің азаятыны соншалықты, тіпті кей жағдайда тоқ жүргізуші бөліктер және аппараттар электр динамикалық төзімділік тексерісті қажет етпейді [1.12].

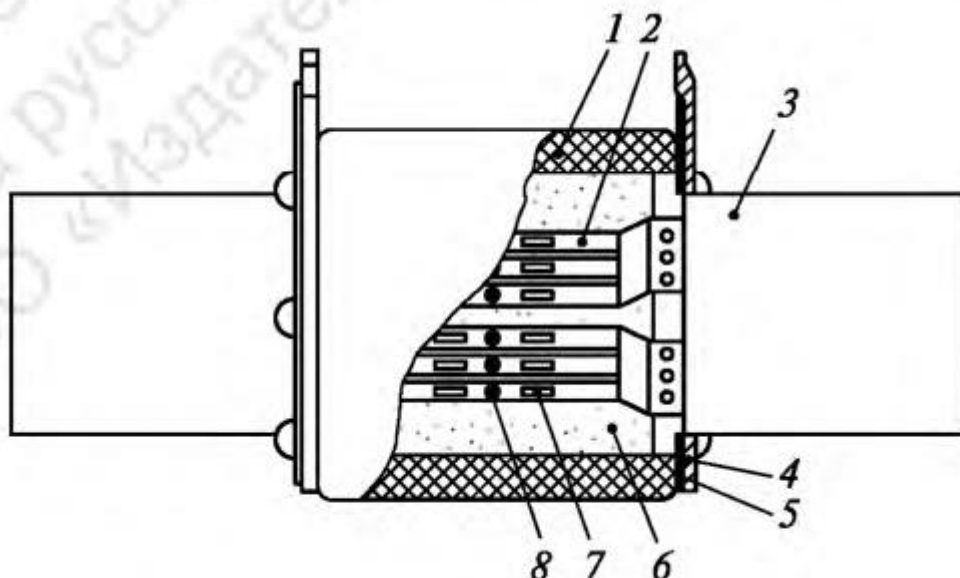
Ендіріме қорытпасы жанғаннан кейін пайда болатын электр доғасын өшіру барынша қысқа уақытта орындалуы керек. Доғаны өшіру уақыты сақтандырғыш құрылымына байланысты.

Қорытпалы сақтандырғыштың қандай да бір зақымдаусыз немесе деформациясыз ажырата алатын ең үлкен *тоғы ажыратудың шекті тоғы* деп аталады.

Сақтандырғыштар өнеркәсіптік электр қондырғыларында, электр станцияларында, шағын станцияларда, тұрмыста кеңінен қолданылады және олардың әртүрлі құрылымы болады. Электр қондырғыларында аса кеңінен қолданылатын сақтандырғыштардың құрылымын қарастырайық.

ПН-2 (рис. 4.17) үйме түріндегі сақтандырғыштар ауыспалы тоғы мен 4440 В тұрақты тоғына дейін күш тізбектерін қорғау үшін кеңінен қолданылады және 100 — 600 А номиналды тоқтарымен орындалады.

Сыртынан фарфорлы, шаршы тәріздес және ішінен шеңбер құбырдың 1 бұрандаларға арналған төрт бұрандалы тесіктері болады, олардың көмегімен қақпақ 4 нығыздау төсемесімен 5 бекітіледі.



4.17 сур. ПН-2 түріндегі сақтандырғыш:

1 — фарфорлы құбыр; 2 — ендірме қорытпасы; 3 — контакттік жүз; 4 — қақпақ; 5 — нығыздау төсемесі; 6 — кварц құмы; 7 — тесік; 8 — қалайы шариктері

Ендірме қорытпасы 2 электр контакттік дәлдік дәнекерлеумен құбырлы контакттік жүздің 3 шайбаларына дәнекерленген. Ендірме қорытпасы қалыңдығы 0,15 — 0,35 мм және ені 4 мм дейінгі бір немесе бірнеше мыс ленталарынан орындалған. Ендірмеде тесіктер 7 жасалған, ол ендірме қимасын 2 есе азайтады. Ендірме қорытпасының температурасын азайту үшін металлдық әсер қолданылады — мыс жолақтарына қалайы шариктері 8 дәнекерленген. Балқу температурасы бұл жағдайда 475 °С аспау керек. Доға бірнеше қосарлама арналарда пайда болады (ендірме сандарына сәйкес); бұл кварц түйіршіктері арасындағы арнаның аз металл жұп санын және тар тесіктерде доғаны өшірудің ең жақсы жағдайларын қамтамасыз етеді. Үйме сақтандырғыштардың тоқ шектеуші қасиеті бар.

Пайда болатын тоқ күшеюін азайту үшін ендірме қорытпасының ұзындығы бойынша тесіктері болады, олардың саны сақтандырғыштың номиналды кернеуіне байланысты (100—150 В есебінен тесіктер арасындағы учаскеге). Ендірме тар жерлерде жанатын болғандықтан, ұзын доға бірқатар қысқа доғаларға бөлінеді, олардың сомалық кернеуі катодтық және анодтық кернеудің құлау сомасынан аспайды (4.3 тараушығын қар.). ПН сақтандырғыштардағы толтырғыш таза кварц құмы болып табылады (99%SiO<sub>2</sub>). Кварц орнына әк (CaCO<sub>3</sub>) қолданылуы мүмкін, кейде оны асбест талшықтарымен алмастырады. Доғаны өшіру кезінде әк CO<sub>2</sub> және CaO көмірқышқыл газын — баяу балқитын материалды бөлумен ыдырайды. Реакция энергияны сіңірумен орындалады, бұл доғаны өшіруге жағдай жасайды. Кейде төгу үшін гипс (CaSO<sub>4</sub>) және бор қышқылын қолданады. .

Үйме сақтандырғыштарда фарфорлы құбырлардың орнына стетайттен жасалған жылуға төзімді лактар сіңірілген шыны материалдары немесе пластамассада немесе изоляциялық шайырдан жасалған құймалы құбырлар қолданылады.

НПН сақтандырғыштары ПН ұқсас, бірақ контактсіз жүздері бар жиналмаған патрондары болады және 60 А дейін тоқта есептеледі. ПН-2 сақтандырғыштарындағы ұйғарынды ажырату тоғы 50 КА дейін жетеді.

63—1000 А номиналды тоқтарында алюминий ендірмелері бар ПП-31 сериялы сақтандырғыштар (ұйғарынды ажырату тоғы 660 В кернеуі кезінде 100 кА дейін жетеді) ПН-2 сериялы сақтандырғыштардың орнына әзірленген.

ПП-17 сериялы сақтандырғыштар 500— 1000 А тоқтарына, 380 В ауыспалы тоқ және 220 В тұрақты тоқ кернеуіне әзірленеді. Олардың ұйғарынды ажырату қабілеті 100— 120 кА құрайды. Сақтандырғыш кварц құмымен толтырылған кремайкалық корпусқа

орналастырылған қорытпалы элементтен, сітен шығу көрсеткішінен және бос контактіден тұрады. Сақтандырғыштың қорытпалы элементін балқыту кезінде бсо контактіні қосатын көрсеткішті жинаған кезде қайырылған тоқпақты босата отырып, іске қосылу көрсеткішінің қорытпа элементі жанады. Соңғысы сақтандырғыштың сигнал беру тізбегін тұйықтайды.

Жартылай өткізгіш аспаптарды қорғау үшін арналған ПП-41, ПП-57, ПП-59, ПП-71 тез әсер ететін сақтандырғыштар жабық патрондарда кварц құмы себілген күміс фольгасынан жасалған ендіріме қорытпасымен орындалады. Олар тұрақты тоқта 380—1250 В және ауыспалы тоқта 230—1050 В кернеуі, 100—2000 А номиналды тоғы, 200 кА дейін ажыратудың шекті тоғы бар тізбектерді орнату үшін есептелген,

*Сақтандырғыштарды таңдау мыналар бойынша орындалады:*

кернеу бойынша  $U_{ном} = U_{сети}$ ;

сақтандырғыш тоғы (негізі)  $I_{ном} \geq I_{норм.расч}$ ;  $k_{пг} I_{ном} \geq I_{норм.расч}$ ;

ендіріме қорытпасының номиналды тоғы бойынша.

Ендіріме қорытпасының номиналды тоғы қалыпты режимде және ұйғарынды асыра жүктемеде ажырату орындалмайтындай, ал ұзақ асыра жүктемеде және ҚТ кезінде тізбек барынша тезірек ажыратылатындай таңдалады. Онымен қоса, қорғауды таңдау шарттары сақталады.

Сақтандырғыштың номиналды тоғы ендіріме қорытпасының таңдалған номиналды тоғымен үйлеседі.

Қалыпты режим бойынша таңдалған сақтандырғыштар шекті ажыратылған тоқ бойынша тексеріледі:  $I_{откл.ном} \geq I_{по}$ .

Сақтандырғыштар сонымен қатар тоқты шектеуші тоқ уақыты сипаттамаларының қорғалатын тізбектің берілген шарттарына сәйкестігі тексеріледі.

### 4.4.3 Автоматты ажыратқыштар

*Автоматты ажыратқыш (автомат) — бұл қалыпты режимде тоқ тізбегін өткізу үшін және асыра жүктеме және ҚТ тоқтары кезінде, кернеудің тым төмендеуі және басқа апаттық режимдерде электр қондырғыларын автоматты ажырату үшін арналған коммутациялық электр аппараты. Тізбектерді жиі емес (тәулігіне 6-30 рет) оперативті қосу және ажырату үшін автоматтар қолданылуы мүмкін.*

Автоматты ажыратқыштар бір, екі, үші және төрт полюсті ауыспалы және тұрақты ток тізбектері үшін әзірленеді.

Автоматты ажыратқыштардың тікелей әрекет ету релесі болады, ол бөлшектегіш деп аталады, олар асыра жүктеме, ҚТ, кернеудің төмендеуі кезінде ажыратуды қамтамасыз етеді. Ажырату уақыт кідірісімен немесе кідіріссіз орындалады. Өз уақыты бойынша ао ажыратқыш (момент аралығы, бақылаушы параметр оған бекітілген мәннен асып кеткенде, контактілердің таралуы басталған моментке дейін) қалыпты ажыратқыштар ( $t_{co} = 0,02—1$  с), уақыт кідірісі бар ажыратқыштар (селективті) және тез әсер ететін ажыратқыштар ( $t_{co} < 0,005$  с) болып бөлінеді.

Қалыпты және селективті автоматты ажыратқыштардың тоқ шектеуші әсері жоқ. Тез әсер ететін ажыратқыштардың сақтандырғыш сияқты тоқ шектеуші әсері бар (4.16 суретін қар.), себебі тізбекті тоқ /уд мәніне жеткенге дейін ажыратады.

Селективті автоматты ажыратқыштар желілердің селективті қорғанысын әртүрлі уақыт кідірісі: тұтынушыдағы ең аз уақыт кідірісі және корек беру көзіне сатылай өсетін кідірісі бар автоматты ажыратқыштарды орнату көмегімен жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Автоматты ажыратқыштарды қолмен және қозғалмалы сыммен стационарлы немесе жылжымалы орындауда әзірлейді.

Ажыратқыш қалыпты кернеу кезінде О — П — ВО — П — ВО операциялар цикліндегі шекті ажыратылатын және қосылатын тоқтардың коммутациясына есептелген. Мұнда О — ажырату, П — пауза (<180 с), ВО — қосу, ажырату.

Автоматты ажыратқыштың негізгі элементтерін және олардың өзара әрекеттесуін ұстанымдық сызба бойынша қарастырайық (4.18 сур.).

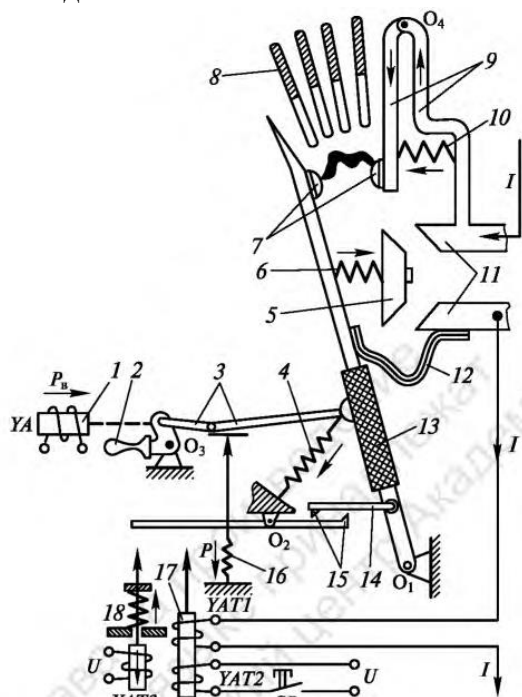
*Ажыратқыштардың үлкен тоқтарға контактілік жүйесі* — екі сатылы, 11 басты 5 және доға өшіргіш 7 контактілерден тұрады. Басты контактілерінде аз өткізгіш кедергісі болу керек, себебі олар бойынша негізгі тоқ өтеді. Әдетте бұл қозғалмайтын контактілерде күміс қаптамалары және қозғалмалы контактілерде метал керамикалық қаптамалары бар массивті мыс контактілері болып келеді. Доға өшіргіш контактілер тізбекке тұйықталады және тарқатады, сондықтан олар пайда болатын доғаға төзімді, бұл контактілердің сыртқы беті метал керамикалық болуы керек.

630 А номиналды тоғында контактілік жүйе бір сатылы, яғни, контактілер басты және доға өшіргіш рөлді атқарады.

4.18 суретте ажыратқыштың ажырату процессі көрсетілген. Оны қосу үшін тұтқаны 2 айналдырады немесе *электр магниттік сымға* 1 кернеу береді (YA). Пайда болатын күш иінтіректерді 3 оң жаққа ауыстырады, онымен қоса салмақ түсетін бөлшекте 13 бұрылады, алдымен доға өшіргіш контактілер 7 тұйықталады және осы контактілер және серпінді байланыс 12 арқылы тоқ тізбегі пайда болады, содан кейін негізгі контактілер 5, 11 тұйықталады. Операция аяқталған соң, ажыратқыш қосылған жағдайда тістері 15 және серіппелері 16 бар ілмек 14 көмегімен сақталады.

Ажыратқышты тұтқамен 2, сыммен 1 немесе бөлшектегіш қосылғанда автоматты өшіреді.

Максималды ағытқыш 17 оның YAT1 орамы бойынша ҚТ тоғы өткенде қосылады. Серіппенің 16 кернеуін Р басып латын күш пайда болады, иінтіректер 3 жоғары қарай жансыз нүктеге ауысады, нәтижесінде автоматты ажыратқыш ажырату серіппесінің әсерінен өшеді.



4.18 сур. Автоматты ажыратқыштың ұстанымдық сызбасы:

1 — электромагниттік сым; 2 — қолмен қосу тұтқасы 3 — бос ағыту механизмінің иінтіректері; 4 — ажырату серіппесі; 5 — басты қозғалмалы контакт; 6 — серіппе; 7 — доға өшіргіш контактілер; 8 — доға өшіргіш камера; 9 — шинок түріндегі электр динамикалық компенсатор; 10 — серіппе; 11 — негізгі қозғалмайтын контактілер; 12 —

серпінді байланыс; 13 — салмақ түсетін бөлшеу; 14 — тістері 15 және серіппесі 16 бар ұстап тұратын ілмек; 17 — максималды ағытқыш; 18 — минималды ағытқыш

Бұл ағытқыш тәуелсіз ағытқыш функциясын атқарады. Егер УАТ2 төменгі орамға S батырмасымен кернеу беретін болсақ, ол іске қосылады және қашықтан ажыратуды жүзеге асырады.

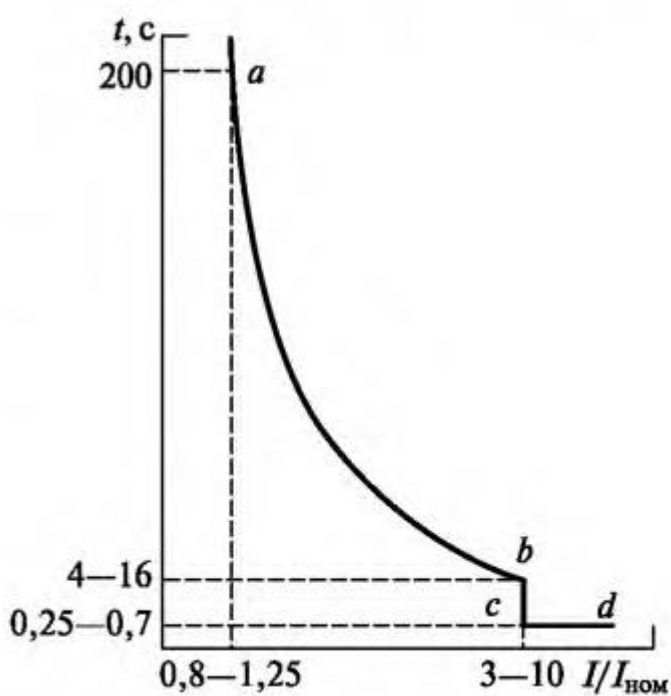
Кернеу төмендегенде немесе жоғалғанда *минималды ағытқыш* 18 іске қосылады және сонымен қатар автоматты ажыратқыш өшеді.

Ажырату кезінде алдымен негізгі контактілер таралады, және барлық тоқ доға өшіргіш контактілерге ауысады. Негізгі контактілерде доға пайда болмайды.

Доға өшіргіш контактілер 7 егер негізгілер жеткілікті қашықтықта болса таралады. Доға өшіргіш контактілер доға пайда болады, ол жоғары қарай доға өшіргіш камерада 8 үрленеді, және осы жерде өшеді.

Доға өшіргіш камералар болат пластиналардан (ұзын доғаны қысқаларға бөлу әсері) және лабиринтті тесікпен (доғаны тар тесіктерде өшіру әсері) орындалады. Доғаны камераларға тарту магниттік үрлеумен жүзеге асырылады. Камера материалы жоғары доғаға төзімділігіне ие болу керек.

ҚТ тоғы қосылған автоматты ажыратқыш арқылы өткен кезде контактілер арасында контактілер серіппе 6 және 10 күштерінен асатын электр динамикалық күштері пайда болады, олар бір контактіні басқа контактіден ажырата алады, ал пайда болған доға оларды дәнекерлей алады. Өздігінен өшіп қалуды болдырмау үшін, ілмекке иілген шинок 9 түріндегі электр динамикалық компенсаторлар қолданылады.



4.19 сур. Автоматты ажыратқыштың қорғаныс сипаттамасы

Шиноктардың тоқтардың 9 әртүрлі бағыттары болады, бұл контактілерді басуды арттыратын электр динамикалық күш құрады.

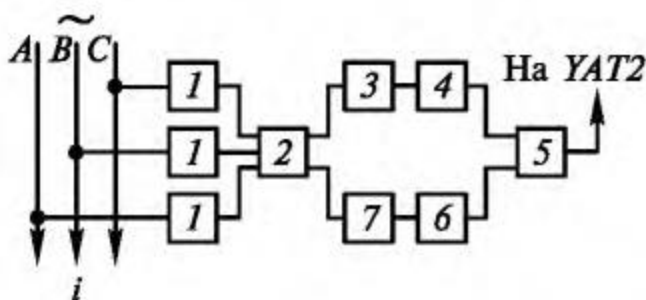
Иінтіректер 3 бос *ағытқыш механизмі* рөлін атқарады, ол кез келген уақытта, оның ішінде қажет болса және қосу процессінде автоматты ажыратқышты өшіруді қамтамасыз етеді. Егер ажыратқыш қолда бар ҚТ қосылатын болса, онда максималды ағытқыш 17 іске қосылады және иінтіректерді 3 жоғары қарай жансыз нүктеге ауыстырады, осылайша автоматты ажыратқыштың қозғалмалы жүйесі бар сым байланысы 1 (немесе 2) бұзылады, ол сыммен қосуға күш салынатынына қарамастан серіппемен 4 өшіріледі.

Нақты автоматты ажыратқыштарда бос ағытқыш механизмінің аса күрделі құрылғысы болады.

Автоматты ажыратқыштың қорғаныс сипаттамасы 4.19 суретте келтірілген.

Электр магнит түріндегі максималды ағытқыштардың асыра жүктеме кезінде тоққа кері байланысты уақыт кідірісі

(ab учаскесі) және ҚТ тоғында тәуелсіз уақыт кідірісі болады (cd). Тоқ бойынша орнату асыр жүктеме аймағында және ҚТ аймағында (айыру) реттеледі. Іске қосылу уақыты /ном кезінде, (3 — 10)1ном кезінде және ҚТ тоғы кезінде реттеледі. Электр магниттік ағытқыштары бар



4.20 сур. Жартылай өткізгіш ағытқышының құрылымдық сызбасы

автоматты ажыратқыштарда уақыт кідірісі тоққа тәуелсіз сипаттама бөлігінде сағаттық анкерлі механизм, тәуелді сипаттама бөлігінде электр магнит зәкірінің білікке тартылу күші есебінен қол жеткізіледі.

Биметалл ағытқыштары бар автоматты ажыратқыштар асыра жүктеме кезінде кері байланыс сипаттамасын қамтамасыз етеді. ҚТ қорғану үшін мұндай ажыратқыштарда тез әсер ететін электр магнитті ағытқыштар қолданылады.

Қазіргі заман ажыратқыштарында жартылай өткізгіш ағытқыштарды қолданады, олар тоқ және уақыт бойынша іске қосылудың жоғары дәлдігін қамтамасыз етеді. Мұндай ағытқыштың құрылымдық сызбасы 4.20 суретте көрсетілген. Блок 1 желімен қорғалатын тоқты өлшейді. Ауыспалы тоқ желісінде блоктар 1 ретінде тоқ трансформаторлары, ал тұрақты тоқ желісінде – магниттік күшейткіштер қолданылады. Блок 2 блоктан 1 түсетін сигналды талдайды. Егер бұл сигнал асыра жүктеу тоғына сәйкес келсе, онда блоктан 2 блокқа 3 сигнал түседі, ол тоқа тәуелді уақыт кідірісін тудыратын жартылай өткізгіш релені 4 іске қосады (4.19 суреті бойынша сипаттаманың ab учаскесі).

ҚТ тоғы кезінде блоктан 2 келген сигнал блокты 7 іске қосушы жеткілікті болады, ол тоқтың айырылуы болып табылады. Блок 6 сипаттаманың тәуелсіз бөлігінде уақыт кідірісін құрайды (4.19 суретінде учаскесі). Блок 5 4 және 6 блоктардан келген сигналды күшейтеді және импульсті автоматты ажыратқышты өшіретін YAT2 катушкаға беріледі (4.18 суретті қар.).

Электр станцияларында, шағын станцияларда, өнеркәсіптік кәсіпорындарда және тұрмыста әртүрлі құрылымы бар автоматты ажыратқыштар қолданылады. Төменде электр станцияларында және шағын станцияларда кеңінен қолданылатын автоматтардың сипаттамасы қарастырылған.

160 — 630 А тоғына және 660 В дейінгі ауыспалы тоқ, 440 В дейінгі тұрақты тоқ кернеуіне арналған АЗ700 сериялы автоматты ажыратқыштар полюстер арасындағы оқшаулау қатпарлары бар пластмасса корпусымен екі орындауда шығарылады: АЗ700Б — тез әсер ететін электр магниттік ағытқыштары және жартылай өткізгіш ағытқыштары бар тоқ шектеулері; АЗ700С — реттелетін уақыт кідірісімен жартылай өткізгіш ағытқыштары бар селективті орындау. Реттеу шектері: асыра жүктеме кезінде іске қосылу тоғы ҚТ — (3—10)1ном кезінде 1,251ном жетеді; 61ном кезінде іске қосылу уақыты ҚТ — 0,1 — 0,4 с кезінде 4 — 16 с, при ҚТ — 0,1 — 0,4 с құрайды.

А3700 сериялы автоматты ажыратқыштардың метал керамикалық қаптамалары бар полюстегі бір жұп контактілері болады. Қосу және ажырату қолмен немесе ажыратқыш қақпағының үстіне орнатылатын жеке блок түрінде электр механикалық сыммен жүзеге асырылады.

ҚТ кезінде автоматты ажырату тез әсер ететін ағытқышпен орындалады, асыра жүктеме кезінде тәуелсіз ағытқышқа әсер ететін жартылай өткізгіш блогы іске қосылады. Пайда болатын доға болат пластиналардан жасалған камерада өшеді. Ажыратудың шекті тоғы 60—110 кА. Құрайды.

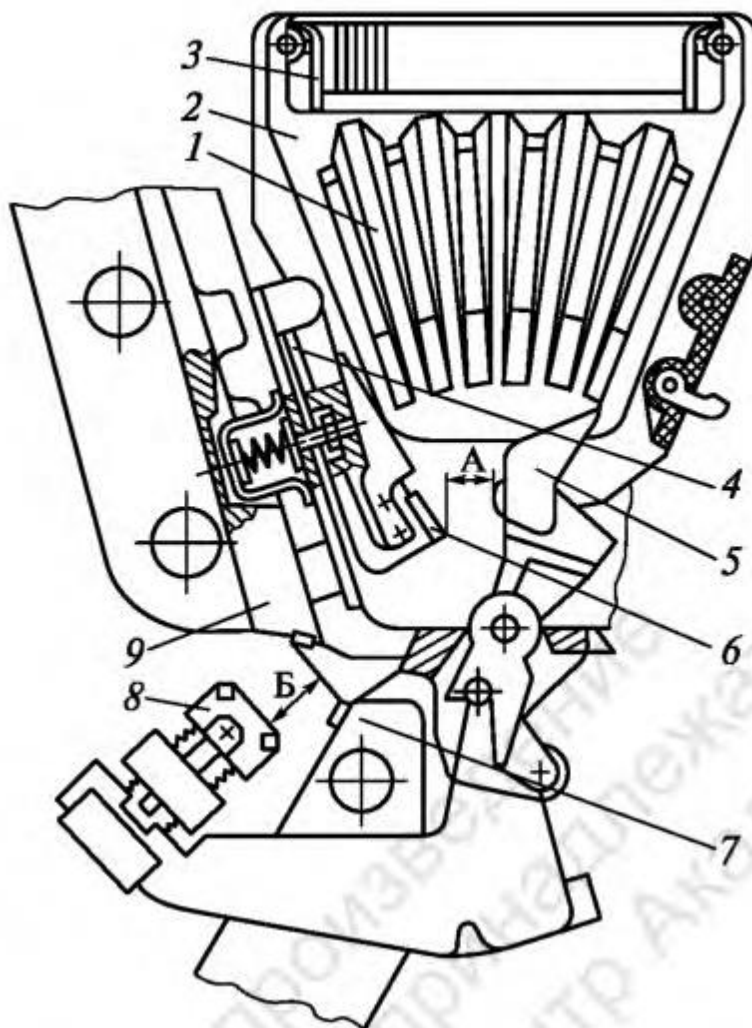
*А3700 автоматты ажыратқышы* стационарлы және қозғалмалы орындау әзірленеді және 1 кВ дейінгі тарату құрылғыларының жинағында кеңінен қолданылады.

ВА сериялы автоматты ажыратқыштар. 50 және 60 Гц ауыспалы тоғының 660 В дейінгі және тұрақты тоқтың 400 В дейінгі кернеуі бар электр қондырғыларында қолданылады және 250 бастап 4000 А дейінгі номиналды тоғына есептелген. Бұл ажыратқыштар сериясы қалыпты режимде тоқты өткізу үшін және асыра жүктеме, қысқа тұйықталу және кернеу төмендегенде тоқты ажырату үшін арналған. Тәулігіне 6 есеге дейін тізбекті оперативті қосу және ажырату ықтималы бар. ВА ажыратқыштарын тікелей іске қосу және асинхронды қозғалтқыштарды қорғау үшін қолдануға болады. Бұл серияда электр магниттік, жартылай өткізгіш, уақыт кідірісі және кідіріссіз максималды ағытқыштардың орындалуы ықтимал. Автоматтар стационарлы және тегістеу түрінде болуы мүмкін. Анығырақ мәлімет каталогтарда және анықтамаларда келтірілген [4.4].

*«Электрон» (Э) сериялы автоматты ажыратқыштар* 660 В дейінгі ауыспалы ток және 440 В дейінгі тұрақты ток тізбектері, 1000 — 6300 А номиналды тоқтары және 65—115 кА дейінгі ажырату тоғы үшін әзірленген. Бұл серия ажыратқыштары электр қозғалтқышпен немесе электр магниттік сыммен жабдықталған, ол қашықтан қосуды қамтамасыз етеді. Өшіру қолмен өшіру батырмасымен, тәуелсіз ағытқышпен және жартылай өткізгіш блокта орындалған максималды ток қорғанысымен жүзеге асырылады (4.20 сур. қар). Тоқтарды реттеу және іске қосылу уақытының шектері осы серия ажыратқыштары үшін 4.19 суретте көрсетілген.

1000 А дейінгі ток үшін арналған Э06 ажыратқыштарының бір сатылы контактілік жүйесі болады, ол қосарлама қосылатын қос контактілерден тұрады. 1600 бастап 6300 А дейінгі ток үшін арналған Э16, Э25, Э40 ажыратқыштарының (4.21 сур.) күміс қаптамамен қапталған қозғалмайтын жұмыс контактілері 7, 9, қозғалмалы жұмыс контактісі 8 және метал керамикалық қаптамасы бар 5 және 6 доға өшіргіш контактілері болады. Доға өшіргіш контакт 6 ілгек тәріздес динамикалық компенсатордан 4 орындалған.





4.21 сурет. Э16, Э25, Э40 автоматты ажыратқыштардың контакт тобы және доға өшіргіш құрылғысы:

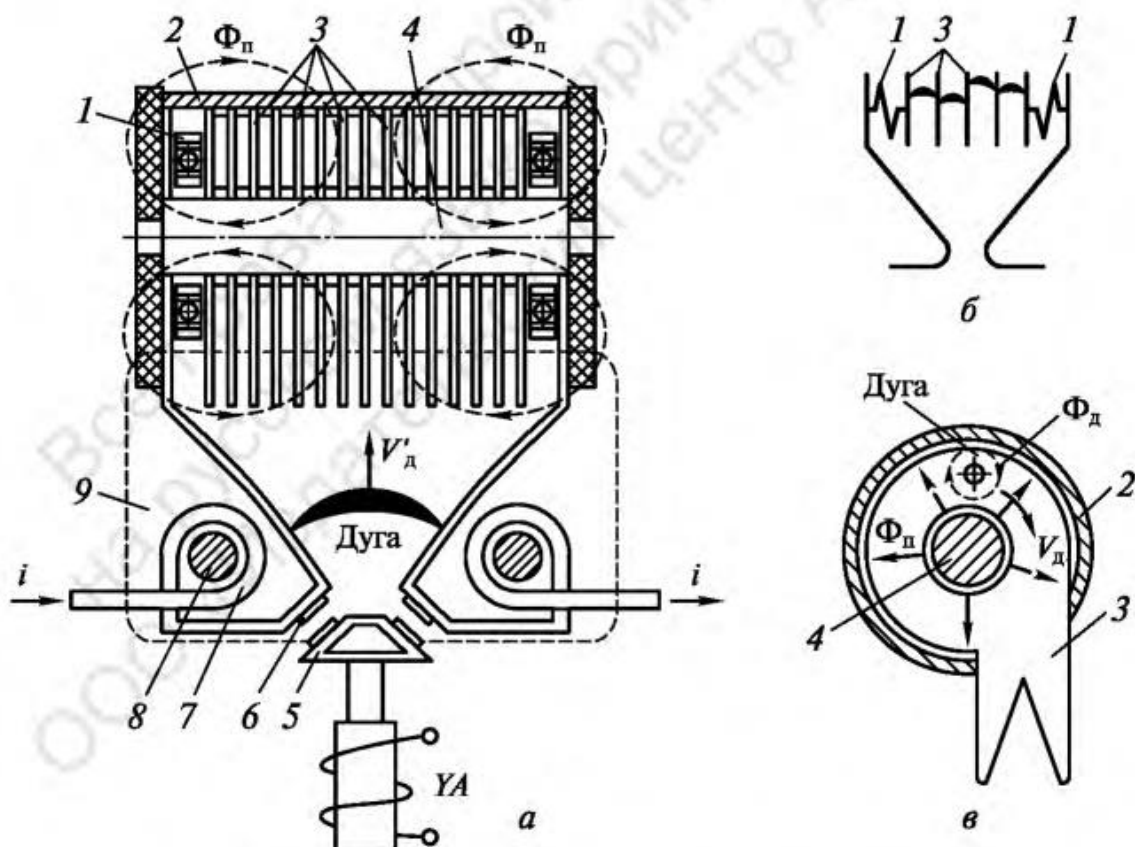
1 — болат пластиналар; 2 — корпус; 3 — от өшіргіш тор; 4 — динамикалық компенсатор; 5, 6 — доға өшіргіш контактілер; 7, 9 — қозғалмайтын жұмыс контактілер; 8 — қозғалмалы жұмыс контакт

Доға өлшегіш құрылғы оқшаулау корпусынан 2 тұрады, онда болат пластиналары 1 және өшіргіш торы 3 орналасады. Э сериялы автоматты ажыратқыштарды стационарлық немесе қозғалмалы қондырғылар үшін әзірленеді. Қозғалмалы ажыратқыштар қосымша басты тізбек шығысында сұқпа контактілерімен, механикалық блоктау үшін иінтіректермен, каркас рельстері бойынша қозғалу үшін дөңгелектермен жабдықталған. Олардың жұмыс жағдайы – басты және қосымша тұйықталу тізбектері, бақылау – басты тізбе тартылған, ал қосымша – тұйықталған, жөндеу – басты және қосымша тізбектер тартылған болады. Арнайы механикалық блоктау ажыратқыштың қосылған жағдайдағы дөңгеленіп кіруіне және дөңгеленіп шығуына кедергі келтіреді.

АВМ сериялы автоматты ажыратқыштарды 2000 А дейінгі номиналды тоқтар үшін және 500 В ауыспалы тоқ және 440 В тұрақты тоқ кернеуі үшін шығарылады. Ажыратқыштың полюске арналған екі жұп контактілері – негізгі және доға өшіргіш контактілері болады. Доғаны өшіру болат пластинадан жасалған камерада орындалады. АВМ ажыратқыштарының асыра жүктеме кезінде кері байланыс уақыт кідірісі бар максималды ағытқыштары болады. ҚТ тоғы кезінде максималды ағытқыш 0,25; 0,4; 0,6 бекітілген уақыт кідірісімен ағытқыштың арнайы механикалық баяулатқышы есебінен іске қосылады.

Сым қолмен, иінтірекпен немесе электр қозғалтқышымен болуы мүмкін. АВМ ажыратқыштарын жинақ тарату құрылғыларына арналған стационарлы немесе қозғалмалы қондырғы үшін әзірлейді.

Қарастырылған сериялы автоматты ажыратқыштардан басқа асыра жүктеуден және ҚТ қорғау үшін АЕ-1000, АЕ-20, АК-63, аП-50, АС-25 және басқ. ажыратқыштар қолданылады. Өрісті өшіру автоматтары (АТн) ерекше топқа жатады (4.22 сур.). 2.1 тараушығында көрсетілгендей, олар генераторлардың қозу орамында тоқты ажырату үшін арналған. Автоматтардың ашық орналасқан негізгі контактілері (суретте көрсетілмеген) және доғаны өшіру камерасында 5,6 доға өшіргіш контактілері болады.



4.22 сур.. Өрісті өшіру автоматы (АТн):

а — құрылымдық сызба; б — катушканы қосу сызбасы; в — жоға өшіргіш тор бойынша қиық; 1 — радиалды магнит өрісінің катушкасы; 2 — доға өшіргіш камераның сыртқы болат қаптамасы; 3 — мыс пластинасы; 4 — болат білігі; 5 — қозғалмалы контакт; 6 — қозғалмайтын контактілер; 7 — магниттік үрлеу катушкасы; 8 — катушка білігі; 9 — болат полюстері.

Қосылған жағдайда ӨӨА ілмекпен ұсталынып тұрады. Ажырату кезінде контактілер 5 төменге жылжиды және 5 және 6 контактілер арасында доғалар пайда болады, олар катушкалармен 7, білікпен 8 және болат полюстерімен 9 құрылған магнит өрісінің күшімен жоғары қарай үрленеді. Бір ұзын доға пайда болады. Ол сақиналы доға өшіргіш камерасына кіргізіледі, мұнда мыс пластиналары 3 арасында қысқа доғаларға бөлінеді. Бір уақытта тізбекке радиалды магнит өрісін құрайтын катушкалар 1 қосылады, ол сыртқы болат қаптамасындағы 2 болат білігімен 4 тұйықталады. Магнит өрісімен өзара әрекеттесу нәтижесінде қысқа доғалар үлкен жылдамдықпен шеңберлі айналып қозғалады (4.22 сур, в қар.) және сондықтан пластинаны балқытпайды. Доғада бөлінетін барлық энергия пластинаның сыртқы беті бойынша таралады және олармен өшіріледі. Онымен қоса пластина температурасы 200 °Саспау керек, осыдан пластина өлшемдері таңдалады. Пластиналарға қосарлама тұйықтаушы кедергілер секциялары қосылады (4.22 суретінде көрсетілмеген).

Мұндай жағдайда тордағы доға бірден өшпейді, ал секциялар, секірулер бойынша, нөлге жақындай отырып өшеді. Бірінші аз кедергімен тұйықтаушы секциядағы доға өшеді. Тоқтың ақырындап құлауы тұрақты ток тізбегін ұзу кезінде пайда болатын тоқтың күшеюін азайтады. АГП өшуінің өз уақыты 0,15 с аспайды, ал өрістің толығымен өшу уақыты генератор параметрлеріне байланысты.

*Автоматты ажыратқыштарды таңбау төмендегідей орындалады:*

орнату кернеуі бойынша:  $U_{\text{ном}} \geq U_{\text{сет.ном}};$

ток түрі мен оның амасы бойынша:  $I_{\text{ном}} \geq I_{\text{норм.расч}}; k_{\text{пт}} I_{\text{ном}} \geq I_{\text{прод.расч}};$   
құрылымдық орындлауы;

коммутациялық қабілеттілігі  $I_{\text{откл.ном}} \geq I_{\text{пт}} \approx I_{\text{п0}},$

мұнда  $I_{\text{откл.ном}}$  — автоматтың шекті коммутациялық қабілеті;  $I_{\text{пт}}$  — контактілердің

таралу кезіндегі ҚТ тоғы (егер есепте болмаса,  $I_{\text{пт}} \approx I_{\text{п0}}$  қабылдайды); қосылған ток бойынша  $i_{\text{вкл}} \geq i_{\text{уд}},$

мұнда  $i_{\text{уд}}$  — ҚТ соққы тоғы;  $i_{\text{вкл}}$  — номиналды қосылу тоғының амплитудалық мәні;

қызуға төзімділігі бойынша  $I_{\text{тер}}^2 t_{\text{тер}} > \beta_k$ , мұнда  $I_{\text{тер}}$  — автоматтың қызуға төзімділік тоғы (егер берілмесе, онда  $I_{\text{тер}} = I_{\text{откл.ном}}$  қабылданады);  $t_{\text{тер}}$  — қызуға төзімділік уақыты, 1 с деп алуға болады;

ҚТ тоғының аperiodтық құраушысының тұрақты өшу уақыты

$$T_{\text{а.ном}} \geq T_{\text{а}},$$

мұнда  $T_{\text{а.ном}}$  — каталог бойынша мәні (0,005 — 0,015 с),  $T_{\text{а}} = \frac{x_{\text{рез}}}{\omega \Gamma_{\text{рез}}}$  ҚТ ток есебінде анықталады.

#### 4.4.4 Контактторлар мен жібергіштер

*Контакттор — бұл асы жүктеу тоғынан аспайтын және сымды әрекетке келтіретін жиі коммутациялық тоқтар үшін арналған өздігінің қайтарымы бар екі позициялық коммутациялық аппарат.*

Контактторлар 4 — 4000 А тоқтарына, 220, 440, 750 В тұрақты ток және 380, 660 (1140) В ауыспалы ток кернеулеріне әзірленеді және сағатына 600—1500 қосылуға дейін жеткізеді. Кейбір контакттордың арнайы сериялары сағатына 14000 қосылуға дейін жетеді. Контактторлар бір-бесполюсті бола алады.

*Электромагниттік контактторлар* электр қондырғыларында кеңінен қолданылады. Оларда контактілік жүйені қосу электр магнитімен орындалады.

Контакттордың жұмыс режиміне байланысты қолдану категориясы бойынша ажыратылады: тұрақты токта АС-1, АС-2, АС-3, АС-4, ауыспалы токта ДС-1, ДС-2, ДС-3, ДС-4, ДС-5 (МЕМСТ 11206—77Е). АС-1 категориялы контактторлар кедергінің электр пеші тізбегінде қолдануға есептелген және тек номиналды токты коммутациялайды. АС-2 категориялы контактторлар фазалық роторы бар электр қозғалтқыштарын іске қосуға есептелген және  $2,5 I_{\text{ном}}$  токты коммутациялайды. АС-3 категориялы контактторлар қысқа тұйықталу роторы бар электр қозғалтқыштарын іске қосуға есептелген және  $(6—10) I_{\text{ном}}$  токты коммутациялайды. АС-4 категориялы контактторлар қысқа тұйықталу роторы бар электр қозғалтқыштарын іске қосуға және қозғалмайтын немесе ақырын қозғалатын электр қозғалтқыштарды өшіруге есептелген және  $(6—10) I_{\text{ном}}$  токты коммутациялайды.

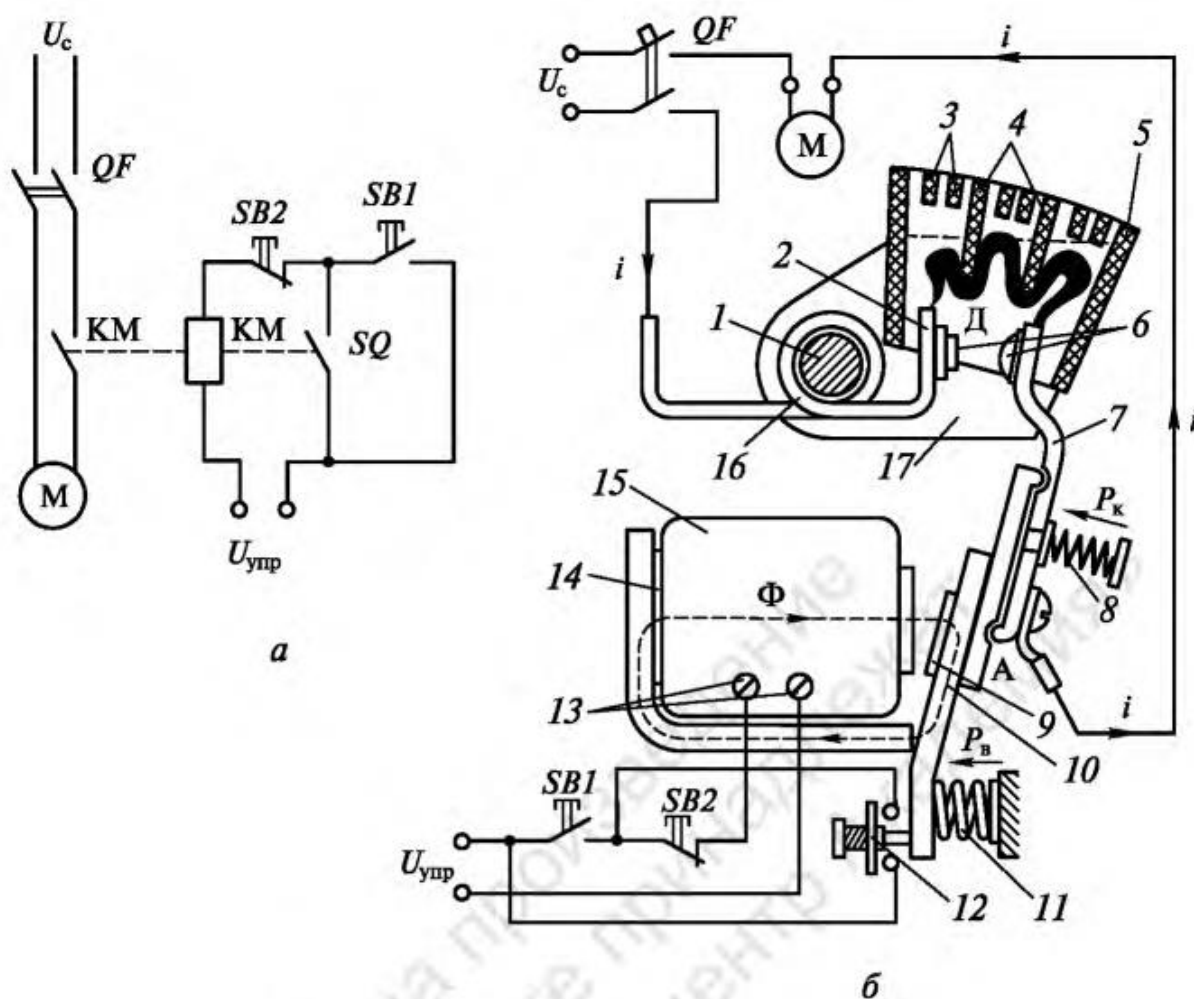
Тұрақты ток контактторлары категорияға байланысты  $I_{\text{ном}}$  бастап  $10 I_{\text{ном}}$  дейінгі токты коммутациялауға есептелген.

Контактторлар үзіліп-жалғастыру, жалғастыру, қысқа уақытта қайталану немесе қысқа уақытты режим жұмысына есептелуі мүмкін.

Контакторлардың асыра жүктеуді немесе ҚТ реттейтін құрылғысы жоқ. Бұл функцияны жүйелі түрде контактормен жалғанған сақтандырғыштар және автоматы ажыратқыштар және асыру жүктеу мен ҚТ қорғайтын тізбектер орындайды. Контакторлардың электр динамикалық және қызуға төзімділігі нормаланбайды.

Автоматты ажыратқыштарға қарағанда контакторлардың контакторды «қосылған» күйінде жабатын механикалық құрылғысы жоқ. Қосылған күйінде контактор электр магнитпен ұсталынып тұрады. Контактордың негізгі элементтері мыналар болып табылады: негізгі контактілер, доға өшіргіш құрылғы, электр магниттік жүйе және қосымша контактілер.

4.23, а суретте бірполюсті контакторды басқару сызбасы көрсетілген. КМ контакторының негізгі контактілері М қозғалтқычтың тізбегіне, ал катушка— басқару тізбегіне жүйелі түрде SB1, SB2 басқару батырмаларымен және SQ қосымша контактілерімен қосылған.



4.23 сур. Электромагниттік контактор:

а — бір полюсті контактордың электр сызбасы; б — шартты құрылымдық сызба: 1 — болат білік; 2 — қозғалмайтын контакт; 3 — от өшіргіш тор; 4 — оқшаулау қатпарлары; 5 — доға өшіргіш камера; 6 — контактілік төсемдер; 7 — қозғалмалы контакт; 8 — серппе; 9 — латун төсемесі; 10 — зәкір; 11 — серіппе; 12 — қосымша контактілер; 13 — катушка қысқыштары; 14 — білік; 16 — катушка; 17 — полюстік ұшы

Құрылымдық сызбада (4.23 сур., б) контактор өшірілген күйінде көрсетілген, мұнда 14 білікке орнатылған катушкадағы 15 кернеу шешіліп алынған және қозғалмалы жүйе 11

серіппе әрекетімен қалыпты жағдайға келген. 2 және 7 контактілер арасында пайда болған доға 4 оқшаулар қатпарлары бар камерада 5 өшеді. Доғаны камераға тарту жүйелі түрде негізгі тізбекке қосылған 16 катушкадан, болат біліктен 1 және полюстік ұштардан 17 тұратын магнит жүйесімен құрылған магнит өрісі есебінен орындалады. Камераның шығысында от өшіргіш тор 3 орнатылған, ол иондалған газдардың камерадан тыс шығып кетуіне кедергі келтіреді.

Контакторды қосу үшін катушка қысымдарына 13 SB1 батырмаларын басу арқылы кернеу беріледі. Катушкада магниттік өріс пайда болады, ол зәкірді 10 білікке тартады. Зәкірде қозғалмалы контакт 7 бекітілген, ол қозғалмайтын контактімен 2 жанасқан соң оның сыртқы беті бойынша контактілердің бетіндегі оксид қабықшаларын бұза отырып жылжиды. Контактілерде басу серіппемен 8 құрылады. Күмістен жасалған контактілік төсемдер 6 барынша аз өту кедергісін қамтамасыз етеді. Кей жағдайларда төсемдер доғаға төзімді метал керамикасынан орындалады. Контактор қосылған күйінде өзінің катушкасымен сақталады. Контакторды қосқаннан кейін қосымша контактілер 12 (SQ), SB1 тұйықтаушы батырмалар тұйықталады, сондықтан, іске қосу батырмасының тарылуы катушка 15 (KM) тізбегін үзбейді.

Зәкірде 10 латуннан жасалған магнитті емес төсем 9 қарастырылған, ол біліктегі қалдық индукциямен негізделген кернеу күшін азайтады. Осылайша, катушкадан 15 кернеуді шешу кезінде зәкір «жабысып» қалмайды. Басқару тізбегінде кернеуді барынша азайту кезінде, сонымен қатар оның жоғалуы кезінде контактор автоматты түрде өшеді. Контакторды ажырату үшін SB2 батырмасын басу жеткілікті, ол катушканың 15 қорек беру тізбегін тартады.

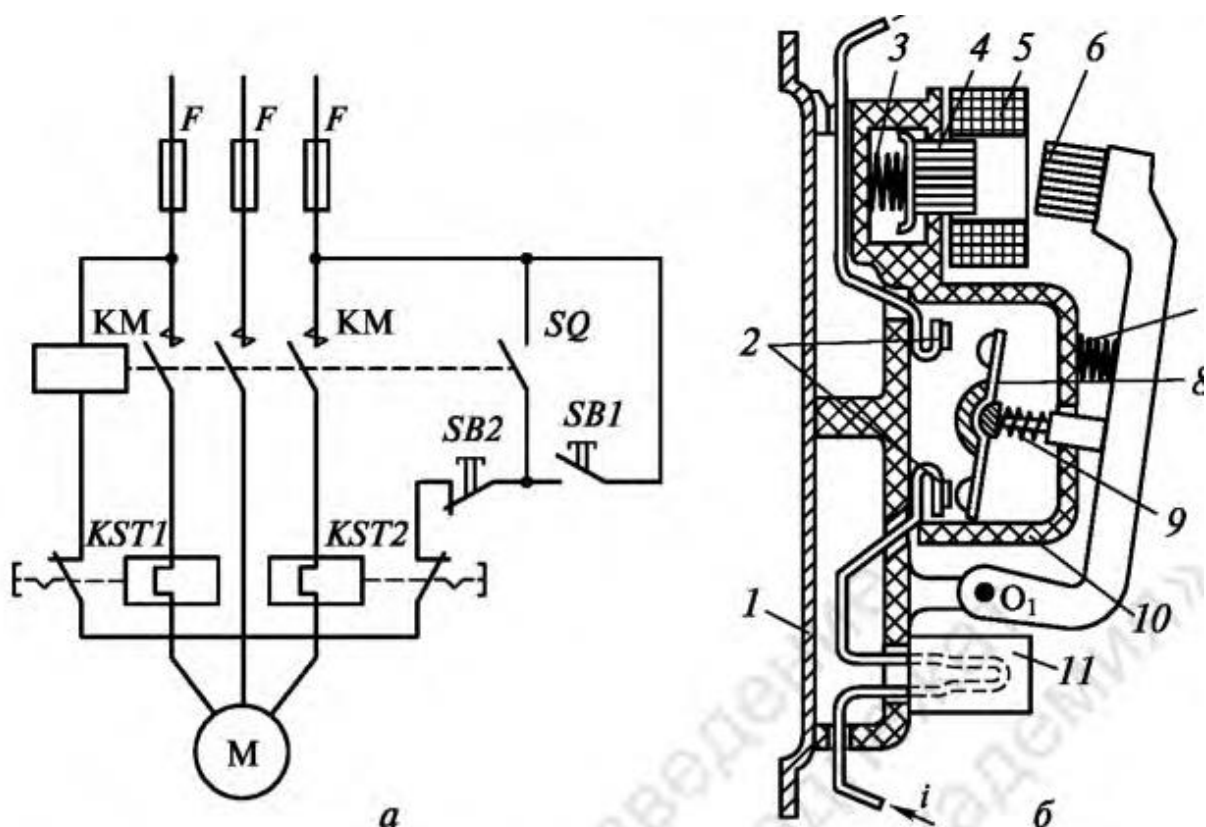
Контакторды басқару тізбегі бастапқы тізбектен қорек ала алады. Қарастырылып отырған сызбада электр қозғалтқыш қорғанысы QF автоматты ажыратқышымен орындалады. Жалпы өнеркәсіптік сериялы электромагниттік контакторларға келесі түрлер жатады: ауыспалы ток КТ, КТП, КТВ; тұрақты ток КП, КПВ, КПД; тұрақты және ауыспалы ток КМ, РПК, КН.

Кернеуі 660 В артық қондырғыларда вакуумдық КВТ, ВБТ, тез әсер ететін автоматты (ВАБ) контакторлар қолданылады, олардың сипаттамасы анықтамалар [4.4] мен каталогтар келтіріледі.

*Қосқыштар – бұл электро қозғалтқышты қосу, тоқтату және қорғау үшін арналған коммутациялық аппарат.*

Магниттік қосқыштар электромагниттік контактордан, кіріктірілген жылулық релесінен және қосымша контактілерден тұрады. Кеңінен таралған сериялары ПМБ, ПМА, ПА болып табылады. Қосқыштар реверсивті және реверсивті емес, ашық, қорғалған және шаң-тозаң өтпейтін орындалуда, жылулық релесі және оларсыз болуы мүмкін. Магниттік қосқыштар кернеуі 660 В дейін, қуаты 75 кВт дейін ауыспалы ток электр қосқыштарын басқару үшін қолданылады.

ПАЕ сериялы магнит қосқышының электрлік және құрылымдық сызбасы 4.24 суретте көрсетілген. SB1 батырмасын басқанда тұйықталатын KST1, KST2 жылулы реле контактілері, SB2 батырмасы арқылы контактор катушкасына КМ (5) қорек беріледі. Электромагнит зәкірі 6 білікке 4 тартылады, осылайша Оj осы айналысында айналады.



4.24 - сурет. Магниттік қосқыш:

а — электрлік сызбасы; б — құрылымдық сызбасы: 1 — металл негізі; 2 — қозғалмайтын контактілер; 3 — амортизациялау серіппесі; 4 — білік; 5 — катушка; 6 — электромагнит зәкірі; 7 — ажыратушы серіппе; 8 — контактілік көпір; 9 — серіппе; 10 — камера; 11 — жылулық реле

Онымен қоса қозғалмайтын контактілер 2 қозғалмалы контактіде көпірмен 8 тұйықталады. Контактілерде басу серіппемен 9 қамтамасыз етіледі. Бір уақытта SB1 батырмасын тұйықтаушы SQ қосымша контактілері тұйықталады (4.24 сур., а қар.). Электр қозғалтқышын асыра жүктеу кезінде жылулық реленің 11 екеуі же немесе біреуін іске қосылады, катушка тізбегі KST1 және KST2 тарқатылады. Онымен қоса зәкір 6 енді білікпен ұсталынып тұрмайды және өз салмағының және серіппенің 7 әсерінен қозғалмалы жүйе контактілерді тарқата отырып, өшіру күйіне көшеді. Әр фазадағы екі реттік үзілісі және жабық камера 10 доғаны арнайы құрылғыларсыз өшіруді қамтамасыз етеді. Тура осылай SB2 батырмасын басу кезінде қосқышты өшіру орындалады.

Амортизациялау серіппесі 3 қозғалмалы бөлікті қосқан кезде қатты соққылардан сақтайды. Қосқыштың барлық бөлшектері металл негізіне 1 бекітіледі.

Электр қозғалтқышты ҚТ қорғау үшін тізбекке F сақтандырғыштары қосылған.

Контакторлар мен магниттік қосқыштарды таңдау мыналар бойынша орындалады:

қондырғы кернеуі бойынша  $U_{ном} \geq U_{сет.ном}$ ;

тоқтың түрі және мәні бойынша  $I_{ном} \geq I_{норм.расч}$ ;  $k_{пт} I_{ном} \geq I_{прод.расч}$ ;

жалғанатын электр қозғалтқыш қуаты  $P_{доп} \geq P_{подкл}$ ;

қолдану категориясы бойынша.

#### 4.4.5 Байланыссыз коммутациялық құрылғылар

Токтарды өшіру кезінде пайда болатын доғаны өшіруге арналған контактілері мен құрылғылар бар дәстүрлі коммутациялық аппараттардың орнына қазіргі кезде жартылай өткізгіш қасиетіне негізделген контактісі жоқ аппараттар қолданылады.

Күш тізбектерінде тоқты өшіру үшін тиристор негізіндегі құрылғыны қолданады. *Тиристор* – басқарылатын жартылай өткізгіш аспабы, ол құрылымы р-п-р-п төрт қабатты кремний кристалынан тұрады. Шеткі қабатының сыртқы шығыстары ретінде катод және анод, ал ішкі бір базалық жердің шығысы ретінде – басқару электрод қызмет етеді. Егер басқарушы электродқа тоқ берілмесе, онда тиристор жабық болады (белгілі бір шамада әсер кернеумен). Егер басқарушы электродқа тоқ берілсе, онда анодты кернеудегі тиристор өткізгіш күйіне көшеді.

Тізбек барлық уақыт бойы басқарушы импульстер берілгенше қосылып тұрады. Оларды шешу кезінде тиристорларды жабу автоматты түрде ауыспалы тоқтың нөл арқылы күш тізбегіне өткеннен кейін орындалады. Сәйкесінше, ажырату уақыты жарты кезеңді, яғни 0,01 с құрайды, бұл дәстүрлі ажыратқыштарға қарағанда 10-20 есе аз.

Тиристор жабық күйінде белгілі кернеуге ұшырайды («кері кернеу»). Тізбектің ажыратылған бөліктердің гальваникалық байланысы жартылай өткізгіш контактінің жетілмеуі салдарынан сақталады, яғни тізбекте тоқтың ағысы өтеді. Бұл кемшілікті тізбекке жүйелі түрде контактілік аппаратты қоса отырып жояды, бұл аппарат тізбекті тоқсыз күйде өшіреді.

Тиристордың ерекшелігі жартылай өткізгіш контактіде кернеудің жоғары құлауы болып табылады, бұл қуаттың барынша бөлінуіне, сәйкесінше контактінің қызуына алып келеді. Жартылай өткізгіш аспаптар қарқынды салқындатуды – ауа және суды қажет етеді. Әрекет ететін ауыспалы кернеумен қатал түрде синхронды басқарушы импульстерді құрайтын басқару блогі ретінде магниттік күшейткіштері немесе импульстер модуляторлары бар сызбалар қолданылуы мүмкін.

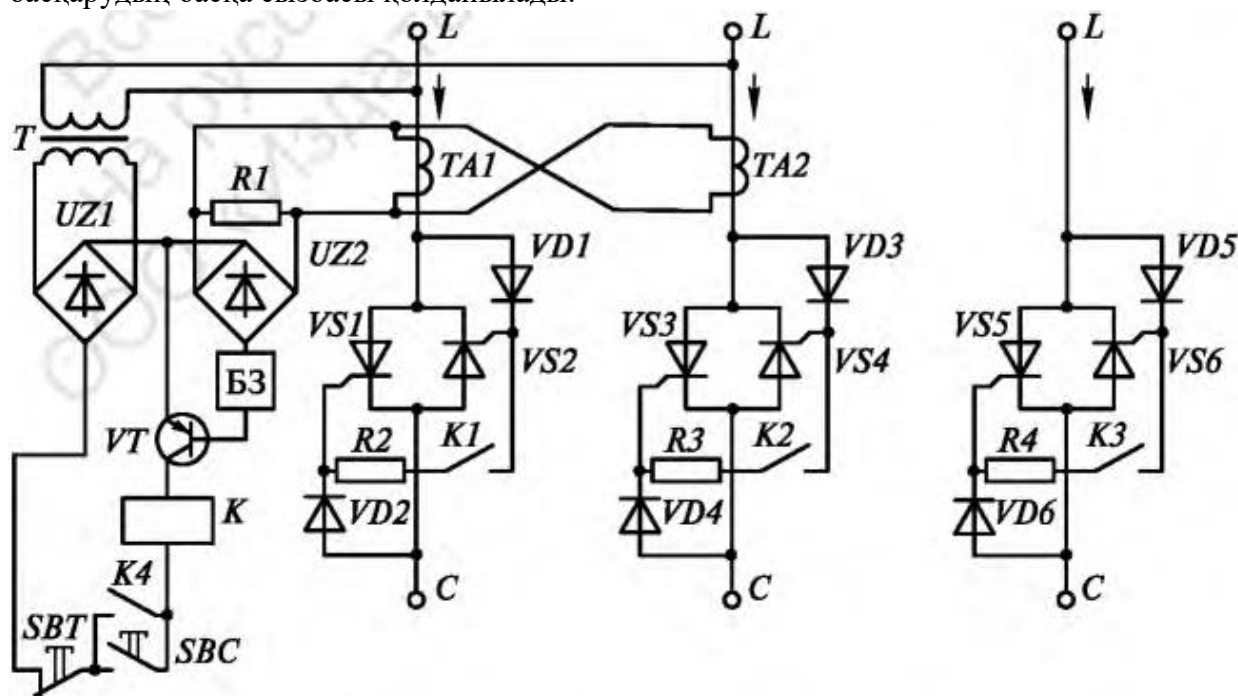
Бұл тиристордың қасиетіне ауыспалы тоқты коммутациялау үшін *бір фазалық күш кілті құрылғысы* негіздеген. VS1, VS2 тиристорлары қарама-қарсы – қосарлама қосылған. Егер басқарушы электродтарға анодты кернеумен синхронды қуаты аз импульстер берілсе, онда VS1 тиристорына кезеңнің бірінші жартысында, ал VS2 — кезеңнің екінші жартысында тоқ өткізіледі (4.25 сур.).

Басқару импульстері тиристорлардың анодты кернеуінен құрылады. Егер VS1 тиристоры анодында оң жартылай толқынды кернеу болса, онда VD1 диод арқылы K1 контактінің К релесіне тұйықталуы кезінде және R2 резисторы басқару тоғының импульсінен VS1 тиристорының басқарушы электродына өтеді. Нәтижесінде VS1 тиристоры қосылады, анодты кернеу нөлге дейін құлайды, сондықтан басқару сигналы жойылып кетеді, бірақ тиристор тоқтың нөл арқылы өтуіне дейін өткізгіш күйінде қалады. Келесі жарты кезеңде осыған ұқсас VS2 тиристоры қосылады. Контакт релесі К қосылып тұрғанша, тиристорлар автоматты жүйелі түрде қосылатын болады, осылайша тоқтың қорек беру көзінен жүктемеге өтуін қамтамасыз етеді.

Тиристор кілттері тиристорлық қосқыштардың негізгі сызбасы болып табылады (4.25 сур. қар.). VS1 — VS6 күштік тиристорлар тоқты коммутациялайды. K1—K3 контактілері К релені басқарады, ол бөлгіш трансформатор Т, түзеткіш UZ1 және транзистордың негізгі желіге қосылуы арқылы қосылған. SBC батырмасын басу арқылы іске қосу кезінде реле К тізбегі тұйықталады, ол өзінің тиристорлық кілттегі K1, K2, K3 контактілерін қосады және күштік тізбек VS1 — VS6 тиристорлары арқылы тұйықталады. SBT батырмасын басу арқылы электр қозғалтқышты тоқтату кезінде реле К тізбегі тарқатылады, K1—K3 контактілері тарқатылады, басқарушы импульстер тиристорларға келіп түспейді және тоқтың нөлдік мән арқылы өтуі кезінде олар жабылады. Басқару автоматты түрде жүзеге асырылуы мүмкін.

Ток трансформаторлары ТА1, ТА2 қорғау блогына (ҚБ) асыра жүктеу белгісін береді, ол транзистор базасына әсер ете отырып, К реледен қоректі шешіп және осылайша қосқышты өшіреді.

Өнеркәсіппен 16 және 40 А, 380 В арналған ПТ-16-380-У5 және ПТ-40-380-У5 тиристорлық қосқыштар шығарылады, оларда тиристорларды кең импульстік әдіспен басқарудың басқа сызбасы қолданылады.



4.25 сур. Тиристорлық қосқыш

Контактісі жоқ аппараттардың артықшылықтары мыналар болып табылады: қозғалмалы контактілік жүйені болмауы; доғаның немесе ұшқынның болмауы, жоғары тез әсер беру; сағатына 105—106 іске қосылу жиілігі; жануға қауіпті бөлмелерде жұмыс істеу; әлсіз сигналдары басқару қарапайымдылығы; жұмыстың жоғары сенімділігі. Қазіргі кезде тиристорлық коммутациялық құрылғылар АЭС қолданылады, мұнда үздіксіз қорек беру агрегаттарында және сенімділігі жоғары басқа тізбектерде ауыстырып-қосудың жоғары сенімділігі мен үлкен жылдамдығы керек.

ТКЕО-250/380У4 құрылғысы 250 А номиналды тоғымен 380 В қондырғыларында қалыпты және апаттық режимде тоқты контактісі жоқ көп реттік коммутациялау үшін арналған. Құрылғы екіжақты қызмет көрсетуі бар шкаф түрінде жасалған, онда бес жүйеленген кассеталар орнатылған. Әр кассета екі қарама-қарсы қосарлама тиристорлардан және басқару импульстердің модуляторынан тұратын үш күш кілтінен тұрады. Күш блогі кірісте 380 В кернеуі пайда болған кезде автоматты қосылады. Басқару импульстерді шешу кезінде тиристорларды ажырату орындалады. ҚТ режимінде тізбек тоқтың нөл арқылы өтуі кезінде, яғни ҚТ тоғы тиристорлар үшін қолжетімсіз мәнге жеткенге дейін барынша ертерек ажыратылады. ҚТ кезінде ажырату уақыты 20 мс артық емес. Тиристорлық құрылғы асыра жүктеу кезінде, кернеудің төмендеуі кезінде, күш блоктарының сақтандырғыштары қызып кеткен кезде кері қайтатын желілерді автоматты ажыратуды қамтамасыз етеді. Ток тағайындамасы және уақыт кідірісі реттеледі. Ажырату қолмен батырманы басу арқылы орындалуы мүмкін.

ТКЕО құрылғысы жабық жылыту бөлмелерінде орнату үшін есептелген. Салқындату - ауамен, табиғи.



ТКЕП-100/380У4 құрылғысы АЭС үздіксіз қорек беру агрегаттары үшін арналған және жүктемені резервтік қорек беру көзіне автоматты ауыстыру үшін қызмет етеді. Құрылғы екіжақты қызмет көрсетуі бар шкаф түрінде жасалған, онда төрт жүйеленген кассеталар орнатылған. Әр кассета күштік кілттен, қорек беру блогынан және синхрондаудан, ауыстырып-қосқыштардың импульстер модульінен тұрады. Ажыратқыш тиристорлық құрылғы сияқты кірісте 380 В кернеуі пайда болған кезде автоматты қосылумен, басқару импульстерін шешкенде ажыратумен және тоқтардың асып кетуінен қорғаумен қамтамасыз етіледі. Басқару импульстері желінің күш кернеуімен фазаланған. Құрылғы жүктеменің қорек беру өзін резервтік қорек беру көзіне кірістегі кернеуді  $\pm 8—12\%$  ином шамасында уақыт кідірісіз ауытқуы кезінде автоматты ауыстыруды қамтамасыз етеді. Қорек беруді қайта негізгі көзге ауыстыру 150—200 мс кідірісімен негізгі қорек көзінде кернеуді қалпына келтіргеннен кейін қамтамасыз етіледі.

## 4.5 1 кВ жоғары коммутациялық аппараттар

### 4.5.1 Жалпы мәліметтер

*Ажыратқыш — бұл тоқсыз немесе барынша аз тоқпен электр тізбегін ажырату және қосу үшін арналған контактілік коммутациялық аппарат, оның қауіпсіздік қамтамасыз ету үшін контактілер арасында ажырату күйінде оқшаулай аралығы бар.*

Жөндеу жұмыстарында ажыратқышпен кернеу астында қалған бөліктер және жөндеу шығарылған аппараттар арасында көзге көрінетін жарылуды түзеді.

*Ажыратқыштармен жүктеме тоғын ажыратуға* болмайды, себебі олардың контактілік жүйелерінде доға өшіргіш құрылғылары жоқ және тоқты қате өшіру жағдайында тұрақты доға пайда болуы мүмкін, ол фазаралық ҚТ және қызмет көрсету персоналмен жазатайым оқиғасына алып келуі мүмкін. Ажыратқышпен операция жасар алдында тізбек тарқатылуы керек.

Алайда электр қондырғыларының сызбасын *жеңілдету үшін келесі операцияларды орындауға арналған ажыратқыштарды қолдануға рұқсат етіледі* [1.13]:

желіде жерге тұйықтау болмағанда трансформаторлардың және жерге тұйықтау доға өшіргіш реакторлардың бейтараптарын қосу және өшіру;

шиналардың зарядтау тоғын және барлық кернеу жабдықтарын (конденсатор батареяларынан басқа);

10 кВ және одан төмен кернеуі кезінде үш полюстік сыртқы қондырғы ажыратқышымен 15 А дейін жүктеме тоғын.

Ажыратқыштарға сонымен қатар егер ол омы төмен қосарлама тізбекпен берік тұйықталған болса операцияларды орындауға рұқсат етіледі (шина жалғағыш немесе айналмалы ажыратқышпен, 5.2.3 тараушығын қар.)

Ажыратқыштарға және бөлгіштерге күш трансформаторларының барынша аз магниттелген күшін және ауа және кабельдік желілердің зарядтау тоғын қосуға және ажыратуға рұқсат етіледі (4.7 кесте) [1.13].

Ажыратқышпен ажыратылатын тоқтың мәні оның құрылымына (жүздердің тігінен, көлденеңнен орналасуына), полюстер арасындағы қашықтыққа, қондырғының номиналды кернеуіне байланысты болады, сондықтан мұндай операцияға рұқсат ету нұсқаулықтармен және директивті көрсеткіштермен орындалады. Трансформаторларының магниттелген күшін ажырату кезіндегі операциялар реті сонымен қатар маңызды рөл атқарады. Мысалы, РПН бар трансформаторларды қозбайтын режимге ауыстыру керек, себебі магниттеу тоғы магнит сымындағы индукция төмендегенде бірден төмендейді, ол тартылған кернеуге байланысты болады. Онымен қоса, жүктелмеген трансформаторды ажырату кезінде егер трансформатор қалыпты режимде жерге тұйықталмаған бейтараппен жұмыс істесе алдын ала бейтарапты тиімді жерге тұйықтау керек.

## Трансформаторлардың аса үлкен магниттелген тоқтары және сыртқы РУ көлденең түріндегі ажыратқыштармен ажыратуға рұқсат етілген желінің зарядтау тоқтары

| Номиналды кернеу, кВ | Полюстер дағы қашықтық | Магниттеу тоғы, А | Желінің зарядтау тоғы, |
|----------------------|------------------------|-------------------|------------------------|
| 20 — 35              | 1                      | 2,3               | 1,0                    |
|                      | 2                      | 11,0              | 3,5                    |
| 110                  | 2,5                    | 8,0               | 3,0                    |
|                      | 3,5                    | 14,5              | 5,0                    |
| 150                  | 3,0                    | 2,3               | —                      |
|                      | 6,0                    | 17,0              | —                      |
| 220                  | 5,0                    | 8,0               | —                      |
|                      | 6,8                    | 17,0              | —                      |

Егер трансформатор бейтарабына жерге тұйықтау реакторы жалғанған болса, онда оны алдын ала өшіру керек.

Егер тізбекте ажыратқыш және бөлгіш болса, онда магниттелген тоқты және зарядтау тоғын қосуды және ажыратуды серіппе сымы бар бөлгіштер орындауы керек, ол бұл операцияны тез орындауға мүмкіндік береді.

Ажыратқыштар электр қондырғыларының сызбасында маңызды рөл атқарады, олардың сенімді жұмыс істеуіне барлық электр қондырғының жұмыс сенімділігі тәуелді, сондықтан оларға келесі талаптар қойылады: ауада көзге көрінетін жаруды құру, электр беріктілігі, ол максималды импульстік кернеуге сәйкес келуі керек;

ҚТ тоқтары өткен кездедегі электр динамикалық және қызу төзімділігі;

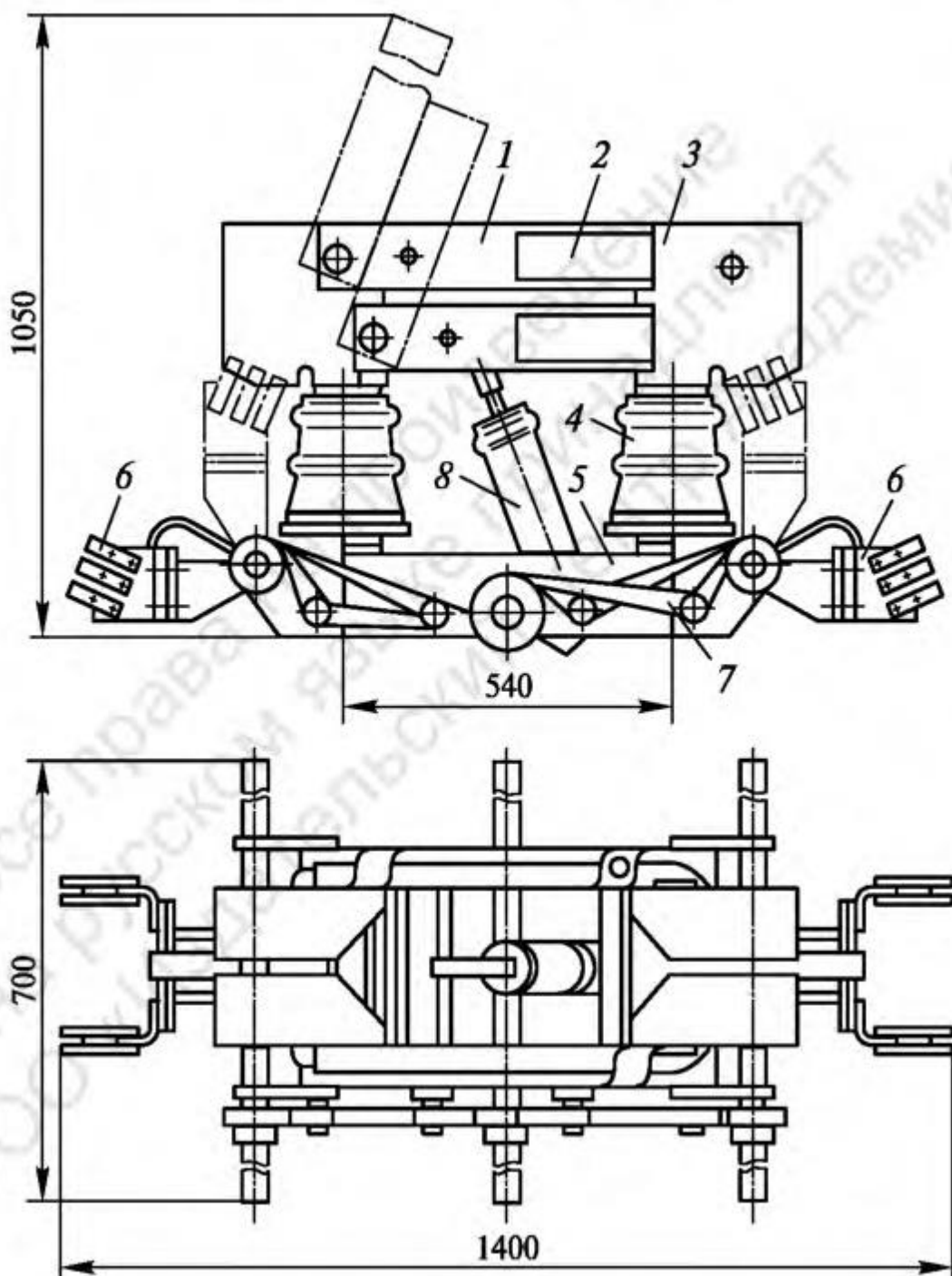
өздігінен өшірілуді жою: ең нашар жұмыс жағдайында ғана (мұз басу, қар, жел) нақты қосу және ажырату.

Ажыратқыштар полюстер саны бойынша бір және үш полюсті; орнату түрі бойынша – сыртқы және ішкі орнатулар үшін, құрылымы бойынша – кескіш, айналмалы, сырғымалы, пантографиялық және аспалы түрде болуы мүмкін. Орнату әдісі бойынша жүздердің көлденең және тігінен орналасуы бар ажыратқыштарды ажыратады.

### 4.5.2. Ішкі қондырғыларға арналған ажыратқыштар

Ішкі қондырғылар үшін ажыратқыштар бірполюсі (РВО) немесе үш полюсті болуы мүмкін (РВ, РВК, РВРЗ және басқ.). Үш полюсті ажыратқыштар жалпы рамада немесе әр полюс үшін жеке рамаларда орындалуы мүмкін. Жеке полюстер ажыратқыш сымымен жалғанған жалпы білікпен жалғанады. 1000 А дейінгі тоқтарға ажыратқыш жүздері екі мыс жолақтарынан әзірленеді, үлкен тоқтарға үш-төрт жолақты жүздер қолданылады. Шиналық құрылым сияқты үлкен тоқ кезінде материалды аса жақсы қолдануға егер қозғалмайтын контактілер қорапты қимада болатын болса, ал ажыратқыш жүздері – астау тәріздес формада болатын болса қол жеткізуге болады.

*Кескіш түріндегі ажыратқыштарда* (4.26 сур.) жүз бір қозғалмайтын контактінің айнасында айналып жүреді, жүзге қозғалыс фарфор күші арқылы 8 валдан беріледі. Контактілердегі қажетті қысым серіппемен құрылады.



4.26 сур. RBP3-2-20/8000 екі жерге тұйықтау жүздері бар ішкі қондырғыларға арналған кескіш түріндегі ажыратқыш (бір полюс):

1 — қозғалмалы негізгі контактілер; 2 — болат пластиналар; 3 — қозғалмайтын контакт; 4 — тіреуіш изолятор; 5 — рама; 6 — жерге тұйықтау жүздері; 7 — негізгі және дерге тұйықтау жүздері арасындағы механикалық блоктау; 8 — фарфор күші

ҚТ тоғы өткенде жүз пластинасынан 1 қозғалмайтын контактіге 3 тоқ өтетін жерде жүзді контактіден итеруге талпынатын электр динамикалық күштер пайда. Басқа жағынан, жүз пластинасы бір біріне бір бағыттағы тоқтардың өзара әрекеттесуінен тартылады. ҚТ үлкен тоғы кезінде итеру күштері жүз пластинасының тарту күшінен көп болуы мүмкін, бұл жүз пластинасын контактіден итеруге, доғаның пайда болуына, яғни апатқа алып келуі мүмкін. Мұны болдырмас үшін, ажыратқыштарда магниттік кілт құрылғысы

қарастырылған. Ол жүздің сыртында орналасқан, 3 тоқтарымен магниттеле отырып, бір біріне тартылатын және контактіде қосымша қысы түзетін екі болат пластинадан 2 тұрады. Қосу және ажырату күшін азайту үшін контактілік қысымды шешуге арналған механизм қолданылады. Жерге тұйықтау жүздері 6 топсалы немесе алмалы-салмалы контакт жағынан немесе екі жақтан да орналасуы мүмкін. Үш жолақты орнату кезінде олар жалпы мыс шинасына оралады.

Жерге тұйықтау жүздерінің механикалық блоктауы болады, ол қосылып тұрған негізгі жүздер кезінде оларды қосуға рұқсат етпейді. Жерге тұйықтау жүздерін басқару үшін қол иіңтірек сымы қолданылады, ол тұтқадан топсаға (ПР) қозғалысты беретін иіңтіректер жүйесінен тұрады немесе бұрамалы сымдар қолданылады. Негізгі жүздерді қосу және ажырату осы операцияларды қашықтан өткізуге мүмкіндік беретін электр қозғалтқыш сымымен (ПДВ) жүзеге асырылады.

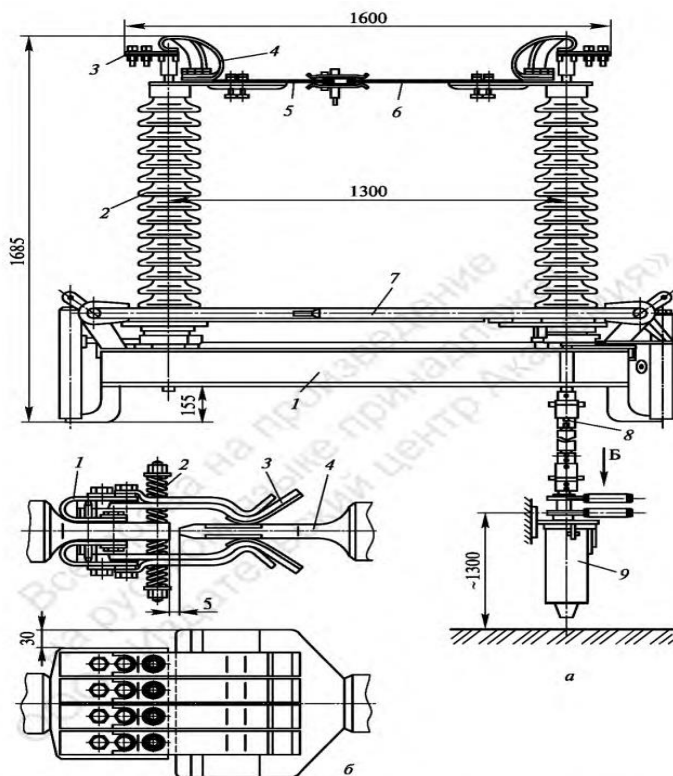
Қосылған және ажыратылған күйінде ажыратқыш сымдар иіңтірегіннің жүйесімен өздігінен қосылу және ажыратуды жою үшін берік бекітіледі.

Экрандалған жинақ тоқ өткізгіштерінде орнату үшін 12000, 14000 А тоғына түсетін жүз қозғалысымен (РВК-20) сырғымалы түріндегі ажыратқыштар қолданылады.

### 4.5.3 Сыртқы қондырғыларға арналған ажыратқыштар

Ашық тарату құрылғыларында орнатылған ажыратқыштардың сәйкесінше изоляциясы болуы керек және қоршаған ортаның жағымсыз жағдайларында өз функцияларын сенімді орындауы керек.

Өз уақытында *кескіш түріндегі ажыратқыштар* кеңінен қолданылатын. Олардың кемшіліктері жүздің өшіп тұрған күйінде габариттерінің үлкен болуы болып табылады. Мысалы, РОН(3)-500/2000 ажыратқышы жүзі көтеріліп тұрса 9,8 м дейін биіктікке жетеді. Жүзді көтеруге қажет күшті азайту үшін, сонымен қатар жүз биіктігі бойынша габариттерді кішірейту үшін ажыратқышты тігінен қозғалатын екі жартылай жүзімен екі бөлікке бөліп жасайды (РНВ-500).

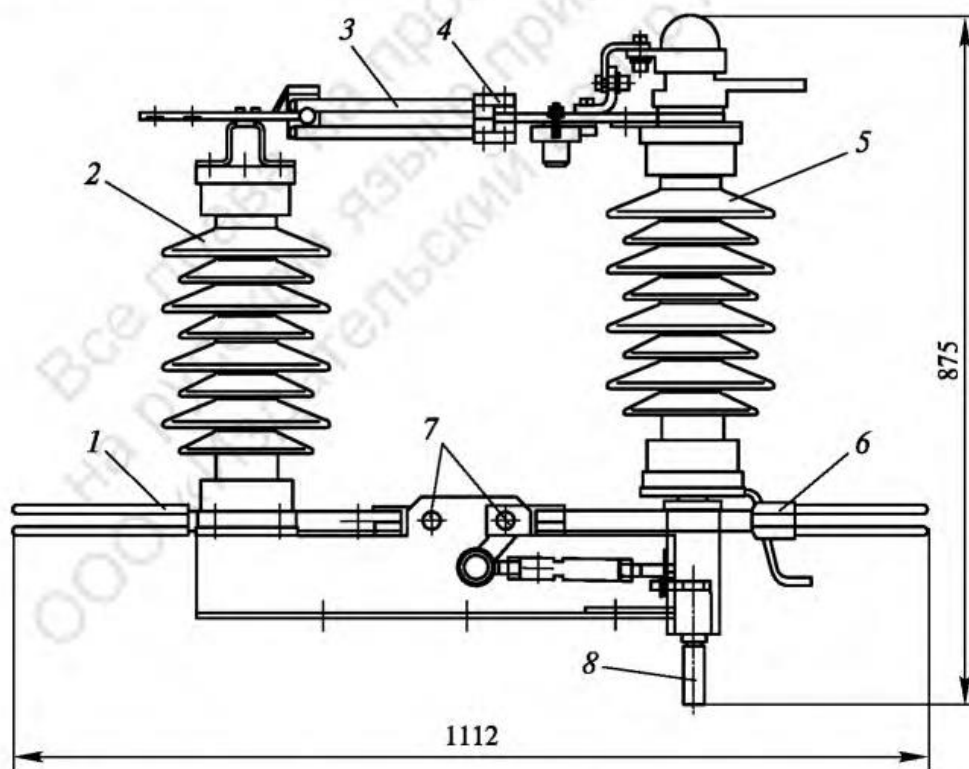


4.27 сур. РНДЗ-2-110 көлденең-айналмалы түрдегі ажыратқыш:

а — ажыратқыштың қосылған күйі: 1 — рама; 2 — тіреуіш изолятор; 3 — шинаға жалғануға арналған ұш; 4 — серпінді байланыс; 5 — ламелі бар негізгі жүз; 6 — ламелі жоқ негізгі жүз; 7 — жерге тұйықтау жүздері; 8 — жетек күші; 9 — жетек; б — РНВ-500 ажыратқышының алмалы —салмалы контактісі: 1 — серпінді байланыс; 2 — серіппе; 3 — ламель; 4 — курек

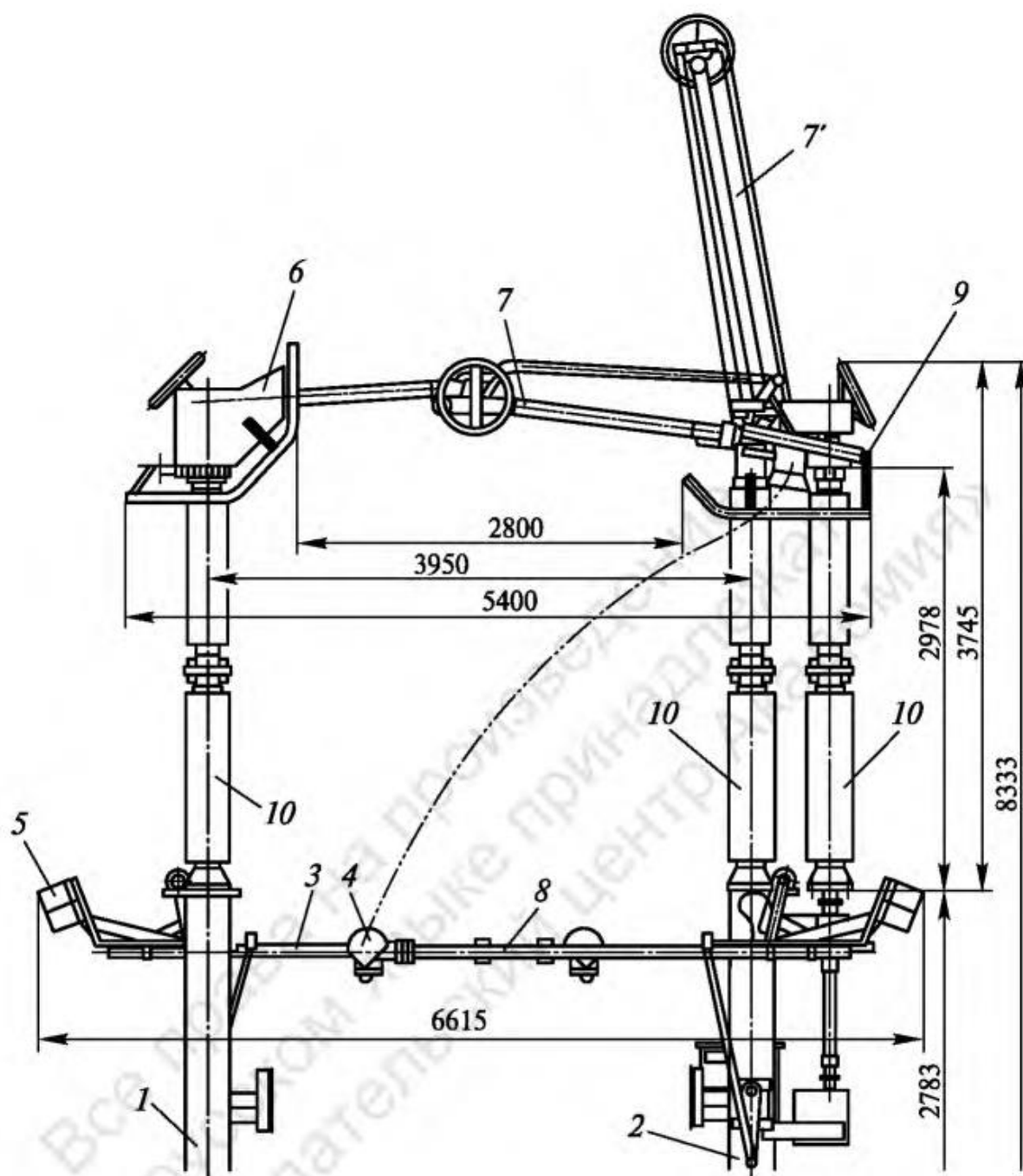
Өшірілген күйде оның биіктігі 8,45 м құрайды. Ажыратқыштың екі жерге тұйықтау жүзі бар: басты жүз жетегі — электр қозғалтқыш (ПДн), жерге тұйықтау жүзі — қолмен басқару.

Көлденең — айналмалы түрдегі ажыратқыштар 10—750 кВ кернеуіне шығарылады. Бұл ажыратқыштарды кеңінен қолдану барынша аз габаритімен және аса қарапайым басқару механизмімен түсіндіріледі. Бұл ажыратқыштар да РНВ, бірақ олар өздері бекітілген изолятор колонкаларын бұрғанда көлденең жазықтықта орын ауыстырады (4.27 сур.). Бір полюс жетекші болып табылады, оған жетек жалғанған. Басқа екі полюске қозғалыс күшпен беріледі. Ажыратқыштардың бір немесе екі жерге тұйықтау жүздері болады. Ажыратқыштың контактілік бөлігі бір жүздің ұшына бекітілген ламельдерден және басқа жүздің ұшына бекітілген контактілі жазықтықтан тұрады. Қосқан кезде жүз ламельдер ортасына кіреді. Контактідегі қысым серіппелермен түзіледі. Осыған ұқсас алмалы-салмалы контакт (РНВ-500 ажыратқышы үшін) 4.27, б суретінде көрсетілген.



4.28 сур. РГ-35/2000УХЛ1 ажыратқышы:

1 — жерге тұйықтаушы; 2 — қозғалмайтын колонка; 3 — екі жолақты жартылай жүз; 4 — алмалы-салмалы контакт; 5 — қозғалмалы колонка; 6 — жерге тұйықтаушы; 7 — жерге тұйықтау жүздерінің біліктері; 8 — жетек күші

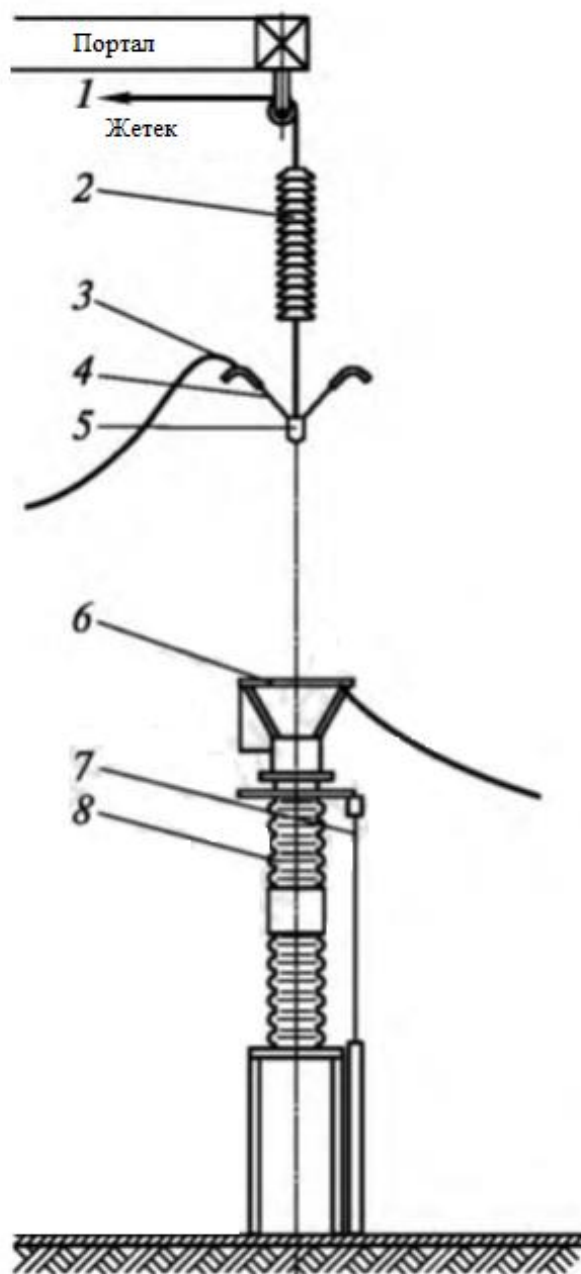


4.29 сур.РПГ.2-330/3150УХЛ1 жартылай понтографиялық ажыратқыш:

1, 2 — тіреулер; 3 — құбыр; 4 — қаптама; 5 — ауырлық; 6 — қозғалмайтын контакт; 7 — қосылған күйдегі контактілік жүз; 7' — ажыратылған күйдегі контактілік жүз; 8 — жерге тұйықтаушы, 9 — контактілік шығыс; 10 — оқшаулау колонкалары

Көлденең-айналмалы ажыратқыштарда ажырату кезінде жүз екі бөлікке «сынады», сондықтан контактілерді мұз басқан кезде жетек жұмысы барынша жеңілденеді. Кескіш түрдегі ажыратқыштарды мұзды бұзу үшін жүзге келуші-айналмалы қозғалыс хабары келеді, ол жетек кинематикасын күрделендіретін. 330 — 750 кВ ажыратқыштарында контактілерді жабатын мұздан қорғайтын қаптамалар қарастырылған.

Аса жетілген құрылымына 35 бастап 220 кВ дейінгі кернеуінің РГ және РГН сериялы



ажыратқыштары ие

4.30 сур. Аспалы түрдегі ажыратқыш (РПН):

1 — жетек арқаны; 2 — изолятор гирляндалары; 3 — контактілік ұштар; 4 — серіппелі табандар; 5 — жүк; 6 — сақина түріндегі қозғалмайтын контакт; 7 — жерге тұйықтау жүзі; 8 — тоқ трансформаторы

мұзды бұзу үшін жүзге келуші-айналмалы қозғалыс хабары келеді, ол жетек кинематикасын күрделендіретін. 330 — 750 кВ ажыратқыштарында контактілерді жабатын мұздан қорғайтын қаптамалар қарастырылған.

Аса жетілген құрылымына 35 бастап 220 кВ дейінгі кернеуінің РГ және РГН сериялы ажыратқыштары ие болады (4.28 сур.), олар РНД түріндегі ажыратқыштарды ауыстыру үшін арналған. Салмақ түсетін рамаға қозғалмайтын 2 және қозғалмалы 5 колонкалары бекітіледі, оларға алмалы-салмалы контактілері 4 бар екі жолақты жартылай жүз 3 және бір жолақты жартылай жүз бекітіледі.

Ажырату кезінде күш салуды жетекпен 8, колонкамен 5 беріледі, осылайша айнала отырып, қозғалысты жартылай жүздерге береді, олардың айналуы кезінде 4 контактісі

тарқатылады. Ажыратқыштың вал 7 арқылы жетекпен басқарылатын бір немесе екі 1,6 жерге тұйықтаушылары болады.

Алмалы-салмалы контактінің сыртқы беті күміспен қапталған.

Изоляторлар беріктігі жоғары фарфордан жасалған. Сырғымалы түрдегі шығыс контактілер серпінді байланысқа қарағанда (РНД, РЛНД серияларындағы) ұзақ қызмет етеді. РГ сериялы ажыратқыштар 20 мм мұзтайғағында жұмысқа қабілетті болады [4.8].

330 кВ және одан жоғары қондырғыларда РПГ сериялы көлденең ажыратқышы бар полупантографиялық ажыратқыштар кеңінен қолданылады. 4.29 суретте ажыратқыш қосылған күйінде көрсетілген. Контакттік жүз 7 ажырату кезінде тік жазықтыққа жиналатын екі жартылай жүзден тұрады. Ажырату кезінде жартылай жүздердің мұндай күйі 7' ажыратқыштың жалпы биіктігін азайтады. Бірінші жартылай жүз алюминий құбырынан тұрады, оған айыр мен шина дәнекерленеді. Екінші жартылай жүз де алюминий құбырынан жасалған, оған сырғымалы контакт корпусы және күмістен жасалған жалатпасы бар контакттік пластина дәнекерленеді, олар қозғалмайтын контактіде 6 аз кедергі өткізгішін қамтамсыз етеді. РПГ сериялы ажыратқыштар ПДГ-25-8 қозғалмалы жетектерімен (бір жерге тұйықталушымен) және ПДГ-26-8 (екі жерге тұйықталушымен) жабдықталады.

*Аспалы* ажыратқыштың (4.30 сур.) серіппелі табандармен 4 және тоқ өткізгіштері дәнекерленген контакттік ұштармен жабдықталған жүктен 5 тұратын қозғалмалы контакттік жүйесі болады.

Барлық осы жүйе порталдың изоляторына 3 гирляндармен ілінген. Сақиналы түрдегі қозғалмайтын контакт 6 шиналық изоляциялық тіреуішке, сонымен қатар тоқ және кернеудің өлшеу трансформаторларына орнатылуы мүмкін. Арқандық басқару жүйесі электр қозғалтқыш жетегіне, арқаннан, ауырлықтан, блоктардан тұрады.

Ажыратылған күйде жылжымалы контакт көтеріліп тұрады. Ажыратқышты қосқан кезде жетек барабанының айналуымен ауырлық жоғары қарай көтеріледі, ал қозғалмалы контактілер өзінің салмағы әсерінен төмен қарай түсіріледі және ұштары 3 сақинамен 6 жанасады – осылайша тізбек тұйықталады.

#### **4.5.4Қысқа тұйықталушылар және бөлгіштер**

*Қысқа тұйықталушы* – бұл электр тізбегінде жасанды 3 құру үшін арналған коммутациялық аппарат.

Қысқа тұйықталушылар шағын станциялардың жеңілдетілген сызбаларында қорек беру желісінің релелік қорғаныс әсерімен жасанды ҚТ құрғаннан кейін зақымдалған трансформаторды ажыратумен қамтамасыз ету үшін қолданылады (5.3, 5.8 тараушығын қар.). 35 кВ қондырғыларында екі фазалық ҚТ құру үшін екі полюсті қысқа тұйықталушыларды, ал 110 кВ және одан жоғары қондырғыларда бір полюсті қысқа тұйықталушыларды қолдану жеткілікті болады.

ҚТ -35 құрылымы ажыратқышқа ұқсас. Жерге тұйықталған шинамен жалғанға жүздер серіппелі жетекпен реле қорғанысынан импульс берген кезде қозғалады және кернеуі бар жылжымайтын контактілерді тұйықталады. Қосылу уақыты 0,12 — 0,25 с құрайды. Ажырату қолмен орындалады.

*ОД сериялы бөлгіштер* тоқсыз тізбекті автоматты өшіру үшін жетекпен жабдықталған қарапайым үш полюсті ажыратқышты білдіреді. Ажырату уақыты ұзақ болып келеді - 0,4 — 0,5 с, бұл құрылымының кемшілігі болып табылады.

Бөлгіштер тоқсыз тізбекті немесе трансформаторды магниттеу тоғын ажырата алады.

Бөлгіштер және ашық құрылымды қысқа тұйықталушылар жағымсыз ауа райы жағдайында (аяз, көк тайғақ) жеткіліксіз сенімді жұмыс істейді. Пайдалануда олардың істен шығуы байқалады, сондықтан қазіргі кезде оларды қолдану шектелген. Бұл



құрылымдардың орнына элегазбен толтырылған жабық камерада орналастырылған контактілік жүйесі бар бөлгіштер және қысқа тұйықталушылар әзірленген (КЭ-110, КЭ-220, ОЭ).

Жабық бөлгіштер мен қысқа тұйықталушылар артықшылығы тез жұмыс істеу және қосылу (КЭ) және ажыратудың (ОЭ) аз уақыты болып табылады.

Бөлгіштер және қысқа тұйықталушыларды таңдау мыналар бойынша орындалады:

кернеу бойынша  $U_{\text{ном}} \geq U_{\text{сет.ном}}$ ;

тоқ бойынша  $I_{\text{ном}} \geq I_{\text{норм.расч}}$ ;  $k_{\text{пт}} I_{\text{ном}} \geq I_{\text{пред.расч}}$ ;

құрылымы, орнату түрі бойынша ;

электр динамикалық төзімділігі бойынша  $i_{\text{пр.скв}} \geq i_{\text{уд}}$ ;  $i_{\text{пр.скв}} \geq I_{\text{п0}}$ ;

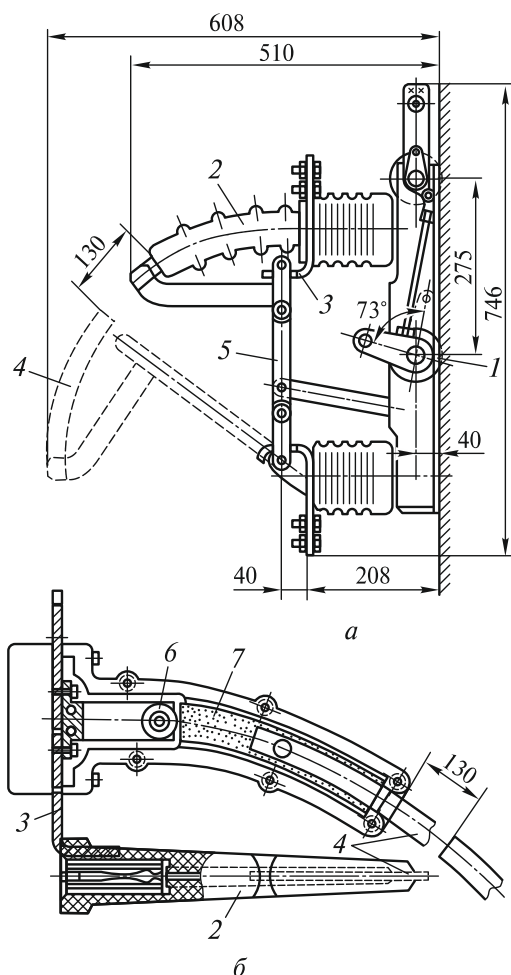
қызулық төзімділік  $I_{\text{тер}}^2 t_{\text{тер}} \geq \beta_{\text{к}}$ .

Қысқа тұйықталушылар сол шарттар бойынша таңдалады, бірақ жүктеме тоғы бойынша тексерілмейді.

#### 4.5.5. Жүктеме ажыратқыштары

Қалалық өнеркәсіптік және ауыл шаруашылық кәсіпорындардың 6-10 кВ электрмен жабдықтау желілерінде қалыпты жүктеме тоқтарын қосу және ажырату қажеттілігі туындайды. Ажыратқыштарда мұндай операция орындалмайды, себебі оларда пайда болатын доғаны өшіретін құрылғылары жоқ. Қалыпты жүктеме тоқтарын қосу және ажыратуға мүмкіндік беретін қарапайым коммутациялық аппарат ВНПР жүктемені автогаз ажыратқышы болып табылады (4.31 сур., а). ВНП жүктеме ажыратқыштары кескіш түрдегі ажыратқыштар негізінде жасарған. Тіреуіш изоляторда қозғалмайтын негізгі контактілермен 3 органикалық шыныдан жасалған газды генерациялайтын астары 7 бар қарапайым доға өшіргіш камера бекітілген (4.31 сур, б). Негізгі қозғалмалы контактілік жүзге 5 доға өшіргіш контактісі 4 бар қапсырма жалғанған, ол қосылған күйде контактілер арасында 6 камераның ішінде болады. Ажыратқан кезде жетек серіппесінің әсерімен валдан 1 негізгі контактілік жүзге 5 қозғалыс беріледі, олар ауа бірінші тарқатылады, бірақ доғалар пайда болмайды, себебі барлық ток доға өткізгіш контакт бойынша өтеді. Жүздің одан әрі қозғалысында 5 доға өшіргіш контактілер тарқатылады, пайда болған доға астарға әсер етеді, және олардан газ бөлінеді. Камерадағы қысым жоғарлайды, ал доға өшіргіш жүзінің камерада шығысында пайдаланылған газ шығады және доға өшеді. Қосқан кезде алдымен доға өшіргіш контактілер, содан кейін – басты контактілер тұйықталады. Ревизиясыз ВО циклдарының шекті мәні: 30 - 630 А номиналды тоғы және  $\cos \varphi > 0,7$  кезінде; 10 — при номинальном токе 630 А и  $\cos \varphi > 0,3$ ; 20 — 5 % номиналды тоғы және  $\cos \varphi > 0,7$  кезінде; 10 — 10 А және одан жоғары кабельдің зарядтау тоғын өшіргенде.

ВНПР ажыратқышы ҚТ /прскв = 41 кА өтпелі тоғына, және /тер = 16 кА қызу төзімділігің тоғына төтеп бере алады. Қысқа тұйықталуды, егер содан кейін доға өшіргіш камераны ауыстырумен ревизия жүргізілетін болса екі рет қосуға рұқсат етіледі.



4.31 сур. ВНИП жүктеме ажыратқышы:

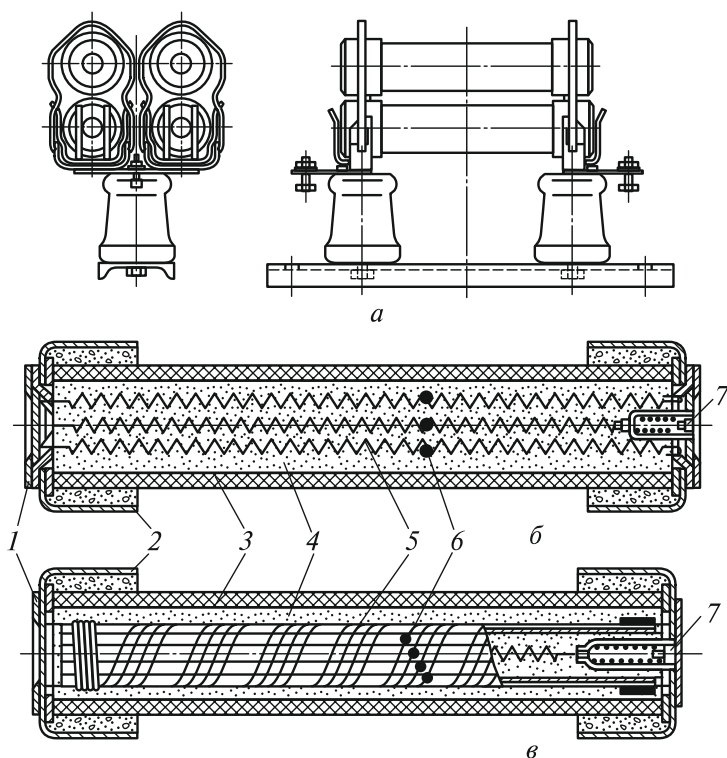
а — жалпы түрі; б — доға өшіргіш камера; 1 — жетек валы; 2 — доға өшіргіш камера; 3 — негізгі қозғалмайтын контакт; 4 — қозғалмалы доға өшіргіш контактісі; 5 — негізгі қозғалмалы контакт жүзі; 6 — қозғалмайтын доға өшіргіш контакт; 7 — газды генерациялайтын астарлар

ВНИП жүктеме ажыратқыштары ПКЭ сақтандырғыштарымен, әртүрлі жерге тұйықтау жүздерімен және жетектерімен: қолмен басқару (ПР), қашықтан өшіру арқылы қолмен басқару (ПРА) немесе электромагниттік (ПЭ) жетектермен толықтырлуы мүмкін.

#### 4.5.6. 1 кВ жоғары балқығыш сақтандырғыштар

Жоғары кернеу сақтандырғыштарының 1 кВ дейінгі сақтандырғыштар сияқты сол бір мәні және сол бір жұмыс ұстанымы болады. ПК сериялы сақтандырғыштар ұсақ дәнді нығыздағышымен 3, 6, 10, 35 кВ кернеуіне және сәйкесінше 400, 300, 200 және 40 А номиналды тоқтарына жасалады. Бұл сақтандырғыштардың тоқ шектеуші әсері болады, ҚТ тоғы кезінде ажыратудың толық уақыты 0,005 — 0,007 с құрайды.

Сақтандырғыш патроны (4.32 сур.) латун қақпақтарымен арматураланған фарфор құбырларынан тұрады. Патронның ішінде мыс және күміс ендіріме қорытпалары орналасады. Доғаны өшірудің қалыпты шарттарын қамтамасыз ету үшін ендіріме қорытпаларының бірнеше ұзындығы және шағын қимасы болу керек. Бұған қабырғалы керамикалық білігіне оралған бірнеше қосарлама ендіріме қорытпаларын 5 (4.32 сур., в қар.), немесе үлкен тоқ кезінде бірнеше шиыршық ендіріме қорытпаларын қолдану арқылы қол жеткізіледі. Құбыр кварц құмдарымен толғаннан кейін, тұқыр тесіктер қақпақтармен 1 жабылады және дәнекерленеді.



4.32 сур. ПК түріндегі сақтандырғыштар:

а — ПК4 жалпы түрі; б — 7,5 А артық тоғына арналған сақтандырғыш патроны; в — 7,5 А дейінгі тоғына арналған сақтандырғыш патроны; 1 — тұтқыр қақпақ; 2 — латун қақпақша; 3 — фарфор құбыры; 4 — кварц құмы; 5 — балқыма ендіріме; 6 — қалайыдан жасалған шариктер; 7 — іске қосу көрсеткіші

Саңылаусыздықтың бұзылуы, құмның ылғалдануы доғаны өшіру қабілетінің жоғалуына алып келуі мүмкін. Балқыту температурасын азайту үшін ендіріме қорытпасымен металлдық әсер қолданылған. Сақтандырғыштың іске қосылуы көрсеткіш 7 бойынша анықталады, ол созылған күйінде серіппені дұрыс ұстап тұратын болат ендірімесі тұтанғаннан кейін құбырдан серіппемен шығарылады. Болат ендірімесі жұмыс ендірімелерінен кейін ол бойынша ток өткен кезде жанады. Кварц түйіршіктері арасындағы тар арналар доғасының тез өшуі орнату окшаулауы үшін қауіпті токтың күшеюіне алып келеді. Токтың күшеюін төмендету үшін жасанды түрде доғаның өшіруін тартады, ол үшін ұзындығы бойынша әркелкі қималардың ендіріме қорытпалары немесе негізгі жұмыс ендірімелеріне қосарлама қосылған ұшқын аралығы бар ендіріме қорытпалары қолданылады.

ПК сериясының түрлері мыналар болып табылады:

ПКТ — күш трансформаторын және желілерін қорғауға арналған сақтандырғыштар;

ПKN — кернеу трансформаторын қорғауға арналған сақтандырғыштар

ПКЭ — экскаваторлық қондырғылардың күш тізбектеріне арналған сақтандырғыштар.

100 А артық тоғы бар тізбектерде сақтандырғыштарды орнату үшін екі немесе төрт патрондар қолданылады (4.32 сур., а қар.).

Доғаның автогаз өшіруі бар сақтандырғыштар 10 кВ және одан жоғары кернеуге жасалады.

Ашық тарату құрылғылары үшін 10, 35 және 110 кВ жасалған ПВТ түріндегі пайдаланылған газ сақтандырғышы кеңінен таралған.

Сақтандырғыштың негізгі бөлігі ішінде ендіріме қорытпасы және контактілік үшпен жалғанған серпінді өткізгіші орналасқан газды генерациялайтын құбыры болып табылады. Мыс ендірімесіне қосарлама серіппе күшін қабылдайтын серіппе өткізгішін шығаруға тырысатын болат ендірімесі орналасқан.

ҚТ кезінде алдымен мыс, содан кейін болат ендімесі балқиды. Серіппе әсерінен серпінді өткізгіш лақтырылады. Ендірмені балқытқаннан кейін пайда болған доға қарқын түрде газ бөлінетін құбырға тартылады. Құбырдағы қысым 10 — 20 МПа дейін жетеді, доғаны өшіретін қарқынды бойлай үрлеу орындалады. Өшіру қызған газдарды шығарумен және қатты дыбыс әсері – атыспен орындалады. Осыған байланысты ПВТ сақтандырғыштары ашық РУ пайдаланылған газ аймағында электр аппараттары болмайтындай орнатылады. Ертеде бұл сақтандырғыштар атқыш деп аталатын (ПСН).

Ажырату процессінде доға ұзындығы серпінді байланысты шығару шамасы бойынша өсіп отырады, сондықтан тоқтың күшеюі пайда болмайды.

Қалыпты режимде қорытпалы ендірме жоғары температураға дейін қызады. Газ туындамас үшін ендірме құбырға емес, құбырдың бір ұшын жауып тұратын метал қақпағына орнатылады.

ПВТ сақтандырғыштары шағын станциялардың жинақ трансформаторларында қолданылады. Олар күш трансформаторларын ҚТ тоқтарынан қорғайды, бірақ басқа зақымдар түрлерінен қорғамайды.

ПВТ сақтандырғыштарынан одан әрі жетілдіру газды генерациялайтын патроны бар автогаз ажыратқыштарының пайда болуы алып келді, оның ішінде қорытпалы ендірме және контактілік жүйе орналасқан. Реле қорғанысынан сигнал алған бетте серіппелі жетек контактілерді бұза отырып, патроннан серпінді байланысты тартады. Пайда болған доға ПВТ сақтандырғышындағы сияқты өшеді.

Мұндай ажыратқыштың кемшілігі қатты доға өшіргішінің тез тозуы, контактілердің бұзылуы, сәйкесінше ҚТ әр өшірген сайын соны және басқаны ауыстыру қажеттілігі болып табылады.

1 кВ жоғары кернеу сақтандырғышын таңдау 1 кВ дейінгі сақтандырғышын таңдауға ұқсас орындалады (4.4.2 тараушығын қар.).

## **4.6 Жоғары кернеу ажыратқыштары**

### **4.6.1. Жалпы мәліметтер**

Ажыратқыш – бұл тоқты қосу және өшіру үшін арналған коммутациялық аппарат.

Ажыратқыш электр қондырғыларында негізгі элемент болып табылады, ол кез келген режимде тізбекте мыналарды қосу және өшіру үшін қызмет етеді: ұзақ жүктеме, асыра жүктеме, қысқа тұйықталу, бос жүріс, синхронды емес жұмыс. Аса ауыр және жауапты операция ҚТ тоқтарын өшіру және қолданыстағы қысқа тұйықталуға қосу болып табылады.

Жоғары кернеу ажыратқыштарына келесі талаптар қойылады:

кез келген тоқтарды сенімді өшіру (ондаған амперден өшірудің номиналды тоғына дейін);

әрекеттің шапшаңдығы, яғни өшірудің барынша аз уақыты;

тез әрекет ететін қайталанатын автоматты қосу үшін жарамдылық, яғни ажыратқыштың өшіргеннен кейін бірден қосылуы;

110 кВ және жоғары ажыратқыштар үшін фаза бойынша (полюс бойынша) басқару мүмкіндігі;

ревизия жеңілдігі және контактілерді қарау; жану және өрт қауіпсіздігі;

тасымалдау және пайдалану ыңғайлылығы.

Жоғары кернеу ажыратқыштары /ном номиналды тоғын және ином номиналды кернеуін ұзақ сақтауы керек.

МЕМСТ 687—78Е сәйкес ажыратқыштар келесі параметрлермен сипатталады.

1.Өшірудің номиналды тоғы — аса көп ҚТ тоғы (қолданыстағы мәні), қалпына келтіруші кернеу шарттары берілген кезде және операциялардың берілген циклінде аса жоғары жұмыс кернеуіне тең кернеу кезінде өшіруге қабілетті ажыратқыш. 3 бөлімде ҚТ тоғы периодтық және аperiodтық құраушылардан тұратыны көрсетілген. Өшірудің номиналды тоғы контактілердің таралу сәтінде периодтық құраушылардың қолданыстағы мәнімен анықталады.

2. $\beta_{\text{норм}}$  өшіру тоғында аperiodтық құраушы тоқтың ұйғарынды салыстырмалы құрамы, %, ол 4.33 суреттегі қисық бойынша анықталады:

$$\beta_{\text{норм}} = \frac{i_{\text{а. ном}}}{\sqrt{2} I_{\text{откл. ном}}} 100.$$

Вн мәнін нормалау контактілерін тарату сәті үшін анықталады  $t = t_{3\min} + t_{c.в} = 0,01 + t_{c.в}$  (3.3 тараушығын қар.).

Егер  $t > 0,09$  с,  $V_{\text{норм}} = 0$ .

3.Операциялар циклі — ажыратқышпен орындалатын коммутациялық операциялардың олардың арасында берілген аралықтары бар жүйелігі.

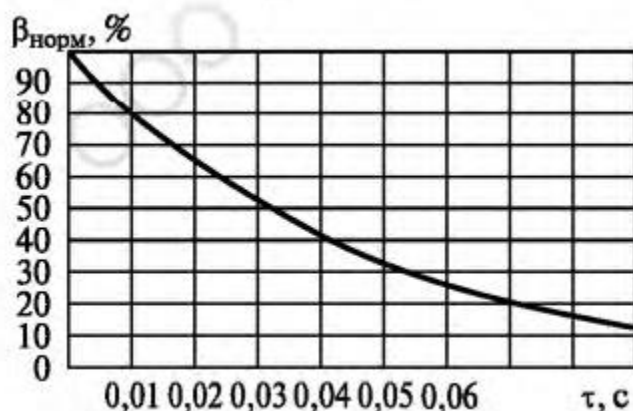
Пайдалануда ажыратқыш қолданыстағы ҚТ өшіруімен бірнеше рет қосылуы мүмкін, сондықтан МЕМСТ 687—78Е ажыратқыштар үшін белгілі бір операция циклін қарастырады.

Егер ажыратқыштар өшірудің автоматты қайталануы (АПВ) үшін арналатын болса, онда циклдер төмендегідей қамтамасыз етілуі керек:

О — 180 с — ВО — 180 с — ВО;

О —  $t_{\text{откл}}$  — ВО — 180 с — ВО.

Уном  $U_{\text{ном}} < 220$  кВ ажыратқыштары сонымен қатар төмендегідей циклді орындауы керек:



4.33 сур. Апериодтық құраушылар құрамын нормалау

О —  $t_{\text{откл}}$  — ВО — 20 с — ВО.

АПВ жоқ ажыратқыштар цикліне төзіп тұру керек:

О — 180 с — ВО — 180 с — ВО,

мұнда О — өшіру операциясы; ВО — қосу және бірден өшіру операциясы; 20, 180 — секундтағы уақыт аралықтары;  $t_{\text{откл}}$  — ажыратқыштар үшін АПВ кезінде кепілдік беретін минималды тоқсыз пауза (келесі қосылған кезде доғаны өшіру уақытынан тоқты пайда болуына дейінгі). АПВ  $t_{\text{откл}}$  бар ажыратқыштар үшін шамамен 0,3 — 1,2 с, БАПВ бар ажыратқыштар үшін — 0,3 с болуы керек.

4.Өтпелі тоқ кезіндегі төзімділік  $I_{\text{кызу}}$  - қызу төзімділігі және  $I_{\text{дин}}$  электр динамикалық төзімділік (қолданыстағы мәні) тоғымен сипатталады, мұнда  $i_{\text{дин}}$  — ең үлкен шыңы (амплитудалық мәні); бұл тоқтардың ажыратқыш қосылған күйінде одан әрі жұмыс істеуіне кедергі келтіретін зақымдарсыз сақтайды.

Өндіруші зауыт қатынасын сақтауы керек.

$$i_{\text{дин}} = 2,55 I_{\text{өшір.ном}}^*$$

5.Қосудың номиналды тоғы — сәйкесінше жетек көмегімен  $U_{\text{ном}}$  және берілген цикл кезінде контактілерді балқытпай және басқа зақымдарсыз қосуға қабілетті ҚТ тоғы. Каталогтарда бұл тоқтың  $I_{\text{вкл.ном}}$  қолданыстағы мәні және  $i_{\text{вкл.ном}}$  амплитудалық мәні келтіріледі.

Ажыратқыштар мына шарттар сақталатындай құрылады

$$I_{\text{вкл.ном}} \geq I_{\text{откл.ном}}; i_{\text{вкл.ном}} \geq 1,8\sqrt{2}I_{\text{откл.ном}}$$

6. Өшірудің өз уақыты  $t_{c.в}$  — өшіру командасын беру сәтінен бастап доға өшіргіш контактілердің жанасуы аяқталған сәтіне дейінгі уақыт интервалы.

Өшіру уақыты  $t_{\text{откл.в}}$  — өшіру командасын беру сәтінен бастап барлық полюстегі доға өшіргіш сәтіне дейінгі уақыт интервалы.

Қосу уақыты  $t_{\text{вкл.в}}$  — қосу командасын беру сәтінен бастап тізбекті тоқтың пайда болуына дейінгі уақыт интервалы.

7.Қалпына келтіруші кернеу параметрлері ауыспалы қалпына келтіруші (ПВН) кернеудің өзінің нормаланған сипатталарына сәйкес анықталады.

8.АПВ үшін арналмаған ажыратқыштар доға өшіргіш құрылғысының қарауысыз ҚТ (0,6— 1) Іоткл.ном тоғы кезінде кем дегенде бес ВО операцияларына рұқсат етуі керек. АПВ үшін арналған ажыратқыштар сол шарттар бойынша Іоткл.ном байланысты ВО 6 бастап 10 дейінгі операцияларына рұқсат етуі керек (МЕМСТ 687—78Е, 4 кесте).

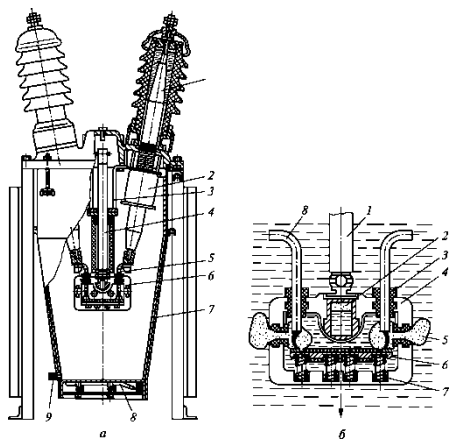
МЕМСТ 687—78Е сонымен қатар ажыратқыштар құрылымына қойылатын басқа талаптар және оларды сынау әдістері келтірілген.

#### 4.6.2. Майлы бак ажыратқыштары

Жоғары кернеу тізбегінде алғашқы ажыратқыштар доғаны өшіру үшін арнайы құрылғысы жоқ майлы бүйір ажыратқыштары болды. Контакттік жүйе болат жерге тұйықтау багінде орналасады, ол доғаны өшіру және тоқ жүргізуші бөліктерді бір бірінен және жерге тұйықтау багынан оқшаулау үшін қызмет етеді. Өшіру кезінде контактілер арасында доға пайда болады, ол майды ыдыратады және буландырады, ішіндегі қысымы 0,5—1 МПа газ-бу көпіршігі пайда болады, онда доға салқындайды және өшеді.

Осындай ажыратқыштардың өшіру қасиеті көп емес, мысалы ВМЭ-6-200 ажыратқышының /отклном = 4 кА бар. Өшіру қабілетінің барынша артуына жоға өшіргіш камерасын қолданумен қол жеткізуге болады. С-35-630-10 ( $U_{\text{ном}} = 35$  кВ,  $I_{\text{ном}}=630$  А,  $I_{\text{откл.ном}}=10$  кА) ажыратқыш құрылғысын қарастырамыз.

4.34 суретте полюс қимасы мен доға өшіргіш екі үзілгіш қозғалмалы камералар көрсетілген (4.34, б сур. қар.). Әр полюс массивті шойын қақпағы жиналған (4.34, а сур. қар.). Қақпаққа бак ілінеді, оның ішкі қабырғалары электр картонымен оқшауланған. Қақпақтың астында штангілердің тік сызықтық қозғалысын қамтамасыз ететін иінтірек жүйесі бар жетек механизмі орнатылған. Барлық үш полюстің механизмдері күшпен өзара және ажыратқыш жетегімен жалғанған. Қақпақтағы тесіктер арқылы ұштарында металл керамикалық жалатпасы бар қозғалмайтын Г-тәріздес контактілері бекітілген кірістер өткізілген. Қақпақтың астындағы әр кірісте кіріктірілген тоқ трансформаторы орнатылған. Штангінің төменгі бөлігіне оқшаулау материалдан жасалған доға өшіргіш камера бекітілген, ол тартпалы бұрандамен жалғанған екі корпустан тұрады. 4.34, б суретте доға өшіргіш камераның корпусы көрсетілген. Камераның ішкі жағы доғаға төзімті оқшаулау материалымен қапталған. Камерада маңдайша түріндегі қозғалмалы контактісі 6 бекітілген, ол төрт контактілік серіппеге 7 тіреледі. Қозғалмайтын контактімен 8 жанасу орындарында метал керамикалық пластиналар дәнекерленген. Өшіру кезінде штанга 1 камерамен 4 бірге төмен қарай түседі, оның нәтижесінде екі жарық жер пайда болады және камерадағы доға жанады (4.34, б сур. қар.). Камерадағы қысым бірден өсіп кетеді, және бүйір пайдаланылған газ тесіктері 5 ашылған соң көлденең үрлеу пайда болады. Үлкен тоқтарды өшіру кезінде бұл үрлеу белсене түседі және доға өшеді. Егер әлсіз тоқтар өшірілетін болса, онда қозғалмайтын контактілер пайдаланылған газ тесіктері 3 арқылы шыққаннан кейін доғаны өшіруін қамтамасыз ететін бойлап үрлеу пайда болады. Доға өшіргіш құрылғысында ауа таяныштары болады – бұл ауаға толған және майға толған доға өшіргіш камерасының негізгі көлемімен қатынасатын шағын ғана металл камерасы 2. Бойлық қиығында осы байланыс жүзеге асырылатын арналар камералары көрінбейді. Доға тұтануының бірінші сәтінде, яғни қысым бірден өскен кезде, майдың бір бөлігі ауаға қысылады, бұл камера қабырғаларындағы соққыны біршама азайтады, ал доғадағы тоқ нөл арқылы өткен кезде және доға жеріндегі қысым азайған кезде қысылған ауа майды ығыстырып, қосымша үрлеуді түзеді.



4.34 сур. С-35-630-10 майлы бак ажыратқышы

а — полюс қиығы; 1 — кіріс; 2 — ток трансформаторы; 3 — жетек механизмінің корпусы; 4 — штанга; 5 — қозғалмайтын контакт; 6 — доға өшіргіш камера; 7 — бак ішілік изоляция; 8 — қыздыру құрылғысы; 9 — май өткізгіш құрылғы; б — өшіру кезінде доға өшіргіш камера: 1 — штанга; 2 — ауа таянышы; 3 — пайдаланылған газ тесігі; 4 — камера; 5 — бүйірдегі пайдаланылған газ тесігі; 6 — қозғалмалы контакт; 7 — контактілік серіппелер; 8 — қозғалмайтын контакт

Доғаны өшіргеннен кейін майды ыдырату өнімдері камерадан шығарылады, бактағы май қабатынан өтеді, салқындайды және қақпақтағы арнайы газ өткізгіштері арқылы сыртқа шығарылады. Камера майға толады, және ажыратқыш келесі операция цикліне дайын.

С-35 ажыратқыштар сериясынан басқа, У-35, У-110, У-220 сериялы бүйір майлы ажыратқыштары әзірленеді. Бұл серия ажыратқыштары 2000 және 3200 А номиналды тоқтарына және 50 кА дейінгі өшіру тоғына есептелген. Ажыратқыштар габариттері қазіргі заман материалдары мен пластмассаларын қолдану есебінен барынша азайған.

Осылайша, 7000 МВ·А өшіру қуаты бар МКП-220 ескі сериялы ажыратқыштың биіктігі 8295 мм және бактің диаметрі 2500 мм, ал 25000 МВА өшіру қуаты бар У-220 жаңа сериялы ажыратқыштың биіктігі 7015 мм, ал бактің диаметрі 1800 мм.

У-220 ажыратқышының үш полюсінде 27 000 кг май бар.

**Бак ажыратқыштарының негізгі артықшылықтары:** құрылымының қарапайымдылығы, жоғары өшіру қабілеті, сыртқа орнатуға жарамдығы, кіріктірілген трансформатор тоғын орнату мүмкіндігі.

**Бак ажыратқыштарының кемшіліктері:** жану және өртке қауіптілігі, бактағы және кірістегі май деңгейін және жағдайын мерзімдік бақылау қажеттілігі, үлкен май көлемі, бұл оны ауыстыруға кететін үлкен уақыт шығынымен, үлкен май қорының қажеттілігімен негізделеді, бөлме ішінде орнату үшін жарамсыздығы, тез әрекет ететін АПВ орындау үшін жарамсыздығы, көп металл шығыны, салмағының үлкендігі, тасымалдауда, монтаждауда және төсеуде ыңғайсыздығы.

Бак ажыратқыштарының аталған кемшіліктері қайта құрастырылатын объектілерде оларды қолданбайтынына, ал қолданыстағылар аз майы және элегазбен ауыстырылатынына алып келді.

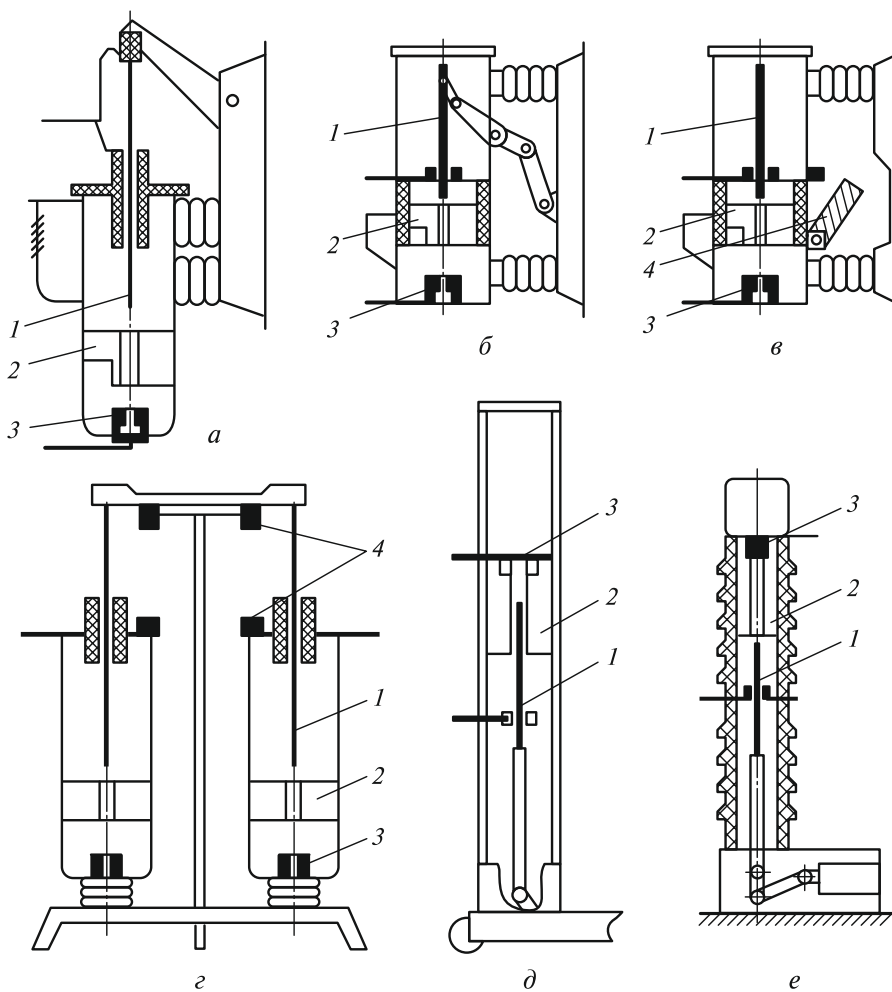
#### 4.6.3. Аз майлы ажыратқыштар

Аз майлы ажыратқыштар (құмыра тәріздес) барлық кернеудегі ашық және жабық тарату құрылғыларында кеңінен қолданысқа ие. Бұл ажыратқыштардағы майлар негізінен доға өткізгіш орта ретінде және тек тартылған контактілер арасындағы жартылай оқшаулаумен қызмет етеді. Ток жүргізуші бөліктерді бір бірінен және дерге тұйықтау құрылымынан оқшаулау фарформен немесе басқа қатты оқшаулау материалдарымен орындалады. Ішкі қондырғыларға арналған ажыратқыштар контактілері болат бағінде (құмырада) орналасады, осыдан ажыратқыштардың «құмыра тәріздес» атауы сақталған. 35 кВ және одан жоғары кернеуімен аз майлы ажыратқыштардың фарфордан жасалған корпусы болады. Аспалы түрдегі 6—10 кВ ажыратқыштары ең кеңінен танымал болып келеді (4.35, а, б сур.). Бұл ажыратқыштарда корпус фарфор изоляторларымен барлық үш полюстер үшін

жалпы рамаға бекітіледі h. Әр полюсте контактілердің бір үзілісі және доға өшіргіш камерасы қарастырылған.

4.35, а, б, көрсетілген түрі бойынша ВМГ-10 (майлы құмыра тәріздес ажыратқыштар), ВПМ-10 (аспалы майлы) әзірлейді.

4.35 в суретте келтірілген құрылымдық сызбасы бойынша ВМП (аз майлы аспалы ажыратқыштар) сериялы ажыратқыштар әзірленеді. Үлкен номиналды ток кезінде бір жұп контактімен (жұмыс және доға өшіргіш рөлін атқаратын) қанағаттану қиын болады, сондықтан ажыратқыштың сыртынан жұмыс контактілері, ал доға өшіргіштер метал багінің ішінде қарастырылады.



4.35 сур. Аз майлы ажыратқыштардың құрылымдық сызбасы (а — е):

1 — доға өшіргіш контактілер; 2 — доға өшіргіш камера; 3 — қозғалмайтын контактілер; 4 — жұмыс контактілер

Үлкен ажыратылатын тоқтарда әр полюстің екі доға өшіргіш үзіндісі болады (4.35, г сур.). Осындай сызба бойынша МГТ және МГ сериялы және 20 кВ дейінгі кернеуіне арналған ажыратқыштар орындалады. Массивті сыртқы жұмыс контактілері 4 үлкен номиналдытоқтар ажыратқышын есептеуге мүмкіндік береді (12000 А дейін).

Арнайы қозғалмалы орындалудағы КРУ үшін 4,35 д суретінің сызбасы бойынша колонкалық аз майлы ажыратқыштар әзірленеді.

35 кВ және одан жоғары қондырғы үшін колонкалық ажыратқыш корпусы май толған, фарфордан жасалған болады (4.35, е сур.). 35, 110 кВ ажыратқыштарында фазаға бір үзіліс, үлкен кернеулерде — екі және одан көп үзілістер қарастырылған.



ВМП сериялы ажыратқыштар жабық және 6 — 10 кВ жинақ тарату құрылғыларында қолданылады. КРУ үшін арналған ажыратқыштардың кіріктірілген серіппелі немесе электромагниттік жетегі болады (ВМПП және ВМПЭ түрлері). Бұл серия ажыратқыштары 630 — 3150 А номиналды тоқтарына және 20 және 31,5 кА ажырату тоқтарына есептелген.

Бұл ажыратқыштардың екі қос тоқ контуры болады (4.35, в сур. қар). Жұмыс контактілері 4 сыртта, доға өшіргіш 1 — корпусының ішінде орналасады. Полюстың ішкі құрылғысы барлық сериялы ажыратқыштар үшін бірдей. 630—1600 А тоғының ажыратқыштарында май саны 5,5 кг, ал 3150 А ажыратқыштарында — 8 кг құрайды.

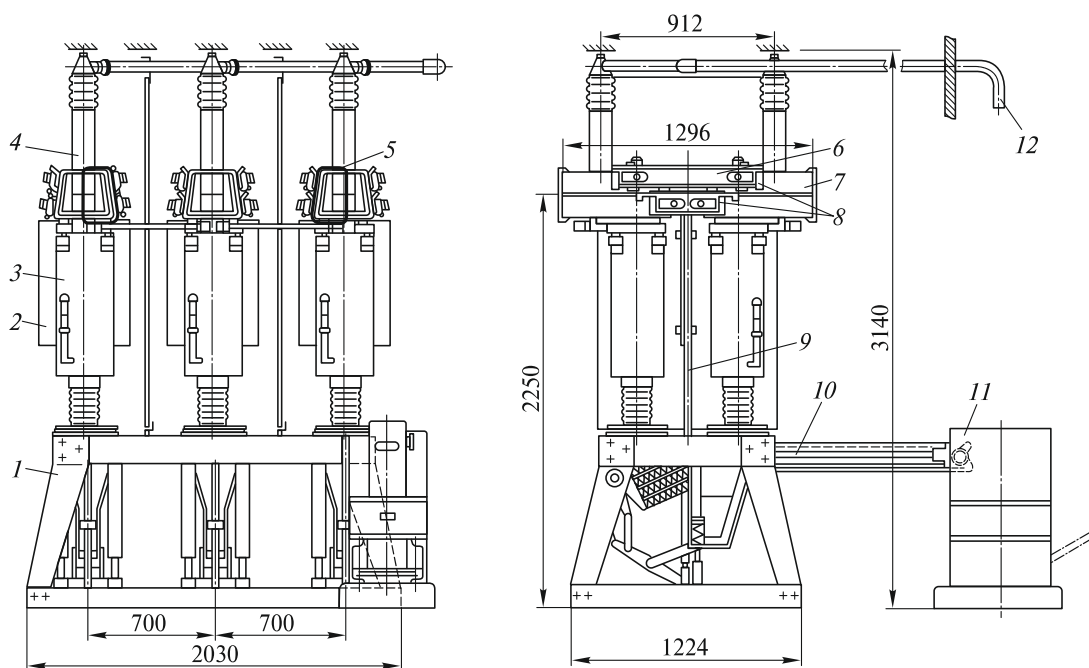
МГГ, МГ және ВГМ сериялы ажыратқыштар 4.35, г. суретте көрсетілген құрылымдық сызба бойынша үлкен номиналды тоқтарға әзірленеді. Бұл серия ажыратқыштарының екі болт полюс багі және екі жұп жұмыс және доға өшіргіш контактілері болады. Мықты жұмыс контактілері осы ажыратқыштардың номиналды тоғын арттыруға мүмкіндік береді, ал екі реттік тоқ үзілісі және арнайы өшіру камералары ажырат қабілетінің артуына алып келеді.

4.36 суретте ВГМ-20 ажыратқышы көрсетілген. Осы ажыратқыштың алты багі изоляторлармен метал негізіне 1 бекітіледі, оның ішінде иіңтірек жетек механизмі, ажырату серіппелері, май және серіппелі буферлер орналасқан. Әр бакта доға өшіргіш контактілер мен қарама-қарсы көлденең үрлеу камерасы болады. Доғаны өшіру кезінде пайда болатын май газдары мен булары май бөлгішке 4 түседі, оның іші фарфор шариктері толған. Май конденсацияланады және қайтадан бакқа түседі, ал газ шығаратын газдар пайдаланылған газ ұшы 12 арқылы сыртқа қарай шығарылады. Тарату құрылғыларын шиналау серпінді компенсаторлар арқылы қорапты профиль 7 шығысына жалғанады. Шеткі фазаларда электр техникалық болаттан жасалған магнит өткізгіштері 5 орналасқан, олар контактілік жүйе бойынша тоқты бірқалыпты таратумен қамтамасыз етеді. Негізгі контактілер (жүздер) траверс 6 сыртында орналасқан және оқшаулау 9 штангісімен жетек механизмі арқылы байланысқан.

Бұл серия ажыратқыштарында екі тоқ контуры болады — негізгі және доға өшіргіш. Ажыратқыш қосылған күйде болғанда, тоқтың көп бөлігі тізбектегі аз кедергінің арқасында негізгі контур бойынша өтеді.

Ажыратқыштың өшірілген күйінде алдымен жұмыс контактілері таралады, бірақ олардың арасында доға пайда болмайды, себебі тоқ доға өшіргіш контурда өтін жалғастырады. Қосқан кезде алдымен жоға өшіргіш контактілер, содан кейін жұмыс контактілер тұйықталады.

Бұл серия ажыратқыштары басқару үшін ПС-31 немесе ПЭ-2, ПЭ-21 электр магнит жетектері қолданылады.



4.36 сур. ВГМ-20/11200У3 ажыратқышы

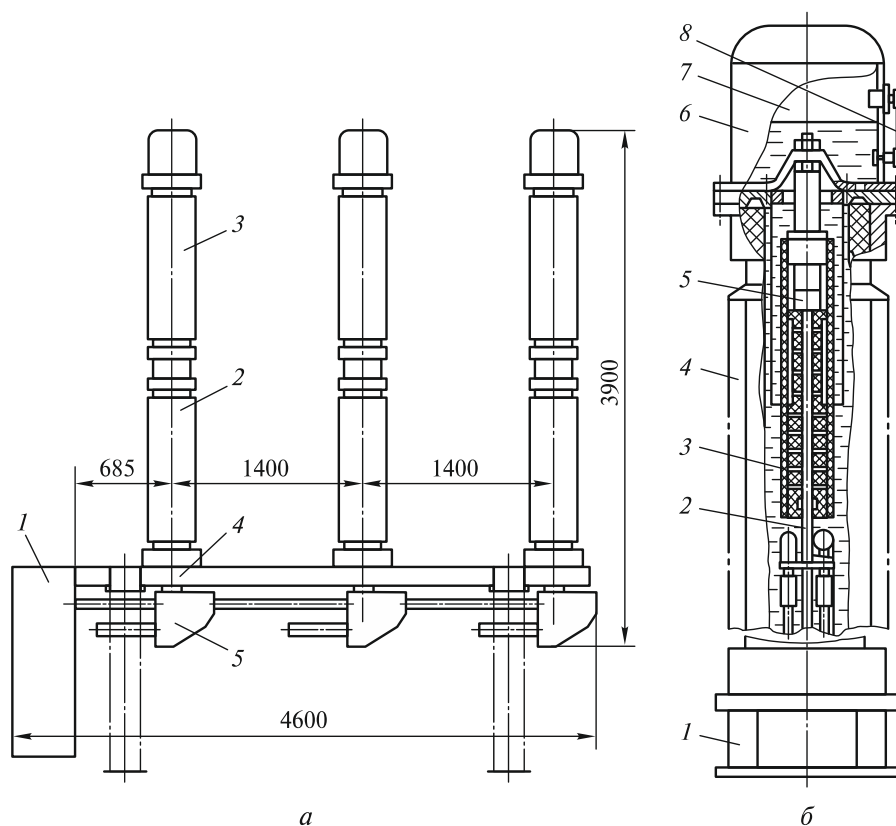
- 1 — негізі; 2 — полюс аралық қатпар; 3 — бак; 4 — май бөлгіш; 5 — магнит өткізгіш; 6 — траверса; 7 — қорапта профиль шығысы; 8 — негізгі контактілер жүздері; 9 — штанга; 10 — жетек күші; 11 — жетек; 12 — газ шығысының пайдаланылған газ ұшы

Осындай сындарлы схемада (4.35, г суретін қараңыз) 6300, 11200 А, сыну сыйымдылығы 90 кА, 300,320 кДа электро динамикалық тұрақтылығы, 90, 105 кА жылу кедергісі үшін жасалған, МГУ қосқыштары дайындалған [1.3]

ВК-10 баған түріндегі төменгі майлы ажыратқыштар серіппелі жетекпен және ВКЭ-10 электромагниттік дискімен жабық және ашық аспаптарда пайдалануға арналған.

35 кВ қондырғыларында ВМК, ВМУЭ май құйылған серияларын ауыстырады.

110 және 220 кВ қондырғыларында ВМТ сериясының ажыратқыштары пайдаланылады (4.37-сурет, а).



4.37 сур. ВМТ-110 май құятын сөндіргіш

а - жалпы көрініс: 1 - серіппелі жетек; 2 - оқшаулағыш тірек; 3 - ажыратқыш, 4 - ауыстырғыш базасы; 5 - басқару механизмі; б - артерия модулі; 4 - қуыс фарфорды оқшаулағыш; 5 - тіркелген байланыс; 6 - қақпақ; 7 - буферлік көлемі; 8 - мұнай деңгейінің индексі

ВМТ-110 ажыратқышының үш полюсі жалпы дәнекерлеу негізінде 4 бекітілген және серіппелі жетекпен 1 басқарылады. Ажыратқыш полюсі майға толған колоннаны білдіреді, ол тіреуіш изоляторынан 2, доға өшіргіш құрылғысынан 3, басқару механизмінен 5 және электр қыздырғыш құрылғысынан тұрады.

Доға өшіргіш құрылғы (модуль) ток алатын құрылғысы арқылы қозғалмалы контактімен 2 байланысқан ток шығысынан 1 (4.37, б сур), қарама-қарсы көлденең үрлеудің доға өшіргіш камерасынан 3, қозғалмайтын контактіден 5 тұрады. Бұл барлық элементтер трансформатор майын толған және қақпақпен 6 жабылған фарфорға толы изоляторда 4 орналасқан. Қақпақ доға өшіргіш құрылғыда артық қысымды бақылау үшін манометрмен жабдықталған, бұл қысылған газбен, автоматты шығару клапанымен толған, май деңгейін көрсеткішімен 8 толтыру құрылғысы. Доғаны өшіру процессінде май деңгейі буферлік көлемді жартылай баса отырып көтеріледі.

Тіреуіш изолятордың ішінде 2 (4.37, а сур. қар) қозғалмалы контактіні басқару механизмімен байланыстыратын оқшаулау күштері орналасқан.

Май толған колонналар саңылаусыздандырылған және артық газ қысымында (азот немесе ауа) болады.

Артық қысым контакт арасындағы аралықтың жоғары электр беріктілігін сақтап тұрады,

контактілердің тозуға төзімділігін арттырады, ҚТ тоқтарын, сонымен қатар электр берілісінің жүктелмеген сыйымдылық тоқтарын сенімді ажыратумен қамтамасыз етеді. Артық қысым қысылған газбен пайда болады, ол баллондардан немесе компрессордан ажыратқышты пайдалануға берердің алдында беріледі және кезекті ревизияға дейін толмай сақталады.

35 кВ және одан жоғары аз майлы ажыратқыштар құрылымы номиналды тоқтарды және ажырату қабілеттерін арттыру мақсатында жетіліп отырады. Әлем тәжірибесінде аз майлы ажыратқыштар 420 кВ дейінгі кернеуге әзірленеді.

**Аз майлы ажыратқыштардың артықшылықтары:** майдың аз көлемі, салыстырмалы аз салмақ, бак ажыратқыштарына қарағанда ыңғайлырақ, доға өшіргіш контакттеріне қол жетімдік, жүйеленген тораптарды қолданумен әртүрлі кернеулерге ажыратқыштар сериясын құру мүмкіндігі.

**Аз майлы ажыратқыштардың кемшіліктері:** жану және өрт қауіптілігі, бірақ бак ажыратқыштарына қарағанда барынша төмен; тез әрекет ететін АПВ қосу мүмкіндігі жоқ; доға өшіргіш бакта майды жиі ауыстыруға байланысты мерзімдік бақылау, үстінен құю қажеттілігі; кіріктірілген трансформатор тоғын орнату қиындығы, салыстырмалы аз ажырату қабілеті.

Аз майлы ажыратқыштарды қолдану аясы – электр станция және шағын станциялардағы 6, 10, 20, 35 және 110 кВ жабық тарату құрылғылары, 6, 10 және 35 кВ жинақ тарату құрылғылары және 35, 110, 220 кВ ашық тарату құрылғылары.

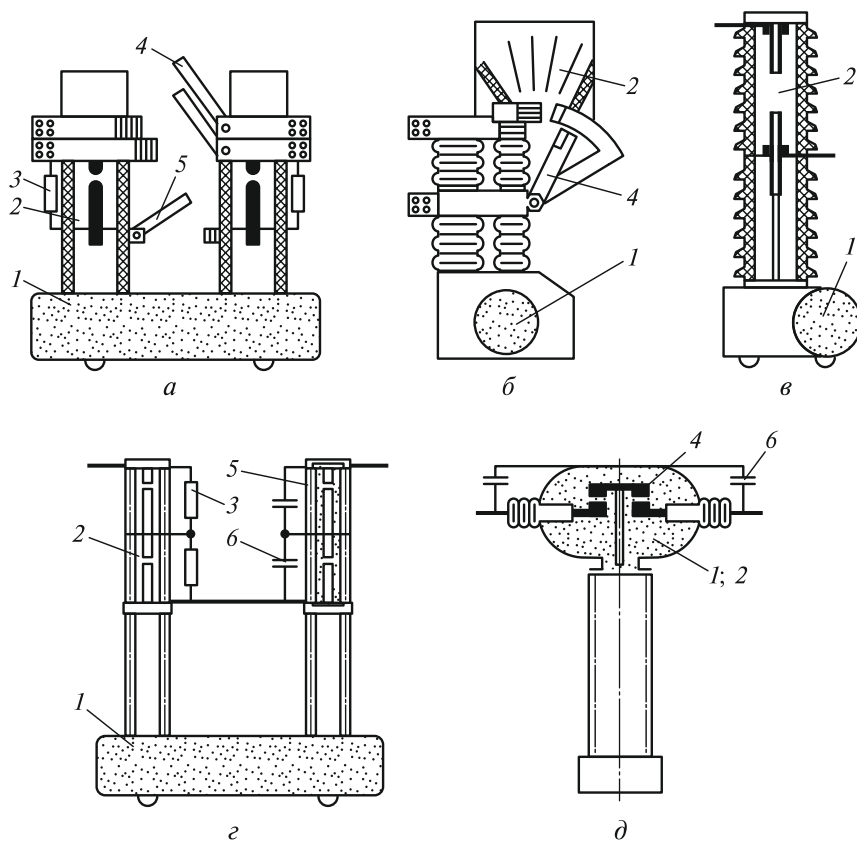
#### 4.6.4. Ауа ажыратқыштары

*Ауа ажыратқыштарында доғаның өшуі қысылған ауамен, ал тоқ жүргізуші бөліктерді және доға өшіргіш құрылғыны оқшаулау фарформен немесе басқа қатты оқшаулау материалымен орындалады.*

Ауа ажыратқыштарының құрылымдық сызбалары әртүрлі және олардың номиналды кернеуіне, өшірілген күйде контакттер арасында оқшаулау аралығын құру әдісіне және қысылған ауанды доға өшіргіш құрылғыға беру әдісіне байланысты болады.

Үлкен номиналды тоқтар ажыратқыштарында (4.38, а, б сур.) МГ және ВГМ аз майлы ажыратқыштарында сияқты негізгі және доға өшіргіш контурлар болады. Қосылған күйде тоқтың негізгі бөлігі ашық орналасқан негізгі контакттер 4 арқылы өтеді. Ажыратқыштың өшірілген күйінде негізгі контакттер бірінші тарқатылады, содан кейін барлық тоқ доға өшіргіш камераға 2 негізделген доға өшіргіш контакт бойынша өтеді. Бұл контакттер тарқатылған кезде камераға қысылған ауа резервуардан 1 келіп түседі, доғаны өшіретін мықты үрлеу пайда болады. Үрлеу бойлық (4.38, а суретті қар.) және көлденең болуы мүмкін (4.38, б суретті қар.). Өшірілген күйдегі контакттер арасындағы қажетті оқшаулау аралығы доға өшіргіш камерада контакттерді жеткілікті қашықтыққа тарату жолымен (4.38, б суретті қар.) немесе ашық орналасқан арнайы бөлгішпен құрылады (4.38, а суретті қар.). Бөлгішті өшіргеннен кейін 5 камераға қысылған ауаны беру тоқтайды және доға өшіргіш контакттер тұйықталады. Осындай құрылымдық сызба бойынша жасалған ажыратқыштар 15 және 20 кВ кернеуі және 20000 А дейінгі тоққа (ВВГ сериясы), сонымен қатар 35 кВ (ВВЭ-35-20/1600У3) ішкі қондырғы үшін әзірленеді.

Ашық қондырғылар үшін ажыратқыштарда доға өшіргіш камера фарфор изоляторының ішінде орналасады, онымен қоса 35 кВ кернеуіне бір фаза үзілісі (4.38, в сур.), 110 В үшін – екі фаза үзілісі (4.38, г сур.) жеткілікті болады. Бұл құрылымдар арасындағы айырмашылық 35 кВ ажыратқышында оқшаулау аралығы доға өшіргіш камерада құрылады, ал 110 кВ және одан жоғары кернеуімен ажыратқыштарда доғаны өшіргеннен кейін бөлгіш контакттері 5 тарқатылады және бөлгіш камерасы өшірілген күйінің барлық уақытында қысылған ауамен толған қалпында қалады, онымен қоса доға өшіргіш камераға қысылған ауа берілмейді және ондағы контакттер тұйықталады. 4.38 г. сур. құрылымдық сызба бойынша 500 кВ дейінгі кернеуге арналған ВВ сериялы ажыратқыштар құрылған.



4.38 сур. Ауа ажыратқышының құрылымдық сызбалары (а — д):

1 — қысылған ауасы бар резервуар; 2 — доға өшіргіш камера; 3 — тұйықтаушы резистор; 4 — негізгі контактілер; 5 — бөлгіш; 6 — кернеудің сыйымдылық бөлгіші

Номиналды кернеу неғұрлым жоғары болса және кесу күші неғұрлым жоғары болса, онда доға мен сепараторда (330 кВ-сегізде, 500 кВ-де) неғұрлым көп үзілістер болуы керек.

Қарастырылған конструкцияларда ауаны коммутатор базасының жанында орналасқан резервуардан құйылған камераларға жеткізеді. Егер контакт жүйесі жерден оқшауланған қысылған ауаға қойылса, доғалық сөндіру жылдамдығы айтарлықтай артады. Мұндай ажыратқыштарда бөлгіш болмайды. Ажыратқышты өшіру кезінде бір уақытта қысылған ауа резервуары болып табылатын доға өшіргіш камера 2 үрлеу клапандары арқылы атмосферамен қатынасады, осының арқасында доғаны өшіретін үрлеу пайда болады. Өшірілген қалпында контактілер қысылған ауа ортасында болады. Мұндай құрылымдық сызба бойынша 750 кВ дейінгі ажыратқыштар жасалған.

Доға өшіргіш камералардың саны кернеуге байланысты болады: 110 кВ — біреу; 220, 330 кВ — екеу; 500 кВ — төрт; 750 кВ — алты (ВВБК сериясында).

Үзінділер бойынша кернеуді бірқалыпты тарату үшін омдық 3 және сыйымдылық 6 кернеу бөлгіштері қолданылады. Кейбір ауа ажыратқыштарының құрылымын толығырақ қарастырайық.

ВВГ-20 ауа ажыратқышы мықты генератор тізбегінде орнату үшін арналған және 12500 А дейінгі токқа, желдеткішпен үрлегенде 1 — 20000 А (4.39 сур.) тоғына есептелген.

Негізгі ток жүргізуші контур контактілік шығыстан 4 және ажыратқыштан 5 тұрады. Доға өшіргіш контур екі камерадан 3 және 8, резистордан 2, бөлгіштен 9 тұрады. Екінші камераның жүйелі түрде резисторымен 2 қосымша камера 6 өзінің резисторымен 7 және ұшқын аралығымен жалғанған. Қосылған күйінде токтың негізгі бөлігі негізгі контур бойынша өтеді.

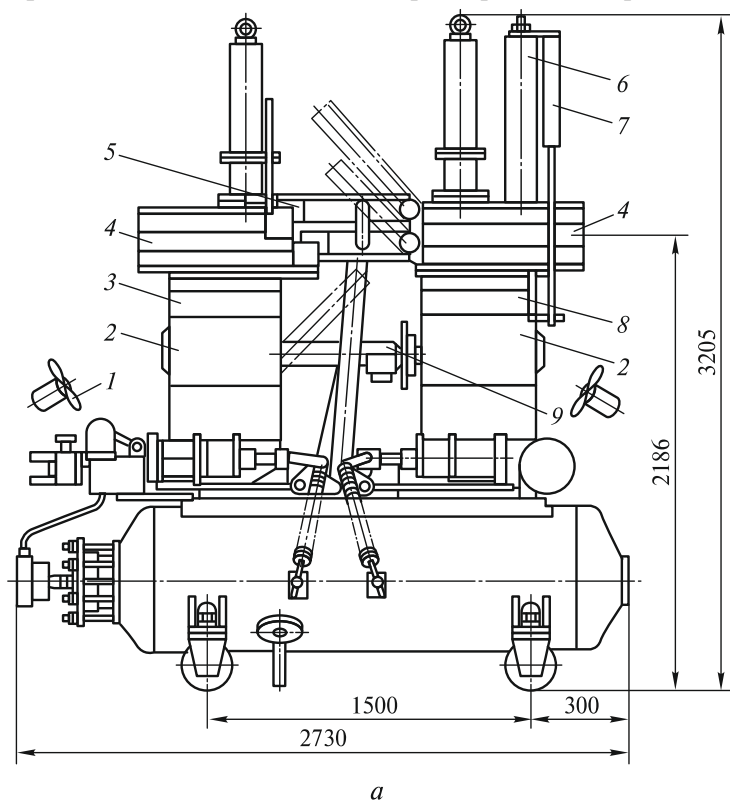
Өшіру келесі тәртіппен орындалады: бөлгіш контактілері 5 тарқатылады, және барлық доға өшіргіш контурына өтеді, мұнда доға өшіргіш контактілер 3 және 8 камерасында болады (4.39, б сур. қар.). Бұл сәтке камераларға қысылған ауа беріледі (қысым 2 МПа), ол бойлап үрлеуді түзеді, нәтижесінде доға 1,01 с кейін өшеді. Резистор 2 арқылы өтетін ток қосымша камера 6 контактілерінен ажыратылады. Онымен қоса екі жағдай болуы мүмкін. Егер ажыратқыш үлкен ҚТ тоғын өшіретін болса, ал тізбектегі

реактивті кедергі тұйықтаушы резистордың 2 белсенді кедергісінен аз болса, онда қалпына келу жылдамдығы аз болады және өшіру процессі доғаны қосымша камера контактілерінде өшірумен аяқталады. Егер ажыратқыш резистор кедергісіне тең немесе одан жоғары үлкен индуктивтік кедергісі бар тізбек тоғын өшіретін болса, онда қосымша камера контактілеріндегі қалпына келу жылдамдық үлкен болады. Мұндай жағдайда доғаны өшіргеннен кейін камера контактілерінде 6 ұшқын аралығы пайда болады және контактілерге қосарлама тұйықтаушы резистор 7 қосылады. Токтың келесі нөл арқылы өтуінде ұшқын аралығындағы доға ауа ағынымен өшеді.

Соңғы бөлгіш жүзі 9 өшеді, ол тізбектің соңғы үзілісін құрайды. Бөлгішті өшіргеннен кейін 3 және 8 камераларына ауа берілісі тоқтайды және қозғалмалы контактілер серіппе әсерімен қосылған күйіне оралады. Бұл ажыратқыштың толық өшу уақыты 0,17 с құрайды. Қосқан кезде алдымен бөлгіш жүзі 9, содан кейін ажыратқыш жүзі 5 тұйықталады.

Өшіру камералары, резисторлар тіреуіш изоляторына бекітілген.

Қосу және өшіру операциясын орындау, жеке тораптар жұмысының реті полюстің пневматикалық жүйесімен қамтамасыз етіледі. Қарастырылған ажыратқыш АПВ үшін арналмаған.



4.39 сур. ВВГ-20 ауа ажыратқышы:

а — жалпы түрі; б — электрлік функция сызбасы; 1 — үрлеу желдеткіші; 2 — резистор; 3, 8 — доға өшіргіш камералар; 4 — контактілік шығыстар; 5 — ажыратқыш; 6 — резисторы бар қосымша камера; 7; 9 — бөлгіш

Генераторлар тізбегінде генераторды өздігінен синхрондау ( $I_{вкл} = 115 \text{ кА}$ ) кезінде қосуға және ҚТ ( $I_{пр.с} = 480 \text{ кА}$ ) үлкен өтпелі тоғына есептелген  $I_{ном} = 15 \text{ кВ}$  арнайы жүктеме ажыратқыштары (ВНСГ) қолданылады. Мұндай ажыратқышпен генераторды ( $I_{ном} = 12000 \text{ А}$ ) жүктемемен қосуға және өшіруге болады, сонымен қатар  $31,5 \text{ кА}$  дейінгі ҚТ тоғын өшіруге болады. ВНСГ ажыратқышы жинақ то жетегіне кіріктіріледі. Доғаны өшіру  $0,6 \text{ МПа}$  қысымы бар қысылған ауамен орындалады.

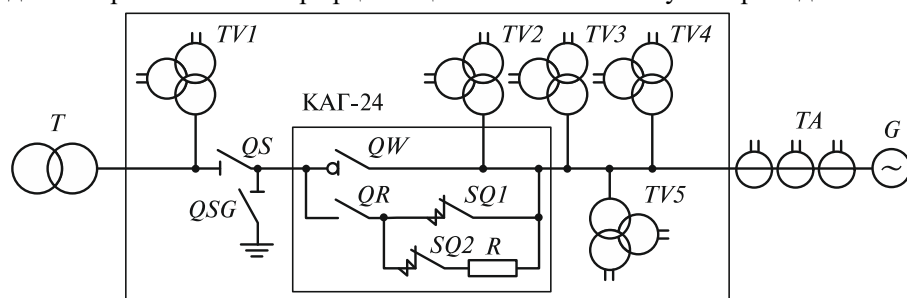
Соңғы кездері  $800, 1000 \text{ МВт}$  энергоблоктарында АЭС КАГ-24 жинақ аппаратын қолдануда, оның негізгі бөлігі  $30 \text{ кА}$  токқа,  $24 \text{ кВ}$  кернеуге есептелген жүктеме ажыратқышы болып табылады. Жүктеме ажыратқышы  $2 \text{ МПа}$  номиналды ауа қысымында  $30 \text{ кА}$  өшіре алады және  $75 \text{ кА}$  (амплитудалық мәні) токты қоса алады. Жүктеме ажыратқышы АПВ үшін және «өшіру-қосу» толық циклін орындауға арналмаған:  $0—180—\text{В0}—180—\text{В0}$  [4.4].

КАГ-24 құрылғысы генератор кернеуінің жинақ ток жетегіне кіріктіріледі.

4.40 суретте КАГ-24 полюсінің электр сызбасы көрсетілген. Әр полюстің құрамында QW жүктеме ажыратқышы, бір QSG негізгі тізбектің кіріктірілген жерге тұйықтаушысы бар QS бөлгіші, ЗНОЛ-0,6-24У3 түріндегі TV бес кернеу трансформаторы бар.

КАГ-24 жинақ құрылғысы оперативті коммутация және қалыпты режимде  $800$  және  $1000 \text{ МВт}$  генераторларының негізгі шығыс тізбегіндегі кернеуді өлшеу үшін, сонымен қатар өшірілген күйде қажетті оқшаулау аралығын құру және алынып тасталынған учаскені жерге тұйықтау үшін арналған. Жинақ құрылғысының QW жүктеме ажыратқышының қосылған күйінде QS бөлгішін қосуға және өшіруге, QW ажыратқышы немесе QS бөлгіші қосылғанда QSG жерге тұйықтау ажыратқышын қосу және өшіруге тыйым салатын блоктауы бар.

Токты өшіру кезінде бірінші QW негізгі контактілері тұйықталады, ток QR бөлгіш контактілері және ток үзілген кезде токтың күшеюін төмендету үшін R ( $15 \text{ Ом}$ ) белсенді кедергісімен тұйықталған SQ1 доға өшіргіш контактілер арқылы қос жол бойынша өтуге тырысады.



SQ1 өшіргеннен кейін, R кедергісімен шектелген ток SQ2 қосымша доға өшіргіш контактілерімен ажыратылады, содан кейін QR бөлгіші және басты токсыз тізбектегі ажыратқышы өшеді. Бөлгіш өшкеннен кейін ауа берілісі тоқтайды, және SQ1 мен SQ2 контактілері өздерінің серіппелері әсерінен қосылған күйіне оралады. Ажыратқышты өшірудің өз уақыты  $0,15 \text{ с}$  тең, ажыратқышты өшіру уақыты  $— 0,25 \text{ с}$ .

КАГ-24 ажыратқышы ревизиясы  $30 \text{ кА}$  дейінгі токқа  $16$  ажырату операцияларын және  $5 \text{ кА}$  дейінгі токқа  $500 \text{ В0}$  операцияларын өткізе алады.

КАГ-24-30/30000У3 мәжбүрлі үрлеуі болады.

Генераторлық жүктеме ажыратқыштары блоктық ЖЭС және АЭС сызбаларының серпінділігі мен сенімділігін арттырады (5.4, 5.5 тараушықтарын қар.).

ВВ ауа ажыратқыштары  $110 — 500 \text{ кВ}$  қондырғыларында кеңінен қолданылады. Олардың құрылымы 4.38, г суретке сәйкес келеді және әртүрлі кернеуде доға өшіргіш камераларымен және ауаға толған бөлгіштер санымен ажыратылады. Доғаны өшіру және ажырату үшін оларда  $2 — 4 \text{ МПа}$  ауа қысымы қолданылады.

Қазіргі кезде бұл серия ажыратқыштары ақырындап аса жетілген және тез әрекет ететін ажыратқыштармен ығыстырылуда.

Барлық қарастырылған ажыратқыштарда жерге тұйықталған резервуардың қысылған ауасы оқшауланған ауа өткізгіші бойымен немесе изолятордың ішкі бетімен доға өшіргіш камерасына беріледі, олардың ұзындығы ажыратқыштың номиналды кернеуі байланысты. Камераны қысылған ауамен толтыру уақыты резервуардағы қысылған ауаға және ауа өткізгіштің ұзындығына байланысты.

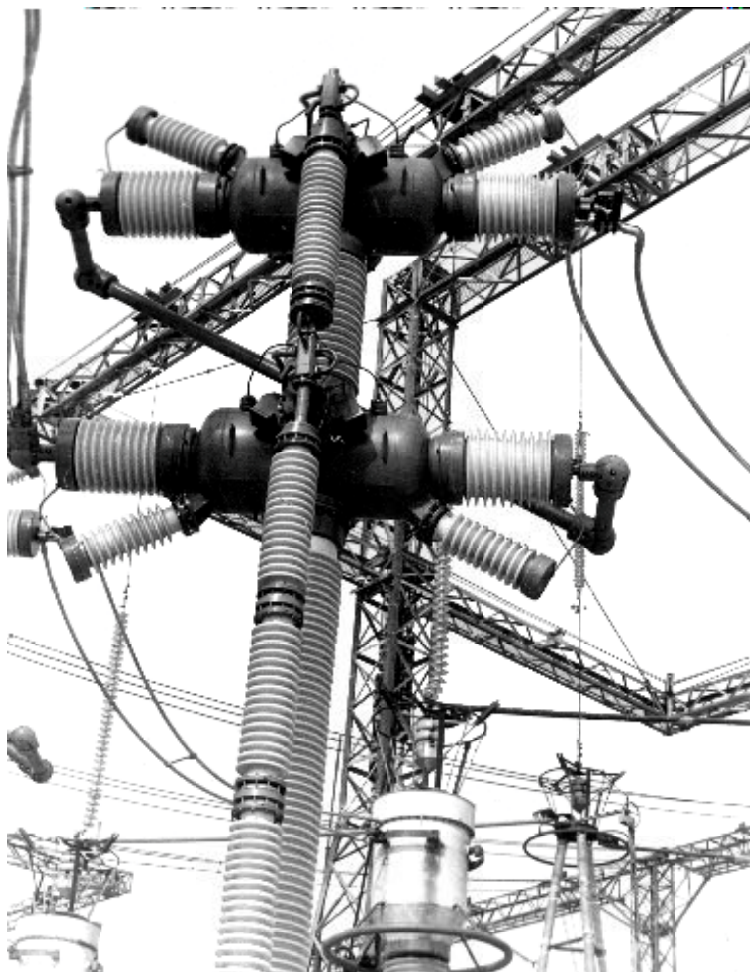


болады. 35 и 110 кВ ажыратқыштарында бұл уақыт 0,003 — 0,005 с, 150—220 кВ ажыратқыштарында - 0,007 — 0,01 с, 330—500 кВ ажыратқыштарында — 0,013 — 0,014 с құрайды. Камераны толтыру уақытын арттыру ажыратқыштың өзінің өшіру уақытын арттырады, онымен қоса ауа ажыратқышының негізгі көрсеткіші – тез әрекет етуі нашарлайды.

ВВБ сериялы ажыратқыштардың (4.38, д сур. қар.) жерден оқшауланған қысылған ауа резеруары болады, оның ішінде контактілік жүйе орналасады. Сондықтан бұл аса жоғары кернеу ажыратқыштарының өздерінің өшіру уақыты ВВ сериялы ажыратқыштарға қарағанда азырақ болады. ВВ ажыратқышының өшіргіш камерасындағы ауа қысымы он үнемі доға өшіру моментіне берудің арқасында номиналдың жартысына тең болады. ВВБ ажыратқыштарында ауа қысымы өшіру моментінде номиналға тең болады, сондықтан бұл ажыратқыштардың үлкен өшіру қуаты болады.

Қазіргі кезде ВВБ сериялы ажыратқыштар жаңартылған. Жаңа ВВБК ажыратқыштары (ірі модульдік) 4 МПа ауа қысымында жұмыс істейді, ал доғаны өшіру камерасында негізгі үрлеуден басқа ВВБ сериясы сияқты тоқ жүргізуші кіріс өзегі арқылы жану өнімдерін үрлеумен қозғалмайтын контактілер арқылы қосымша үрлеуі бар. Бұл ажырату тоғын 50 — 56 кА арттыруға, ал полюстегі модульдер санын қысқартуға мүмкіндік береді: 330 кВ үшін төрт модульдің орнына (ВВБ) ВВБК сериясында – екі модуль, 500 кВ үшін алты модульдің орнына – төрт модуль, 750 кВ үшін сегіз модульдің орнына – алты модуль.

4.41 суретте ВВБК-220 ажыратқышының полюсі көрсетілген, ол тіреуіш изоляторында 1 орналасқан екі доға өшіргіш модульдерден 3 тұрады.



4.41 сур. ВВБК-220 ауа ажыратқышының полюсі:

- 1 — тіреуіш изолятор; 2 — басқару колонкасы; 3 — доға өшіргіш модульдер;  
4 — белгіш конденсаторлар

Белгіш конденсаторлар 4 доғаны өшіру процессінде және ажыратылан күйінде доға өшіргіш камералар үзілістері бойынша кернеуді теңестіру үшін қызмет етеді.

Тіреуіш изоляторының қасында басқару колонкасы 2 орналасқан, онда үнемі қысылған ауаны камераға 3 беріп тұратын шыны пластик ауа өткізгіші орналасқан. Ауа өткізгішінің ішінен шыны пластик күші өтеді, ол полюсті басқару шкафынан басқару әсерін доға өшіргіш құрылғылардың басқару блогына беру үшін қызмет етеді. Контактілерді басқарудың механикалық жүйесі ажыратудың толық уақытын 0,02 с (110 кВ) және 0,04 с (220 кВ) қысқартуға мүмкіндік берді.

750, 1150 кВ кернеулеріне «Электроаппарат» ВО ААҚ ВВБК модульдері негізінде аспалы ажыратқыштар жасалды.

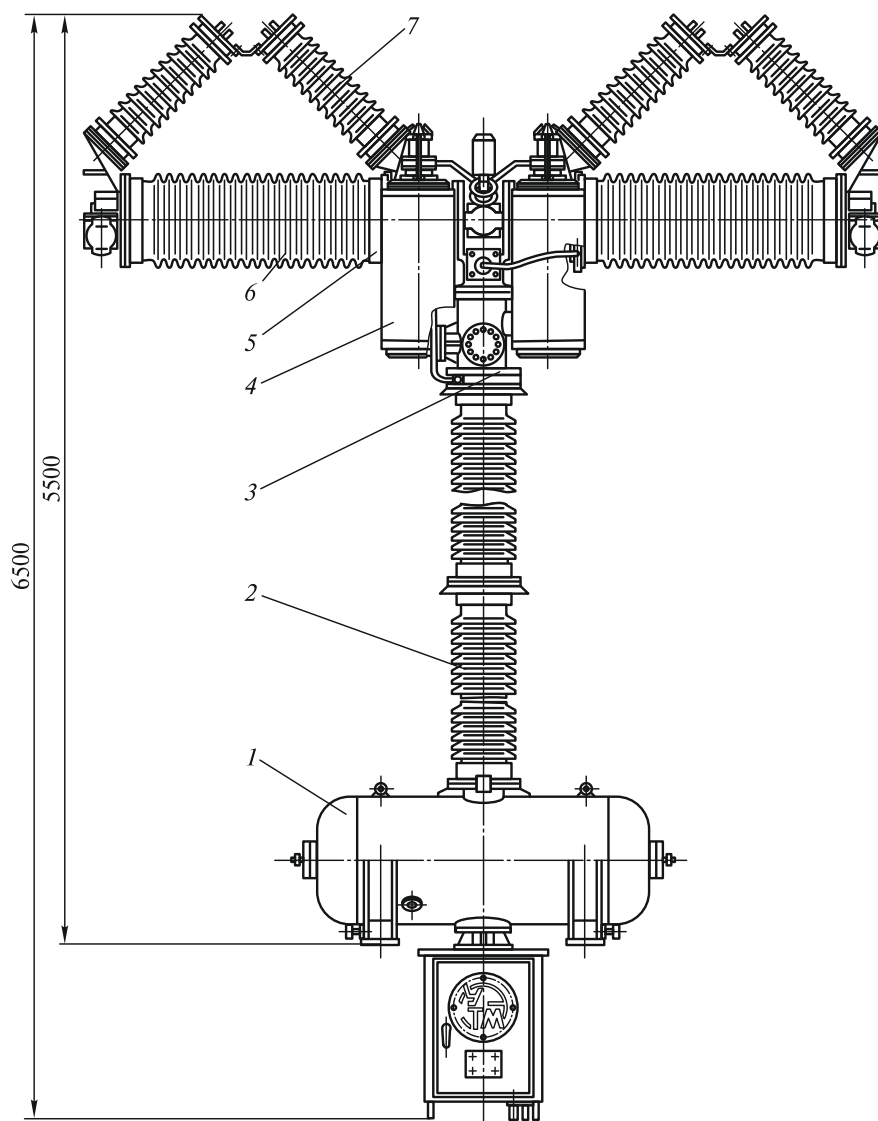
1150 кВ кернеуіне арналған ажыратқыштар порталға ілінген ВВБК алты модулінен тұрады. Әр жарты полюсте үш модуль, қысылған ауа қорегі бар колонна және басқару колоннасы бар. Ажыратқышта пневможарық басқару жүйесі қолданылған, ол ажыратқыштың ажырату уақытын командалық импульсті беру уақытын азайтудың арқасында қысқартуға мүмкіндік береді (?откл.с = 0,022 с).

Қарастырып отырған серияның модульдік ұстанымы қажеттілігі бойынша істен шыққан модульді жаңа модульге айырбастауға мүмкіндік береді. Мұндағы жөнде ұзақтығы барынша азаяды, бұл жалпы қондырғының жұмыс сенімділігін арттырады.

ВНВ сериялы ажыратқыштардың 220 — 250 кВ кернеуіне арналған екі үзілген іріленген доға өшіргіш модульі болады. Бұл серияның 110—1150 кВ арналған барлық ажыратқыштары басқару шкафы және тіреуіш оқшауланған колоннасы бар резервуардан тұрады, оған доға өшіргіш модуль монтаждалады. 220 кВ ажыратқышының полюсі бір екі үзілген модульі бар бір тіреуіш колонкадан (4.42 сур), 500 кВ — екі тіреуіш колонкадан және екі модульдан, 750 кВ — үш колонкадан және үш модульдан, 1150 кВ — бес колонкадан және бес модульдан тұрады. 110 кВ ажыратқышының полюсінің бір реттік модульі болады.

Доға өшіргіш модуль — бұл екі үзілген камера, оның контактілік жүйесі үнемі қосылған күйінде де, ажыратылған күйін де қысылған ауа ортасында (4 МПа) болады. Контактілер метал резервуарын монтаждалған, онда тұйықтаушы резисторы 4 бар және олардың механизмдерінің коммутациялары бар, сонымен қатар қысылған ауаға толы контейнерлер болады. Тоқ жүргізуші бөліктер контактілік жүйеге оқшаулау кірістері 6 арқылы жалғанған. Камерадағы доғаны өшіру контактінің ішкі бетінен шығарылатын қысылған ауаны екі жақтан үрлеу және атмосфераға пайдаланылған газды шығару арқылы орындалады. Контактілердің екі ретті қозғалысы болады: доғаны өшірген кезде контактілер арасында минималды мән болады, онымен қарқынды үрлеу қамтамасыз етіледі, доғаны өшіріп біткен соң қозғалмалы контакт максималды қашықтыққа ауысады, осылайша қажетті электр беріктілігі қамтамасыз етіледі.





4.42 сур. ВНВ-220 ауа ажыратқышының полюсі:

1 — резервуар; 2 — изолятор; 3 — жетек механизмі; 4 — тұйықтаушы резистордың блогы; 5 — өшіру камерасы; 6 — окшаулау кірісі; 7 — конденсатор

ВНВ ажыратқышында қолданылатын пневмомеханикалық құрылғы ажыратудың өзіндік уақытын 0,02—0,025 с дейін қысқартады.

Доға өшіргіш үзінділер арасында кернеуді тарату қосарлама қосылған конденсаторлар 7 көмегімен орындалады.

Барлық фарфор қақпақтары қысылған ауа және шыны эпоксидті цилиндрдің динамикалық жүктемесі әсерінен толық жүктелген болады.

Ажыратқыштардан басқа тіреуіш изоляторына ВНВ сериялы модулі бар аспалы ажыратқыштар құрылымы жасалған, ол ОРУ алаңын барынша үнемдеумен қамтамасыз етеді.

ВНВ сериялы ажыратқыштар 40—63 кА ажырату тоғына есептелген. ВВБ ажыратқыштарына қарағанда бұл ажыратқыштардың салмағы және габариттері аз болады.

**Ауа ажыратқыштарының келесі артықшылықтары бар:** жану және өрт қауіпсіздігі, тез әрекет ету және тез әрекет ететін АПВ орындау мүмкіндігі, жоғары ажырату қабілеті, желінің сыйымдылық тоқтарын сенімді ажырату, доға өшіргіш контактілердің аз тозуы, доға өшіргіш камераларын оңай қол жеткізу, ірі тораптардан серия құру мүмкіндігі, сыртқы және ішкі орнату үшін жарамдығы.

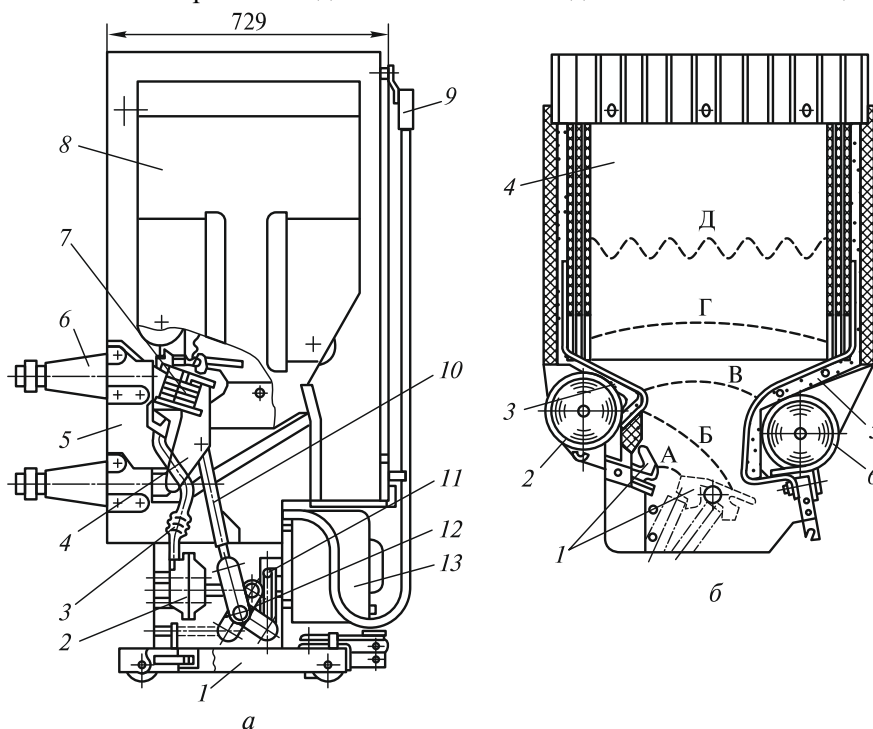
**Ауа ажыратқыштарының кемшіліктері мыналар болып табылады:** компрессорлық қондырғы қажеттілігі, бірқатар бөлшектер мен тораптардың күрделі құрылымы, салыстырмалы жоғары баға, кіріктірілген тоқ трансформаторын орнату қиындығы

#### 4.6.5 Электромагниттік ажыратқыштар

Электромагниттік ажыратқыштар доғаны өшіру үшін майды да, қысылған ауаны да қажет етпейді, бұл басқа ажыратқыш түрлерінің қасынды оның үлкен артықшылығы болып табылады. Бұл түрдегі ажыратқыштарды 6—10 кВ кернеуіне, 3600 А дейінгі номиналды тоғына және 40 кА дейінгі ажырату тоғына шығарады.

4.43, а суретте ВЭ-10-40 ажыратқышы көрсетілген, ол арбаға орнатылған және КРУ ұяшықтар үшін арналған. Катодтарда орнатылған дәнекерлеу негізіне 1 жетек 13, үш полюс 5 бекітіледі, ол екі изоляциялық тіреуден тұрады, оған розеткалы контактілері бар екі өтпелі эпоксидті изолятор 6 бекітіледі. Үстіңгі изоляторда қозғалмайтын контактілер 7, ал төменгі жағында – қозғалмалы контактілер монтаждalған, олар ажыратқыш валы бар оқшаулау күшімен 10 байланысқан. Соңғысы жетекпен 13 иінтіректер 11 және күштің көмегімен жалғанған.

Доға өшіргіш камералар 8 қозғалмайтын контактіге және арнайы тіректерге бекітіледі. Әр полюс қаптамамен оқшауланған. Қаптаманың алдыңғы бөлігі метал парақтарымен тігілген, ол КРУ жылжымалы элементінің рамасымен бірге берік жерге тұйықталған. Екінді коммутация тізбектері металл шлангтарына негізделген және штепселдік жалғағышпен 9 аяқталады.



4.43 сур. ВЭ-10-40 электромагниттік ажыратқыш:

а — жалпы түрі: 1 — негізі; 2 — электромагнит; 3 — мыс кернейі; 4 — қозғалмалы контактілер; 5 — ажыратқыш полюсі; 6 — өтпелі изолятор; 7 — қозғалмайтын контактілер; 8 — доға өшіргіш камера; 9 — штепсельдік жалғағыш; 10 — оқшаулау күші; 11 — ажыратқыш валы бар байланыс интiректерi 12; 13 — жетек; б — доға өшіргіш камера: 1 — доға өшіргіш контактілер; 2 — электромагнит; 3, 5 — мыс кернейі; 4 — өшіргіш камера; 6 — екінші электромагнит орамы; А, Б, В, Г, Д — өшіру кезіндегі доғаны орны

Ажыратқышты ажырату кезінде негізгі контактілер, содан кейін доға өшіргіш контактілер тарқатылады (4.43, б сур.). Пайда болған доға А ток жүргізуші контурдың электр динамикалық күші мен ауа ағындарының әсерімен жоғары қарай доға өшіргіш камераға (доғаның орны Б) үрленеді, онымен қоса мыс кернейі 3 және контакт арасындағы тізбекте электромагнит орамы 2 қосылады. Пайда болған көлденең магнит өрісі доғаны В орнына – сол 3 және оң 5 мыс кернейі арасына ауыстырады. Қосылған екінші орам 6 магнит өрісін күшейтеді, доға керамикалық пластинасы бар өшіргіш камераның 4 ішіне тартылады, созылады, тар тесікке түседі және токтың кезекті нөл арқылы өтуінде өшеді. Аз токтарды

(1000 А дейінгі) ажырату кезінде магнит өрісінің кернеулігі көп болмайды және доғаны камераға тез тартумен қамтамасыз ете алмайды. Мұндай жағдайда доғаны өшіру үрлеу құбыры 3 бар үрлеу құрылғысымен 2 қамтамасыз етіледі, ол арқылы доғаға ауа ағыны беріледі (4.43, б сур. қар.).

Әртүрлі ажырату тоғына арналған ВЭ-10 сериялы ажыратқыштар доға өшіргіш камералар өлшемдерімен ажыратылады. 1600 А және одан жоғары номиналды ток кезінде жұмыс контактілерінің күміс жалатпасы болады. 2500 А ажыратқыштарда шығыс кірістері розеткалы түрде болады, 3600 А ажыратқыштарында – саусақтық, өткізгіш изоляторсыз болады.

ВЭ-10– серіппелі, ВЭЭ-6 ажыратқыш жетектері – электромагниттік.

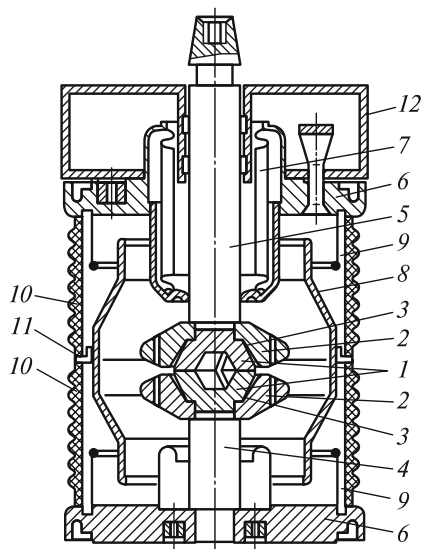
**Электромагниттік ажыратқыштардың артықшылықтары:** толығымен жану және өрт қауіпсіздігі, доға өшіргіш контактілерінің аз тозуы, жиі қосатын және өшіретін жағдайларда жұмысқа жарамдығы, салыстырмалы жоғары ажырату қабілеттілігі (20—40 кА).

**Кемшіліктері:** магнитті үрлеу жүйесі бар доға өшіргіш камерасының құрылымы, номиналды кернеудің жоғары шектелген шегі, (15 — 20 кВ), сыртқы орнату үшін шектеулі жарамдылығы.

#### 4.6.6. Вакуумдық ажыратқыштар

Вакуумдық аралықтың электр беріктілігі атмосфералық қысым кезіндегі ауа ажыратқыштарына қарағанда бірнеше есе жоғары болады. Бұл қасиет ҚДВ вакуумдық доға өшіргіш камерада қолданылады (4.44 сур). Жұмыс контактілері 1 радиалды ойықтары бар толық қиылған конус түрінде болады. Контактілердің мұндай формасы тарқатылу кезінде доғаны саңылау арқылы 3 доға өшіргіш контактілерге 2 орнын ауыстыртатын радиалды электр динамикалық күш пайда болады. Контактілер материалдары буланып кететін металл санын азайтатындай таңдалған. Терең вакуум салдарынан (10<sup>-4</sup>—10<sup>-6</sup>) қоршаған кеңістікте зарядталған бөлшектердің тез диффузиясы орындалады және тоқтың нөл арқылы бірінші рет өтуінде доға өшеді.

Тоқты контактілерге тарту 4 және 5 мыс өзекшелері арқылы орындалады. Қозғалмалы контакт тот баспайтын болаттан жасалған сильфонның 7 көмегімен жоғарғы фланецке 6 бекітіледі. 8 және 9 металл экрандары электр өрісін тегістеу үшін және керамикалық корпусы 10 доғаның жануы кезінде пайда болатын металл буларының шаңынан қорғау үшін қызмет етеді. Экран 8 камера корпусына сақинаның 1 көмегімен бекітіледі. Жоғарғы контактіге келіп түсетін қозғалыс корпуспен 12 қамтамасыз етіледі. Қозғалмалы контакт жүрісі 12 мм құрайды. Жоғарыда қарастырылған вакуумдық доға өшіргіш камерасы негізінде 3200 А дейінгі номиналды тоғымен және 40 кА дейінгі ажырату



4.44. вакуумдық доға камерасы ҚДВ-10-1600-20:

1 - жұмыс істейтін байланыстар; 2 - байланыстық байланыстар; 3 - кеңістік; 4,5 - ағымдық шыбықтар; 6 - жоғарғы фланец; 7 - слон; 8,9 - экрандар; 10 - керамикалық қаптама; 11 - бекіту сақинасы; 12 - тұрғын үй

қозғалыс корпуспен 12 қамтамасыз етіледі. Қозғалмалы контакт жүрісі 12 мм құрайды.

Жоғарыда қарастырылған вакуумдық доға өшіргіш камерасы негізінде 3200 А дейінгі номиналды тоғымен және 40 кА дейінгі ажырату тоғымен 6—110 кВ кернеуіне арналған ажыратқыштар шығарылады.

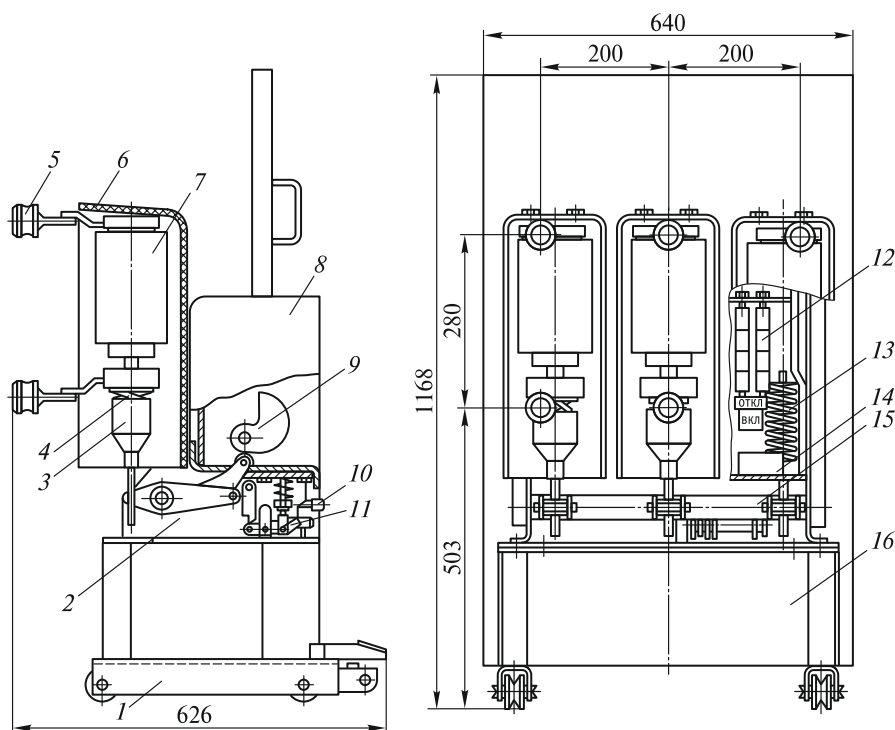
6 — 10 кВ вакуумдық ажыратқыштар жинақ тарату құрылғыларындағы аз майлы және электромагниттік ажыратқыштарды ауыстыру үшін қолданылады, ол үшін олар домаланған арбалармен 1 жинақталады (4.45 сур).

Доға өшіргіш камера 7 изоляциялық қаркастағы тоқ шығысына 6 бекітілген және иіңтірек жүйесімен жетекпен байланысқан. Қосқанда алдымен серіппелі-моторлы жетек «Дайын» күйіне дейін қосылады. Содан кейін ИДУУ (индукциялық –динамикалық басқару құрылғысы) қосу сигналы беріледі, ол зарядтала отырып, жетекте ұстап тұрған ілмекті босатып, серіппелері жұдырық валын 9 айналдырады, ол ажыратқыш валының иіңтірегіне әсер етеді. Вал бұрыла отырып, иіңтірек жүйелері және изоляциялық күш 3 арқылы КДВ қозғалмалы контактісіне әсер етеді, ажыратқыш өшеді.

Ажырату ажырату батырмасымен 10 орындалады, ол ұстап тұрған ілмекті бұзады, ал ажыратушы серіппе 13 иіңтіректер жүйесі арқылы камераның жылжымалы контактісін ажырату күйіне қайтарады. Ажыратқышты басқару қолмен немесе қашықтан жүзеге асырылуы мүмкін. Қарастырып отырған ажыратқыш 31,5 кА ҚТ тоғын қоса алады және ажырата алады, ажыратудың толық уақыты 0,04 с, қосу уақыты 0,03 с. Коммутациялық ресурс: номиналды тоқтың В — ?п—О циклдер саны 30000 тең, ажырату тоғының В және О циклдер саны — 50. Орташа жөндеуге дейінгі қызмет ету мерзімі 15 жылды құрайды.

ВБП ажыратқышы — тез әрекет етеді, секциялы КРУ ұяшықтарында және кірісте тез әрекет ететін АВР бірге орнатылады және КРУ: К-ХІІ, К-ХІІІ, К-ХХVІ, К-37, КВЭ, КВС және барлық түрдегі КСО ұяшықтарында қызмет еті мерзімі біткен аз майлы ажыратқыштарды ауыстыру үшін қызмет етеді.

Осы мақсаттар үшін «Таврида-электрик» өндірістік қауымдастықпен ВВ-TEL вакуумдық ажыратқыштарды шығару игерілген. 4.46 суретте бір полюс бойынша қиығы және ВВ-TEL-10/1000 вакуумдық ажыратқыштың жалпы түрі көрсетілген. Ажыратқыш бір негіздегі үш полюстен тұрады (4.46, а суретті қар.). Жетек электромагниттерінің зәкірлері 8 бір бірімен вал 11 арқылы жалғанған.



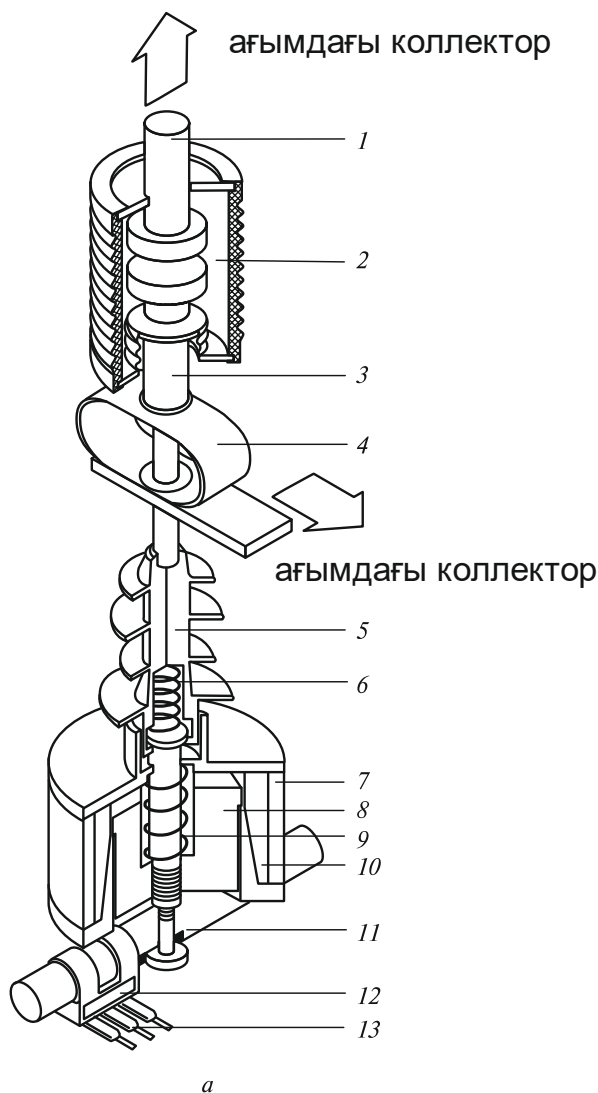
4.45 сур. ВБП-С-10-31,5/1600 У3 вакуумдық ажыратқыш:

1 — итеру арбасы; 2 — рама; 3 — изоляциялық күштер; 4 — қысу торабы; 5 — тоқ шығыстары; 6 — изоляциялық қаркас; 7 — вакуумдық доға өшіргіш камера (КДВ); 8 — серіппелі-моторлы жетек; 9 — жетектің жұдырық валы; 10 — ажырату батырмасы; 11 — ілмек блогы; 12 — сигнал беру блогы; 13 —

ажыратушы серіппе; 14 — буфер; 15 — ажыратқыш валы; 16 индукциялық-динамикалық бақару құрылғысы (ИДУУ)

Тарқатылған жағдайда ажыратқыш контактілері ажырату серіппесімен 9 күш изоляторы 5 арқылы ұсталынып тұрады. «Қос.» сигналын беру кезінде электромагнит катушкасына 10 қорек беріледі; зәкір 8, ажырату серіппесін қыса отырып, жоғары қарай күш изоляторымен және қозғалмалы контактімен 3 көтеріледі. Осы уақытта сақиналы магнит 7 ажыратқышты қосылған күйінде ұстап тұру үшін қажетті магнит энергиясын жинап алады, ал катушка 10 ақырындап тоқсызданады, содан кейін жетек ажырату операциясын дайын болады.

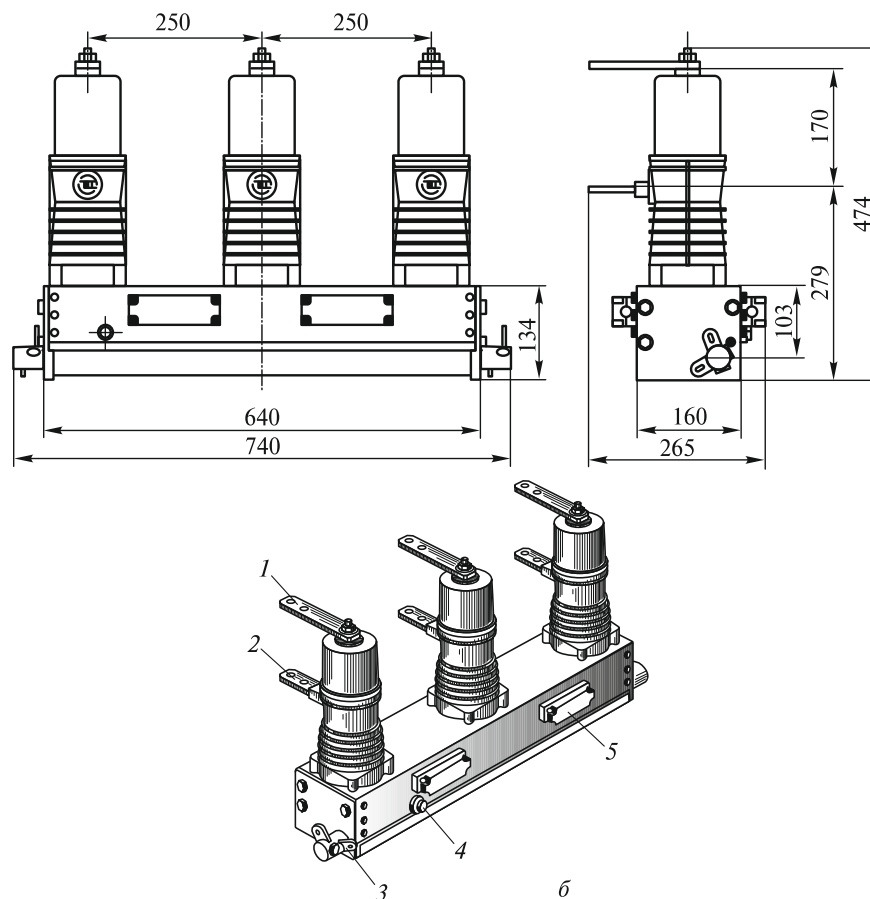
Қосылған күйінде ажыратқыш «магниттік ілмек» деп аталатын сақиналы магнитіне 7 магнитті тарту зәкірінің 8 күшімен ұсталынып тұрады, онымен қоса сыртқы тізбек энергиясы пайдаланылмайды.



4.46 сур. BB-TEL-10-1000 вакуумдық ажыратқыш:

а — полюстің құрылымдық сызбасы: 1 — қозғалмайтын контакт ВДК; 2 — вакуумдық камера (ВДК); 3 — қозғалмалы контакт ВДК; 4 — серпінді тоқалғыш; 5 — күш изоляторы; 6 — қысу серіппесі; 7 — сақиналы магнит; 8 — зәкір; 9 — ажыратушы серіппе; 10 — катушка; 11 — вал; 12 — тұрақты магнит; 13 — геркондар (сыртқы қосымша тізбектерге арналған контактілер); б — ажыратқыштың жалпы түрі: 1, 2 — негізгі тізбектерді жалғау; 3 — қолмен ажырату батырмасы; 4 — жерге тұйықтау; 5 — екінші тізбектерді жалғау (сонымен қатар 263 б. қар)

«Өшіру»сигналын берген кезде басқару блогы магнитті магниттей отырып және магнит ілмегінен жетекті шеше отырып, қарама-қарсы бағытта катушкаға 10 импульс береді.



4.46. сур. Аяқталуы

6 және 9 серіппе әсерінен зәкір 8 төмен қарай күш изоляторымен және қозғалмалы контактімен 3 бірге орын ауыстырады, ажыратқыш ажыратылады. 3 батырмасымен қолмен ажыратуға болады (4.46, б сур. қар.).

Берілген серия ажыратқыштары КРУ ұяшықтарында ажыратқыштарды ауыстыру үшін, сонымен қатар қайта өңделетін КСО және КРН камералары үшін қолданылады.

Кернеуі 110 кВ вакуумдық ажыратқыштар әр полюстерінде төрт жүйелі жалғанған ҚДВ доға өшіргіш камералары болады, олар тіреуіш изоляторына орнатылады. Кернеуді үзіктер бойынша бірқалыпты тарату үшін кернеудің сыйымдылық бөлгіштері қолданылады. Электромагниттік жетек ажыратқышты қашықтан басқаруды қамтамасыз етеді.

Вакуумдық ажыратқыштар болат балқытатын пештердің, күш шағын станцияларының, сорғылардың, және мықты экскаватордағы трансформаторды басқару үшін бекітіледі. Мықты синхронды қозғалтқыштарды ажырату тізбектің тез үзілуі кезінде тоқтың қиылуын тудырады, аз индуктивтік тоқтарды ажырату тоқтың күшеюіне алып келуі мүмкін, сондықтан вакуумдық жыртқыштар кіріктірілген тоқтың күшеюін шектеушімен жабдықталған немесе ОПН (тоқтың күшеюін реттеуші) орнату қарастырылады.

Коммутациялық ресурс өңдеген ажыратқыштарды ауыстыру үшін АББ фирмасы VM2GT вакуумдық ажыратқыш жеткізеді, ол КРУ итермелі арбаларына орнатылады (К-104, КМВ, КРУ2-10, К-ХШ).

**Вакуумдық ажыратқыш жетістіктері:** конструкциясының қарапайымдылығы, сенімділігінің жоғары дәрежесі, жоғары коммутациялық беріктік, төзімділік, шағын мөлшері, өрт - және жарылу қауіпсіздігі, қоршаған ортаны ластамауы, шағын пайдалану шығындары.

**Вакуумдық ажыратқыш кемшіліктері:** салыстырмалы көп емес номиналды тоқтар және ажырату тоқтары, коммутациялық тоқ күшеюінің мүмкіндігі.

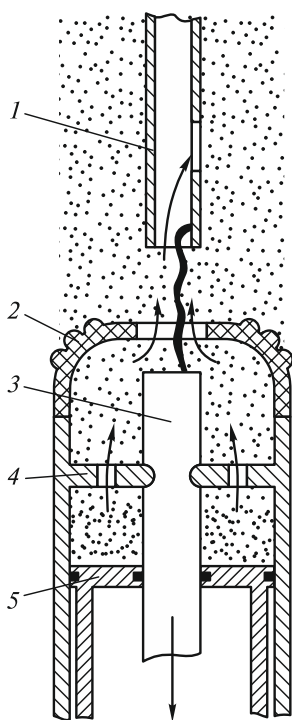
#### 4.6.7 Элегаз ажыратқыштары

SF<sub>6</sub> элегазы тығыздығы ауаның тығыздығынан 5 есе асатын инертті газ болып табылады. Элегаздың электрлік тығыздығы ауаның тығыздығынан 2-3 есе жоғары.

Элегаз ажыратқыштарында авто компрессорлық доға өшіргіш құрылғылар пайдаланылады (4.47 сур.). Ажырату кезінде цилиндр 4 контактімен 3 қоса төменге қарай қозғалады, қозғалмалы 3 және қозғалмайтын 1 контактілер арасында үзік пайда болады және доға тұтанады. Поршень 5 қозғалмайды, сондықтан цилиндр төмен қарай қозғалғанда поршень астындағы элегаз қысылады, камераға және бос контактіге 1 қарай үрлеу пайда болады, доға бағанасы қарқынды салқындайды, және сонымен өшеді. Қосқан кезде цилиндр 4 жоғары қарай қозғалады, контакт 1 цилиндрдің жоғарғы камерасында қалады және тізбек тұйықталады. Элегаз ажыратқышы газды сыртқа шығармайтын тұйық жүйенің білдіреді. Екі жақты үрлеу аса тиімді болып табылады, тура осындай доға өшіргіш камералар қазіргі заман элегаз ажыратқыштарында қолданылады, олар модульдік ұстанымға негізделген. Мысалы, 110 кВ ажыратқыштарында – бір, 220 кВ — екі, 500 кВ — төрт доға өшіргіш модуль. Сәйкесінше жерге қатысты изоляция өзгереді.

4.48 суретте ВГУ-220-45/3150У1 ажыратқыш (ином = 220 кВ, /откл.ном = 45 кА, I<sub>ном</sub> = 3150 А, климат — қоңыржай, орнату — ашық) көрсетілген. Полюстің Y-тәріздес тәсілі болады. Сыйымдылық бөлгіштері полюс арасындағы кернеуді бірқалыпты тараумен қамтамасыз етеді. Ажырату пневматикалық жетекпен, ал қосу – серіппемен орындалады, олар ажыратқан кезде іске қосылады.

Ажыратқыштың механикалық ресурсы 3000 Во циклдері, коммутациялық ресурс қабілеттері: 45 кА тоғы кезінде О/В операциялар саны — 15/17; 27 кА тоғы кезінде — 22/11, 3150 А жұмыс тоғында — 3000/3000.

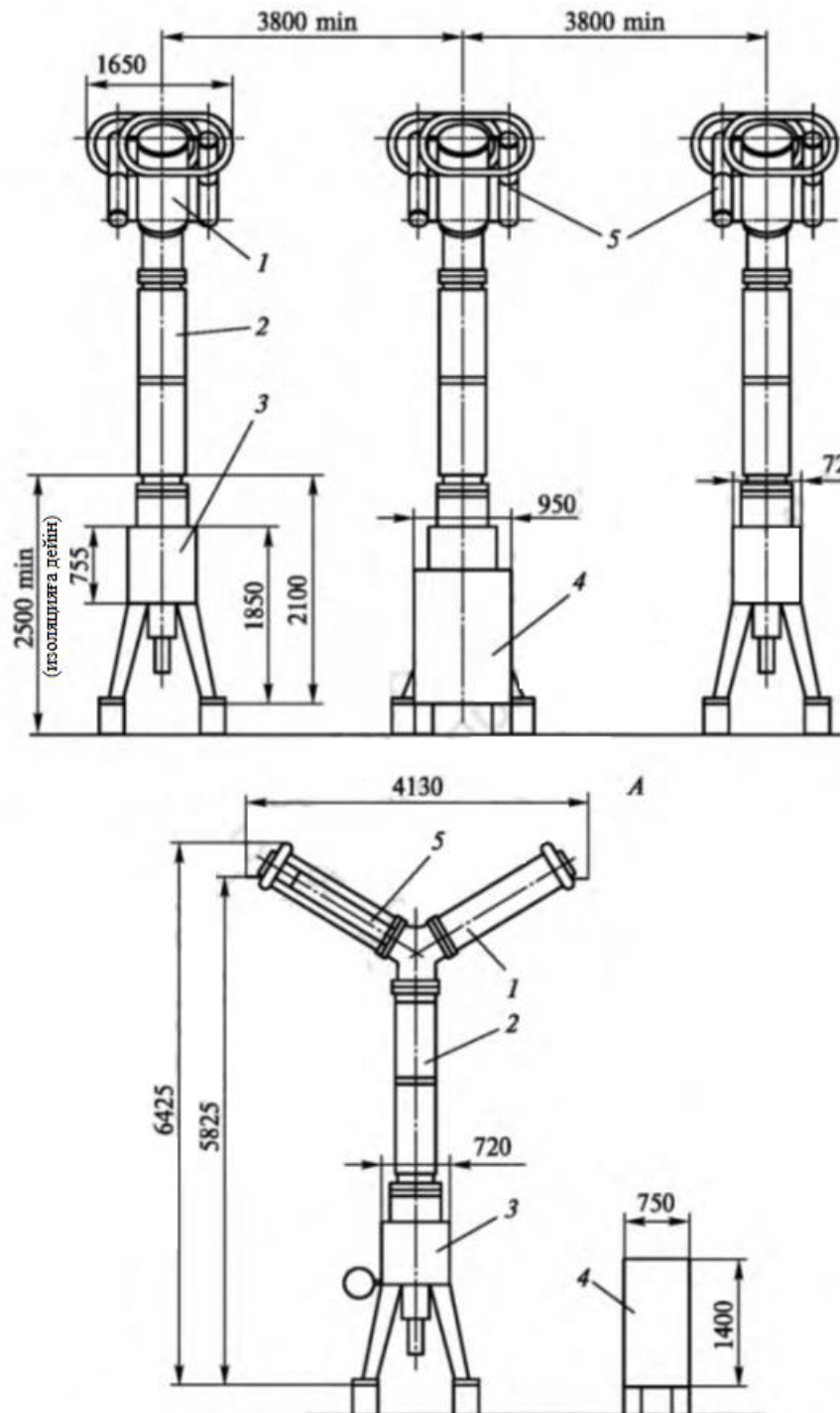


4.47-сурет. Бір жақты соққылы газ оқшауланған сөндіргіш үшін доға сөндіру құрылғысының сызбасы: 1 - бекітілген қуыс контакт; 2 - флуоропластикалық шашатын; 3 - жылжымалы байланыс; 4 - жылжымалы цилиндр; 5 - поршень

Тарату шкафы 4 ажыратқыштың үш полюсін пневматикалық және электрлік жалғау үшін арналған. 35 кВ арналған бак ажыратқыштарының жаңа сериясында кіріктірілген ток трансформаторы болады (4.49 сур.), бұл тарату құрылғыларының құрылымын жеңілдетеді. Кірістер және ток трансформаторлары бакқа бекітілген, оның ішінде контактілік және доға өшіргіш жүйе болады. Элегаздың номиналды қысымы 0,45 МПа, қысым 0,33 МПа дейін төмендегенде сигнализация іске қосылады, 0,3 МПа кезінде ажыратқыш автоматты өшеді. Доғаны өшіру элегаздағы электрлік



доғасының ажыратылатын тоқпен құрылған магнит өрісі арқылы айналуы арқасында орындалады. Ажыратқыштың жетегі электр магнитті болып келеді. С-35 және ВТ-35 майлы ажыратқыштарымен салыстырғанда элегаз ажыратқышының барынша артықшылықтары және аса жетілген тоқ трансформаторы болады. Қарастырып отырған ВГБЭ-35-12,5/630 ажыратқышы 12,5 кА ажырату тоғына есептелген, ажыратудың толық уақыты 0,07 с, электр динамикалық төзімділігі 35 кА. Ажыратқыш АПВ үшін жарамды. Элегаз ажыратқыштарының үлкен механикалық және коммутациялық тозуға төзімділігі болады.



4.48 сур. ВГУ-220-45/3150 элегаз ажыратқыш:

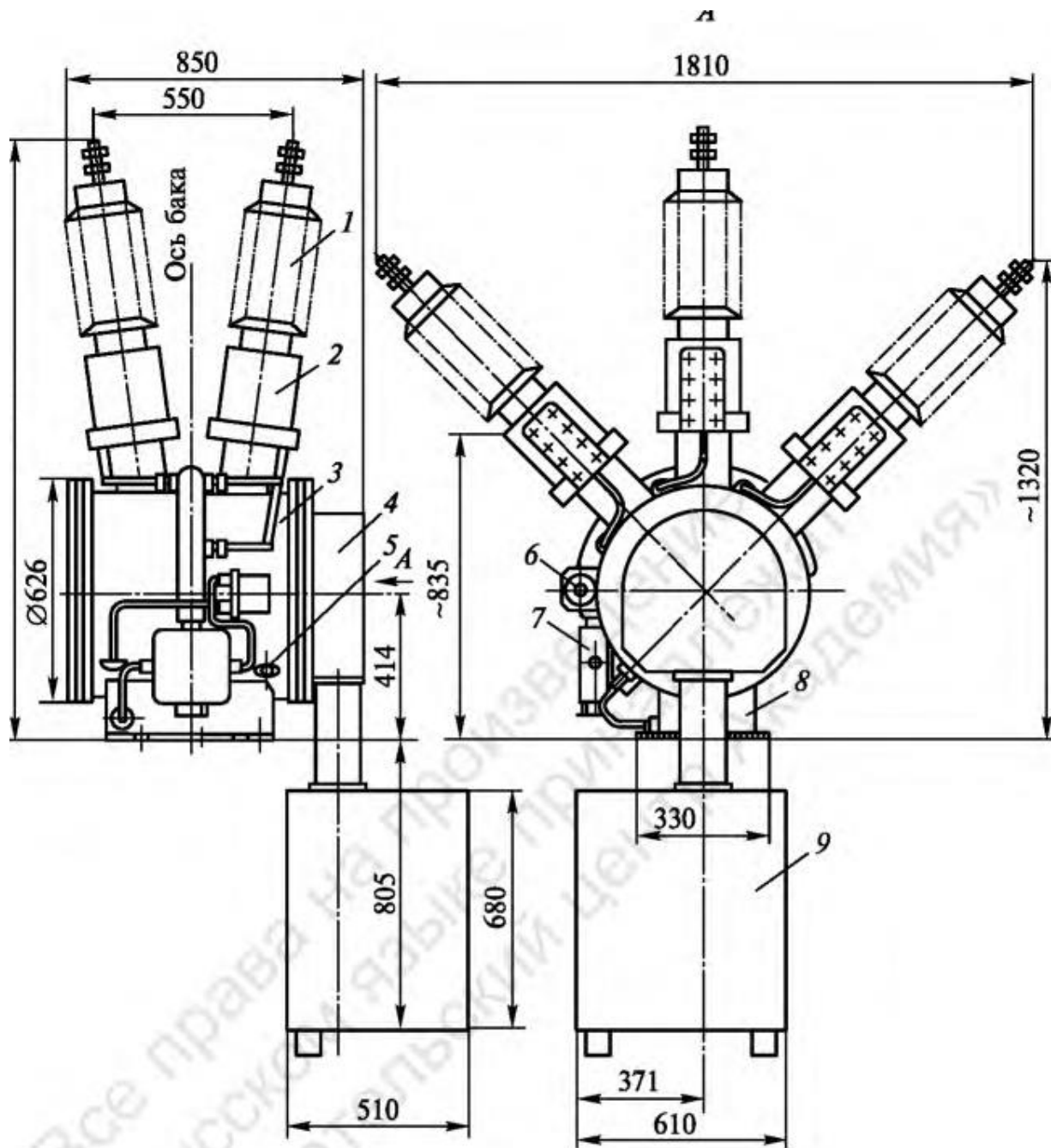
110 кВ арналған элегазы бар бак ажыратқыштары АББ фирмасымен 145PM40 түрінде шығарылады, номиналды тоқ 3000 А, динамикалық тұрақтылық тоғы 100 кА,  $t_{откл} = 0,05$  с. Доға өшіргіш



құрылғысы жоғарыда толығырақ қарастырылған (4.47 сур.). Кірістің сыртқы бетіне ток трансформаторлары орнатылады.

Осы фирманың LTB145D1/8 түріндегі колонкалық ажыратқыштар 110 кВ кернеуіне, 3150 А номиналды тоғына, 40 кА ажырату тоғына есептелген.

1 — доға өшіргіш модулі; 2 — тіреуіш колонкасы; 3 — жетекті басқару шкафы; 4 — тарату шкафы; 5 — конденсаторлар (сыйымдылық бөлгіштері)



4.49 сур. ВГБЭ-35 элегаз бак ажыратқышы:

1 — кіріс; 2 — ток трансформаторы; 3 — контактілік және доға өшіргіш жүйелері бар бак; 4 — механизм қорабы; 5 — клапан; 6 — қысым сигнализаторы; 7 — клеммалық қорап; 8 — қыздыру; 9 — жетегі бар шкаф

Бұл серияда 800 кВ дейінгі кернеуі бар ажыратқыштар шығарылады. ЛТВ сериясының ерекшеліктері мыналар болып табылады: являются: жоғары сейсмикалық төзімділік, қоршаған ортаның экстремальды жағдайында жұмыс істеу мүмкіндігі.

Элегазы бар колонкалық ажыратқыштар «Урал- электротяжмаш» ААҚ 110 — 500 кВ кернеуіне шығарылады.

К-Х, К-ХІІ, К-ХХV, К-ХХVІ түріндегі КРУ ескірген ажыратқыштарды ауыстыру үшін АББ фирмасымен VF және HD2GT сериялы элегаз ажыратқыштары бар итермелі элементтер шығарылады.

**Элегаз ажыратқыштарының кемшіліктері:** өрт -және жарылу қауіпсіздігі, әрекеттің шапшаңдығы, жоғары ажырату қабілеті,

доға өшіргіш контактілердің аз тозуы, жүйеленген тораптары бар сериялар құру мүмкіндігі, сыртқы және ішкі орнату үшін жарамдылығы.

**Кемшіліктері:** толу үшін арнайы құрылғылардың қажеттілігі, SF6 айдау және тазарту, SF6 құнының салыстырмалы жоғары болуы.

#### 4.6.8. Ажыратқыштарды таңдау

Ажыратқыштар туралы жалпы мәліметтерде МЕМСТ 687—78Е бойынша ажыратқыштарды сипаттайтын параметрлер қарастырылған. Ажыратқыштарды таңдау кезінде 12 әртүрлі параметрлерді ескеру керек, бірақ өндіруші зауыттармен параметрлердің белгілі бір тәуелділігіне кепілдік берілгендіктен, мысалы,  $I_{вкл.ном} \geq I_{откл.ном}$ ;  $i_{вкл.ном} \geq 1,8\sqrt{2}I_{откл.ном}$ , *ажыратқыштарды маңызды параметрлер бойынша таңдауға болады:*

кернеу  $U_{ном} \geq U_{сет.ном}$ ;

$$I_{ном} \geq I_{ном. Расч}; K_{лг} I_{ном} \geq I_{прод.расч}$$

Ажыратқыштар тексерісін төмендегі шарт бойынша симметриялы ажырату тоғымен орындау керек

$$I_{откл.ном} \geq I_{пт}$$

Содан кейін ҚТ тоғының апериодтық ажырату мүмкіндігін тексеру керек

$$i_{a.ном} = \sqrt{2} V_{ном} I_{откл.ном} / 100 \geq i_{ат}$$

мұнда  $i_{a.ном}$  — т уақыты үшін ажыратылған тоқтағы апериодтық құраушылардың номиналды шекті мәні ;  $V_{ном}$  — ажыратылған тоқтағы апериодтық құраушылар құрамының нормаланған мәні, % (каталог бойынша немесе 4.33 сур. бойынша);  $i_{ат}$  — т контактілердің таралу сәтінде ҚТ тоғының апериодтық құраушысы ;  $t$  — ҚТ басталуынан доға өшіргіш контактілердің таралу сәтіне дейінгі ең аз уақыты

$$\tau = t_{3 \min} + t_{с.в.},$$

мұнда  $t_{3 \min} = 0,01$  с — реле қорғанысы әрекетінің минималды уақыты;  $t_{с.в.}$  — ажыратқышты өшірудің өзіндік уақыты.

Егер  $I_{пт} \leq I_{откл.ном}$  шарты сақталатын болса, онда  $I_{ат} > I_{a.ном}$  ажырату қабілеті бойынша тексеруге толық ҚТ тоғымен орындауға болады:

$$\sqrt{2} I_{откл.ном} (1 + \beta_{ном} / 100) \geq \sqrt{2} I_{пт} + i_{ат}.$$

Қосатын қабілеті бойынша тексеріс мына шарт бойынша орындалады:

$$i_{вкл} \geq i_{уд}; I_{вкл} \geq I_{п0},$$

мұнда  $I_{вкл}$  — қосылу тоғының ең жоғары шыңы (каталог бойынша);  $i_{уд}$  — ажыратқыш тізбегіндегі ҚТ соққы тоғы;  $I_{вкл}$  — номиналды қосылу тоғы (периодтық құраушының қолданыстағы мәні);  $I_{п0}$  — ажыратқыш тізбегіндегі ҚТ тоғының периодтық құраушының бастапқы мәні. Өндіруші зауыттармен  $I_{вкл} = 1,8\sqrt{2} I_{вкл}$  шарты сақталады, мұнда  $K_{уд} = 1,8$  — ажыратқыштар үшін нормаланған соққы коэффициенті. Екі шарт бойынша тексеріс куд нақты жүйесі үшін 1,8 артық болуы мүмкін.

Ажыратқыш электр динамикалық төзімділікке шекті өтпелі ҚТ тоғымен тексеріледі:

$$i_{пр.скв} \geq i_{уд}; I_{пр.скв} \geq I_{п0},$$

мұнда  $I_{пр.скв}$  — каталог бойынша ең жоғарғы көрсеткіш (электр динамикалық төзімділік тоғы);  $I_{прскв}$  — шекті өтпелі ҚТ тоғының периодтық құраушының қолданыстағы мәні (каталог бойынша).  $t_{откл} \leq t_{тер}$ , шарты сақталатын болса, онда тексеріс төмендегідей болады:

$$I_{тер}^2 t_{тер} \geq B_k,$$

онда  $I_{тер}$  - каталогтағы термиялық тұрақтылық ток;  $t_{тер}$  - каталогтағы жылу кедергісінің ток ұзақтығы ;  $B_k$  - қысқа тұйықталу тогының (Joule интегралы) жылу серпіні. Егер  $t_{откл} < t_{тер}$ , онда сынау жағдайы

$$I_{тер}^2 t_{откл} \geq B_k.$$

Оқу жобасындағы ажыратқыш контактілеріндегі қалпына келтіруші кернеу параметрлері бойынша ажыратқыштарды тексеру әдетте орындалмайды, себебі көптеген энергиялық жүйелерде кернеуді қалпына келтірудің нақты шарттары ажыратқышты сынау шарттарына сәйкес келеді. Егер қалпына келтіруші кернеу параметрлері бойынша ажыратқыштарды тексеру қажеттілігі туындаса, онда электр қондырғысының нақты берілгендері – қорек беру көзінің мықтылығы, реактивті кедергілер, сыйымдылық трансформаторлары, шиналар, аппараттар және т.б. бойынша - есеп шығарылады және қалпына келтіруші кернеудің (ПВН) қысық ауыспалы процессі құрылады. МЕМСТ 687—78Е сәйкес бұл қысық ПВН нормаланған қысықтарымен қиылыспауы керек. Қысық ПВН есептеу әдісі [3.3, 4.4, т. 1] баяндалған.

#### 4.6.9. Ажыратқыштар жетектері

Ажыратқыш жетегі ажыратқышы қосу, қосылған күйінде ұстап тұру және ажырату операциялары үшін арналған.

Жетек – бұл аталған операцияларды орындау үшін қажетті күш беретін арнайы құрылғы. Кейбір ажыратқыштарда жетек оның контактілік жүйесімен бүтіндей құрылымдық байланысқан (ауа ажыратқыштары).

Жетектің негізгі элементтері мыналар болып табылады: қосатын механизм, ажыратқышты қосылған күйінде ұстап тұратын жабатын механизм (ілемек, ілгек) және ажырату кезінде ілмекті босататын ағытқыш механизм.

Қолданыстағы ажыратқыш құрылымындағы ең үлкен жұмыс жетекпен қосылған кезде орындалады, себебі операциялар кезінде қозғалмалы контактілердің өз салмақтары, ажырататын серіппе кедергісі, қозғалмалы бөлшектердегі үйкелісті және инерция күшін басады. Қолданыстағы ҚТ жетек механизмін қосқан кезде онымен қоса электр динамикалық күштер, бір бірінен итерілетін контактілері басылуы керек.

Ажыратқыштың контактілерін қайнап кетуін болдырмау үшін қосу операциясы тез орындалуы керек. Қосу уақыты аз болған сайын, АПВ кезінде пауза да соншалықты аз болады.

Ажырату кезінде жетек механизмді қосылған күйде ұстап тұрған жұмыс ілмекті босатудан тұрады. Ажыратудың өзі қысылған немесе созылған ажырату серіппелері арқылы орындалады. Қосуға және ажыратуға кететін энергия көзіне байланысты қол жетектері, серіппелі, жүктік, электромагниттік, пневматикалық жетектер болады.

Қол жетектері қуаты аз ажыратқыштар үшін қолданылады, мұнда оператордың бұлшық ет күші қосу жұмысын орындау үшін жеткілікті болады. Ажырату жетекке кіріктірілген реленің көмегімен автоматты болуы мүмкін.

Қазіргі заман электро қондырғыларында ПРА қол жетектері тек ВНИР жүктеме ажыратқыштары үшін сақталған.

Серіппелі жетек жанама әрекет ету жетегі болып табылады. Қосу үшін қажет энергия мықты серіппеден жиналады, ол қолмен және қуаты аз электр қозғалтқышымен іске қосылады. Әр қосылған сайын серіппені қайта қосу керек болады.

Әдетте жетек серіппені іске асыратын арнайы электр қозғалтқышымен толықтырылады. Мұндай жетек АПВ орындауға мүмкіндік береді.

Серіппелі жетектердің кемшілігі серіппе деформациясының азаюы салдарынан қосу барысының соңында ауырлық күшін азайту болып табылады. Бұл кемшілікті жою үшін серіппелі жетектер қосудың басындағы артық энергияны сіңіретін және жиналған энергияны қосудың соңында беретін сермермен толықтырылады. ППМ-10 түріндегі жетектер ВМГ-10 және ВМП-10 ажыратқыштар үшін қолданылады. Серіппені іске қосу электр қозғалтқышымен редуктор арқылы орындалады. Жетектің ілмекті-іске қосу механизмі серіппені қосылған күйінде ұстап тұрағы мүмкіндік береді. Автоматты қосу үшін іске қосылатын иінтіректі босату керек, содан кейін бұрамалы серіппемен іске қосылған энергия ажыратқыш валын қосуға айналдырады.

Ажыратқыштың қашықтан және автоматты ажыратуы жетектің ішкі бөлігінен кіріктірілген реле көмегімен орындалады, олар ажырату тақтайшалары арқылы еркін ағыту механизміне әсер етеді. Жетек механикалық АПВ қолданады. Мұндай АПВ үшін жұмысқа арналған импульс ажырату кезінде қосылатын жетек механизмін босату арқылы беріледі.

Ұқсас құрылғыда ВМГ ажыратқыштары үшін қолданылатын ПП жетегі болады. ВМПП, ВЭ-10, ВК-10 ажыратқыштарының КРУ үшін кіріктірілген серіппелі жетегі болады.

Серіппелі жетектер өзін басқару үшін тұрақты тоқ көздерін қажет етпейді, бұл басқа жетектерінің алдында оның артықшылығы болып табылады. Оның кемшілігі қуатының аз болуы болып табылады, сондықтан ол 6—10 кВ аз майлы ажыратқыштар үшін қолданылады.

Электромагниттік жетектер тура әрекет еті жетегіне жатады: қосу үшін қажет энергия үлкен қуат көзінен өздігінен қосылу процессінде жетекке хабарланады.

Ажыратқыштарды қосу үшін қажет күш болат білігімен алынады, ол электромагнит катушкасына ол бойынша тоқ өткен кезде тартылады.

Білік сояуышы иінтірек механизмінің ролигіне тіреледі, оны жоғары қарай екі топсалы байланысқан иінтіректермен бірге көтеріледі. Соңғылары жетек иінтірегі арқылы қозғалтқыш валын қозғалтады. Білік жүрісінің соңында ажыратқыш қосылған кезде, ілмек ролик астына кіріп, механизмді қосылған күйінде ұстап тұрады.

Қосылудың соңында сигналдық қосымша контактілер қосу электромагнитінің тізбегін үзеді және білік төмен қарай құлайды.

Ажырату кезінде тоқ ажырату электромагнитіне беріледі, оның тоқпағы еркін ағыту механизмінің иінтірегіне соғылады, осының арқасында еркін ағыту механизмінің иінтіректері «сынады» және ролик ілмектен секіріп шығады. Ажыратқыш валы ажырату серіппесінің әсерінен сағат тіліне қарсы бұрылады – ажырату орындалады.

Қосу және ажырату электромагниттері аккумулятор батареясынан қысқыштар жинағы арқылы қоректенеді.

ПЭ-11 жетек қосылу электромагнитімен пайдаланылатын тоқ 58 А, 220 В кернеуі кезінде ажырату электромагнитімен — 1,25 А құрайды.

Жетекте қолмен ажырату иінтірегі болады.

ПЭ-11 жетегі ВМП-10, ВМГ-10 ажыратқыштар үшін қолданылады.

Аса мықты ажыратқыштар үшін қондырғының ішінен ПЭ-2, ПЭ-21, ПС-31 электромагниті жетектерін, ал сыртқы орнату үшін ШПЭ-44, ШПЭ-38, ШПЭ-46 және басқ. жетектерін қолданады.

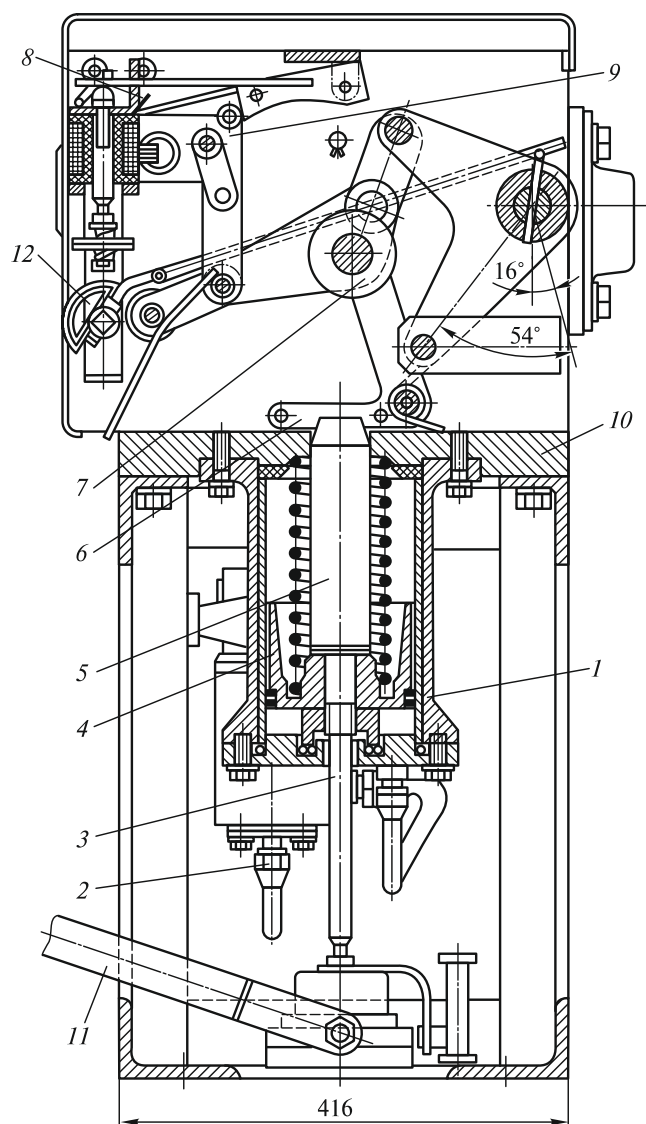
**Электромагниттік жетектердің артықшылықтары** құрылымының қарапайымдылығы және қатты климат жағдайларында жұмыс сенімділігі болып табылады.

**Кемшіліктері** – көп пайдаланылатын тоқ және осының салдарынан мықты аккумулятор батареясының қажеттілігі (МГГ-10-3200 ажыратқышын қосу үшін 155 А тоқ керек, ал ажыратқышы үшін У-220-40 220 В кернеуінде – 500 А керек).

Пневматикалық жетек қысылған ауа энергиясының арқасында ажыратқышты тез қорсумен қамтамасыз етеді. Оның кинематикалық сызбасы электромагнит жетегіне ұқсайды, бірақ электромагниттің орнына поршені бар пневматикалық цилиндр қолданылады (4.50 сур.).

Ажыратқышты қосқан кезде резервуардағы қысылған ауаны пневматикалық цилиндрге 1 беретін клапан ашылады. Сояуышы 5 бар поршень 4 жоғары қарай көтеріледі және қозғалмалы роликке және иінтірек жүйесіне әсер ете отырып, ажыратқышты қосады. Поршень астындағы серіппе онымен қоса қысылады, осылайша қосылған кезде соққыны жеңілдетеді.

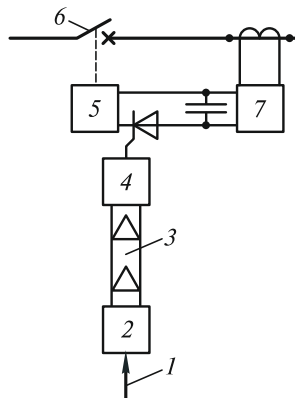
Пневматикалық жетектерді одан әрі жетілдіру пневмогидравликалық жетектер болып табылады, оларда ажыратқыштың қозғалмалы жүйе қоғалысы поршені бар гидроцилиндр арқылы беріледі. Поршень қысылған сұйықтықпен, әдетте маймен қозғалысқа келтіріледі. Сұйықтықтың жоғары қысымы (12 МПа) жетек энергиясының аккумуляторында қысылған газдың көмегімен құрылады.



4.50 сур. ПВ-30 пневматикалық жетегі:

1 — пневматикалық цилиндр; 2 — ауа өткізгіш фланец; 3 — демпфер сояуышы; 4 — поршень; 5 — сояуыш; 6 — ұстап тұратын ілмек; 7 — көтермелі ролик; 8 — ажырату электромагниті; 9 — еркін ағыту иінтірек жүйесі; 10 — жетек корпусы; 11 — қолмен ажыратуға арналған домкрат; 12 — жағдайда көрсеткіш

Бұл энергия алы рет қосылғанға жетеді. Осындай ППГ түріндегі жетектермен бак ажыратқыштары жабдықталады. Пневмогидравликалық жетектер 0,25 с қосылу уақытын қамтиды.



Сур. 4.51. тез әрекет ететін ажыратқышты басқарудың құрылымдық сызбасы: 1 — ажыратуға сигнал; 2 — жарық импульстерінің көзі; 3 — жарық өткізгіш; 4 — фотодетектор; 5 — электромагниттік ағытқыш ; 6 — ажыратқыш контактілері; 7 — зарядтау құрылғысы

Кернеуі аса жоғары ажыратқыштар үшін ажыратушы импульстің жетектен тарқататын контактіге дейін берілісі жылдамдығының ерекше мәні бар. Мұндай жағдайда пневмомеханикалық құрылғылар қолданылады, оларда контактілердің орын ауыстыруы күш және қысылған ауа жүйесімен орындалады. Тез әрекет етуді одан әрі жетілдіру үшін жер потенциалын басқару сигналы жарық өткізгіштері арқылы жоғары потенциалға берілуі мүмкін (4.51 сур.). Контактілердің тарқатылуы электромагниттік ағытқыш арқылы орындалады, ол конденсатор разрядының көмегімен қозғалады. Конденсатор жоғары кернеу желісінен қанықтыру трансформаторы арқылы зарядталады.

#### 4.7. Электр станциялары мен шағын станцияларда өлшеу жүйесі

Электр станциялары мен шағын станцияларда негізгі және қосымша жабдықтардың жұмыс режимін бақылау бақылау-өлшеу аспаптары көмегімен жүзеге асырылады.

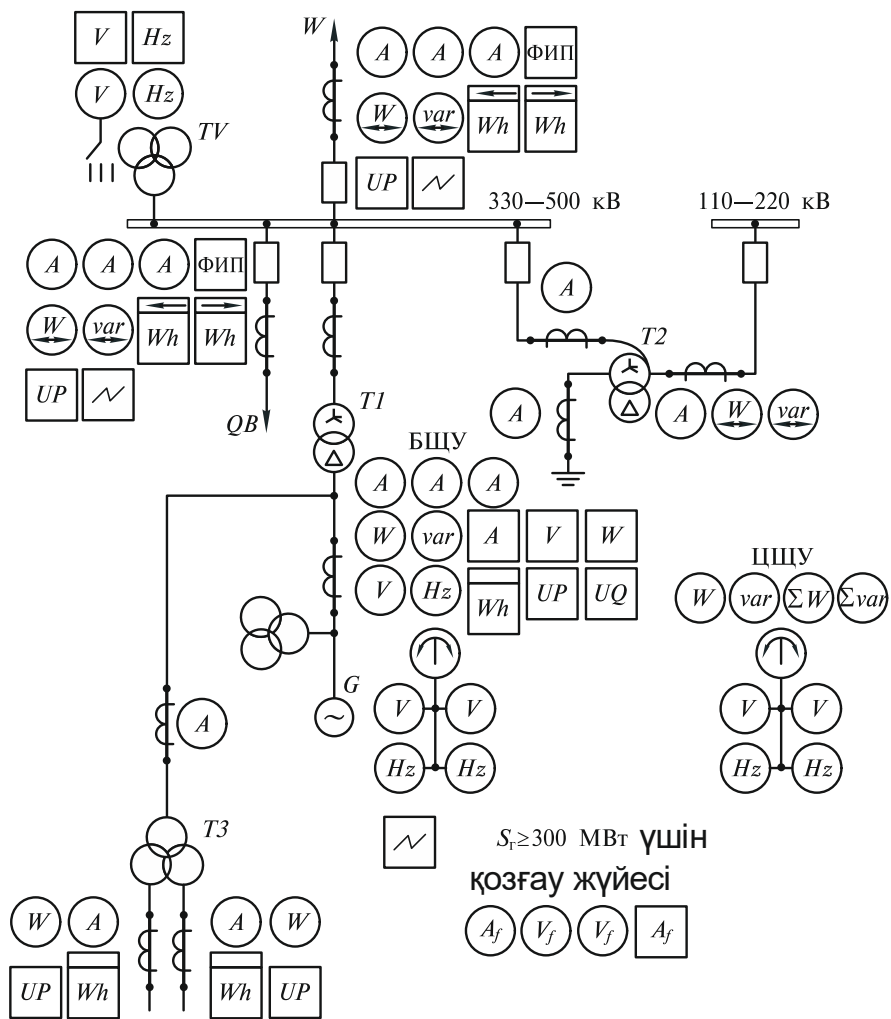
Объект сипатына және оны басқару құрылымына байланысты бақылау-өлшеу аспаптарын орнату орны мен бақылау көлемі әртүрлі болуы мүмкін. Аспаптар басқарудың басты қалқанына (ГЩУ), басқарудың блок қалқанына (БЩУ) және орталық қалқанына (ЦЩУ) генератор-трансформатор блоктары бар электростанцияларында және қалқан орындарында орнатылуы мүмкін.

Жұмыс режимінің ерекшелігіне байланысты тіпті ұқсас жалғауларда бақылау-өлшеу аспаптарының саны әртүрлі болуы мүмкін. 4.8 кестеде ұсынылатын өлшеу құралдары келтірілген [4.9], [4.10].

4.52 суретте блок электростанцияларындағы негізгі тізбекте өлшеу аспаптарын орнату көрсетілген: W 330 — 500 кВ желілері, G-T1 блогы, T2 байланыс автотрансформаторы, T3 жеке қажеттіліктер трансформаторы, айналмалы ажыратқыш тізбегіндегі QВ.

4.53 суретте ТЭЦ негізгі тізбектеріне өлшеу аспаптарын орнату көрсетілген. Өлшеу аспаптарын орнату жөнінде аса толығырақ нұсқаулықтар 4.8 кестесінде берілген.

Электр жүйелерінің жұмыс режимін есептеу және бақылауды автоматтандыруын дамыту барысында аспаптарды орнатуға қатысты жаңа талаптар қойылады, сондықтан 4.8 кестесін қолдана отырып, оның ПУЭ енгізетін өзгерістеріне сәйкестігін тексеру керек. (1.5, 1.6 тараушығы).







|          |                                                       |                                  |          |                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                  |
|----------|-------------------------------------------------------|----------------------------------|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | Турбогенератор                                        | Статор                           |          | ТГ үшін қуаты 12 МВт және одан жоғары әр фазадағы амперметр, вольтметр, ваттметр, варметр, белсенді энергия есептегіші, белсенді және реактивті қуат датчиктері. Тіркеу аспаптары: ваттметр, | Аталған аспаптар басқарудың негізгі қалқандарына орнатылады. (БЩУ немесе ГЩУ).<br><br>Қуаты 12 МВт дейінгі генераторда статор тізбегінде в амперметр орнатылады. |
|          |                                                       | Ротор                            |          | Амперметр, вольтметр. Негізгі және резервтік қоздырғыш тізбегіндегі вольтметр. Тіркеуші амперметр (60 МВт және                                                                               |                                                                                                                                                                  |
| 2        | Гидрогенератор                                        | Статор<br><br>Ротор              |          | Турбогенераторға арналған аспаптар сияқты<br><br>Амперметр, вольтметр                                                                                                                        | Тұрақты кезекшісі жоқ ГЭС стационарлық аспаптардың орнына ауыспалы аспаптар орны қарастырылады.                                                                  |
| №<br>р/с | Тізбек                                                | Аспаптарды орнату орны           |          | Аспаптар тізімі                                                                                                                                                                              | Ескерту                                                                                                                                                          |
| 3        | Блок генератор— трансформатор                         | Генератор                        |          | 1 бойынша аспаптар                                                                                                                                                                           | Генератор тізбегіне осциллограф және синхрондау аспаптары орнатылады                                                                                             |
|          |                                                       | Блок трансформаторы              | НН<br>сн | Амперметр, ваттметр және екі жақты шкаласы бар варметр Амперметр                                                                                                                             |                                                                                                                                                                  |
| 4        | Энергия жүйесі немесе РУ әртүрлі кернеуі бар байланыс | Екі орамды                       | вн<br>НН | Амперметр, ваттметр және екі жақты шкаласы бар варметр                                                                                                                                       | Трансформатор — желі блогында жұмыс істейтін трансформаторларда амперметрлер барлық фазаға                                                                       |
|          |                                                       | Үш орамды және автотрансформатор | НН<br>сн | Тағы»<br><br>Амперметр                                                                                                                                                                       | —                                                                                                                                                                |
| 5        | Жеке қажеттіліктер трансформаторы немесе желілері     | Бір секцияға                     |          | Қорек беру тұрғысынан : амперметр, ваттметр,                                                                                                                                                 | Блок ЖЭС аспаптар 6,3 кВ кірісіне орнатылады                                                                                                                     |
|          |                                                       | Екі секцияға                     |          | Кірісте 6,3 кВ секцияларына: амперметр, ваттметр, белсенді энергия есептегіші,                                                                                                               |                                                                                                                                                                  |
| 6        | Тұтынушылардың 6—10 кВ желілері                       |                                  |          | Амперметр, тұтынушыға жататын желілерге арналған белсенді және реактивті                                                                                                                     | Егер есептегіш бойынша ақша есептеуі орындалмаса, онда реактивті энергия                                                                                         |
| 7        | 35 кВ желілері                                        | —                                |          | Амперметр, тұтынушының түйік желілеріне белсенді және реактивті энергияны есептеу есептегіші                                                                                                 | Тағы сол                                                                                                                                                         |
| 8        | 110—220 кВ желілері                                   |                                  |          | Амперметр, ваттметр, аспапты белгілейтін ҚТ орнына анықтау үшін                                                                                                                              | Фаза бойынша басқарылатын желілер үшін үш амперметр орнатылады.                                                                                                  |

|    |                                            |                                                 |                                                                            |                                                                 |
|----|--------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 9  | 330—750 кВ<br>желілері                     |                                                 | Әр фазадағы амперметр, екі<br>жақты шкаласы бар ваттметр                   | Жүйе аралық байланыс<br>желісінде                               |
| 10 | Генератор<br>кернеуіндегі<br>жинақ шиналар | Әр секцияда немесе<br>шиналар жүйесінде         | Фаза аралық кернеуді<br>өлшеуге арналған вольтметр,<br>үш фазалық кернеуді | Синхрондау аспаптары<br>синхрондау мүмкіндігінше<br>орнатылады. |
|    |                                            | Секцияға немесе шиналар<br>жүйесіне ауыстырғышы | Фаза аралық кернеуді<br>өлшеуге арналған екі тіркеу                        |                                                                 |
| 11 | 6 кВ жеке<br>кажітелік                     |                                                 | Фаза аралық кернеуді<br>өлшеуге арналған вольтметр                         |                                                                 |
| №  | Тізбек                                     | Аспаптарды орнату орны                          | Аспаптар тізімі                                                            | Ескерту                                                         |
| 12 | Электр<br>қозғалтқыш                       | Статор                                          | Амперметр                                                                  | Екі жылдамдықты электр<br>қозғалтқышында әр орамда              |
| 13 | Жоғары кернеу<br>электростанциялар         | Әр секцияда немесе<br>шиналар жүйесінде         | Үш фазалық кернеуді<br>өлшеуге арналған                                    | 35 кВ шиналарында фаза<br>аралық кернеуі бақылау үшін           |
| 14 | Шина жалғағыш<br>және секциялық            |                                                 | Амперметр                                                                  |                                                                 |
| 15 | Айналмалы<br>ажыратқыш                     |                                                 | Амперметр, ваттметр және<br>екі жақты шкаласы бар,                         |                                                                 |
| 16 | Тұйықтаушы<br>реактор                      | —                                               | Амперметр, варметр                                                         | —                                                               |
| 17 | Тұйықтаушы<br>сыйымдылық                   | —                                               | Әр фазадағы амперметр,<br>варметр                                          | —                                                               |
|    |                                            |                                                 | Шағын станциялар                                                           |                                                                 |
| 18 | Екі орамды<br>трансформатор                | ВН                                              | —                                                                          | 1. Ваттметр — тек 110 кВ<br>және одан                           |
|    | Трансформаторды<br>түсінетін               | НН                                              | Амперметр, ваттметр,<br>варметр, белсенді және                             | жоғары трансформаторлар<br>үшін                                 |
| 19 | Үш орамды<br>трансформатор                 | ВН                                              | Амперметр                                                                  | Тура солай                                                      |
| й  | Синхрондау ком-<br>пенсаторы               | Статор                                          | Амперметр, вольтметр, екі<br>жақты шкаласы бар варметр                     |                                                                 |
| №  | Тізбек                                     | Аспаптарды орнату орны                          | Аспаптар тізімі                                                            | Ескерту                                                         |
| 21 | 6, 10, 35 кВ жинақ<br>шиналары             | Әр секцияда немесе<br>шиналар жүйесінде         | Фазалық кернеуді өлшеуге<br>арналған вольтметр және                        | Транзиттік шағын<br>станциялардың 35 кВ                         |
| 22 | 110-220 кВ жинақ<br>шиналары               | То же                                           | Фазалық кернеуді өлшеуге<br>арналған ауыстырғышы бар                       | Тура сол                                                        |
| 23 | 330 кВ және одан<br>жоғары жинақ           | »                                               | 22 сияқты және тіркеу жиілік<br>өлшегіші                                   | Қолмен дәл синхрондау<br>қажет болған шағын                     |
| 24 | Секциялық, шина<br>жалғағыш және           |                                                 | 14, 15 сияқты                                                              |                                                                 |
| 25 | 6—500 кВ<br>желілері                       | —                                               | 6, 7, 8, 9 сияқты                                                          | —                                                               |
| 26 | Жеке<br>қажеттіліктен                      | ВН                                              | Амперметр, белсенді энергия<br>есептеу есептегіші                          |                                                                 |
| 27 | Доға өшіргіш                               | —                                               | Тіркеу амперметрі                                                          | —                                                               |

Аса көп өлшеу аспаптары мықты генератор тізбегіне қажет, мұнда барлық фазадағы жүктемеге, белсенді және реактивті қуатқа бақылау жүргізіледі, өңделген электр энергиясына есеп жүргізіледі, сонымен қатар ротор тізбегіндегі және қоздырғыш тізбегіндегі тоқ пен кернеуге бақылау жүргізіледі.

Көрсетілген аспаптардан басқа, тіркеу (өздігінен жазатын) аспаптары орнатылады: генератор статор тізбегіндегі белсенді қуатты бақылау үшін арналған ваттметрлер, амперметрдер және вольтметрлер. Онымен қоса, әр генератордың тізбегінде  $UP$ ,  $UQ$  белсенді және реактивті қуат датчиктері қарастырылады, олар өлшенетін параметрдің мәнін сомалайтын ваттметрге және ЦЩУ немесе ГЩУ ваттметріне, телемеханика құрылғыларын береді.

330— 500 кВ жүйе аралық желілерде әр фазадағы тоқтар бақыланады, себебі 330 — 500 кВ ажыратқыштары және белсенді және реактивті қуат ағыстары фаза бойынша басқарылады. Онымен қоса, шағын станцияларда үш фазалық кернеуді, үш фазалық тоқты, нөлдік жүйе кернеуін және т.б. жазатын осциллографтар орнатылады. Бұл жазбалар сол немесе басқа апаттық режимнің бейнесін анықтауға мүмкіндік береді.

Жоғары кернеу желілерінде зақымдалған жерді анықтау үшін қажетті параметрлерді белгілейтін аспаптар орнатылады (ФИП).

Егер тізбегінде тоқты, қуатты немесе басқа шамаларды бақылау керек болатын объект басқару қалқанынан алыс орналасса (бірнеше жүздіктен мыңдаған метрге дейін), онда аспаптардан өлшеу трансформаторларына дейінгі сымдар кедергісі өлшеу қателігінің шексіз мәнге дейін өсуіне қарағанда үлкен болады. Мұндай жағдайда тоқты, белсенді және реактивті қуатты өлшеу түрлендіргіштері қолданылады. Өлшеу түрлендіргіші (датчик) өлшенетін параметр тізбегіне тоқ және кернеу трансформаторлары арқылы қосылады, ал шығысында ол тұрақты тоқ береді, ол тоқ өлшенетін параметрге желілік байланысты болады. Датчиктер шығысындағы тұрақты тоқ 5 мА аспайды, сондықтан датчиктен өлшеу аспабына дейінгі жалғау сымдары қимадан кем болуы мүмкін. 4.54 суретте  $UP$  белсенді қуат өлшеу түрлендіргішін қосу және өлшеу аспабын қосудың функционалдық сызбасы көрсетілген.

Өлшеу түрлендіргішін қолдану өлшеу аспаптарын тікелей тоқ және кернеу трансформаторларына қосуға қарағанда келесі артықшылықтарды береді:



4.54 сур. Алыстан өлшеу құрылғыларының құрылымдық сызбасы

тоқ және кернеу трансформаторларының жүктемесін азайтады, себебі тұтынушымен пайдаланылатын қуат тоқ тізбегі бойынша 1 ВА және кернеу тізбегі бойынша 1 В-А аспайды;

ақпаратты оперативті-ақпараттық кешенге нақты уақытта беру мүмкіндігі пайда болады; бақылау кабельдерінің қиығы азаяды, «шақыру» бойынша өлшеу оңай іске асады, себебі түрлендіргіштер тарату тізбегімен жұмыс істей алады;

барлық өлшеулер үшін қарапайым аспап — миллиамперметр қолданылады.

Егер беретін құрылғы (датчик) және қабылдайтын құрылғы (аспап) бір бірінен бірнеше километр қашықтықта орналасатын болса, онда желілік алыстан өлшеу (жақындық әрекетін) жүйесі қолданылады.

Егер бақылау объектісі басқару бекетінен ондаған және жүздеген километр қашықтықта орналасса, онда алыстан өлшеу үшін жоғары жиілікті желі арналары бойынша жұмыс істейтін арнайы телемеханика құрылғылары пайдаланылады.

«Шақыру» бойынша өлшеу бірнеше жалғауларға ортақ өлшеу аспаптарының жинағымен орындалады.

«Шақыру» бойынша өлшеу қажеттілігі көп жалғаулар кезінде пайда болады, мұнда әрбір басқару

панелінде өлшеу аспаптар қондырғысы бар параметрлерді жеке өлшеу басқару қалқанының габариттерінің қатты өсуіне алып келеді және оперативті бақылауды күрделендіреді. Таңдап өлшеу сымбаларында бақылау объектілерінде жеке өлшеу түрлендіргіштері орнатылады, олар өлшеу жүйесіне 0—5 мА тұрақты тоғының жүйеленген аналогтік сигналын береді. Орталықтанған өлшеу үшін салыстырмалы бірліктерге бөлінген және бақыланатын параметрлердің салыстырмалы мәнін және олардың пайызбен көрсетілген номиналды мәннен ауытқуын бағалауға мүмкіндік беретін аналогтік аспаптар пайдаланылады. Бақылау параметрлерін нақтылау үшін аналогтік аспаптарға қосымша орталықтанған өлшеу панеліне цифрлік аспап орнатылады, ол ауыстырғыш көмегімен кез келген бақылау параметріне аналогтік аспаппен бірге жалғана алады. Бұл өлшеу атаулы бірліктерде параметрді бағалауға мүмкіндік береді.

«Шақыру» бойынша бақылау 330 кВ және одан жоғары желілерде, сонымен қатар үздіксіз өлшеу жүргізілетін генераторлар мен трансформаторларда қолданылмайды (ПУЭ, 1.6.4 т.).

## 4.8. Өлшегіш ток трансформаторлары

### 4.8.1 Жалпы ережелер

Ток трансформаторы бірінші тоқты өлшеу аспаптары мен реле үшін аса ыңғайлы мәнге дейін азайту үшін, сонымен қатар өлшеу тізбектерін анықтау және жоғары кернеудің бірінші тізбектерінен қорғау үшін арналған.

Ток трансформаторының тұйықталған магнит өткізгіші 2 ( 4.55, а сур) және екі орамы – бірінші 1 және екінші 3 орамы болады. Бірінші орам 1Ъ h өлшенетін ток тізбегіне жүйелі қосылады, ал екінші орамға 12 токпен ағып кететін өлшеу аспаптары жалғанады.

Ток трансформаторы трансформацияның номиналды коэффициентімен сипатталады:

$$K_I = \frac{I_{1\text{ ном}}}{I_{2\text{ ном}}},$$

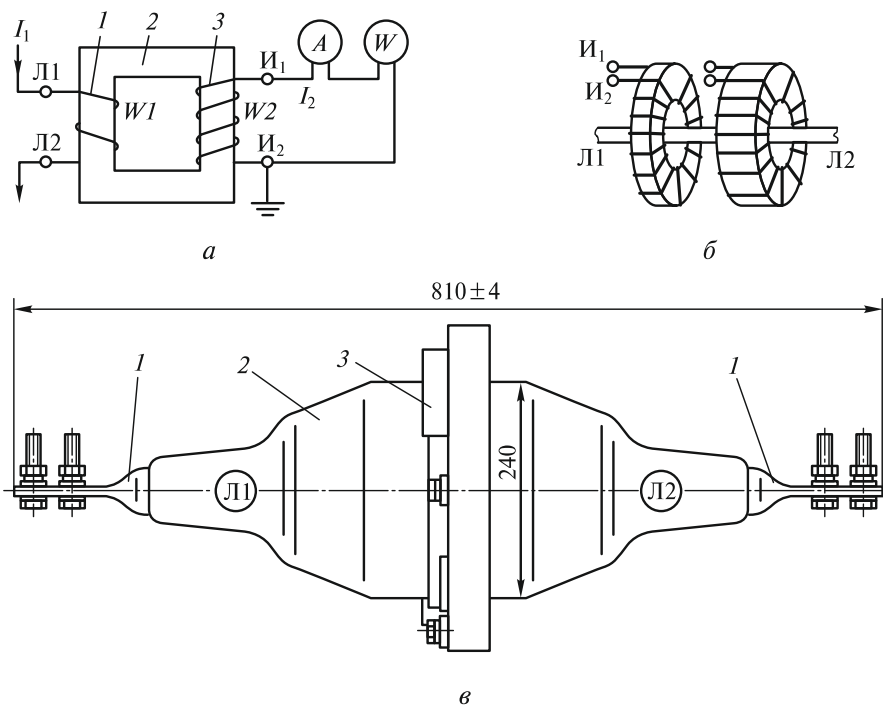
мұнда  $I_{1\text{ ном}}$  и  $I_{2\text{ ном}}$  — сәйкесінше бірінші және екінші токтың номиналды мәні .

Екінші токтың номиналды мәні 5 және 1 А тең деп қабылданады.

Ток трансформаторының трансформация коэффициенті катал түрде тұрақты шама болып табылмайды және номиналды мәнінен магниттеу тоғының болуымен негізделетін қателік салдарынан ажыратылуы мүмкін. Ток қателігі төменді мән бойынша анықталады:

$$\Delta I\% = \frac{K_I I_2 - I_1}{I_1} 100.$$

Ток трансформаторының қателігі оның құрылымдық ерекшеліктерін байланысты: магнит өткізгішінің қиылысы, магнит өткізгіші материалының магнитті өткізуі, магнит жолының орташа ұзындығы,  $I_1 w_1$  мәні. Қойылатын талаптарға байланысты ток трансформаторы 0,2; 0,5; 1; 3; 10 дәлдік санатымен шығарылады. Көрсетілген сандар номиналды токтағы бірінші үш санат үшін 100—120% тоғымен және соңғы екеуі үшін 50— 120 % тоғымен бірінші орам жүктемесі кезінде пайызбен көрсетілетін ток қателігі болып табылады. 0,2; 0,5 және 1 дәлдік санатындағы ток трансформаторы үшін сонымен қатар бұрыш қателігі нормаланады.



4.55 сур. Ток трансформаторы

а — көп орамды ток трансформаторының ұстанымдық сызбасы: 1 — бірінші орам; 2 — магнит өткізгіші; 3 — екінші орам; б — бір орамды ток трансформаторының ұстанымдық сызбасы; в — ТПОЛ-20 құрылымы: 1 — бірінші шығыс; 2 — эпоксидті құйма изоляциясы; 3 — екінші орам шығыстары

Ток трансформаторының қателігі екінші жүктемесіне (аспаптардың, сымдардың, контактілердің кедергісі) және бірінші тоқтың номиналды тоғына қатысы бойынша еселігіне байланысты. Жүктемені және ток еселігін арттыру қателіктің өсуіне алып келеді.

Номиналды тоқтан барынша аз бірінші тоқ кезінде ток трансформаторының қателігі де өседі.

0,2 санатты ток трансформаторының қателігі дәлдік зертханалық аспаптарды жалғау үшін, 0,5 санаты — ақшаны есептеу есептегішін жалғау үшін, 1 санаты — барлық техникалық өлшеу аспаптары үшін, 3 және 10 санаттары — реле қорғанысы үшін қолданылады.

Қарастырған санаттардан басақ, сонымен қатар Д (дифференциалды қорғау үшін), 3 (жерді қорғау үшін), Р (басқа релелік қорғаныс үшін) түрлеріндегі екінші орамы бар ток трансформаторлары шығарылады.

Өлшеу аспаптарының ток тізбектері және реленің кедергісі аз болады, сондықтан ток трансформаторы ҚТ режиміне жақын режимде дұрыс жұмыс істейді. Егер екінші орамды тарқататын болсақ, магнит өткізгішіндегі магнит ағыны бірден өседі, себебі ол тек бірінші орам МДС анықталатын болады. Осы режимде магнит өткізгіші шексіз температураға дейін қызып кетуі мүмкін, ал екінші тарқатылған орамда жоғары кернеу пайда болады, ол кей жағдайларда ондаған киловатқа дейін жетеді.

Аталған құбылыстардың арқасында ток трансформаторының бірінші орамда тоғы өткен кезде екінші орамын тарқатуға рұқсат етілмейді. Өлшеу аспабын немесе релені ауыстыру қажет болса алдын ала ток трансформаторының екінші орамы қысқа тұйықталады (немесе реле, аспап орамын тұйықталады).

#### 4.8.2. Ток трансформаторының құрылымы

35 кВ дейінгі ішкі қондырғы үшін арналған ток трансформаторының құймалы эпоксидті изоляциясы болады.

Бірінші орам түрі бойынша катушкалық (кернеу 3 кВ дейін), бір орамды және көп орамды трансформаторлар.

4.55, б суретінде магнит өткізгіші мен орамдардың орындалуы көрсетілген, ал 4.55, в суретте —ТПОЛ-20 (өтпелі, бір орамды, 20 кВ құймалы эпоксидті изоляциясы бар) тоқ трансформаторының сыртқы түру көрсетілген.

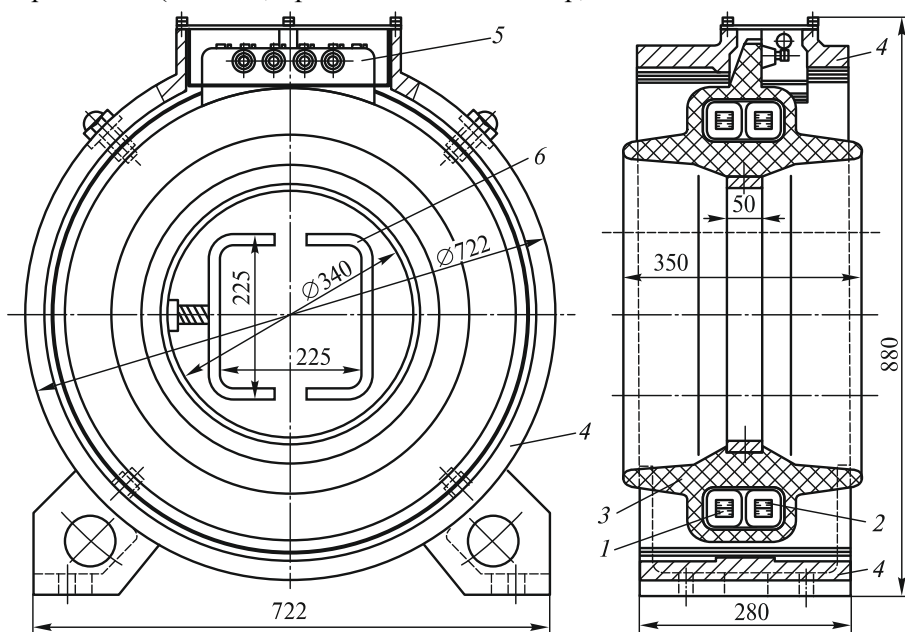
Бұл трансформаторларда екі магнит өткізгіш терезесі арқылы өтетін тоқ жүргізуші өзек бірінші орамның бір орамы болып табылады. Бір орамды тоқ трансформаторлары 600 А және одан жоғары бірінші тоқтарға арналып шығарылады, МДС әлсіз тоқтарында бірінші орам IIwI қажетті дәлдік санатымен жұмыс істеу үшін жеткіліксіз болады. ТПОЛ-20 трансформаторының екі магнит өткізгіші бар, олардың әрқайсысына өздерінің жеке екінші орамдары оратылған. Бұл тоқ трансформаторларының дәлдік санаттары 0,5; 3 және Р. Магнит өткізгіштер орамдармен бірге эпоксидті шайыр негізінде компаундпен құйылады, ол қатайғаннан кейін монолитті массаны құрайды. Мұндай тоқ трансформаторларының алдында шыққан фарфор изоляциясы бар трансформаторларға қарағанда өлшемдері аздау болады және жоғары элеткр динамикалық төзімділігі болады.

Қарастырып отырған тоқ трансформаторлары тарату құрылғысында бір уақытты өтпелі изолятордың рөлін атқарады.

600 А кем тоқтарда көп орамды ТПЛ тоқ трансформаторлары қолданылады, олардың бірінші орамы бірнеше орамнан тұрады, олардың сандары қажетті МДС анықталады.

Жинақ тарату құрылғыларында тіреуіш-өткізгіш ТЛМ-10, ТПЛК-10 тоқ трансформаторлары қолданылады, олар КРУ ұяшығындағы бірінші орамның штепсельдік жалғағыштардың біреуімен жалғанады.

Үлкен номиналды бірінші тоқтарға бірінші орам рөлін шина орындайтын тоқ трансформаторлары қолданылады, олар трансформатордың ішінен өтеді. 4.56 суретте ТШЛ-20 тоқ трансформаторы көрсетілген (шиналы, құймалы изоляциясы бар, 20 кВ және 6000—18000 А тоқтарына арналған).



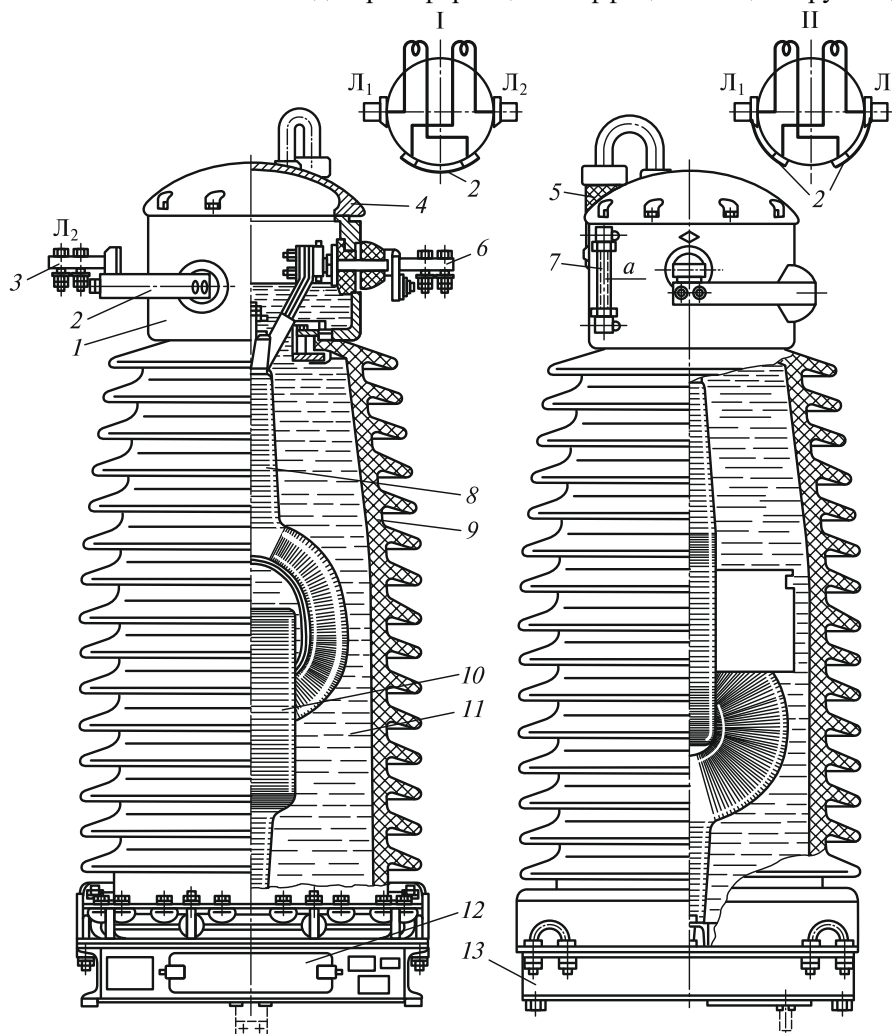
4.56 сур. ТШЛ-20 тоқ трансформаторы:

1 — 0,5 санатты магнит өткізгіш; 2 — Р санатты магнит өткізгіш; 3 — құймалы эпоксидті блок; 4 — корпус; 5 — екінші орам шығысының қорабы; 6 — тоқ жүргізуші шина

Бұл трансформаторлар ішіне магнит өткізгіші және екінші орам салынған сақина тәріздес эпоксидті блоккі білдіреді. Бірінші орамы тоқ өткізгіш шина болып табылады. Изоляциялық блокта экрандалған силумин сақинасы салынған, ол серіппенің көмегімен шинамен электрлік жалғанған. Мұндай тоқ трансформаторының электр динамикалық төзімділігі шиналық құрылым тұрақтылығымен анықталады. Жинақ тоқ өткізгіштерінде ТШВ15, ТШВ24 тоқ трансформаторлары қолданылады.

Сыртқы орнату үшін ТФЗМ түріндегі қағаз-майлы изоляциясы бар фарфор корпусындағы тіреуіш түріндегі тоқ трансформаторлары шығарылады (4.50 сур.). Майға толы фарфор изоляторында трансформатордың орамдары мен магнит өткізгіші орналасқан. Құрылымы жағынан бірінші және екінші орамдар тізбектің екі тарамын еске түсіреді (түр белгісіндегі 3 әріпі). Бірінші орам екі секциядан

тұрады, ол ауыстырғыш 2 көмегімен жүйелі (I жағдай) немесе қосарлама (II жағдай) жалғануы мүмкін, осымен 1:2 қатынасы бойынша номиналды трансформация коэффициентінің өзгеруіне қол жеткізіледі.



4.57 сур. ТФЗМ тоқ трансформаторы:

1 — май жайғыш; 2 — бірінші орам ауыстырғышы; 3 — Л2 кірісі; 4 — қақпақ; 5 — ылғал сіңіргіш; 6 — Л1 кірісі; 7 — май көрсеткіш; 8 — бірінші орам; 9 — фарфор қақпағы; 10 — екінші орамы бар магнит өткізгіш; 11 — май; 12 — екінші орам шығысының қорабы; 13 — цоколь; I — орамдарды жүйелі қосу кезіндегі ауыстырғыш жағдайы; II — орамдарды қосарлама қосу кезіндегі ауыстырғыш жағдайы

Фарфор қақпағында май деңгейінің ауытқуын қабылдайтын металдан жасалған май жайғыш 1 бекітіледі. Силикат гелді ылғал сіңіргіш 5 май жайғағышының сыртқы беті қатынасатын сыртқы ауа ылғалын сіңіру үшін арналған. Орамдар және фарфор қақпағы болат цокольіне 13 бекітіледі. Екінші орам шығысының қорабы 12 саңылаусызданған. Төменгі жағынан оған кабель муфтасы бекітіледі, онда екінші тізбек кабелі бөлінген.

ТФЗМ трансформаторларының 0,5 санатты орамы және реле қорғанысына арналған орамы бар екі-үш магнит өткізгіші болады. Кернеу жоғары болған сайын, бірінші орам изоляциясын орындау қиындай түседі, сондықтан 330 кВ және одан жоғары кернеуге каскадты түрдегі тоқ трансформаторлары дайындалады. Екі трансформация каскадының болуы (орамы бар магнит өткізгіші) әр сатыдағы орам изоляциясын толық кернеуге емес, оның жартысына орындауға мүмкіндік береді

330 кВ және одан жоғары қондырғыларда трансформатор майымен толтырылған фарфор изоляторының ішінде орналасқан сақина тәріздес орамы бар ТФРМ каскадты тоқ трансформаторы қолданылады. Мұндай трансформаторларда 0,2; 0,5 және Р дәлдік санатымен төрт-бес екінші орамдар болады.

Кіріктірілген тоқ трансформаторы 35 кВ және одан жоғары қондырғыларда қолданылады. Майлы ажыратқыштардың және күш трансформаторларының жоғары кернеу кірістеріне екінші орамы бар магнит өткізгіштері кірістіріледі. Бірінші орамы кірістің тоқ жүргізуші өзегі болып табылады (4.34 сур. қар.). Өлсіздеу бірінші тоқ кезінде бұл трансформаторлардың дәлдік санаты 3 немесе 10 болады. 1000 — 2000 А бірінші тоқтары кезінде 0,5 дәлдік санатында жұмыс істеу мүмкін болады. Кіріктірілген тоқ трансформаторының екінші орамдарында бірінші тоққа сәйкес трансформация коэффициентін реттеуге мүмкіндік беретін жалапталары болады. Майлы ажыратқыштарды кірістіру үшін ТВ, ТВС, ТВУ сериялы тоқ трансформаторлары қолданылады. Майлы бак ажыратқышының әрбір түріне тоқ трансформаторының белгілі бір түрі сәйкес келеді, олардың паспорттық мәліметтері ажыратқыштар каталогында және анықтамасында келтіріледі. Күш трансформаторларына немесе автотрансформаторларға кірістіру үшін ТВТ сериялы тоқ трансформаторлары қолданылады. Қарастырылған тоқ трансформаторларынан басқа реле қорғанысы үшін арналған арнайы құрылымдар шығарылады: ТНП, ТНПШ, ТЗ, ТЗЛ нөлдік жүйелік тоқ трансформаторлары; ТКБ тез қанығатын трансформаторлар; ТШЛО генераторларды көлденең дифференциалды қорғауға арналған трансформаторлар.

#### 4.8.3 Оптикалық-электронды өлшеу трансформаторлары

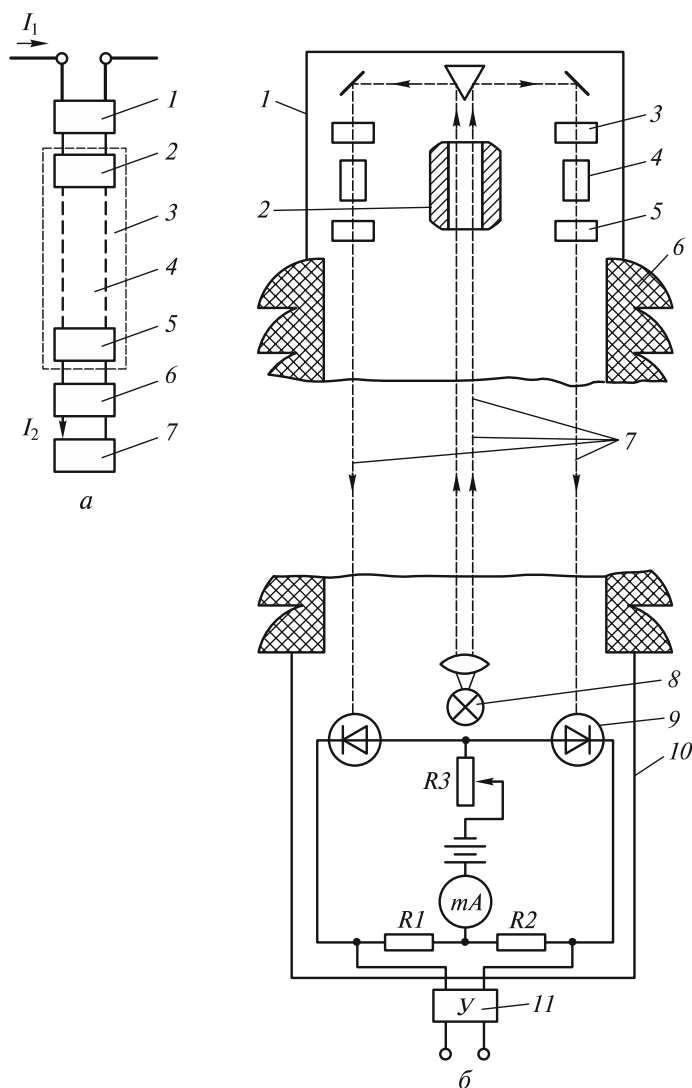
Кернеу жоғары болған сайын, ВН бірінші орамын екінші орамынан, трансформатордың өлшеу орамынан оқшаулау қиындай түседі. 500, 750 және 1150 кВ арналған каскады өлшеу трансформаторлары дайындауда және жолда күрделі, сондықтан оларды ауыстыру үшін арнайы жаңа оптикалық-электронды өлшеу трансформаторлары әзірленді (ОЭТ). Оларда өлшенетін сигнал (тоқ, кернеу) жарық ағынына түрленеді, ол белгілі бір заң бойынша өзгереді және жерге тұйықталу элементінде орналасқан қабылдау құрылғысына беріледі. Содан кейін жарық ағыны өлшеу аспабымен қабылданатын электр сигналы түрленеді (4.58 сур.). Осылайша, жоғары кернеу астындағы беру құрылғысы және жермен жалғанған қабылдау құрылғысы өзара тек жарық түйінімен байланысқан.

Жарық ағыны бос изолятордың ішінде шыны қабырғалары бар құбыр бойынша немесе диэлектрлік өзек бойынша және талшықты жарық өткізгіші бойынша беріледі, олар оқшаулау қабықшасы бар арнайы оптикалық шыныдан жасалады. ОЭТ беру құрылғысы әртүрлі ұстанымдарға негізделуі мүмкін. Кейбір тоқ трансформаторларында (ОЭТТФ) Фарадей әсері қолданылады (4.58, 5 сур. қар.). 10 негізінде жер потенциалында жарық көзі 8, екі фото қабылдағыш 9 орналасқан, ол дифференциалды сызба бойынша өлшеу аспаптары жалғанатын күшейткіш 11 тізбегіне жалғанған. ВН 1 басында Фарадейдің екі ұяшығы және өлшенетін токтың тоқ өткізгіші 2 орналастырылған. Фарадей ұяшықтары поляризаторлардан 3, оптикалық белсенді заттардан 4 (кварц, ауыр шыны) және анализаторлардан 5 тұрады. Поляризацияланған жарық түйіні оптикалық белсенді зат 4 арқылы өте отырып, поляризация жазықтығы бұрышқа ауыстырады, ол магнит өрісінің кернеулігіне, яғни өлшенетін токқа байланысты болады. Поляризация жазықтығының бұрылуы анализатордың артында 5 фото қабылдағышына түсетін жарық ағынының қарқыныдылығы өзгерісі түрінде байқалады. Жарық ағындары жарық өткізгіштері 7 бойынша оқшаулау колонкасының 6 ішінде беріледі. Фото қабылдағыштар жарық сигналды электрлік сигналға түрлендіреді, ол күшейткіште 11 күшейеді және өлшеу аспаптарына беріледі. Мұндай тоқ трансформаторлары әмбебап болып келеді, олар жоғары және асыра жоғары кернеулердегі қондырғылардың тұрақты, ауыспалы және импульстік токты өлшеу үшін арналған. Өлшеу импульсі бірден фото қабылдағыштарға беріледі.

Тоқ трансформаторларының беру құрылғысы модулятордан және жарық диодынан тұратын құрылымы болады. Жартылай өткізгіш жарық диодының жарық ағыны өлшенетін токқа I және оның фазасына тәуелді болады.

750 кВ және 2000 А арналған жиілік модуляциясы бар оптикалық-электронды тоқ трансформаторының (ОЭТТЧ) төрт оптикалық арнасы болады – біреуі өлшеу үшін және үшеуі қорғау үшін. Әр арна өзінің бірінші түрлендіргішімен байланысты. Өлшеу арнасы 1,21ном дейінгі тоқ кезінде қалыпты жұмыс істеуге есептелген, онымен қоса, қателік  $\pm 1\%$  аспау керек. Қорғау арналары 201ном дейінгі тоқ кезінде импульсті бұрмалаусыз беретіндей есептелген.





4.58 сур. Оптикалық-электронды ток трансформаторы:

а — құрылымдық сызба: 1 — бірінші түрлендіргіш; 2 — жарық өткізгіші; 3 — оптикалық жүйе; 4 — жарық өткізгіші; 5 — фото сезімталдық аспап; 6 — күшейткіш; 7 — өлшеу аспабы; б — ОЭТТФ оптикалық-электронды ток трансформаторының функционалдық сызбасы: 1 — ВН басы; 2 — өлшенетін тоқтың ток өткізгіші; 3 — поляризатор; 4 — кварц; 5 — анализатор; 6 — оқшаулау колонкасы; 7 — жарық өткізгіштер; 8 — жарық көзі; 9 — фото қабылдағыштар; 10 — негізі; 11 — күшейткіш

Оптикалық-электронды өлшеу трансформаторы тек тоқты ғана емес, сонымен қатар қондырғы қуатын (толық, белсенді, реактивті) позволяют контролировать не только ток, оның қысқыштарындағы кедергілерді, сонымен қатар ток пен кернеудің лездік мәндерін нөлдік мән арқылы өту моментін бақылауға мүмкіндік береді.

Оптикалық-электронды трансформаторды 750 кВ және одан жоғары қондырғыларда, сонымен қатар 10—24 кВ кернеуі кезінде үлкен тоқты (20 — 50 кА), импульстік тоқтарды және ауыспалы режим параметрлерін өлшеу үшін пайдаланылады.

## 4.9. Кернеудің өлшеу трансформаторлары

### 4.9.1. Жалпы мәліметтер және жалғау сызбалары

Кернеу трансформаторы жоғары кернеуді 100 немесе 100 /  $\sqrt{3}$  В стандартты мәніне дейін төмендету үшін және өлшеу тізбектерін және реле қорғанысын жоғары кернеудің бірінші тізбектерінен бөлу үшін арналған. Бір фазалық кернеу трансформаторын қосу сызбасы 4.59 сур. көрсетілген, бірінші орам  $U_1$  желі кернеуіне қосылған, ал екінші орамға ( $U_2$  кернеу) қосарлама өлшеу

аспаптарының катушкалары мен релесі жалғанған. Қызмет көрсету қауіпсіздігі үшін екінші ораманың бір шығысы жерге тұйықталған Кернеу трансформаторы тоқ трансформаторына қарағанда бос жүріс жақын режимде жұмыс істейді, себебі аспаптардың қосарлама катушкалары кедергісі және релесі жоғары болады, ал олармен пайдаланылатын тоқ көп емес.

Трансформацияның номиналды коэффициенті келесі мән бойынша анықталады:

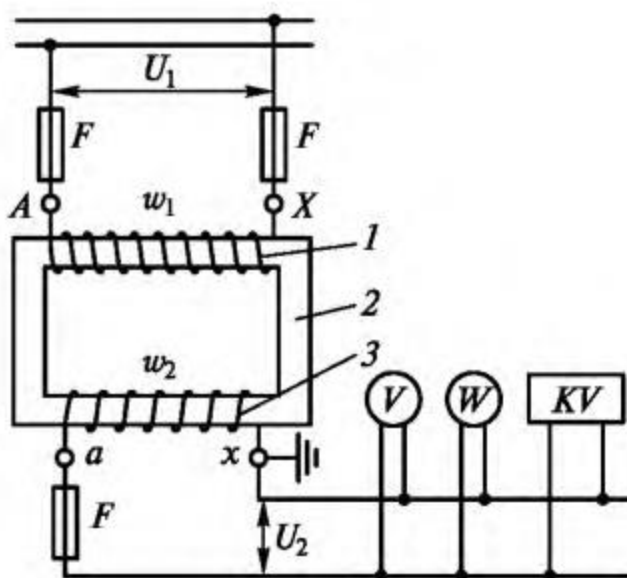
$$K_U = \frac{U_{1 \text{ ном}}}{U_{2 \text{ ном}}},$$

мұнда  $U_{\text{ном}}$ ,  $U_{2 \text{ ном}}$  — сәйкесінше номиналды бірінші және екінші кернеу.

Магнит өрісін және біліктегі шығынды шашырату өлшеу қателігіне алып келеді:

$$\Delta U\% = \frac{K_U U_2 - U_1}{U_2} 100.$$

Тоқ трансформаторлары сияқты екінші кернеу векторы екінші кернеу векторына қатысты  $180^\circ$  бұрышына қате жылжыған. Бұл бұрыш қателігін анықтайды. Номиналды қателікке байланысты 0,2; 0,5; 1; 3 дәлдік санаттары ажыратылады.



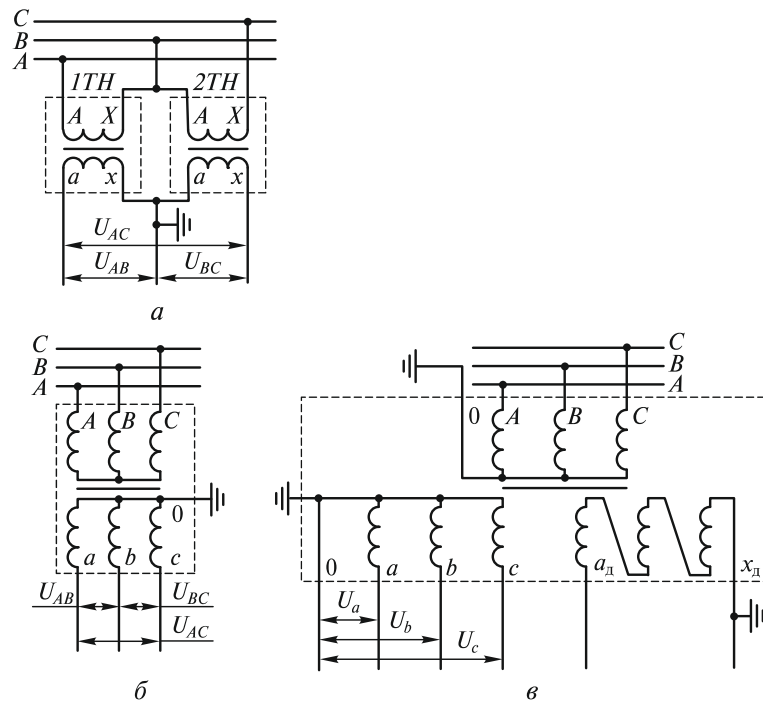
4.59 сур. Кернеу трансформаторын қосу сызбасы

1 — бірінші орам; 2 — магнит өткізгіш; 3 — екінші орам

Қателік магнит өткізгішінің құрылымына, болаттың магнит өткізгішіне және екінші жүктеменің  $\cos\phi$  байланысты болады. Кернеу трансформаторының құрылымында бірінші орамның кейбір орамдар санын азайту жолымен кернеу бойынша қателікті өтеу, сонымен қатар арнайы өтеу орамдары арқасында бұрыш қателігін өтеу қарастырылады.

Кернеу трансформаторының екінші орамына жалғанған реле мен өлшеу аспаптарының орамдарын сомалық пайдалану кернеу трансформаторының номиналды қуатынан аспауы керек, себебі олай болмаған жағдайда бұл қателіктің артуына алып келеді.

Мақсатына байланысты әртүрлі орамдарды жалғауы бар кернеу трансформаторы қолдануы мүмкін. Үш фаза аралық ернеуді өлшеу үшін ашық үшбұрыш сызбасы бойынша (4.60, а сур.) жалғанған НОМ, НОС, НОЛ екі бір фазалық екі орамды трансформаторды, сонымен қатар орамдары жұлдызға жалғанған (4.60, б сур.) НТМК үш фазалық екі орамды трансформаторды қолдануға болады.



Сур. 4.60. Кернеу трансформаторларының орамдарын жалғау сызбалары

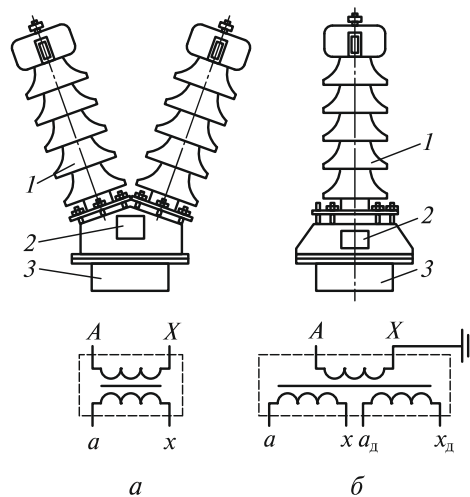
Жерге қатысты кернеуді өлшеу үшін  $Y0/Y0$  сызбасы бойынша жалғанған үш бір фазалық трансформаторды немесе НТМИ үш фазалық үш орамды трансформаторды қолдануға болады (4.60, в сур.). Соңғы жағдайда жұлдызға жалғанған орам өлшеу аспаптарын жалғау үшін қолданады, ал тарқатылған үшбұрышқа жалғанған орамға тұйықтаудан қорғау релесі жалғанады. Осылайша үш фазалық топқа ЗНОМ түріндегі бір фазалық үш орамды трансформаторлар және НКФ каскадты трансформаторлар қосылады.

#### 4.9.2. Кернеу трансформаторының құрылымы

Құрылымы бойынша үш фазалық және бір фазалық трансформаторлар болып ажыратылады. Үш фазалық кернеу трансформаторлары 18 кВ дейінгі кернеу кезінде, ал бір фазалық – кез келген кернеуде қолданылады. Оқшаулау түрі бойынша трансформаторлар құрғақ, майлы және құймалы изоляциясы бар трансформаторлар болады.

Құрғақ трансформаторлар орамдары ПЭЛ сымынан жасалады, ал орамдар арасындағы изоляция ретінде электр картоны қызмет етеді. Мұндай трансформаторлар 1000 В (НОС-0,5 — бір фазалық құрғақ, 0,5 кВ арналған кернеу трансформаторы) дейінгі қондырғыларда қолданылады.

Майлы изоляциясы бар кернеу трансформаторлары ашық және жабық тарату құрылғыларында 6—1150 кВ кернеуіне қолданылады. Бұл трансформаторларда орамдар мен магнит өткізгіші оқшаулау және салқындату үшін қызмет ететін маймен толтырылған.



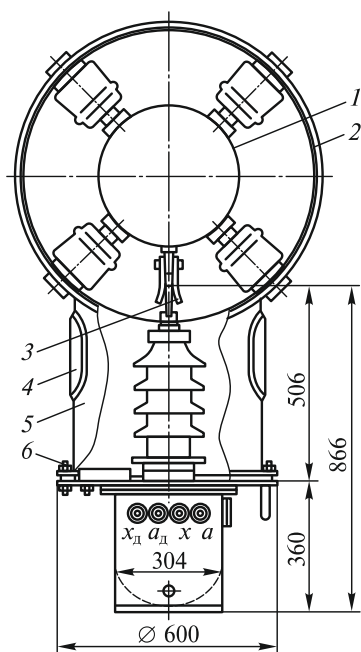
4.61 сур. Бір фазалы майлы кернеу трансформаторлары:  
 а —НОМ-35 түрі; б —ЗНОМ-35 түру; 1 — жоғары кернеу кірісі; 2 —  
 НН кірісі қорабы; 3 — бак

НОМ-6, НОМ-10, НОМ-15, НОМ-35 бір фазалық екі орамды трансформаторларды ЗНОМ-15, ЗНОМ-20, ЗНОМ-35 бір фазалық үш орамды трансформаторлардан ажырата білген жөн.

Біріншісінің орам сызбалары 4.61, а суретінде көрсетілген. Мұндай трансформаторлардың ВН екі кірісі және НН екі кірісі болады, оларды ашық үшбұрыш, жұлдыз, үшбұрыш сызбалары бойынша жалғауға болады. Екінші түр трансформаторларында (4.61, б сур.) ВН орамының бір ұшы жерге тұйықталған, ВН жалғыз кірісі қақпақта орналасқан, ал НН кірістері — бактың бүйір қабырғасында орналасқан. ВН орамы фазалық кернеуге есептелген, негізгі орам НН — на  $100/\sqrt{3}$  В, қосымша орам — на  $100/3$  В. Мұндай трансформаторлар жерге тұйықталған деп аталады және 4.60, в. суретте көрсетілген сызба бойынша жалғанады.

ЗНОМ-15, ЗНОМ-20, ЗНОМ-24 түріндегі трансформаторлар жинақ шина өткізгіш мықты генераторларда орнатылады. Магниттеу шығынын азайті үшін олардың бактары магнитті емес болаттан жасалады. 62 суретте осындай трансформаторды жинақ тоқ өткізгішінде орнату көрсетілген. Трансформатор ВН кірісінде орналасқан жүз контактісінің 3 көмегімен тоқ өткізгішіне 1 бекітілген серіппелі контактілерге жабық экранмен 2 жалғанады. Қарау люктары 4 бар жалғама құбырға 5 бұрандалармен 6 трансформатор қақпағы бекітіледі. Осылайша, трансформатордың ВН кірісі тоқ өткізгіші экранының жабық бөлігінде орналасады. НН орамдарының қысқыштары бактың бүйір қабырғаларына шығарылады және жеке қаптамамен жабылады.

Құймалы изоляциясы бар кернеу трансформаторлары кеңінен қолданыла бастады. ЗНОЛ.06 сериялы жерге тұйықталатын кернеутрансформаторларының 6, 10, 15, 20 және 24 кВ номиналды кернеуі бойынша бес орындалуы болады. олардағы магнит өткізгіші ленталық, қиық, С-тәріздес болады, бұл дәлдік санатын 0,2 арттыруға мүмкіндік береді. Мұндай трансформаторлардың шамалы ған салмағы болады, кез келген қалпына орнатылады, өртке қауіпсіз.



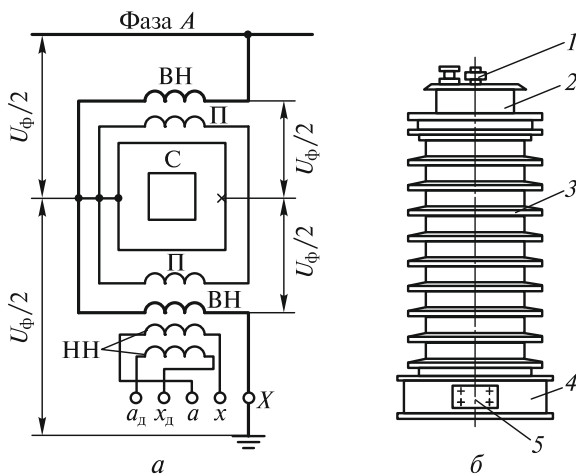
4.62 сур. Жинақ тоқ өткізгішіндегі ЗНОМ-20 кернеу трансформаторын орнату:

1 — тоқ өткізгіш; 2 — экран; 3 — жүз контактісі; 4 — қарау люгі;

5 — жалғама құбыр; 6 — бекіту бұрандалары

ЗНОЛ. 06 трансформаторлары КРУ орнату үшін және жинақ тоқ өткізгіштерінде НТМИ және ЗНОМмайлы трансформаторлардың орнына орнату үшін арналған, ал НОЛ. 08 сериялы трансформаторлар - НОМ-6 және НОМ-10 ауыстыру үшін арналған.

110 кВ және одан жоғары қондырғыларда НКФ түріндегі каскадты кернеу трансформаторлары қолданылады. Бұл трансформаторларда ВН орамы бірнеше магнит өткізгіштері бойынша бір қалыпты таралады, соның арқасында оның изоляциясы жеңілденеді. НКФ-110 трансформаторының (4.63 сур.) екі өзекті магнит өткізгіші болады, әр өзекте ВН орамы орналасады, ол  $U_{\phi}/2$  есептелген. ВН жалпы орамы



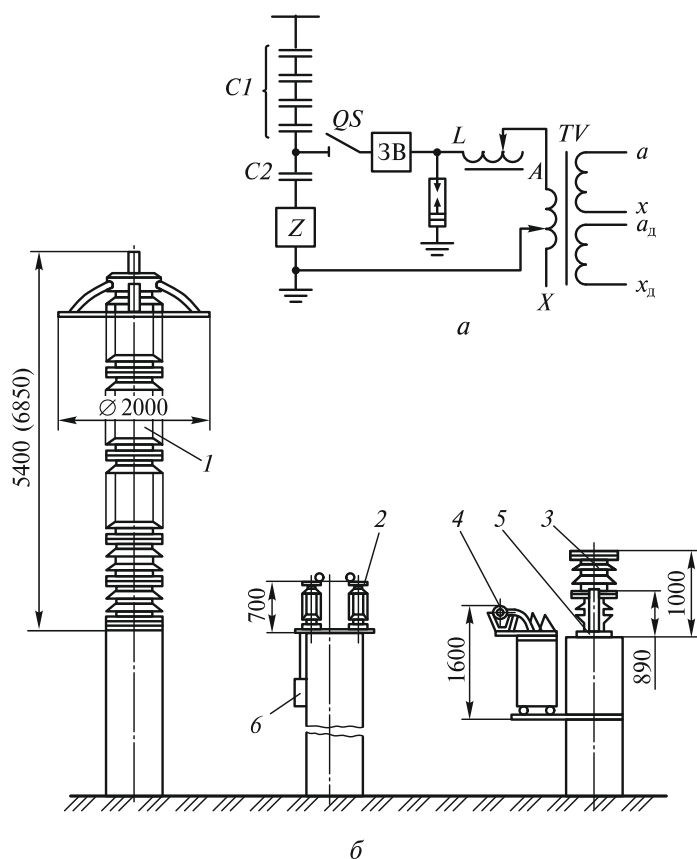
4.63 сур. НКФ-110 кернеу трансформаторы:

а — сызба; б — құрылым: 1 — жоғары кернеу кірісі; 2 — май жайғыш; 3 — фарфор жейдесі; 4 — негіз; 5 — НН кірістерінің қорабы

магнит өткізгішімен жалғандықтан, онда жерге қатысы бойынша  $U_{\phi}/2$  потенциалында болады. ВН орамдары магнит өткізгішінен  $U_{\phi}/2$  сияқты оқшауланаы. НН (негізгі және қосымша) орамдары магнит өткізгішінің төменгі өзегіне оралған. ВН орамдары бойынша жүктемені бірқалыпты тарату үшін П байланыс орамы қызмет етеді. мұндай магнит өткізгішінен және орамнан тұратын блок фарфор

жейдесіне орналастырылады және маймен толтырылады. 220 кВ арналған (TV) кернеу трансформаторлары бір бірінен кейін орнатылған екі блоктан тұрады, яғни екі магнит өткізгіші және Цф/4 изоляциясымен ВН каскадты орамдарының төрт сатысы болады. НКФ-330 және НКФ-500 кернеу трансформаторларының сәйкесінше үш және төрт блоктары, яғни ВН орамдарының алты және сегіз сатылары болады.

Орам каскадтары көп болған сайын, олардың белсенді және реактивті кедергілері де артық болады, қателік өседі, және сондықтан НКФ-330, НКФ-500 трансформаторлары 1 және 3 дәлдік санатында шығарылады. Онымен қоса, кернеу жоғары болған сайын, кернеу трансформаторларының құрылымы да күрделірек болады, сондықтан 500 кВ және одан жоғары қондырғыларда қуатты сыйымдылықпен жинау трансформаторлар құрылғылары қолданылады, олар C1 жоғары жиілікті байланыс конденсаторына C2 қуатын іріктеу конденсаторының көмегімен жалғанған (4.64, а сур.). C2 (10—15 кВ) шешілетін кернеу екі екінші орамдары бар TV трансформаторына беріледі, олар НКФ немесе ЗНОМ трансформаторларындағы сияқты сызба бойынша жалғанады. Жұмыс дәлдігін арттыру үшін оның бірінші орамының тізбегіне L дроссель қосылған, онымен көмегімен кернеуді іріктек контуры C2 конденсаторы бар резонансқа бапталады.



4.64 сур. НДЕ кернеу трансформаторы:

а — сызба; б — НДЕ-500-72 қондырғысы: 1 — кернеуді бөлгіш; 2 — ажыратқыш; 3 — кернеу және дроссель трансформаторы; 4 — жоғары жиілік бөгеуші; 5 — ажыратушы; 6 — жетек. Дроссель L және трансформатор TV жалпы баққа кіріктіріледі және маймен толтырылады. ЗВ бөгеушісі жоғары жиілік тоғын кернеу трансформаторына өткізбейді. Z жалғау фильтрі қорғаныстың жоғары жиілікті посттарын жалғау үшін арналған. Мұндай құрылғы НДЕ сыйымдылық кернеу трансформаторы атауына ие болған. 4.64, б суретінде НДЕ-500-72 орнату көрсетілген.

Барлық элементтерді тиісінше таңдауда және құрылысы сызбасын тиісінше баптауда НДЕ 0,5 және одан жоғары санатында орындалуы мүмкін. 750 және 1150 кВ қондырғылары үшін НДЕ-750 және НДЕ-1150 трансформаторлары қолданылады.

Өлшеу трансформаторларын таңдау

#### 4.10 Ток трансформаторларын таңдау

#### 4.10.1 Ток трансформаторлары мыналар бойынша таңдалады:

қондырғының кернеуі бойынша  $U_{ном} > U_{сет.ном}$ ;

тоғы бойынша  $I_{ном} > I_{род.расч}$ ;  $I_{ном} > I_{род.расч}$ .

Номиналды ток қондырғының жұмыс тоғына барынша жақын болуы керек, себебі бірінші орамына толықтай жүктемеу қателіктің артуына алып келеді;

Құрылымы және дәлдік санаты бойынша;

Электр динамикалық төзімділігі бойынша:

$$k_{эд} \sqrt{2} I_{1 ном} \geq i_{уд} ; i_{дин} \geq i_{уд},$$

— электр динамикалық төзімділіктің каталог бойынша еселігі;  $I_{1 ном}$  — ток трансформаторының номиналды бірінші тоғы;  $i_{дин}$  — электр динамикалық төзімділіктің каталог бойынша тоғы.

Шиналық ток трансформаторының электр динамикалық төзімділігі тарату құрылғылары шиналарының өзінің төзімділігімен анықталады, осының салдарынан мұндай трансформаторлар осы шарт бойынша тексерілмейді;

қызу төзімділігі бойынша

$$(k_T I_{1 ном})^2 t_{тер} \geq B_K ; I_{тер}^2 t_{тер} \geq B_K ,$$

қызу төзімділігінің каталог бойынша уақыты;  $B_K$  — есеп бойынша жылулық импульс;  $t_{тер}$  — қызу төзімділігінің тоғы;

екінші жүктеме бойынша

$$Z_2 \leq Z_{2ном},$$

мұнда  $Z_2$  — ток трансформаторының екінші жүктемесі;  $Z_{2ном}$  — ток трансформаторының таңдалған дәлдік санатындағы номиналды шекті жүктемесі.

Екінші жүктеме бойынша ток трансформаторын таңдауды толығырақ қарастырайық. Ток тізбектеріндегі индуктивтік кедергі аса көп емес, сондықтан  $Z_2 \sim r_2$ . Екінші жүктеме аспаптар кедергісінен, жалғау сымдарынан және контактілердің өтпелі кедергісінен тұрады:

$$r_2 = r_{приб} + r_{пр} + r_K.$$

Аспаптар кедергісі төмендегі мән бойынша анықталады

$$r_{приб} = S_{приб} / I_2^2 ,$$

Контактілер кедергісі екі-үш аспаптарда 0,05 Ом және көп аспаптар санында 0,1 Ом деп қабылданады. Жалғау сымдарының кедергісі олардың ұзындығы мен қимасына байланысты болды. Ток трансформаторы таңдалған дәлдік санатында жұмыс істеуі үшін, келесі шартты сақтау керек:

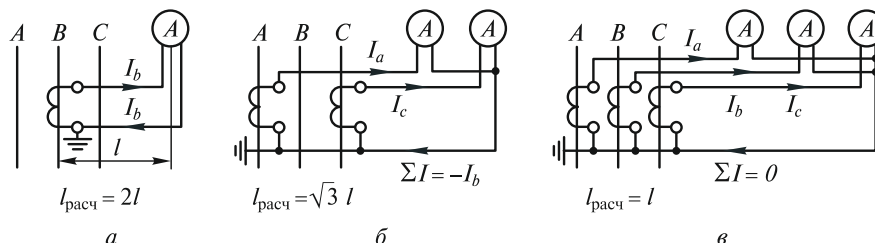
$$r_{приб} + r_{пр} + r_K \leq Z_{2ном},$$

$$r_{пр} = Z_{2ном} - r_{приб} - r_K.$$

$r_{пр}$  біле отырып, жалғау сымдарының қимасын анықтауға болады

$$q = \frac{\rho l_{\text{расч}}}{r_{\text{пр}}},$$

мұнда  $\rho$  — сым материалының салыстырмалы кедергісі. Мыс тарамдарынан жасалған сымдар ( $\rho = 0,0175$ ) 100 МВт және одан жоғары мықты электростанциялардың негізгі және қосымша жабдықтарындағы



4.65 сур. Өлшеу тоқ трансформаторлары мен аспаптарын жалғау сызбалары:

а — бір фазаға қосу; б — толық емес жұлдызға қосылу; в — толық жұлдызға қосылу

екінші тізбектерде, сонымен қатар 220 кВ және одан жоғары жоғарлатылған кернеуі бар шағын станцияларда қолданылады.

Қалған жағдайларда екінші тізбектерде алюминий тарамдарынан жасалған сымдар ( $\rho = 0,0283$ ) қолданылады;  $l_{\text{расч}}$  — тоқ трансформаторларының жалғау сызбаларына байланысты есептеу ұзындығы (4.65 сур.).

Тоқ трансформаторынан аспапқа дейінгі (бір рет) жалғау сымдарының ұзындығын әртүрлі жалғаулар үшін төмендегі мәнге шамамен тең болып келетін мәндерді қабылдауға болады, м:

|                                                            |         |
|------------------------------------------------------------|---------|
| ГРУ 6—10 кВ барлық тізбектері, тұтынушылар желісінен басқа | 40 — 60 |
| Блок электростанцияларындағы генератор кернеу тізбектері   | 20—40   |
| Тұтынушыларға арналған 6—10 кВ желілер                     | 4—6     |

РУ барлық тізбектері:

|            |         |   |     |
|------------|---------|---|-----|
| 35 кВ      | 60      | — | 75  |
| 110 кВ     | 75      | — | 100 |
| 220 кВ     | 100     | — | 150 |
| 330—500 кВ | 150—175 |   |     |

Синхрондау компенсаторлары 25 — 40

Шағын станциялар үшін аталған ұзындықтар 15 — 20 % төмендейді.

Жалғау сымдары ретінде қағаз, резеңке, полихлорвинил немесе полиэтилен изоляциясы бар қалайы, резеңке, полихлорвинил немесе арнайы жылуға төзімдік қабықшасында көп орамды бақылау кабельдерін қолданады. Беріктілік шарты бойынша қима алюминий тарамдары үшін 4 мм<sup>2</sup> кем болмау керек және лмыс тарамдары үшін 2,5 мм<sup>2</sup> болу керек (ПУЭ, 3.4.4 т.). 6 мм<sup>2</sup> артық қима әдетте қолданылмайды.

#### 4.10.2. Кернеу трансформаторларын таңдау

Кернеу трансформаторлары мыналар бойынша таңдалады: қондырғының кернеуі бойынша  $U_{\text{ном}} > U_{\text{сет ном}}$ ; ораманың жалғау құрылымы мен сызбасы бойынша; дәлдік санаты бойынша; екінші жүктеме бойынша  $S_{\text{ном}} \geq S_{2\Sigma}$ ,

мұнда  $S_{\text{ном}}$  — таңдалған дәлдік санатындағы номиналды қуаты, онымен қоса жұлдызға жалғанған бір фазалық трансформаторлар үшін барлық үш фазаның қосындысын алу керектігін, ал ашық үшбұрыш сызбасы бойынша жалған трансформаторлар үшін — бір трансформатордың екі еселенген қуатын,  $S_{2X}$  — В-А кернеу трансформаторына жалғанған барлық өлшеу аспаптарының және реленің жүктемесін ескеру керек.



Аспаптар жүктемесінің есебін жеңілдету үшін фазалар бойынша бөліп керек емес.

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{(\sum S_{\text{приб}} \cos \varphi_{\text{приб}})^2 + (\sum S_{\text{приб}} \sin \varphi_{\text{приб}})^2} = \sqrt{P_{\text{приб}}^2 + Q_{\text{приб}}^2}.$$

Егер екінші жүктеме таңдалған дәлдік санатындағы номиналды қуатынан асатын болса, онда екінші кернеу трансформаторын орнатады және аспаптардың бөлігі оған жалғанады.

Кернеу трансформаторлары тізбегіндегі сымдар қимасы кернеудің шекті шығыны бойынша анықталады. ПУЭ сәйкес кернеу трансформаторларынан есептеу есептегішіне дейінгі шығыны 0,5% аспау керек, ал қалқанды өлшеу аспаптары үшін — қалыпты жүктеме кезінде 1,5% аспау керек.

Оқу жобасында есептеулерді жеңілдету үшін механикалық беріктілік шарты бойынша мыс тарамдары үшін 1,5 мм<sup>2</sup> және алюминий тарамдары үшін 2,5 мм<sup>2</sup> сымдар қимасын алуға болады.

**4.1 мысал.** G2 генератор тізбегінен шиналауды (4.66 сур) және 10 кВ жинақ шиналарын таңдау. ҚТ тоқтарының мәні 4.9 кестеде келтірілген. T<sub>max</sub> = 6000 ч қабылдау, аса ыстық айдың орташа айлық температурасын 30 °C деп қабылдаймыз.

Шешімі. Жинақ шиналары тоқтың экономикалық тығыздығы бойынша таңдалмайды (ПУЭ, 1.3.28 т.), сондықтан шиналар өимасын таңдау ұйғарынды тоқ бойынша орындаймыз.

Жинақ шиналар тізбегіндегі ең үлкен ток

$$I_{\text{max}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} U_{\text{ном}} \cdot 0,95 \cos \varphi} = \frac{63 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 0,95 \cdot 0,8} = 4563 \text{ A}.$$

ПЗ.5 кестесі бойынша 2х 1370 мм<sup>2</sup> қимасымен, I<sub>доп.ном</sub> = 4640 А 2(125х55х6,5) мм<sup>2</sup> қорапты профиль шинасын таңдаймыз.

Ауа температурасын түзеу коэффициенті (30 °C) ПЗ.8 кесте бойынша 0,94 тең, онда I<sub>доп</sub> = 0,94·4640 = 4362 А, I<sub>max</sub> аз болады, сондықтан қимасымен 2х 1785 мм<sup>2</sup> 2(150х65х7) мм<sup>2</sup> шина қимасын таңдаймыз; I<sub>доп</sub> = 0,94·5650 = 5311 А > I<sub>max</sub> = 4563 А.

Жинақ шиналарын қызу төзімділігіне тексеру. Джоуль интегралы (3.46) формуласы бойынша анықталады:

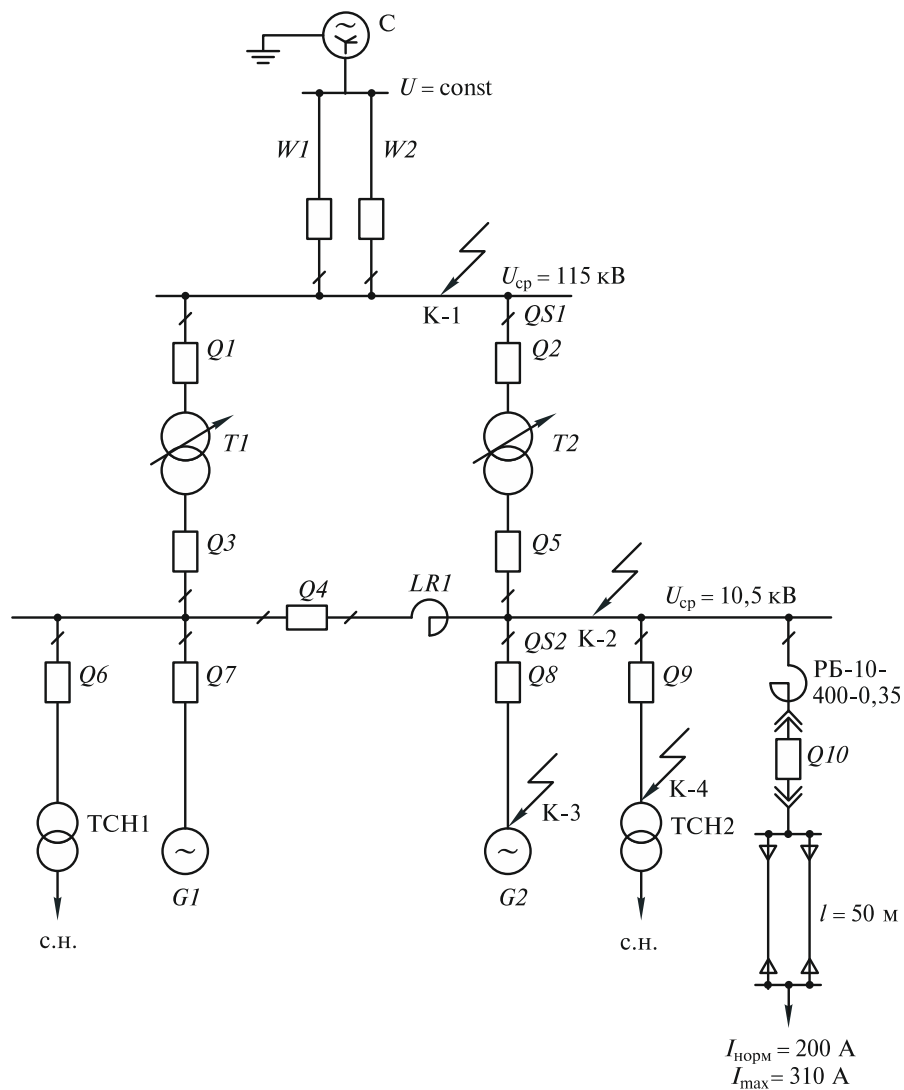
4.9 кесте

**ҚТ тоқтарының мәні**

| ҚТ нүктесі        | Көзі                 | I <sub>п0</sub> , | I <sup>п</sup> <sub>пТ</sub> , кА | I <sub>т</sub> , кА | кА     |
|-------------------|----------------------|-------------------|-----------------------------------|---------------------|--------|
| К-1,<br>U= 110 кВ | Жүйе                 | 6,62              | 6,62                              | 1,4                 | 15     |
|                   | G1, G2 генераторлары | 2,294             | 2,02                              | 1,62                | 6,26   |
|                   | Барлығы:             | 8,914             | 8,64                              | 3,02                | 21,26  |
| К-2,<br>U= 10 кВ  | Жүйе                 | 19,23             | 19,23                             | 9,49                | 51,5   |
|                   | G1 генераторы        | 14,5              | 10,3                              | 12,27               | 40,0   |
|                   | G2 генераторы        | 31,25             | 22,19                             | 26,44               | 86,14  |
|                   | Барлығы:             | 64,98             | 51,72                             | 48,20               | 177,64 |

$$B_K = K (t_{\text{откл}} + T_a) = 64,98^2 (4 + 0,185) = 17\,670 \text{ кА}^2 \cdot \text{с},$$

мұнда t<sub>откл</sub> = 4 с қуаты 60 МВт және одан жоғары генераторлар қуатының тізбегі үшін (резервтік қорғаныстың әрекет ету уақыты); T<sub>a</sub> = 0,185 с 30 — 60 МВт генераторлары бар 6—10 кВ электростанциялар шиналарында.



4.66 сур. Тоқ жүргізуші бөлшектерді және аппараттарды таңдау үшін арналған есептеу сызбасы. Жеке элементтер параметрлері:

$T1, T2$  — ТДН-40000/110,  $S_{\text{ном}} = 40 \text{ МВ} \cdot \text{А}$ ,  $u_k = 10,5 \%$ ;  $G1, G2$  — ТВФ-63-2,  $S_{\text{ном}} = 78,75 \text{ МВ} \cdot \text{А}$ ,  $U_{\text{ном}} = 10,5 \text{ кВ}$ ,  $x_{d*}^* = 0,139$ ;  $LR1$  — РТОС-10-4000-0,18,  $I_{\text{ном}} = 4000 \text{ А}$ ,  $x_p = 0,18 \text{ Ом}$ ;  $W1, W2$  —  $l = 50 \text{ км}$ ,  $U_{\text{ном}} = 110 \text{ кВ}$ , система C,  $U = \text{const}$ ,  $U_* = 1$

Қызу төзімділігінің шарты бойынша минималды қима (3.48) формуласы

$$q_{\min} = \frac{\sqrt{B_K}}{C} = \frac{\sqrt{17670 \cdot 10^3}}{91} = 1460 \text{ мм}^2 < 2 \cdot 1785 \text{ мм}^2,$$

бойынша анықталады:

мұнда  $C = 91$ . 3.16. кесте бойынша алынған АД1Н аллбмсинийден жасалған шиналар үшін. Шиналар қызуға төзімді, себебі :

$q_{\min} < q = 2 \cdot 1785 \text{ мм}^2$ .

Жинақ шиналарын механикалық беріктілікке тексеру. Есептеуді механикалық құрылымдағы ауытқу процессін ескермей орындаймыз, себебі қорапты профиль шиналарының үлкен инерция моменті болады. Шиналар швеллерлері барлық ұзындығы бойынша дәнекерлеу тігісімен қатты жалғанды деп

қабылдаймыз, онда кедергі моменті  $W_{y0-y0} = 167 \text{ см}^3$

$$\sigma_{ф\max} = 2,2 \frac{i_{уд}^2 l^2}{a W_{y0-y0}} 10^{-8} = 2,2 \frac{177\,640^2 \cdot 2^2 \cdot 10^{-8}}{0,8 \cdot 167} = 20,8 \text{ МПа},$$

осында  $l = 2 \text{ м}, a = 0,8 \text{ м};$

$$\sigma_{расч} = \sigma_{ф\max} + \sigma_{п} = 20,8 + 0 < \sigma_{доп} = 75 \text{ МПа},$$

Тік бұрышты үшбұрыштың бұрыштарында шиналар орналасқан кезде, есептеу формуласын 4.3 кестесі бойынша қабылдаймыз:

мұнда  $l = 2 \text{ м}, a = 0,8 \text{ м};$

$$F_{и} = 1,62 \frac{i_{уд}^2 l}{a} 10^{-7} = \frac{1,62 \cdot 177\,640^2 \cdot 2}{0,8} 10^{-7} = 12\,780 \text{ Н} = 12,78 \text{ кН}.$$

мұнда  $оп = 0$  қорапты профиль шиналар элементтері қатты жалғанған кезде.

Шиналар механикалық берік болып келеді.

Изоляторларды таңдау. ИО-10-20УЗ,  $F_{Тразр} = 20 \text{ кН}$  тіреуіш изоляторларын таңдаймыз. Изолятор биіктігі  $H_{из} = 134 \text{ мм}$  [1.3]. Изоляторларды механикалық беріктілікке тексереміз. Иілуге әсер ететін максималды күш 4.3 кестесі бойынша алынады:

$$k_h = \frac{H}{H_{из}} = \frac{H_{из} + c + h/2}{H_{из}} = \frac{134 + 7 + 150/2}{134} = 1,61;$$

$$F_{расч} = k_h F_{и} = 1,61 \cdot 12,78 = 20,576 \text{ кН} > 0,6 F_{разр} = 12 \text{ кН}.$$

Изоляторларды механикалық беріктілікке тексереміз. Иілуге әсер ететін максималды күш 4.3 кестесі бойынша алынады. Осылайша, ИО-10-20УЗ оқшаулағышы механикалық беріктен өтпейді. Біз ИО-10-42, 50кВУЗ оқшаулағышын таңдаймыз

$$F_{разр} = 42,50 \text{ кН}; H_{из} = 230 \text{ мм}; F_{расч} = 1,35 \cdot 12,78 = 17,22 \text{ кН} < F_{доп} = 0,6 \cdot 42,50 = 25,5 \text{ кН}, \text{ где } k_h = \frac{230 + 7 + 150/2}{230} = 1,35.$$

Осылайша, ИО-10-20УЗ изолятор механикалық берік емес. ИО-10-42,50кВУЗ изоляторын таңдаймыз:

оқшаулағышты таңдаңыз ИП-10/5000-45, 5У2 [1.3]:

$$U_{ном} = 10 \text{ кВ}; I_{ном} = 5000 \text{ А} > I_{max} = 4563 \text{ А}; F_{разр} = 42,5 \text{ кН}.$$

механикалық беріктігін тексеріңіз:

$$F_{расч} = 0,5 F_{и} = 0,5 \cdot 12,78 = 6,39 < 0,6 F_{разр} = 0,6 \cdot 42,5 = 25,5 \text{ кН}.$$

G2 генераторлық жүйесінде шиналарды таңдау. Генератордың номиналды ток (қалыпты режим)

$$I_{\text{НОМ}} = \frac{P_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} U_{\text{НОМ}} \cos \varphi} = \frac{63 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 0,8} = 43,35 \text{ А.}$$

Генераторлық тізбектегі ең жоғары ток

$$I_{\text{max}} = \frac{P_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot 0,95 U_{\text{НОМ}} \cos \varphi} = \frac{63 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 0,95 \cdot 10,5 \cdot 0,8} = 4563 \text{ А.}$$

Жабық РУ ішіндегі қателік рұқсат етілген токпен таңдалады. Біз шкафтарға ұқсас 2 (150 × 65 × 7) мм<sup>2</sup> алюминийден жасалған қорапшаларды қабылдаймыз. Генератор тізбегіндегі КЗ есептелген ток кестеде келтірілген. 4.9  $I_{\text{ро}} = 19,23 + 14,5 = 33,73 \text{ кА}$  (тармағы G1 + жүйесі) шиналардағыдан аз, сондықтан генераторлық жүйенің шинасы термикалық тұрақты.

Механикалық беріктігі үшін шиналарды сынау. ГРУ-дағы шиналардан коммутаторға жылжу көрсетілгендей күріш. 4.5, а. Біз  $i = 2 \text{ м}$ ,  $a = 0,6 \text{ м}$ ; автобус жолақтарының автобустары шиналар изоляторларға бекітілген жерлерде қатаң түрде қосылады ( $I_{\text{п}} = I$ ). Кестеге сәйкес. 4.9 номиналды ток  $i_{\text{уд}} = 51,5 + 40,0 = 91,5 \text{ кА}$ , одан кейін формула бойынша фазалардың өзара әрекеттесуі кезінде автобус материалындағы кернеу (4.20)

$$\sigma_{\text{фmax}} = \sqrt{3} \cdot 10^{-8} \frac{i_{\text{уд}}^2 l^2}{W_{\text{ф}} a} = \frac{\sqrt{3} \cdot 10^{-8} \cdot 2^2 \cdot 91500^2}{167 \cdot 0,6} = 5,78 \text{ МПа,}$$

Мұнда  $W_{\text{ф}} = W_{y0-y0}$ , кестеде ПЗ.5  $W_{y0-y0} = 167 \text{ см}^3$ .

Шиналық материалдағы стресс формулалармен (4.24) және (4.25)

$$\sigma_{\text{п}} = \frac{f_{\text{п}} l_{\text{п}}^2}{12 W_{\text{п}}} = \frac{0,5 i_{\text{уд}}^2 \cdot 10^{-7} l_{\text{п}}^2}{h \cdot 12 W_{\text{п}}} = \frac{0,5 \cdot 91500^2 \cdot 10^{-7} \cdot 2^2}{0,15 \cdot 12 \cdot 14,7} = 63,3 \text{ МПа,}$$

$$h = 150 \text{ мм} = 0,15 \text{ м}; W_{\text{п}} = W_{y-y} = 14,7 \text{ см}^3 \text{ по табл. ПЗ.5;}$$

Мұнда  $\sigma_{\text{расч}} = \sigma_{\text{ф}} + \sigma_{\text{п}} = 5,78 + 63,3 = 69,08 \text{ МПа} < \sigma_{\text{доп}} = 75 \text{ МПа,}$

сондықтан шиналар механикалық күшті.

Оқшаулағыштарды таңдау. Біз ИО-10-20УЗ тірек изоляторларын таңдаймыз:

$$F_{\text{разр}} = 20 \text{ кН}; H_{\text{из}} = 134 \text{ мм}; k_h = 1,61$$

(жоғарыда қараңыз):

$$\begin{aligned} F_{\text{расч}} &= k_h F_{\text{из}} = k_h \sqrt{3} \frac{i_{\text{уд}}^2 l}{a} 10^{-7} = 1,61 \sqrt{3} \frac{91500^2 \cdot 2}{0,6} 10^{-7} = \\ &= 7758 \text{ Н} = 7,758 \text{ кН} < 0,6 F_{\text{разр}} = 0,6 \cdot 20 = 12 \text{ кН.} \end{aligned}$$

$I_{\text{max}}$  тоғы бойынша өтпелі изоляторлар ретінде ИП-10/5000- 42,50У2, таңдаймыз,  $F_{\text{разр}} = 42,5 \text{ кН}$ :

$$F_{\text{расч}} = 0,5 F_{\text{н}} = 0,5 \sqrt{3} \frac{i_{\text{уд}}^2 l}{a} 10^{-7} = 0,5 \sqrt{3} \frac{91500^2 \cdot 2}{0,6} 10^{-7} =$$

$$= 2,4 \text{ кН} < 0,6 F_{\text{разр}} = 0,6 \cdot 42,5 \text{ кН}.$$

Жиынтық тоқ өткізгішін таңдау. Генератор шығыстарынан басты корпус қабырғаларына дейін және одан әрі басты тарату құрылғысына дейін (см. р3. 4.1) тоқ жүргізуші бөлшектер фаза бойынша экрандалған жиынтық тоқ өткізгіштерімен орындалады. ТЭКН-20/7800:  $I_{\text{ном}} = 20 \text{ кВ}$ ;  $I_{\text{ном}} = 6800 \text{ А}$ ;  $I_{\text{дин}} = 250 \text{ кА}$  таңдаймыз [1.3].

Тоқ өткізгішін тексереміз:

$$I_{\text{max}} \leq I_{\text{ном}}; 4563 \text{ А} < 6800 \text{ А};$$

$$i_{\text{уд}} \leq i_{\text{дин}}; 91,5 \text{ кА} < 250 \text{ кА}.$$

**4.2 мысал.** 110 кВ жинақ шиналарын және тоқ жүргізуші бөлшектердің жинақ шиналарынан трансформатор шығыстарына дейін байланысы 4.1 мысалындағы шарттар бойынша таңдау. ТДН-40000/110 трансформаторы,  $T_{\text{max}} = 6000 \text{ ч}$ . Шиналардағы ҚТ тоғы 110 кВ:  $I_{\text{с}} = 8,91 \text{ кА}$ ;  $i_{\text{уд}} = 21,26 \text{ кА}$ .

Шешімі. 110 кВ жинақ шиналарын таңдау. Жинақ шиналары тоқтың экономикалық тығыздығы бойынша таңдалмайтын болғандықтан, қиманы ұйғарынды тоқ және аса мықтық жалғау тоғына тең, берілген жағдайда трансформаторға шиналардағы максималды жүктеме бойынша қабылдаймыз:

$$I_{\text{норм}} = \frac{S_{\text{ном.г}}}{\sqrt{3} U_{\text{ном}}} = \frac{40000}{\sqrt{3} \cdot 110} = 210 \text{ А};$$

$$I_{\text{max}} = 1,4 I_{\text{норм}} = 294 \text{ А}.$$

ПЗ.1 кестесі бойынша АС-95/16 қабылдаймыз:  $q = 95 \text{ мм}^2$ ;  $d = 13,5 \text{ мм}$ ;  $I_{\text{доп}} = 330 \text{ А}$ . Фазалар көлденең 300 см фазалар арасындағы қашықтықпен орналасқан.

Шиналарға осуға тексерілмейді, себебі  $I_{\text{по}}^{(3)} \leq 20 \text{ кА}$  [1.12, п. 4.2.56].

ҚТ тоғының қызу әсеріне тексеру орындалмайды, себебі шиналар ашық ауада бос дәлелдермен орындалған [3.3].

Тәждену шарттары бойынша тексеру берілген жағдайда қозғалмауы да мүмкін, себебі ПУЭ сәйкес ауа желілері үшін минималды қима 110 кВ

$$E_0 = 30,3 m \left( 1 + \frac{0,299}{\sqrt{r_0}} \right) = 30,3 \cdot 0,82 \left( 1 + \frac{0,299}{\sqrt{0,68}} \right) = 33,8 \text{ кВ/см}$$

қарағанда аз болатынын ескере отырып, сонымен қатар есептеу әдістемесін түсіндіру үшін тексеру есебін жүргіземіз.

$$E = \frac{0,354 U}{r_0 \lg \frac{D_{\text{ср}}}{r_0}} = \frac{0,354 \cdot 121}{0,68 \lg \frac{1,26 \cdot 300}{0,68}} = 22,94 \text{ кВ/см}.$$

Мұнда  $U = 121$  кВ қабылданады, себебі электр станциясының автобустарында кернеу 1,1 Уном сақталады Формула бойынша тексеру жағдайы (4.34):

$$1,07 E \leq 0,9 E_0;$$

$$1,07 \cdot 22,94 = 24,5 < 0,9 \cdot 33,8 = 30,42.$$

Осылайша, тәждің шарттары бойынша АС-95/16 сымы өтеді. Трансформатордан 110 кВ-ға дейінгі терминалдардан токөткізгіштерге арналған токөткізгіш бөлшектер икемді сымдармен жасалады. Экономикалық ток тығыздығы  $J_0 = 1 \text{ А/мм}^2$  көлденең қиманы таңдап аламыз (4.4-кестені қараңыз)

$$q_3 = \frac{I_{\text{норм}}}{J_3} = \frac{210}{1} = 210 \text{ мм}^2.$$

біз АС-95/16 фазасындағы екі сымды қабылдаймыз: сыртқы диаметрі 13,5 мм; рұқсат етілген ток 330А. Рұқсат етілген ток сымдарын тексеріңіз:

$$I_{\text{max}} = 294 \text{ А} < I_{\text{доп}} = 660 \text{ А}.$$

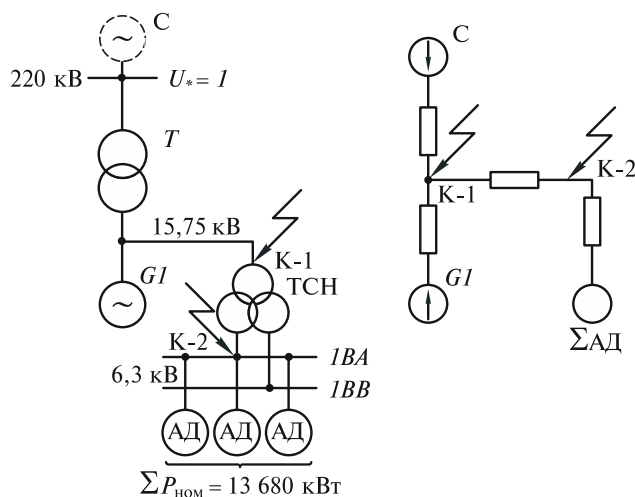
тоқтың жылу әсерін тексереміз [3.3]. Біз сондай-ақ коронациялы тексеруді өткізбейміз, себебі АС-95/16 сымының коронасы емес.

Мысал 4.3. Көмекші электр қозғалтқышына 550 кВт;  $U_{\text{ном}} = 74$ А; күш беретін кабельді таңдаңыз (4.67-сурет). ТК ағымдарын есептеу нәтижелері  $v_0 = 35^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{max}} = 3500$  ч. арнада берілген.

Шешім. Ток бойынша экономикалық тығыздығы бар кабельді таңдау

$$q_3 = \frac{I_{\text{норм}}}{J_3} = \frac{74}{1,4} = 52,8 \text{ мм}^2,$$

мұнда  $J_3 = 1,4 \text{ А / мм}^2$  кестеге сәйкес. 4.4  $T_{\text{max}} = 3500$  сағатта алюминий өткізгіштері бар кабельдер үшін ААШв,  $U = 6$  кВ,



Сурет. 4.67. Қосалқы трансформатор мен шығыс желілерінің тізбегіндегі ағымдағы токарлық бөліктер мен аппараттарды таңдау үшін жобалау схемасы және ауыстыру тізбегі. Жеке элементтердің параметрлері:

$T$  — ТДН-250 000/220,  $u_k = 11\%$ ;  $G$  — ТВВ-200-2,  $S_{ном} = 235 \text{ МВ} \cdot \text{А}$ ,  $x'_{d*ном} = 0,191$ ; ТСН-25000/15,75,  $u_{кВН-НН} = 9,5\%$

3-ядролық,  $3 \times 50 \text{ мм}^2$  бөлімі,  $I_{доп.ном} = 110 \text{ А}$ , ауаның температурасы үшін түзету коэффициенті  $k_2 = 0,87$ , содан кейін  $I_{дн} = k_2 I_{доп.ном} = 0,87 \cdot 110 = 95,7 \text{ А} > 74 \text{ А}$ .

Кабельді жылу тұрақтылығы екі тармақтан - жүйе генераторы мен өз қажеттіліктерінің қозғалтқыштарының жылу серпінін (Joule интегралы) анықтайды:

$$B_K = I_{п0с}^2 (t_{откл} + T_{a.сх}) + I_{п0д}^2 (0,5T'_д + T_{a.сх}) + 2I_{п0с} I_{п0д} (T'_д + T_{a.сх}) = \\ = 12,4^2 (0,22 + 0,051) + 9,12^2 (0,5 \cdot 0,06 + 0,051) + 2 \cdot 12,4 \cdot 9,12 \times \\ \times (0,06 + 0,051) = 73,49 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} = 73,49 \cdot 10^6 \text{ А}^2 \cdot \text{с},$$

Мұнда

$$t_{откл} = t_{р.з} + t_{откл.в} = 0,1 + 0,12 = 0,22 \text{ с}; T'_д = 0,06 \text{ с} [3.3]; I_{п0с} = 12,4 \text{ кА}; \\ I_{п0д} = 9,12 \text{ кА (по табл. 4.10)};$$

$$T_{a.сх} = \frac{T_{a.с} I_{п0с} + T_{a.д} I_{п0д}}{I_{п0с} + I_{п0д}} = \frac{0,06 \cdot 12,4 + 0,04 \cdot 9,12}{12,4 + 9,12} = 0,051 \text{ с}.$$

Жылу кедергісі үшін минималды көлденең қима

$$q_{min} = \frac{\sqrt{B_K}}{C} = \frac{\sqrt{73,49 \cdot 10^3}}{90} = 95,3 \text{ мм}^2,$$

мұнда  $C = 90$  3.17 кесте бойынша.

4.10 кесте

#### ҚТ тоқтарының мәні

| Точка КЗ                       | Источник                    | $I_{п0}$ , кА | $I_{пс}$ , кА | $i_{ат}$ , кА | $i_{уд}$ , кА |
|--------------------------------|-----------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| К-1,<br>$U = 15,75 \text{ кВ}$ | Система                     | 83,6          | 83,6          | 35,36         | 227,18        |
|                                | Генератор $G1$              | 46,0          | 34,5          | 38,9          | 127,7         |
|                                | Итого:                      | 129,6         | 118,1         | 74,26         | 354,88        |
| К-2,<br>$U = 6,3 \text{ кВ}$   | Система + $G1$              | 12,4          | 12,4          | 3,93          | 32,17         |
|                                | Двигатель с.н. секции 1 В·А | 9,12          | 2,2           | 2,57          | 21,22         |
|                                | Итого:                      | 21,52         | 14,6          | 6,5           | 53,39         |

ААШв  $3 \times 95 \text{ мм}^2$  кабелін таңдаймыз.

Ескерту. Бірінші карағанда, Джоуль интегралын есептеу қиын. Жүйе+генератор және жеке қажеттіліктер қозғалтқыштардан тармақтардың бірігуі қандай нәтиже беретінін тексеріп көрейік.

Жалпы ток

$$I_{\Pi 0 \Sigma} = I_{\Pi 0 c} + I_{\Pi 0 G} + I_{\Pi 0 л} = 12,4 + 9,12 = 21,52 \text{ кА.}$$

$t_{откл} = 0,22 \text{ с, } T_{a.ck} = 0,051$  қабылдай отырып, Джоуль интегралының мәнін шығарамыз:

$$\begin{aligned} B_k &= I_{\Pi 0 \Sigma}^2 (t_{откл} + T_{a.ck}) = 21,52^2 (0,22 + 0,051) = \\ &= 125,38 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} = 125,38 \cdot 10^6 \text{ А}^2 \cdot \text{с.} \end{aligned}$$

Қызу төзімділігі бойынша минималды қима

$$q_{\min} = \frac{\sqrt{B_k}}{C} = \frac{\sqrt{125,38 \cdot 10^3}}{90} = 124,4 \text{ мм}^2 > 95 \text{ мм}^2,$$

сәйкесінше,  $150 \text{ мм}^2$  қимасы бар кабельді таңдауға тура келеді. Осылайша, есептеуді жеңілдету ақталмаған кабельдерді асыра шығындауға алып келеді.

**4.4 мысал.** РБ-10-400-0,35 реакторы арқылы 10,5 кВ шиналарына жалғанған (см. рис. 4.66) желідегі шина қимасын таңдау:  $I_{\text{норм}} = 200 \text{ А; } I_{\text{max}} = 310 \text{ А; } x_p = 0,35 \text{ Ом.}$  Кабель жабық тарату құрылғысының кабельдік жарты қабатына тартылады,  $v_0 = 30 \text{ }^\circ\text{C, } T_{\text{max}} = 4500 \text{ ч.}$

Шешімі. ААГ кабелін таңдаймыз, 10 кВ, үш тарамды, экономикалық қимасы

$$q_{\Sigma} = \frac{I_{\text{норм}}}{J_{\Sigma}} = \frac{200}{1,4} = 142,85 \text{ мм}^2.$$

$95 \text{ мм}^2$  екі кабелін қабылдаймыз,  $I_{\text{доп.ном}} = 155 \text{ А.}$  Ауа температурасын түзету коэффициенті ПЗ.8 кест. бойынша  $k_2 = 0,93$ , онда  $I_{\text{доп}} = 0,93 \cdot 155 \cdot 2 = 288,3 \text{ А} < I_{\text{max}} = 310 \text{ А}$ , сондықтан қиманы  $120 \text{ мм}^2$  дейін арттырамыз,  $I_{\text{доп.ном}} = 185 \text{ А} < I_{\text{доп}} = 0,93 \cdot 185 \cdot 2 = 344,1 \text{ А} > I_{\text{max}} = 310 \text{ А.}$

Қызу төзімділігі кабель түйінінің ҚТ тоғы бойынша анықталады (ПУЭ, 1.4.17 т.).

4.1 мысал шартында ҚТ тоғының кестесі келтірілген, оның ішінде 10,5 кВ шинасындағы К-2 нүктесін  $I_{\text{пох}} = 64,98 \text{ кА}$  табамыз (реакторға дейін).

Жүйе және генератор тармағының кедергісі

$$x_{\Sigma} = \frac{U_{\text{ср.ном}}}{\sqrt{3} I_{\Pi 0 \Sigma}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 64,98} = 0,089 \text{ Ом.}$$

Реактор кедергісі  $x_p = 0,35 \text{ Ом;}$  бір кабельдің индуктивтік кедергісі  $x_{\text{каб}} = x_{\text{уд}} I = 0,08 \cdot 50 \cdot 10^{-3} = 0,004 \text{ Ом;}$  белсенді кедергі

$$r_{\text{каб}} = r_{\text{уд}} I = 0,28 \cdot 50 \cdot 10^{-3} = 0,014 \text{ Ом;}$$

$$\begin{aligned} z_{\text{рез}} &= \sqrt{\left( x_{\Sigma} + x_p + \frac{x_{\text{каб}}}{2} \right)^2 + \left( \frac{r_{\text{каб}}}{2} \right)^2} = \\ &= \sqrt{\left( 0,089 + 0,35 + \frac{0,004}{2} \right)^2 + \left( \frac{0,014}{2} \right)^2} = 0,442. \end{aligned}$$

Кабель түйінінің ҚТ тоғы



$$I_{п0} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 0,442} = 13,73 \text{ кА.}$$

Әрбір кабель бойынша ҚТ  $13,73/2 = 6,865$  кА тоғы өтеді. Джоуль интегралын есептейміз, онда желіде негізгі реле қорғанысын ескеруіміз керек -?рз = 0,8 уақыт кідірісі бар максималды ток, желіде орнатылға ажыратқыш— вакуумдық ВВТЭ-10/630,  $t_{откл.в} = 0,05$  с,  $T_a = 0,1$  с шамасы бар (реактортан кейінгі ҚТ ), онда

$$B_k = I_{п0}^2 (t_{откл} + T_a) = 6,865^2 (0,8 + 0,05 + 0,1) = 44,77 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} = 44,77 \cdot 10^6 \text{ А}^2 \cdot \text{с}.$$

Қызу төзімділігі бойынша минималды қима мұнда

$$q_{\min} = \frac{\sqrt{B_k}}{C} = \frac{\sqrt{44,77} \cdot 10^3}{100} = 67 \text{ мм}^2,$$

$C = 100$  3.17 кесте бойынша анықталған.

Осылайша, таңдалған 95 мм<sup>2</sup> кабельдері қызуға төзімді.

**4.5 мысал.** Т2 байланыс тізбегіндегі Q2 ажыратқышын және QS1 бөлгішін таңдау (4.66 сур. қар); G2 генераторының тізбегіндегі Q8 ажыратқышы және QS2 бөлгішін таңдау. Барлық қажетті мәліметтер 4.1 мысалының шартында келтірілген

Шешім. Q2 қосқышын және QS1 ажыратқышын таңдаймыз.

Үздіксіз токтар есептеледі

$$I_{норм} = \frac{S_{т.ном}}{\sqrt{3}U_{ном}} = \frac{40 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 110} = 210 \text{ А};$$

$$I_{мах} = 1,4 I_{норм} = 1,4 \cdot 210 = 294 \text{ А}.$$

Q2 ажыратқышы және QS1 бөлгіші бірінші есеп зонасына кіреді (3.22 сур. қар.) және кернеу жоғары шиналардағы ҚТ тоғының қосындысы бойынша таңдалады (4.66 сур. К-1 нүктесі). 4.9 кесте бойынша ҚТ есептеу токтарын анықтаймыз:

$$I_{п0} = 8,914 \text{ кА}; I_{пт} = 8,64 \text{ кА}; i_{ат} = 3,02 \text{ кА}; i_{уд} = 21,26 \text{ кА};$$

$$B_k = I_{п0}^2 (t_{откл} + T_a) = 8,914^2 (0,2 + 0,02) = 17,48 \text{ кА}^2 \cdot \text{с},$$

мұнда  $t_{откл} = 0,2$  с 3.22 (зона I) суреті бойынша;  $T_a = 0,02$  с 3.8 кесте бойынша. П4.4 кесте бойынша ВВК-110Б-20 вакуумдық ажыратқышын, П4.1 кесте бойынша — РГН-110/1000УХЛ1 (көлденең жүздері бар сыртқы орнатуға арналған бөлгіш, дайындаушы ВЗВА ЖАҚ (Великие Луки қ.) бөлгішін таңдаймыз. Барлық каталогтік және есеп мөлшерлері 4.11 кест. келтірілген.

G2 генераторының тізбегіндегі Q8 ажыратқышы және QS2 бөлгішін таңдау нәтижелері 4.12 кестеде келтірілген.

4.11 кесте

**Есеп және каталогтік мәліметтер**

| Есеп мәліметтер                           | Каталогтік мәліметтер                                                                                               |                                                                                |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
|                                           | ВБК-110Б-20 ажыратқыш                                                                                               | РГН-110/1000УХЛ1<br>бөлгіші                                                    |
| $U_{уст} = 110 \text{ кВ}$                | $U_{ном} = 110 \text{ кВ}$                                                                                          | $U_{ном} = 110 \text{ кВ}$                                                     |
| $I_{max} = 294 \text{ А}$                 | $I_{ном} = 1000 \text{ А}$                                                                                          | $I_{ном} = 1000 \text{ А}$                                                     |
| $I_{пт} = 8,64 \text{ кА}$                | $I_{откл.ном} = 20 \text{ А}$                                                                                       | —                                                                              |
| $i_{3т} = 3,02 \text{ кА}$                | $i_{а.ном} = \frac{\sqrt{2} \beta_{ном} I_{откл.ном}}{100} =$<br>$= \sqrt{2} \cdot 0,20 \cdot 20 = 5,65 \text{ кА}$ | —                                                                              |
| $I_{п0} = 8,914 \text{ кА}$               | $I_{дин} = 20 \text{ кА}$                                                                                           | —                                                                              |
| $i_{уд} = 21,26 \text{ кА}$               | $i_{дин} = 51 \text{ кА}$                                                                                           | $i_{дин} = 80 \text{ кА}$                                                      |
| $B_k = 17,48 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ | $I_{тер}^2 t_{тер} = 20^2 \cdot 3 =$<br>$= 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$                                        | $I_{тер}^2 t_{тер} = 31,5^2 \cdot 3 =$<br>$= 2976 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ |

4.12 кесте

Есеп және каталогтік мәліметтер

| Есеп мәліметтер                                                                     | Каталогтік мәліметтер                                                                                                |                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                     | МТГ-10-45 ажыратқышы                                                                                                 | РВК-10-5000 белгіші                                                              |
| $U_{уст} = 10,5 \text{ кВ}$                                                         | $U_{ном} = 10 \text{ кВ}$                                                                                            | $U_{ном} = 10 \text{ кВ}$                                                        |
| $I_{max} = 4563 \text{ А}$                                                          | $I_{ном} = 5000 \text{ А}$                                                                                           | $I_{ном} = 5000 \text{ А}$                                                       |
| $I_{шт} = 29,53 \text{ кА}$                                                         | $I_{откл.ном} = 45 \text{ кА}$                                                                                       | —                                                                                |
| $i_{ат} = 21,76 \text{ кА}$                                                         | $i_{а.ном} = \frac{\sqrt{2} \beta_{ном} I_{откл.ном}}{100} =$<br>$= \sqrt{2} \cdot 0,20 \cdot 45 = 12,69 \text{ кА}$ | —                                                                                |
| $\sqrt{2} I_{шт} + i_{ат} = \sqrt{2} \cdot 29,53 +$<br>$+ 21,76 = 63,39 \text{ кА}$ | $\sqrt{2} I_{откл.ном} (1 + \beta_{ном} / 100) =$<br>$= \sqrt{2} \cdot 45 (1 + 0,20) = 76,14 \text{ кА}$             | —                                                                                |
| $I_{ш0} = 33,73 \text{ кА}$                                                         | $I_{дин} = 45 \text{ кА}$                                                                                            | —                                                                                |
| $i_{уд} = 91,5 \text{ кА}$                                                          | $i_{дин} = 120 \text{ кА}$                                                                                           | $i_{дин} = 200 \text{ кА}$                                                       |
| $B_k = 33,73^2 (4 + 0,14) =$<br>$= 4710 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$                | $I_{тер}^2 t_{тер} = 45^2 \cdot 4 = 8100 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$                                                | $I_{тер}^2 t_{тер} = 70^2 \cdot 10 =$<br>$= 49\,000 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ |

Ескерту. ҚТ апериодтық тоғын ажырату шарты бойынша ажыратқыш сәйкес келмейді, МЕМСТ 687—78Е сәйкес ҚТ бос тоғы бойынша тексеріс жүргізілді.

**4.6 мысал.** Өлшеу аспаптарын трансформатор тізбегіне залғау үшін тоқ трансформаторларын таңдау с.н. 10 МВ-А бір жағында 6,3 кВ (4.68 сур.). ҚТ соққы тоғы  $i_{уд} = 27 \text{ кА}$ , Джоуль интегралы  $B_k = 135 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

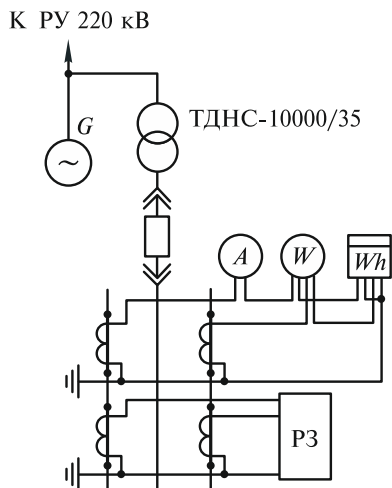
Шешім. Трансформаторлық тізбектегі максималды конструктивті ток. номиналды токқа тең, өйткені транс-п. рұқсат етілмейді:

$$I_{max} = \frac{S_{ном}}{\sqrt{3} U_{ном}} = \frac{10\,000}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 917 \text{ А.}$$

П4.5 кестесі бойынша ТПОЛ 10- УЗ тоқ трансформаторын таңдаймыз,  $I_{ном} = 1000 \text{ А}$  екі магнит өткізгіші бар 0,5/10/Р,  $k_{дин} = 69$ ,  $k_{тер} = 27$ ,  $t_{тер} = 3 \text{ с}$ , өлшеу орамының ұйғарынды жүктемесі  $S_{2ном} = 10 \text{ В} \cdot \text{А}$ .

Тоқ трансформаторын электр динамикалық және қызу төзімділігіне тексереміз:

$$\begin{aligned} \sqrt{2} I_{Iном} k_{дин} &= \sqrt{2} \cdot 1 \cdot 69 = \\ &= 97,29 \text{ кА} > i_{уд} = 27 \text{ кА}; \\ (I_{Iном} k_{тер})^2 t_{тер} &= (1 \cdot 27)^2 \cdot 3 = \\ &= 9583 > B_k = 135 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}. \end{aligned}$$



4.68 сур. Өлшеу аспаптары

Трансформатор тізбегіндегі жеке қажеттіліктер тоқ трансформаторының екінші жүктеме бойынша жеке орамын тексереміз (мысалы 4.6).

Трансформатордың орамасындағы трансформатордың өз қажеттіліктеріне арналған өлшеуді тексереміз (мысалы, 4.6) қайталама жүктеме

Ең көп жүктеме  $A = 3,5 \text{ В} \cdot \text{А}$  (табл. 4.13.) фаза трансформаторына тиесілі. А фазасындағы аспаптардың жалпы кедергісі

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} = \frac{3,5}{5^2} = 0,14 \text{ Ом.}$$

Ток трансформаторының екінші тізбегіне мыс тарамдары бар полихлорвинилден жасалған көп тарамды бақылау кабельдерін қабылдаймыз ( $\rho = 0,0175$ ), себебі электростанциялардың бекітілген қуаты 100 МВт асады. гк контактілер кедергісін 0,05 Ом деп аламыз, онда сымдар кедергісі

$$r_{\text{пр}} = Z_{2\text{НОМ}} - r_{\text{приб}} - r_{\text{к}} = \frac{S_{2\text{НОМ}}}{I_{2\text{НОМ}}^2} - 0,14 - 0,05 = \frac{10}{5^2} - 0,14 - 0,05 = 0,21 \text{ Ом.}$$

4.13 кесте

Ток трансформаторының екінші жүктемесі (мысалы 4.4)

| Аспап     | Түрі    | Жүктеме, В·А, фазалары |   |     |
|-----------|---------|------------------------|---|-----|
|           |         | А                      | В | С   |
| Амперметр | Э-335   | 0,5                    | — | —   |
| Ваттметр  | D-335   | 0,5                    | — | 0,5 |
| Есептегіш | САЗ-681 | 2,5                    | — | 2,5 |
| Барлығы:  |         | 3,5                    | — | 3,0 |

Ескерту. Қажетті аспаптар тізімі 4.8 кесте бойынша қабылданды.

Сымдар қимасы

$$q = \frac{\rho l_{\text{расч}}}{r_{\text{пр}}} = \frac{0,0175\sqrt{3} \cdot 25}{0,21} = 3,125 \text{ мм}^2,$$

мұндағы  $l_{\text{расч}} = \sqrt{3}l$ ,  $l$  - ток трансформаторынан аспаптарға жалғастыратын сымдар ұзындығы; Трансформерлердің қосылыстарын қабылдаймыз. электр станцияларын блоктау 25 м. Біз 4 мм<sup>2</sup> стандартты бөлігін аламыз.

## Бақылау сұрақтары

1. Келесі ТЭЦ тізбектерінде қандай сымдар түрлері қолданылады: а) жинақ шиналар; б) генератор тізбегі; в) ВН және НН жағынан байланыс трансформаторының тізбегі ; г) 6—10 кВ желі тізбегі; д) 35 — 110 кВ желі тізбегі?
2. Блок КЭС негізгі тізбектерінде қандай сымдар түрлері қолданылады?
3. Қандай тізбектерде сымдар тоқтың экономикалық тығыздығы бойынша тексерілмейді?
4. Егер қатты шиналар электр динамикалық төзімділігі бойынша өтпесе, қандай құрылымдық шаралары қабылдауға болады?
5. 1 кВ дейінгі және одан жоғары аппараттарда доғаны өшірудің қандай әдістері қолданылады?
6. ПР және ПН түріндегі сақтандырғыштарда ендірімен қорытпасы қандай формада болады? Мұндай форма қандай мақсаттар үшін қабылданған?
7. Контактторлар мен қосқыштардың мақсаты қандай. Олар немен ажыратылады?
8. Контактісі жоқ коммутациялық аппараттардың артықшылықтары мен кемшіліктерін атаңыз.
9. Неліктен ажыратқышпен жүктеме тоғын ажыратуға болмайды?
10. Майлы және аз майлы ажыратқыштардың мақсаты қандай?
11. Ауа және элегаз ажыратқыштарында неліктен доғаны өшіреді?
12. Вакуумдық ажыратқыштардың майлы және ауа ажыратқыштарына қарағанда артықшылықтары неде?
12. Ажыратқыштардың модульдік құрылуы ұстанымының негізі неде? Қандай ажыратқыш түрлеріне бұл ұстаным қолданылады?
14. 600/5 трансформация коэффициенті бар бір орамды тоқ трансформаторының екінші орамында қанша орам болады?
15. Егер екінші жүктеме номиналды жүктемемен салыстырғанда екі есе өсетін болса, тоқ трансформаторының қателігі қалай өзгереді?
16. Неліктен изоляция бақылау сызбасында үш фазалық үш өзекті кернеу трансформаторын қолдануға болмайды?
17. ЗНОМ-35 бір фазалық кернеу трансформаторы НОМ-35 немен ажыратылады?
18. Каскадты кернеу трансформаторының ВН орамдарының жеке бөлшектері қалай біркелкі жүктеледі?
19. НДЕ сыйымдылық трансформаторы қандай кернеулерге қолданылады?
20. Өлшеу түрлендіргіштері қандай мақсатпен қолданылады?

## 5 тарау

### ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАРЫ МЕН ПОДСТАНЦИЯЛАРДЫҢ БАСТЫ СЫЗБАЛАРЫ

#### 5.1. Электрлік қондырғылар сызбалары туралы жалпы мәліметтер

##### 5.1.1. Сызбалар түрлері және олардың тағайындалуы

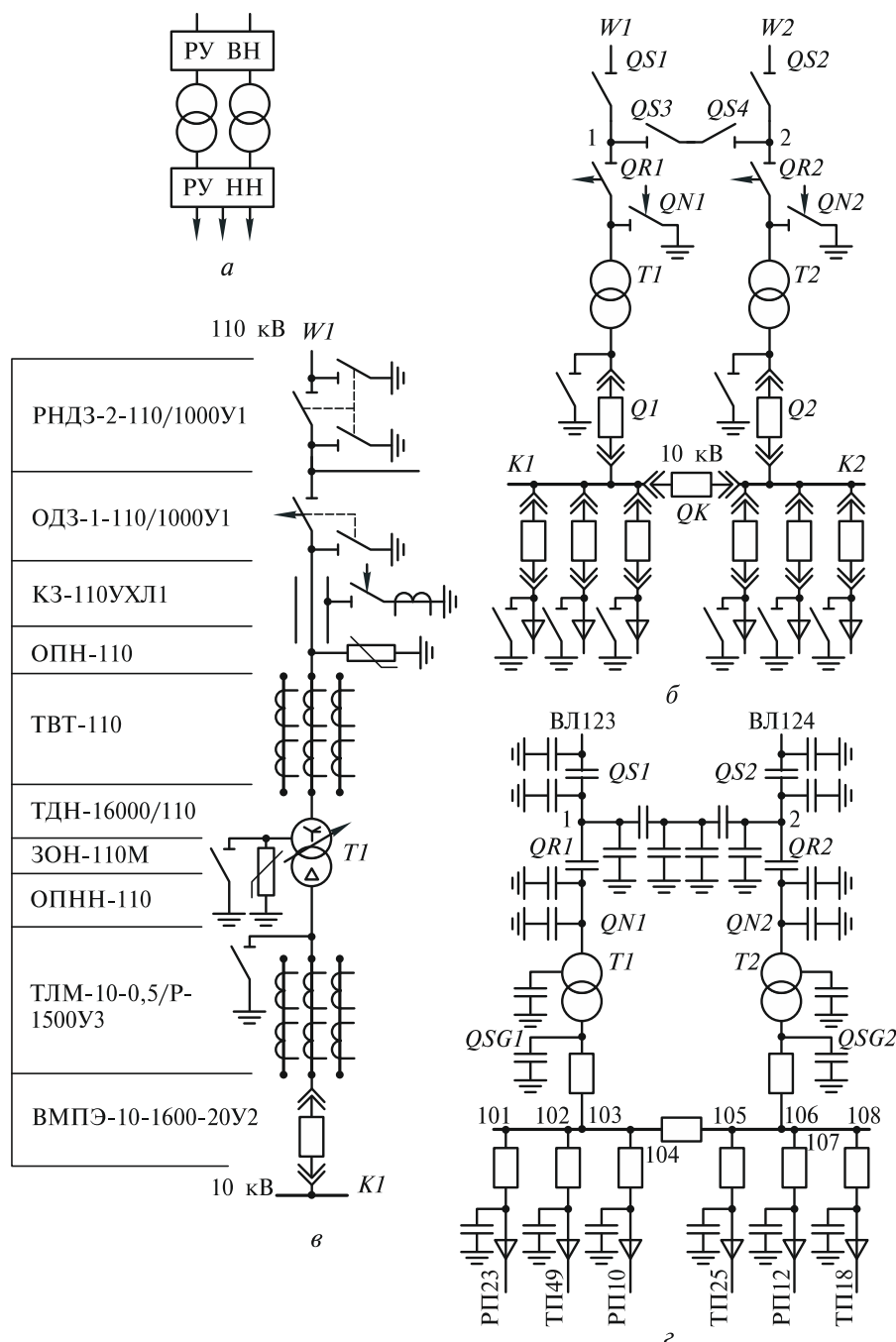
*Электр станцияларының электрлік жалғауларының (подстанциялар) сызбасы бұл негізгі электрлік құрылғылардың (генераторлар, трансформаторлар, желілер), құрастыру машиналарының, коммутациялық және басқа да алғашқы аппаратураның барлық жалғауларымен қоса алғандағы жиынтығы болып табылады.*

Басты жүйені таңдау электр станцияларының (подстанциялар) электрлік бөлігін жобалау барысындағы анықтаушы фактор болып табылады, себебі ол элементтердің толық құрамы мен олардың арасындағы байланысты анықтайды.

Сызбада басты жүйелер бір сызықты түрле барлық құрылғы элементтері үшін сөндірілген қалыпта беріледі. Кейбір жағдайда жеке элементтерді сызбада жұмыс қалпында беруге болады.

Сызбаның барлық элементтері және олардың арасындағы байланыс құрылымдық құжаттаманың бірыңғай жүйесінің стандарттарына сәйкес (ҚҚБЖ) көрсетіледі.

Пайдалану жағдайында ұстанымдық, басты сызбамен қатар, жеңілдетілген жедел сызбалар да қолданылады, мұнда тек негізгі құрылғылар ғана көрсетіледі. Электрлік қондырғыны жобалау барысында басты сызбаны дайындағанға дейін электр энергиясын берудің құрылымдық сызбасы (қуат) құрастырылады, мұнда электрлік қондырғының негізгі функционалдық бөліктері көрсетіледі (тарату құрылғылары, трансформаторлар, генераторлар) және олардың арасындағы байланыс қарастырылады. Құрылымдық сызбалар толық және ұстанымдық сызбаларды әрі қарай әзірлеу, электрлік қондырғы жұмысымен толық танысу үшін қажет.



5.1 сурет. Подстанция мысалындағы 110/10 кВ сызбалар түрлері:

а — құрылымдық; б — қысқартылған ұстанымдық; в — толық ұстанымдық; г — жедел

Сызбаларда функционалдық бөліктер тік бұрыштар түрінде немесе шартты графикалық суреттер түрінде беріледі (5.1 а сурет). Ешбір аппаратура (сөндіргіштер, ажыратқыштар, ток трансформаторлары) сызда көрсетілмеген.

5.1 б суретте осы подстанцияның басты сызбасы кейбір аппараттарсыз – ток трансформаторлары, кернеу, ажыратқыштарсыз көрсетілген. Мұндай сызба электрлік жалғаулардың қысқартылған ұстанымдық сызбасы болып табылады. Толық ұстанымдық сызда (5.1 в сурет) алғашқы тізбектің барлық аппараттары көрсетіледі, жерге тұйықтаушы ажыратқыштар мен бөлгіштерді, қолданылатын аппараттар түрлерін көрсетеді. Жедел сызда (5.1 г сурет) ажыратқыштар мен жерге тұйықтаушы табандар шартты түрде көрсетілген.

МЕМСТ 2.710—81 сәйкес электрлік сызбалардағы әріптік-сандық белгілеу үш бөліктен құралады: 1 элемент түрін көрсетеді, 2 оның реттік номерін білдіреді, 3 оның қызметін көрсетеді. Түрі мен номері

шартты әріпті-сандық белгілеудің міндетті бөлігі болып табылады және ол нысанның барлық элементтері мен құрылғыларына беріледі. Элемент қызмет көрсету (белгілеудің 3 бөлімі) міндетті емес. 1 бөлімде латын әліппесінің бір немесе бірнеше әріптері жазылады, 2 бөлімде – элементтің реттік номерін сипаттайтын бір немесе бірнеше араб сандары жазылады. Мысалы, QS1 — ажыратқыш № 1; Q2 — сөндіргіш № 2; QK — секциялық сөндіргіш.

Кітапта МЕМСТ 2.710—81 және «МЕМСТ ҚҚБЖ қолдану бойынша салааралық әдістемелік нұсқауларға сәйкес» белгілеу қабылданған.

### **5.1.2 Электрлік қондырғылардың басты сызбаларына қойылатын негізгі талаптар**

Электрлік құрылғылар сызбаларын таңдау барысында келесі факторлар ескеріледі:

Энергия жүйесі үшін электр станциясының немесе подстанциясының мәні мен рөлі. Энергия жүйесінде параллель жұмыс жасайтын электр станциялары өзінің тағайындалуы бойынша ажыратылады. Олардың кейбіреулері базисті негізгі жүктемені көтеретін болса, басқалары шекті болады, тәулікке толмайтын уақытта максималды жүктемеге жұмыс жасайды, үшінші біреулері жылулық тұтынушылар анықтайтын электрлік жүктемені көтереді (ЖЭО). Электр станцияларының тағайынамасының әр түрлі болуы әр түрлі электрлік жалғау сызбаларын қолданудың мақсаттылығын анықтайды.

Қосалқы станциялар немесе әр түрлі бөліктерінің байланыс үшін энергия жүйелерінің ірі ауданының тұтынушылардың немесе қоректендіру үшін энергия жүйесінің жекелеген арнау алады. Қосалқы станциялардың оның схемасын рөлін айқындайды;

Энергетикалық жүйеде электр станцияларының немесе қосалқы станциялардың ереже, схемалары және іргелес жатқан желі - кернеу Жоғары кернеу энергия жүйелерінің қатар жұмыс істеуіне қосылған электр станцияларының электр станциялары мен қосалқы станциялардың шиналар торапты нүктелері жүзеге асыра отырып, бірнеше біріктіру мүмкін. Бұл жағдайда шиналар ағынының қуатын энергия жүйесінің бір бөлігінен басқа - транзит арқылы болып енгізілді.

Қосалқы станциялар тұйықталған шекті болуы мүмкін; Мұндай жағдайда тіпті ішінде әртүрлі сызбасының қосалқы станциялардың тек сол бір трансформаторлар қуаты бірдей болады.

6—10 кВ тарату құралдарының сызбасы тұтынушыларды электрмен қамтуға тәуелді болады: жеке және параллель желілер бойынша қорек, тұтынушылардың резервті кірістерінің болуы және т.б. тән болады.

Электрмен қамту тиімділігі бойынша тұтынушылардың санаттары. Барлық электрлік қабылдағыштарды энергетикалық тиімділігі тұрғысынан үш санатқа жіктейді.

I санат объектілері - электрмен жабдықтау, адамдардың өміріне қауіп төндіретін елеулі залал келтіруі мүмкін үзіліс электрқабылдағыштар электрқабылдағыштар апарып, технологиялық процестің бұзылуы, жаппай халықтық хошталу негізгі жабдықтарын бүлдіру, аса маңызды элементтерінің жұмыс істеуін бұзу, қымбат тұратын күрделі өнімнің коммуналдық шаруашылық ақауы орын алады.

I санаттағы адамдардың өміріне қатер төнуін болдырмау мақсатында өндірісті үздіксіз жұмысы үшін қажетті электр қабылдағыштардың құрамынан электрқабылдағыштарды, оларға ерекше тобы бөлінеді, то тату апатсыз, жарылыстардың, өрттердің қымбат жабдықтарды және бүлінген.

I санаттағы тамақпен қамтамасыз етілуі тиіс допус үзіліс уақытында ғана тәуелсіз қоректендіру көздерін, тамақ автоматты қалпына келтіру электрқабылдағыштар екі айдан онык жеп жатыр.

I санаттағы ерекше топтың электрқабылдағыштарды электр қуатымен қамтамасыз ету үшін қосымша тамақтануға тәуелсіз қоректендіру көзіне жалғау көзделеді.

II санат объектілеріне - электрмен жабдықтау, олардың бұзылуына әкеп соғатын көлік, механизмдер мен өнеркәсіптік өнімнің жаппай недоотпуску жаппай жай қарапайымдарға электрқабылдағыштар үзіліс жұмыс айтарлықтай мөлшерін қалыпты қалалық және селолық тұрғындар үшін беріледі.

II санаттағы қуат беретін әуе желісінің апатты жөндеуін жүргізу мүмкіндігін қамтамасыз етілген болса, осы сызықтың I-ден артық емес уақыт үшін электр қабылдағыштарды қолдануға жол беріледі. Кәбіл желісі бойынша қоректендіру көздері кемінде бір жіберу екеуінің бірі қосылған біреуге кабельдердің тұратын жалпы аппаратына. Трансформаторлар мен бір айдан аспайтын уақыт үшін орталықтандырылған резервтің болған кезде трансформатордың ауыстыру 1 тәулік трансформатордың қорегіне рұқсат етіледі.



Электрқабылдағыштардың III санатты объектілеріне - I және II санаттағы айқындау астында қалған барлық электрқабылдағыштар қолайлы емес.

Бұл үшін электрмен жабдықтау электр қоректендіру көзінің повреж электрмен жабдықтау, электрмен жабдықтау, жөндеу және ауыстыру үшін қажетті орындала алады шартымен бір айдан аспайды жүйеде үзілістер орын алады.

Перспектива аралық электр станциясы, қосалқы станциялар мен іргелес жатқан учаскенің кеңейту және дамыту кезеңдері жібереді. Тарату құрылғылары сызбасы және қосулар санын көбейту мүмкіндігін ескере отырып іріктеп алу қажет дамыту кезінде ошағын сөндіреді.

Диаграмманы таңдау үшін олардың жауапкершілігін мүмкін, сондықтан жеке даму дәрежесі жоғары және орта кернеулі энергия жүйесінің рет сызықтардың саны ескеру маңызды кезеңдері схемасы өзгеше болып келеді.

Ұсынылатын шарттардың басты электрлік қондырғыны таңдауға әсер ететін күрделі кешенінен сызбаларға қойылатын негізгі талаптарды анықтауға болады:

тұтынушыларды электрмен қамту тиімділігі;

жөндеу жұмыстарын өткізуге бейімделу;

электрлік сызбалардың жедел икемділігі; экономикалық мақсаттылық.

Тиімділік — электрлік қондырғылардың немесе тұтас энергия жүйесінің жалпы алғанда тұтынушыларды сапасы реттелген электр энергиясымен үздіксіз қамтамасыз ету қасиеті. Жүйенің тиімділігі аталған электрлік қондырғыдан қорек алатын тұтынушылар сипатына (санаты) тәуелді болып келеді.

Патрондар икемділігі олардың желіні бұзбай тұтынушыларын электрмен жабдықтау электр қондырғыларына жөндеу немесе шектеу қойылатын жөндеу жүргізуге мүмкіндігі анықталады. Сызбалар, оларда бар барлық ажырату ажыратқыштың жөндеу үшін жөндеу кезінде осы қосылу керек; тек уақытша ғана жасау үшін қажет басқа сызбаларына жалғау жекелеген ажырату арнайы жөндеу схемалары; Үшіншіден - жөндеу ажыратқыштың қысқа мерзімге электрмен жабдықтау тіпті бұзбай жүргізіледі.

Электр сызбасын жасау үшін оның жедел икемділігі ол ределяется икеммен пайдалану режиміне және өткізу қажетті жедел қайта қосу.

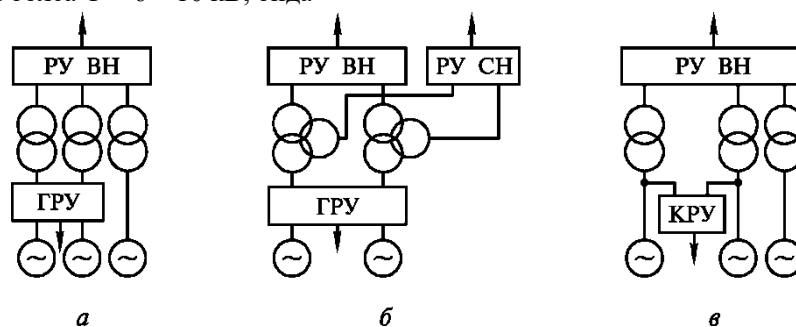
Жедел қайта қосуды қамтамасыз етіледі, егер онда икемділігі айтарлықтай жедел схемалары жүргізіледі немесе басқа да коммутациялық аппараттармен ажыратқыштармен қашықтан басқаратын жетегі бар.

Жедел икемділігі күрделілігіне бағаланады және ұзақтығы санға жедел қайта қосуға жағдай жасайды.

### 5.1.3. Электр станцияларының және подстанцияларының сызбалары

Құрылымдық электрлік сызба құрылғы құрамына (генераторлар, трансформаторлар саны), генератордардың таралуына және әр түрлі кернеулі тарату құрылғылары арасындағы жүктеме мен осы ТҚ арасындағы байланысқа тәуелді болады.

5.2 суретті ЖЭО құрылымдық сызбасы берілген. Егер ЖЭО электр энергиясын тұтынушыларға тікелей жақын салынатын болса  $U = 6—10$  кВ, онда



5.2 сурет. ЖЭО құрылымдық сызбалары

генераторлы кернеулі тарату құрылғысы болуы керек (ГКК). ГКК жалғанатын генераторлар саны 6-10 кВ жүктемеге тәуелді болады. 5.2 а суретте екі генератор ГКК жалғанған, олардың бірі неғұрлым

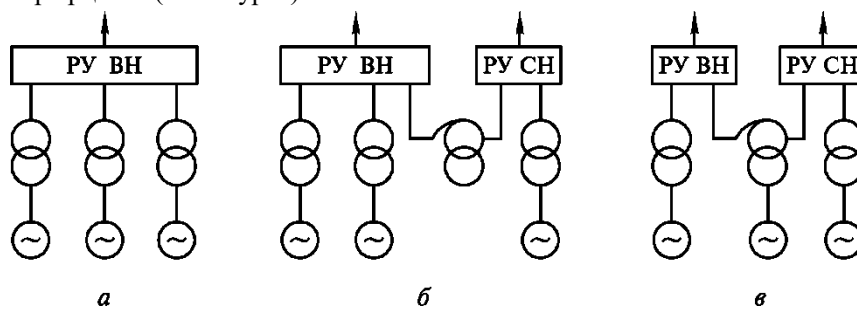
қуаттысы – жоғары кернеулі тарату құрылғысына жалғанған (ЖҚ ТҚ). 110-220 кВ желілер осы ТҚ жалғанған жағдайда энергия жүйесімен байланысты жүзеге асырады.

Егер ЖЭО жақын жерде энергияны қажет ететін өндірістерді салу қарастырылатын болса, олардың қорегі 35-110 кВ ЖЖ арқылы жүзеге асырылады. Бұл жағдайда ЖЭО орташа кернеулі тарату құрылғысы қарастырылады (ОК ТҚ) (5.2 б суретті қар.). Әр түрлі кернеулі ТҚ арасындағы байланыс үш орамды трансформаторлар немесе автотрансформаторлар көмегімен жүзеге асырылады.

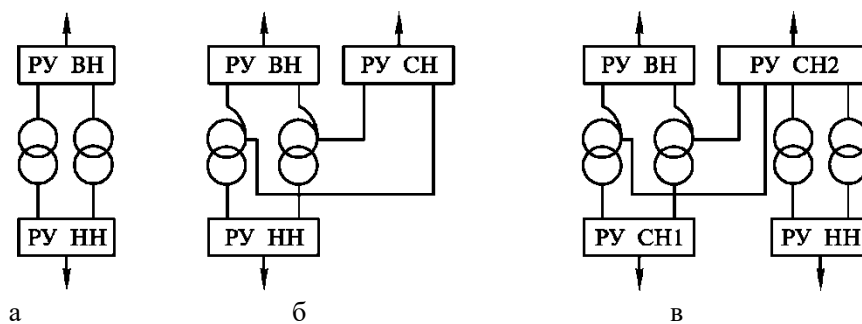
Жүктеме аз болған (6-10 кВ) жағдайда генераторларды жоғарылататын трансформаторлар көмегімен генераторлы кернеулі көлденең байланыссыз блокты жалғау мақсатты болады, бұл ҚТ тоғын азайтады және құны қымбат ГҚҚ орнына тұтынушыларға 6-10 кВ беру үшін кешенді ТҚ қолдануға жағдай жасайды (5.2 в суретті қар.). 100-250 МВт қуатты энергия блоктарын ІН ТҚ тұтынушылар қорегі үшін дәнекерлеусіз жалғайды.

5.3 суретте электр энергиясы жоғары кернеумен таратылатын электр станциясының құрылымдық сызбасы берілген (КЭС, ГЭС, АЭС). Осындай электр станцияларына жақын жерде тұтынушылардың болмауы ГҚҚ бас тартуға мүмкіндік береді. Генератор-трансформатор блоктарының сызбалары 5.4.2 тарауда қарастырылады. Блоктардың параллель жұмыстары жоғары кернеумен жүзеге асырылады, мұнда тарату құрылғысы қарастырылады (5.3 а суретті қар.).

Егер электр энергиясы жоғары және орта кернеумен берілетін болса, онда ТҚ арасындағы байланыс байланыс автотрансформаторы арқылы (5.3 б сурет) немесе генераторы бар блокқа орналастырылған автотрансформатор арқылы (5.3 в сурет).



5.3 сурет. КЭС, ГЭС, АЭС құрылымдық сызбалары



5.4. Подстанциялардың құрылымдық сызбалары

5.4 суретте подстанциялардың құрылымдық сызбалары берілген. Екі орамды трансформаторы бар подстанцияларда (5.4 а сурет) электр энергиясы энергия жүйесінен ТҚ ТҚ түседі. Торапты подстанцияларда жеке энергия жүйесінің бөліктері мен тұтынушыларға қорек беру іске асырылады (5.4 б суретті қар.).

#### 5.1.4 ЖЭО байланыс трансформаторларының саны мен қуатын таңдау

Генераторлы кернеу шиналары бар электр станцияларында осы шиналарға арналған байланыс трансформаторларын жоғары кернеу шиналарымен орнату қарастырылады. Осындай байланыс артық қуатын беру үшін қажет болған кезде барлық генераторлар, 6-10 кВ кернеуде қалыпты режимде жұмыс істейді және тамақ резервте қалдыру үшін энергия жүйесіне жүктеменің апаттық ажырату жоспарлы немесе бір генератор түрінде қосылады.

Трансформаторлардың саны әдетте мынадай екі және Еереженің 7-бабының 5-тармағына аспайтын байланыс жасайды.

Бір трансформатор белгіленуі мүмкін, мысалы, егер бір немесе екі генераторды ЖЭО бірінші кезектегі үшін ТРҚ ТҚ бастап жоғары кернеулі байланыс станциясы бар болады.

Трансформаторлар энергия жүйесіне беруді қамтамасыз етуі тиіс барлық генераторлар өз мұқтаждары мен тарату құрылғылары байланыс активті және реактивті қуат шегере отырып, сондай-ақ барынша белсенді қуатты желісі бойынша беруді, генераторлық кернеуінің жүктемелер жүктемелер кезеңінде демалыс күндері өндіретін кесте жылулық жүктеме береді[5.1].

Байланыс трансформаторларының қуаты тұтынушылардың қорек мүмкіндіктерін ескере отырып, жаз мезгілінде таңдалады. Сонымен қатар, жүктеменің қорек резерві қажеттілігі ескеріледі, бұл жағдайда ГҚЖ жалғанған қуатты генератордың істен шығуы мүмкін болады [5.1].

Трансформатор арқылы берілетін қуат генераторлардың әр түрлі cosφ мәндерін, жүктемені және тұтынушылардың жеке қажеттіліктерін ескере отырып анықталады:

$$S_{расч} = \sqrt{(\sum P_{г} - P_{н} - P_{с.н})^2 + (\sum Q_{г} - Q_{н} - Q_{с.н})^2}, \quad (5.1)$$

мұндағы  $EP_{г}$ ,  $EQ_{г}$  — құрастырылатын шиналарға жалғанған генераторлардың жиынтық активті және реактивті қуаты;  $P_{н}$ ,  $Q_{н}$  — генератор кернеуіндегі активті және реактивті жүктеме;  $P_{с.н}$ ,  $Q_{с.н}$  — жеке қажеттілікке арналған активті және реактивті жүктеме.

Осындай кестелер болмаған жағдайда трансформатор арқылы берілетін қуатты үш режимде анықтайды: минималды жүктеме режимінде (5.1.) формулаға  $P_{н \min}$ ,  $Q_{н \min}$  салу арқылы  $S_{1расч}$  табады; максималды жүктемелер негізінде ( $P_{н \max}$ ,  $Q_{н \max}$ ) арқылы  $S_{2расч}$  табады; апатты режимде ең қуатты генераторды сөндіргенде ( $EP_{г}$ ,  $EQ_{г}$  шамасы өзгереді)  $U_3$  есеп табады.

Ең жоғары есепті жүктеме бойынша трансформатор байланысының қуаты анықталады. Екі трансформаторларды орнатқан жағдайда

$$S_{т} \geq \frac{S_{расч \max}}{k_{пт}}, \quad (5.2)$$

кпт

мұнда  $k_{пт}$  — трансформатордың шекті жүктеме коэффициенті (2.2.5 қар.).

Жоғарыда айтып кеткендей байланыс трансформаторлары қуатты берудің жоғары режимінде энергия жүйесінен қуатты беру барысында төмендетуші ретінде қолданылады. Реверсивті жұмыс кернеуді жүктемемен реттеу арқылы трансформаторларды қолдану қажеттілігін тудырады.

Трансформаторлар ЖЭО 6-10 кВ жүктемеден басқа 35 вК бар болған жағдайда үш орамды болуы мүмкін (5.2 б суретті қар.).

Кернеудің әрбір үйлесімі үшін негізінен екі үш орамды трансформатор немесе автотрансформатор қолданылады [5.1].

#### 5.1.5 КЭС, ГЭС және АЭС байланыс трансформаторларының саны мен қуатын таңдау

Қуатты КЭС, ГЭС және АЭС электр энергиясын энергия жүйесіне беру екі, кейде үш жоғары кернеу жағдайында жүзеге асырылады (5.3, б, в суретті қар.).

Әдетте олардың қолданылуы бұрын қаралған бірқатар артықшылықтарды таратушы арасындағы байланыс әр түрлі кернеу құрылғылармен көмегімен жүзеге асырылады, оған автотрансформаторлардың себепші болады (қараңыз, 2.2 тармақ).

Таратушы, ол неғұрлым ауыр арасындағы ең жоғары және орта кернеулі қуаты бойынша таңдалады артық тоқ бойынша автотрансформаторлардың құрылғылармен режим бойынша айқындалады. Жоғары кернеу қуатын беру мүмкін кернеу байланысы бар ТҚ орта есеп айырысу режиміне ішінен ТҚ энергия жүйесін. Бұл ретте мыналарды шиналарындағы жүктемесін шаққандағы ең төменгі мәнге ие болады. Осындай шешім жағдайында ТҚ құрылымы өзгереді және орта және жоғары кернеу шиналарында ҚТ тоқтары кемиді.

Егер байланыс желілері арасында жоғары және орта кернеу желілері жанаса жатқан ауданда болмаса, онда екі автотрансформатор орнатылады.

Автотрансформаторлар арқылы қуат ағыны келесі өрнек арқылы анықталады:

$$S_{\text{расч}} = \sqrt{(\sum P_{\Gamma} - P_{\text{с.н}} - P_{\text{С}})^2 + (\sum Q_{\Gamma} - Q_{\text{с.н}} - Q_{\text{С}})^2}, \quad (5.3)$$

мұндағы  $EP_{\Gamma}, EQ_{\Gamma}$  — орташа кернеу желілеріне жалғанған генераторлардың активті және реактивті қуаты;  $P_{\text{с.н}}, Q_{\text{с.н}}$  — блоктардың жеке қажеттіліктерінің активті және реактивті жүктемесі; олар СН шиналарына жалғанады;  $P_{\text{С}}, Q_{\text{С}}$  — СН шиналарындағы активті және реактивті жүктемесі.

Есепті қуат үш режим үшін анықталады: максималды, минималды СН жүктемесі және энергия блогын сөндіру, ол СН шиналарына тұтынушылардың максималды жүктемесі жағдайында жалғанатын болады. Есепті қуаттың ең жоғарғы шамасы жағдайында автотрансформатордың номиналды қуаты шекті жүктемені ескере отырып (5.2) формула бойынша анықталады.

**Автотрансформаторларды генераторы бар блокқа орнату мүмкіндігі бар (5.3 в суретті қар.). Бұл жағдайда автотрансформатор қуаты типтік қуат коэффициентін ескере отырып таңдалады. Төмен кернеу орамы автотрансформатордың типтік қуатына есептеледі:**

$$S_{\text{III}} = S_{\text{тип}} = K_{\text{тип}} S_{\text{ном}}, \quad (5.4)$$

мұндағы  $U_{\text{ном}}$  — автотрансформатордың

$$S_{\Gamma} \leq S_{\text{III}} = K_{\text{тип}} S_{\text{ном}}, \quad (5.5)$$

осыдан

$$S_{\text{ном}} \geq \frac{S_{\Gamma}}{K_{\text{тип}}}. \quad (5.6)$$

Коэффициент  $K_{\text{тип}}$  автотрансформатордың трансформация коэффициентіне пВС тәуелді болады (формула (2.11)) және 0,33 — 0,667 аралығында болады.

Сәйкесінше автотрансформатордың қуаты генератор блогында:

$$S_{\text{ном}} = (3 - 1,5) S_{\Gamma}.$$

Автотрансформатор қуатын арттыру оны генераторы бар блокқа орнату барысында 5.3 суретте көрсетілген сызбаның тиімділігін төмендетеді. Сы сызбада автотрансформатор аралас режимде жұмыс жасайды, яғни электр энергиясын төмен кернеу жағынан жоғары немесе орташа кернеу бағытында береді және орта және жоғары кернеу ТҚ арасындағы қарсы ағынды жүзеге асырады. Аралас режимдер орасм жүктемесін қатаң бақылауды талап етеді (2.2 тарауды қар.).

### 5.1.6 Подстанциядағы трансформаторлар саны мен қуатын таңдау

Көп жағдайда подстанцияларда екі трансформатор немесе автотрансформатор орнатылады. Бұл жағдайда трансформатор қуатын дұрыс таңдағанда олардың бірі апатты сөнген жағдайда тұтынушыларды электрмен тиімді қамту қамтамасыз етіледі.

Одан әрі есептік екінші трансформаторға дейінгі жүктемені ұлғайған кезде белгіленеді. Егер бір орнату кезінде трансформатор қосалқы станциялар немесе толық Жобалық жүктеме 3 жылдан кейін пайдалануға берілгеннен кейін ДЖҚ желілері бойынша резервке қойғаны қамтамасыз етуге және оның қосалқы станция орнатып жатыр, онда бұрын шекті болмайды деп күтілуде соңғы екі трансформаторлы сызба бойынша көрсетіледі.

Егер тұтынушылардың неотвественных қоректендіру үшін орнату мүмкін бүлінген бір трансформаторлы қосалқы трансформатор немесе жөндеу бір тәуліктен аспайтын III санаттағы ауыстыру жүргізіледі.

Төрт трансформаторды орнату екі орташға кернеуі бар подстанцияларда мүмкін болады (220/110/35/10 кВ, 500/220/35/ 10 кВ және т.б.).

Трансформаторлардың қуаты келесі шарттар бойынша таңдалады: бір трансформаторды орнатқан жағдайда

$$S_{\text{ном}} \geq S_{\text{max}} ; \quad (5.7)$$

Екі трансформаторды орнатқан жағдайда [5.2] бойынша

$$S_{\text{ном}} \geq 0,7 S_{\text{max}} ; \quad (5.8)$$

n трансформаторлар орнатқан жағдайда

$$S_{\text{ном}} \geq 0,7 \frac{S_{\text{max}}}{(n-1)}, \quad (5.9)$$

мұндағы  $S_{\text{max}}$  — есепті 5 жыл кезеңде подстанцияның ең жоғары жүктемесі.

Трансформаторлар, таңдалған өрнек жағдайлары бойынша қалыпты режимде оңтайлы трансформаторлардың (0.6 - 0.7) қамтамасыз етеді (5.8) және (5.9), тамақтану кезінде апаттық режимде жұмыста, ал қалған барлық тұтынушылар қотару  $U_{\text{ном}}$  бір трансформатор қорек беруді қамтамасыз ету қажеттігін ескере отырып, қайта тиеуге жарамды авариялық немесе тұтынушылардың жүйелі трансформаторлар қолданылады.

500 кВ трансформаторлар мен автотрансформаторлар ішкі бастап мүмкіндігінше дейін үш фазалық түрде таңдалады.

Бір топтың орнату кезінде бір фаза бір резервтік орлар трансформаторды көзделеді. Бірқатар жағдайларда қолдануға үнемді трансформаторы жұптастырылған үш фазалық болуы мүмкін (автотрансформаторлар).

### 5.1.7 Электр станциялары мен подстанцияларының құрылымдық сызбаларын техникалық-экономикалық салыстыру

Сызбалардың экономикалық мақсаттылығы минималды келтірілген шығындармен анықталады:

$$Z = p_{\text{и}} K + I + Y, \quad (5.10)$$

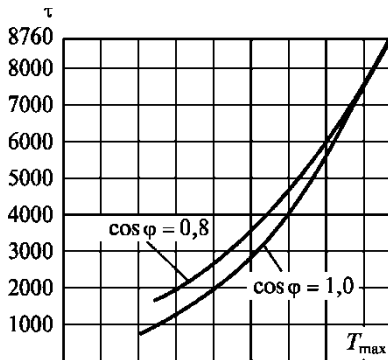
мұндағы  $p_{\text{и}}$  — экономикалық тиімділіктің нормативті коэффициенті, ол 0,12 тең болады;  $K$  — электрлік қондырғыларды салуға капитал салымы, мың р.;  $I$  — жылдық пайдалану шегерістері, мың р./жыл;  $Y$  — электр энергиясының жетіспеуінен болған шығын, мың р./жыл

Есепті шығындардың екінші құрамдауыштары — жылдық пайдалану шегерістері — келесі формула бойынша анықталады

$$I = \frac{P_a + P_o}{100} K + \beta \Delta W 10^{-5}, \quad (5.11)$$

мұндағы  $\rho_a$ ,  $\rho_o$  — амортизация және қызмет көрсету шегерістері, %;  $v$  — электр энергиясының 1 кВт-ч шығыны, коп./(кВт-ч);  $A W$  — электр энергиясының шығыны, кВт-ч.

Ескерту. Жобалық тәжірибеде электр энергиясының шығынын өтеудің дәл анытамасын қолдану керек: шығындарды  $A W$  жүктемесіне тәуелді және  $A W''$  жүктемесіне тәуелсіз түрлерге жіктеледі. Зиянды өтеу



#### 5.5. Максимальные потери в трансформаторе при максимальной нагрузке $T_{max}$

потери

$$\Delta W = \beta' \Delta W' + \beta'' \Delta W'', \quad (5.12)$$

мұндағы  $\beta'$ ,  $\beta''$  — электр энергиясының 1 кВт-ч потерь, ол режиму және ( $T_{max}$ ,  $\tau$ ) нысанның орналасқан орнына тәуелді болады [5.6].

Электр энергиясының потерь екі орамды трансформаторда келесі формула бойынша анықталады, кВт-ч,

$$\Delta W = P_x T + P_k \left( \frac{S_{max}}{S_{ном}} \right)^2 \tau, \quad (5.13)$$

мұнда  $P_x$  — холостого хода потерь, кВт;  $T$  — трансформатордың жұмыс уақыты (негізінен  $T = 8760$  с қабылдайды);  $P_k$  — қысқа тұйықталу потерь, кВт;  $S_{max}$  — трансформатордың есепті (максималь) жүктемесі, МВ·А;  $S_{ном}$  — трансформатордың номиналді қуаты, МВ·А;  $\tau$  — максимальді шығын уақыты, 5.5 суреттегі қисық бойынша  $T_{max}$  максимальді жүктеменің пайдалану уақытына тәуелді болады.

$T_{max}$  шамасы ТК шиналарында жүктеме кестелері бойынша немесе байланыс трансформаторы арқылы қуатты беру кестесі бойынша есептеледі.

Үш орамды трансформатордағы электр энергиясының потерь (автотрансформатор) келесі формула бойынша анықталады, кВт-ч,

$$\Delta W = P_x T + P_{k_{BH}} \left( \frac{S_{max_{BH}}}{S_{ном}} \right)^2 \tau_{BH} + P_{k_{CH}} \left( \frac{S_{max_{CH}}}{S_{ном}} \right)^2 \tau_{CH} + P_{k_{HH}} \left( \frac{S_{max_{HH}}}{S_{ном}} \right)^2 \tau_{HH}, \quad (5.14)$$

мұнда ВН, СН, НН индекстерімен жоғары, орта және төмен кернеулерге сәйкес орамдар белгіленеді. тВН, тСН, тНН шамалары сәйкес Тмах бойынша жоғарыда аталғандай анықталады.

Кейде жеңілдету үшін

$$\tau_{ВН} = \tau_{СН} = \tau_{НН}.$$

қабылдайды.

Егер үш орамды трансформаторлардың каталогтарында ҚТ шығындары ЖК және ТК үшін  $P_{к\text{ВН—СН}}$  (МЕМСТ 11920—85Е, МЕМСТ 12965—85Е,) берілетін болса, онда әр орамның қуаты 100% болады.

Жекелеген орамдардың шығындары

$$P_{к\text{ВН}} = P_{к\text{СН}} = P_{к\text{НН}} = 0,5 P_{к\text{ВН—СН}}.$$

Үш орамды трансформаторлар әрбір орамдар жұптары үшін белгіленген, бұл жағдайда жеке орамдар шығындары:

$$P_{к\text{ВН}} = 0,5(P_{к\text{ВН—СН}} + P_{к\text{ВН—НН}} - P_{к\text{СН—НН}});$$

$$P_{к\text{СН}} = 0,5(P_{к\text{ВН—СН}} + P_{к\text{СН—НН}} - P_{к\text{ВН—НН}});$$

$$P_{к\text{НН}} = 0,5(P_{к\text{ВН—НН}} + P_{к\text{СН—НН}} - P_{к\text{ВН—СН}}).$$

Үш фазалы автотрансформаторларда ТК орам қуаты келесі түрде болған жағдайда

$$S_{\text{НОМНН}} = K_{\text{ТИП}} S_{\text{НОМ}},$$

шығын (5.14) формуласы бойынша анықталады, мұнда ЖК, ТК, ОК

$$P_{к\text{ВН}} = 0,5 \left( P_{к\text{ВН—СН}} + \frac{P_{к\text{ВН—НН}}}{K_{\text{ТИП}}^2} - \frac{P_{к\text{СН—НН}}}{K_{\text{ТИП}}^2} \right); \quad (5.15)$$

$$P_{к\text{СН}} = 0,5 \left( P_{к\text{ВН—СН}} + \frac{P_{к\text{СН—НН}}}{K_{\text{ТИП}}^2} - \frac{P_{к\text{ВН—НН}}}{K_{\text{ТИП}}^2} \right); \quad (5.16)$$

$$P_{к\text{НН}} = 0,5 \left( \frac{P_{к\text{ВН—НН}}}{K_{\text{ТИП}}^2} + \frac{P_{к\text{СН—НН}}}{K_{\text{ТИП}}^2} - P_{к\text{ВН—СН}} \right). \quad (5.17)$$

орамдарындағы шығындар автотрансформатордың номиналды қуатына жатқызылады:  
Егер орамның номиналдық қуаты  $HH S_{номHH} \neq K_{тип} S_{ном}$  болса, онда (5.15) — (5.17) формулаларына  $K_{.ип}$  орнына  $\frac{S_{номHH}}{S_{ном}}$  қою керек. Электр энергиясының шығындары параллель жұмыс жасайтын трансформаторларда шығындар

$$\Delta W = n \Delta W_1$$

мұнда  $\Delta W$  (5.13) немесе (5.14) формулалар бойынша анықталады.

Залал келтірілген жағдайда ғана электр энергиясын недоотпуска салыстырылған нұсқалары айтарлықтай айырмашылық бар тамақ сенімділігі бойынша айқындалады. Шамасы, сипаты мен ұзақтығы осы есепке алу үшін өндіру мен басқа да факторлар арнайы әдебиетте бірқатар бөлігіндегі ықтималдығы апаттық ажыратуларды толығырақ білуге мүмкіндік береді [5.12., 5.13].

Нұсқаларды салыстыру оқу, әдетте, электр энергиясын недоотпуска залалын жобалау ескерілмей жасалады.

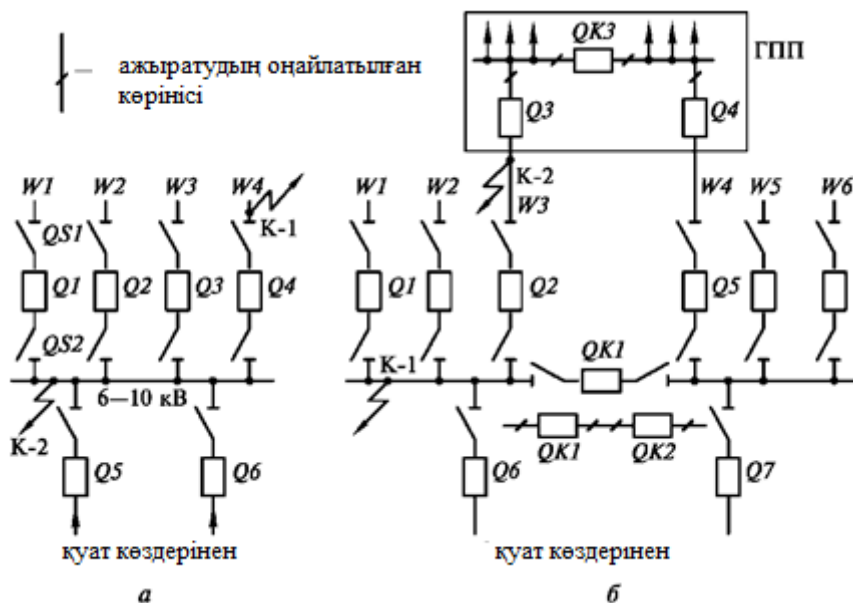
## 5.2. 6 — 10 кВ жағындағы электрлік жалғаулар сызбасы

### 5.2.1. Бір құрастыру шинасының сызбасы

6-10 кВ жағындағы электрлік сызбалардың ең қарапайым сызбасы құрастырылатын шиналардың секцияларға жіктелмеген бір сызбасы болып табылады (5.6 а сурет).

Жүйе қарапайым және көрнекті. 6-10 кВ желі мен қорек көздері құрастырылатын шиналарға сөндіргіштер және ажыратқыштар көмегімен жалғанатын болады. Әрбір тізбекке бір сөндіргіш қажет болады. Ол осы тізбекте қалыпты және апатты режимдерде жалғау үшін қажет. Желіні  $W_1$  сөндіру қажет болған жағдайда  $Q_1$  сөндіргішін сөндіру жеткілікті болады. Егер  $Q_1$  жөндеуге қосылатын болса, оны сөндіргеннен кейін ажыратқыштарды сөндіретін болады: алдымен сызықты  $QS_1$ , одан кейін шиналы  $QS_2$  орын алады.

Сызбаның артықшылықтарымен қатар бір секцияға бөлінбеген жүйеде бірқатар кемшіліктер де болады.



5.6 – сурет Бір автобус жүйесі бар схемалар: а - коммутатор арқылы ажыратылмаған; б - коммутатормен секцияланған



Құрастыру шиналары мен ажыратқыштар шиналарында кернеу толықтай құрастыру бірліктерінен ажыратылады, яғни қорек көздерін сөндіруге болады. Барлық тұтынушылар электрмен жабдықтаудың жөндеу уақытында үзілістерге келеді.

ҚТ сызығында кезінде, мысалы, т. Ажыратқыш Q4 қосылу жұмыста қалуға тиіс, ал басқа барлық тиісті К-1 (2-суретті 5.6, а) ажырату тиіс; Алайда бұл ажыратқыштар шиналар Q6 Q5 қоректендіру көздерін, соның салдарынан кернеу жоқ қалады, оларды жиналу бас тартқан кезде го ажыратқыштың бөлініп қалады.

Тұтынушылардың технологиялық электр станциялары, желілерне арналған кезінде резервті бүгінде секцияға бөлінбеген шиналар жүйесімен толық пайдаланғаннан бір схемасы резервте қалдыру кезінде тұтынушылардың ҒЗИ үшінші жылғы құрама шиналар санаты сәйкес болмайды.

Бір ажыратқышпен секцияға бөлінген құрама шиналар жүйесінің сызбасы 5.6, б. суретте көрсетілген. Барлық басқа лайық ірілік көрсете алар схемасы бар шиналар жүйесінің схемаларын жалғыз түрде сақтайды; Бұдан басқа, ядролық апат жинауға Шиналарға ажыратылуына әкеледі көздері мен жартысы бір ғана беруге; екінші секция қалады және барлық оған қосылу үшін орын таппайды.

Артықшылықтары келесілер болып табылады, сенімділігі, қарапайымдылығы, экономикалық үнемділігі жеткілікті түрде жоғары болады және мысалында басты төмендеткіш қосылу сызбалары (ГПП) екі W3 W4 шиналарға сызықтармен, электр қондырғылары (5.6, б суретті қар.). Бір желі істен шыққан жағдайда (К-2, ҚТ ) ажыратқыштар Q2, Q3 сөнөді және автоматты түрде QK3 қосылады, ол ГПП W4 желісі бойымен бірінші секциясының қорегін қалпына келтіреді.

Осылайша, ГПП қорек беру апаттық көтерулерге арқасында екі түрлі болуы тиіс, олар әр қайсысы қойылатын қосылған станция желілерін бұзылмайтын болса осы қаралған қоректендіретін секциялары толық жүктемесінде есептелген (100% ды желі бойынша резерв).

Алайда схемасы мен бірқатар кемшіліктер бар.

Бұл жағдайда, тұтынушылар, екі және одан кейінгі жөндеу зақымдалуы кезінде бір секцияның жауапты тұтынушылар сек ұйымдар резервтелмеген барлық жөндеу кезінде резервті оңай ажыратылады. Сол режимі орнатылған барлық жөндеу кезінде қоректендіру көзі жөнделетін секция ажыратылады.

Апат кезінде екі секция QK1 қоректендіру көздерін ажырату керек, б, схемалар, бейнеленген 5.6 басқа кемшілігі болып табылады немесе ол бас тартқан жағдайда жетек ҚТ сәтінде секцияларының бірін арналған. Осы екі секциялық ажыратқыштың жетіспеушілігі жою үшін белгілеу ұсынылады дәйекті түрде [5.1].

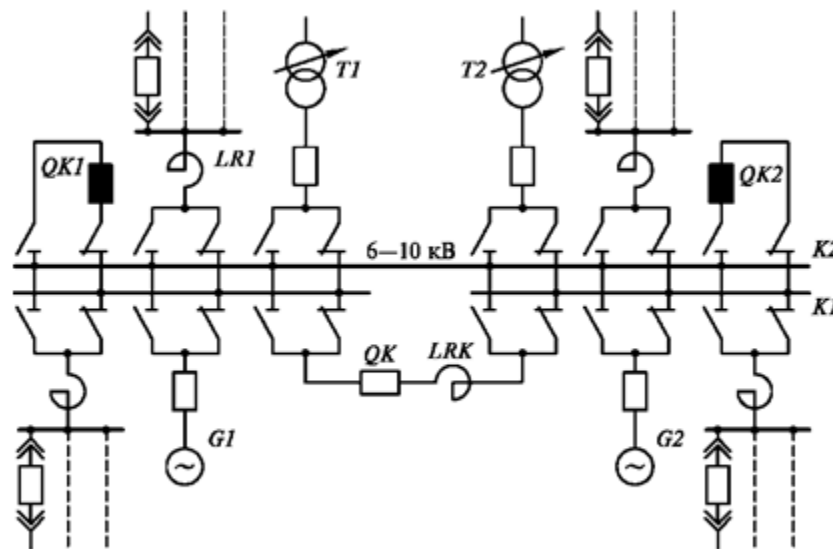
Таратқыш құрылғылар шина жүйесімен кеңінен қолдануға мүмкіндік береді, бұл схемалар жинақ лектны пайдалануға мүмкіндік береді (ЖиТҚ) бір уақытта құрылыстар монтаждау, механикаландыру мен азайту электр қондырғылары жүз имость төмендетеді. Мұндай схемалар генераторы бастап келе жатқан арналған қосалқы станциялар мен электр станцияларында кеңінен қолдану 63-ке дейінгі МВт.

### **5.2.2. Құрастырылатын шиналардың екі жүйесі бар сызба**

Электрлік қабылдағыштардың (I және II санатты) ерекшеліктерін ескере отырып (желіде резервтің болмауы) және құрастыру шиналарында жалғаудың көп мөлшерін ескеріп, ЖЭО негізгі тарату құралдары үшін техникалық-экономикалық негіздеу жағдайында құрастырылатын шиналары бар екі жүйе қарастырылуы мүмкін (5.7 сурет), мұнда әрбір элементтер екі шиналы ажыратқыштардың тарамдары арқылы жалғанады, бұл жұмыс бір немесе басқа да шиналар жүйесінде жүргізу мүмкін болады.

5.7 суретте сызба жұмыс қалпында берілген: G1 және G2 генераторлары K1 бірінші құрастыру шиналары жүйесіне жалғанады, мұнда топтық реакторлар мен T1 және T2 трансформаторлары қорек алады.

Осындай режим белгіленген тізбекті жұмыс деп аталады, негізінен жоғары кернеулі шиналарда қолданылады (5.3 тарауды қар.).



5.7 – сурет Бірлескен шиналардың екі жүйелі сызбасы

Шина жүйелерін жөндеу жүргізуге мүмкіндік береді, екі схемасы шиналар жүйесінің жұмысында бір сақтай отырып, барлық қосылу. Мәселен, оның барлық жүйесіне қосылу кезінде, ол үшін мынадай операцияларды жүргізеді Шиналар жөндеу кезінде екінші секция жұмыс шиналар жүйесінің K1 тайды K2 аударып жатыр:

Ажыратқыш QK2 шиносоединительный қамтиды және оның су кезінде де жедел ток;

Ереже енгізілген QK2 тексереді;

шиналар жүйесіне қосылудың барлық K2 айырғыштар аударылатын қамтиды;

ажыратқыштар шиналар жүйесінен басқа, барлық присоедине K1 айырғыштар ний QK2 трансформатордың өшіріп тастайды және кернеу;

Релелі қорғаныш, автоматика және өлшеу құралдарының әлеуметтік кернеу тізбектері ауыстырып қосады тамақтандыру трансформаторлар үшін үстеме шиналар жүйесінің K2;

жүктемені болмауы QK2 амперметру бойынша тексереді; Жедел ток QK2 арналған береді және жетек ажыратылуы тиіс; Шиналар жөндеу секция K1 дайындықты жүргізеді.

Жұмыс кезінде бірінші секция арналған шиналар жүйесінің K1 отключа-ются генераторы, секциялық және ажыратқыш QK трансформатор қт G1 байланыс 77. Бұл жағдайда жұмыс қалпына келтіру үшін тұтынушылар слу қайта қосуды орындау қажет:

Барлық ажыратқыштар, релелік защи ажырату ажыратылған емес сол (ажыратқыштар шалғайдағы желілері);

Барлық айырғыштар ажырату жылғы зақымданған секция барлық жүйесіне қосылудың тайды айырғыштар қосу бірінші секция шина;

Ажыратқыш беріп, сол арқылы оның жарамдылығын тексеру үшін кернеуі байланыс жүйесін қосу трансформатордың 77 тайды шина;

ажыратқыштар қосу неғұрлым маңызды жоқтығы;

Генератор жаю G1 және оны қосу синхрондау аяқталғаннан кейін ажыратқыш;

ажыратқыштар қосу желілерін барлық бөлініп қалған.

Жедел қайта қосуды екі схемасында егжей-тегжейлі қаралады систе Мәми курстар шиналарды пайдалану "электр энергетикасы жүйелерінің" және "электрэнергетикасы жүйелерінің электрооборудования жөндеу".

Қарастырылып отырған схемасы мен жеткілікті надеж меттік икемді болып табылады. Оның кемшіліктеріне мыналарды жатқызған жөн разь-единителей орындарының саны көп, ажыратқыштар, одан да көп, бұл ток жүретін күрделі құрылыс материалдар мен тарату құрылғылары конструкциясына жұмсалатын күрделі шығындардың ТРҚ ұлғаюына алып келеді.

Бұрын мұндай схемасы ширяемых ЖЭО, оларда қолданылуы мүмкін екі схемасы метистер арналған шина жүйелерін орындалды.

### 5.3. 35 кВ және жоғары электрлік жалғаулар сызбалары

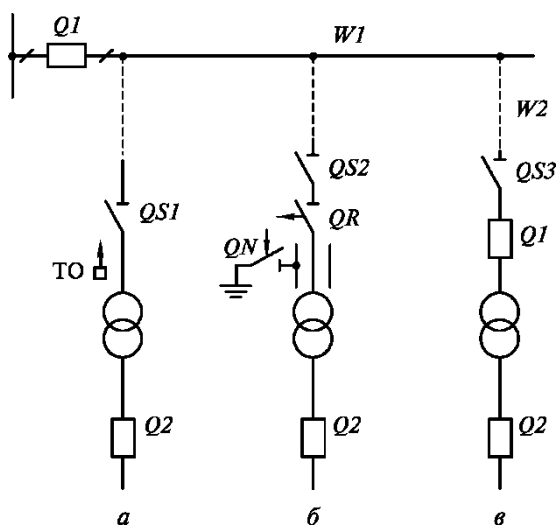
#### 5.3.1 ТҚ қысқартылған сызбалары

35—220 кВ жағында жалғаулар саны аз болған жағдайда қысқарталған сызбалар қолданылады, мұнда негізінен құрастырылған шиналар болмайды, сөндіргіштер саны аз болады. Қысқартылған сызбалар электрлік құрылғының шығынын азайтуға мүмкіндік береді және тарату құралының құнын төмендетіп, оны монтаждауды жылдамдатады. Трансформатор - сызық, ал ішкі жағында Q2 - ажыратқыш айыр QS1 блок схемасында жағында 6-10 кВ. Ажыратқыш Q1 және Q2 телесөндіретін импульс (ТО) зақымданған кезде жаңа релелік қорғау FЗИ W1 істен ажырату қоректендіру трансформаторға ажырату арқылы жіберіледі.

Егер бірнеше шағын станцияларды сызығынан қоректеніп жатыр, онда олардың жұмыс қалпына келтіру үшін жедел Q1 және беруді, одан кейін көшпелі бригаданың айыр QS1 W1 өшіру қажет, бұл ғана емес, сонымен байланысты электрмен жабдықтау үзіліспен жылғы зақымданған қалған барлық қосалқы кернеудегі қосу W1 сызығына қарай W1 сызығының қосылған. Электрмен жабдықтау сенімділігінің азаюына әкелетін сызбасын оңайлатуға жағдай жасайды. Ажыратқыш керек (5.8, в) арналған схема белгілей отырып, ішкі Q1 икемділік көбейтуге болады. Бұл жағдайда трансформатор ажыратқыштармен Q1 және Q2 ажырату жұмысын W1 сызығының қозғамайды.

Қай жерде жұмыс істеп тұрған жабдықтың белгіленген QR қысқа тұйықтағышты ажыратқыштар QN керек (5.8, б) және ішкі энергосистемаларға сақталды.

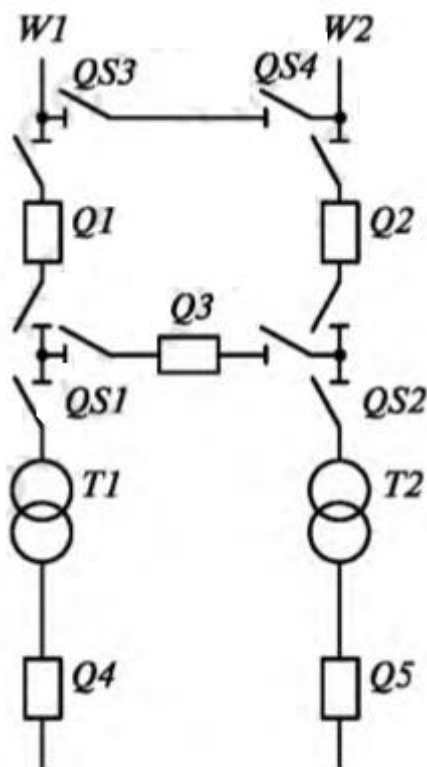
Қалыпты жұмыс режимінде трансформатор Q2 ажыратқышпен сөндіріледі, одан кейін магниттеу тоғы QR бөлгішімен ажыратылады. Соңғы операцияның қол жетімділігі трансформатор қуатына тәуелді болады.



5.8 сурет. Трансформатор блоктары сызбасы— желі: а — ЖК сөндіргіші жоқ; б — ЖК бөлгіші; в — ЖК ажыратқышы бар

Релелік қорғау және беріледі, ол қоса қысқа тұйықтағыштың Q2 - ажыратқыш трансформаторға арналған арман етіп жатыр зақымданған кезде жаңа серпін алып келуді QN жасанды ҚТ құрады. Қорғау және ажыратқыш Q1, содан кейін автоматты түрде өшіріледі айыратын QR W1 сызығының релелі іске ажыратады. Кейін автоматты түрде іске қосылады, сондықтан QR сызық кернеуде Q1 қалу керек. Апп уақытымен келісілуге тиіс, олай болмаған жағдайда қосылған орнатылғанмаған бүлдіру трансформаторда бас сызбасында QR Ажырату сызығына арналған үзіліс болады. Оның жұмысының сенімділігі мен бөлгіштер қысқа сүйектер, қарастырылған схемасын сенімділігі тәуелді. 110 кВ қосалқы станциялардың қуаты 25 МВА және аз бастап мұндай схемасын трансформатормен [5.5] үшін қолданылады.

Электр станцияларының бірінші кезеңде ішкі жағында оның дамуы мүмкіндігімен бастап кейіннен схемаларға қойылатын өту керек (5.9) құрама ажыратқыштармен бастап схемасын қолдану мүмкін қайта қосылып кетеді шиналармен [5.1]. ЖК төрт жалғау сызбасында үш ажыратқыш Q1, Q2, Q3 орнатылады. Қалыпты ажыратқыш Q3 екі трансформатор арасындағы тұйықтамада (көпірде) қосулы болады. Желіде W1 ақаулық болған жағдайда Q1 ажыратқыш сөндіріледі, трансформаторлар T1 және T2 жұмысын жалғастырады, энергия жүйесімен байланыс W2 желісің бойынша анықталады. T1 трансформаторда 6—10 кВ жағынан Q4 ажыратқыш істен шыққан жағдайда Q1 және Q3 ажыратқыштары да сөндіріледі. Бұл жағдайда W1 желісі сөндірілген қалыпта болады, яғни бұл көпір сызбасының кемшілігі болмайды. Егер трансформаторларды апатты сөндіру сирек орын алады, бұл жағдайда аталған кемшілікке жол беруге болмайды.



5.9 сурет. Жөндеу тұйықтамасы бар көпір сызбасы

Q1, Q3 сөндіріп, ажыратқыш W1 желісін іске қосады.

Сіз ключателя (Q1, Q3, Q2) қосымша тексеру кезінде сызықтардың жұмысында сақтау үшін кез келген екі казак екеуінің бірі, ажыратқыштар QS3 QS4 ремычка көзделеді. Бір ажыратқыш QS3 қалыпты орындары ажыратылған. Егер бұлай істеу кезінде онда ҚТ жолдары (W1 немесе W2) ажыратылады, кез келген екі сызықтар. Алдын ала тексеру үшін ажыратылған ажыратқыштың Q1 QS3 қамтиды, одан кейін екі жақ Q1 және айырғыштар ажыратылуы тиіс. Екеуі де жаңа болуы нәтижесінде трансформатор мен қалған екі сызықты таппайды. Егер бір сызыққа қалса, онда осы күйде қалады, яғни кернеу жоқ екі сызық Q2 ҚТ бөлініп қалады.

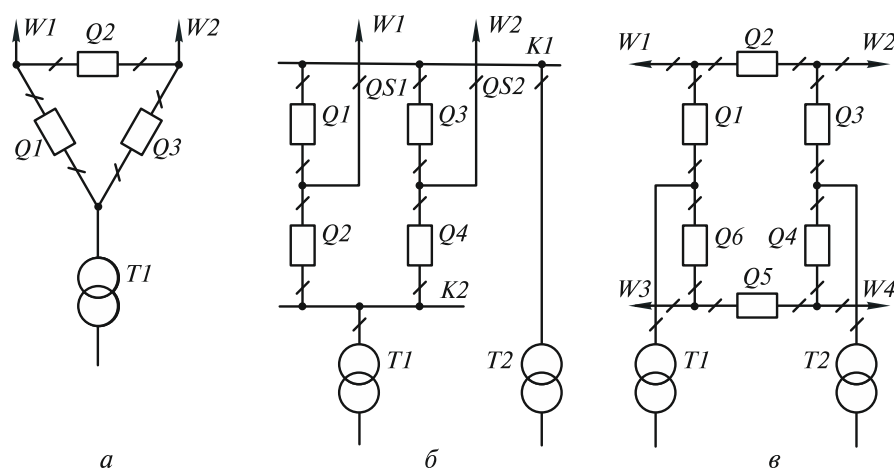
Алдын ала тексеру үшін Q3 ұстатқышты қамтиды да, содан кейін Q3 істен ажыратылуы тиіс. Бұл режимде дәл сол аяқталмаған орамдар бар: бір қатарға ажыратылатын ҚТ жағдайында екі сызықтар болады.

Ажыратқыштардың біреуін қайта қарап отырып, апаттың сәйкестік ықтималдығы үлкен, ұзақтығы коммутатордың жөндеу ұзақтығы, демек, дамудың соңғы нұсқасы ретінде бұл схем электр станцияларына қолданылмайды.

### 5.3.2.Шығыршықты сызбалар

Шығыршықты сызбалар жағдайында (көп бұрыштар сызбаларында) ажыратқыштар өзара шығыршық түзе отырып жалғанады. Әрбір элемент — желі, трансформатор — өзара көршілес ажыратқыштармен жалғанады. Ең қарапайым шығыршықты сызба үшбұрыш сызбасы болып табылады (5.10, а сурет). W1 желісі сызбаға Q1, Q2 ажыратқыштарымен жалғанған, W2 желі — Q2, Q3 ажыратқыштарымен, трансформатор — Q1, Q3 ажыратқыштарымен жалғанған. Элменетті ортақ сызбаға көп мәрте жалғау оның икемділігін арттырады, жұмыстың тиімділігін қамтамасыз етеді, бұл жағдайда қарастырылып отырған сызбадағы жалғаулар санынан аспайды. Үшбұрыш сызбасында үш жалғау түрі болады, үш ажыратқыш жалғанады, сол себепті жүйе үнемді болады.

Жаңа сақиналы схемаларында тексеріс жүргізіледі кез келген жұмыс үзіліссіз қандай да бір элемент ажыратылған. Бұл ретте жұмысына байланысты болып қалады, алайда кем сызықтар мен трансформатор екі схемасы сенімді алшақтықты сақиналар. Егер бұл күйде болады, онда ажыратқыштар Q2 Q3, соның салдарынан кернеу трансформаторы



5.10 – сурет Сақиналық сызба

Q1 және Q3 қажет болған жағдайда істен шыққан трансформаторды жөндеуге беру үшін QS1 ажыратқышын сөндіріп, Q1, Q3 сөндіріп, ажыратқыш W1 желісін іске қосады.

Сіз ключателя (Q1, Q3, Q2) қосымша тексеру кезінде сызықтардың жұмысында сақтау үшін кез келген екі казак екеуінің бірі, ажыратқыштар QS3 QS4 ремычка көзделеді. Бір ажыратқыш QS3 қалыпты орындары ажыратылған. Егер бұлай істеу кезінде онда ҚТ жолдары (W1 немесе W2) ажыратылады, кез келген екі сызықтар. Алдын ала тексеру үшін ажыратылған ажыратқыштың Q1 QS3 камтиды, одан кейін екі жақ Q1 және айырғыштар ажыратылуы тиіс. Екеуі де жаңа болуы нәтижесінде трансформатор мен қалған екі сызықты таппайды. Егер бір сызыққа қалса, онда осы күйде қалады, яғни кернеу жоқ екі сызық Q2 ҚТ бөлініп қалады.

Алдын ала тексеру үшін Q3 ұстатқышты камтиды да, содан кейін Q3 істен ажыратылуы тиіс. Бұл режимде дәл сол аяқталмаған орамдар бар: бір қатарға ажыратылатын ҚТ жағдайында екі сызықтар болады.

### 5.3.2 Шығыршықты сызбалар

Шығыршықты сызбалар жағдайында (көп бұрыштар сызбаларында) ажыратқыштар өзара шығыршық түзе отырып жалғанады. Әрбір элемент — желі, трансформатор — өзара көршілес ажыратқыштармен жалғанады. Ең қарапайым шығыршықты сызба үшбұрыш сызбасы болып табылады (5.10, а сурет). W1 желісі сызбаға Q1, Q2 ажыратқыштарымен жалғанған, W2 желі — Q2, Q3 ажыратқыштарымен, трансформатор — Q1, Q3 ажыратқыштарымен жалғанған. Элменетті ортақ сызбаға көп мәрте жалғау оның икемділігін арттырады, жұмыстың тиімділігін қамтамасыз етеді, бұл жағдайда қарастырылып отырған сызбадағы жалғаулар санынан аспайды. Үшбұрыш сызбасында үш жалғау түрі болады, үш ажыратқыш жалғанады, сол себепті жүйе үнемді болады.

Жаңа сақиналы схемаларында тексеріс жүргізіледі кез келген жұмыс үзіліссіз қандай да бір элемент ажыратылған. Бұл ретте жұмысына байланысты болып қалады, алайда кем сызықтар мен трансформатор екі схемасы сенімді алшақтықты сақиналар. Егер бұл күйде болады, онда ажыратқыштар Q2 Q3, соның салдарынан кернеу трансформаторы ажыратылады және сызықтар мен қалады ма W2 ҚТ ГЗИ арналған екі жоқ. Барлық элементтерін толық ажырату ажыратқыштың тарту қосалқы ҚТ сызығында бір кезде де орын алады: Мысалы, бас тарту кезінде ҚТ сызығында W1 ажыратқыштың жұмысына Q1 ажыратылады.

Жоғарыда айтылып өткендей, ұзақтығына байланысты ажыратылған ажыратқыштың жеке тексеріспен сәйкестіктер зақымдану ықтималдығын арналған жөндеу қажет болады. Жөндеу аралығындағы кезең мен ұзақтығын ұлғайту жұмысының сенімділігін, сондай-ақ жөндеу схемаларын сенімділігі ажыратқыштар азаюы айтарлықтай көтереді.

Төрт бұрышты (квадрат), 5.10 б суреттегі сызба түрінде ұсынылуы керек. Бұл диаграмма сынамалау және оның элементтері істен тексеру жүргізуге мүмкіндік береді (төрт ажыратқыштың төрт қосу) үнемді кез келген жұмысын бұзудың қажеті жоқ. Сәйкес келген жағдайда, зақымданған болуы мүмкін, мысалы, ол барлық жалғастырудың ажырату ажыратқыштың тарту Q4 екінші тізбектері W2 сызығының Q1 тексеру ажыратқыштар бірінің екіталай. W2 сызығының ажыратқыштар, айырғыштар Q3 Q4 және жағына қарай белгіленген желілерін жөндеу кезінде өшіріп тастайды. Қалған T1, T2, Q1 және Q2 W1 жалғастырудың байланыс жұмысында ажыратқыштар арқылы жүзеге асырылады. Егер осы кезеңде повредится Q2 болады, бірақ ажыратқыш пен сызық болып бөлініп қалады, екінші трансформатор T1, онда W1 жұмысына транзит қуатын бұзылды. Желілік ажыратқыштар QS1 QS2 орнату және бұл кемістік жояды.

Ток трансформаторларының сақиналы схемаларын кемшіліктеріне мыналарды жатқызған жөн, себебі адамдар шешпейтін бұдан да күрделі, белгіленген жұмыс режимін таңдау ажыратқыштар мен бөлгіштерді сақинаға қарай схема бойынша, ағып жатқан аппараттарына ток өзгереді. Мысалы, тексеріс кезінде Q1 (2-суретті 5.10, б) ток тізбегінде Q2 екі есе артады.

Төрт бұрышты схемасы қолданылады, сондай-ақ электр станцияларының даму кезеңдерінің бірі ретінде 330 кВ және одан жоғары ТҚ сызбалары 220 кВ және одан жоғары болған кезде қосалқы станцияларда [5.1] [5.2].

Алты бұрышты схемасы кеңінен қолдану керек (5.10, в) жоғарыда қаралған барлық ерекшеліктеріне бар схемаларын жеткілікті алды. Ажыратқыштар мен Q5 осал элементтері болып табылады, себебі олардың бүлінуін ажыратылуына әкеледі және W2 немесе W3 және W1 немесе W4 сызбалары екі желілерінің Q2 неғұрлым жоғарысын көрсетеді. Егер бұл ретте осы желілерге өзгеріс болмай ма, онда энергия жүйесінің қатар жұмысын тұрақтылығын бұзуы болып транзит қуатын тексеріп алу қажет.

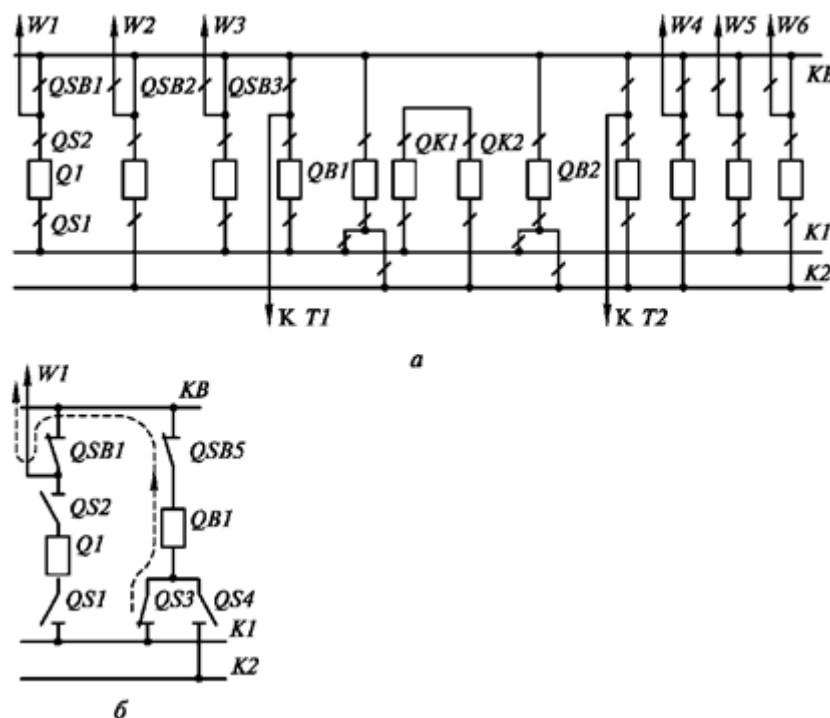
Қорытындылай келе, сақиналық схемаларға сәйкес коммутация құрылғысының конструктивті орындалуы үшбұрыш схемасынан квадраттық схемаға, содан кейін трансформаторлық шинаның схемасына немесе шиналар тізбегіне өтуге мүмкіндік береді.

### **5.3.3. Шиналардың бір жұмыс және орамды жүйелерінің сызбалары**

Жоғары кернеуге жалғаулар саны көп болған жағдайда шиналардың бір секциялы жүйесін қолдану мүмкін болады (5.6 суретті қар). Бұл диаграмма суше сызық немесе жөндеу кезінде олардың барлық Ажыратқыш тізбегіндегі қоректендіру көздерін ажырату қажеттілігі болса өз, оның ішінде бірқатар кемшіліктер бар. 35 кВ айырғыштар бетті өшіру болады, себебі болған кезде жөндеу сызығының ұзақтығы. Осы кезеңде қамтамасыз ету үшін пайдаланылады, желі бойынша резерв тамақтануға болады. 110 кВ және одан жоғары болған кезде жөндеу бойынша барлық тізбегі ажырату керек, сондықтан схемасы жарамсыз айналады, әсіресе әуе айырғыштардың кездесті жөндеу кезінде 35 кВ 5.6 ТҚ үшін ғана қолданылады. Шиналар жүйесінің сызбасы осы талаптарға с айналма орамды керек етеді (5.11).

Қалыпты жұмыс режимінде КВ шиналарының айналымды жүйесі кернеусіз болады, ажыратқыштар QSB1, QSB2, QSB3 және т.б түрінде болады. Айналымды жүйесі бар жалғастырғыш желілер мен трансформаторлар сөндірілген болады. Бүйір айналымы QB1 және QB2-ді бірінші (K1), ал екінші бөлім (K2) ажыратады. Бөлімдер QK1, QK2 екі сөндіргішпен өзара байланысты (ұсыныс [5.1]). Айналымды автобус жүйесімен кез-келген желілер мен трансформаторлар ауыспалы

ауыстырғышпен ауыстырылуы мүмкін, ол үшін келесі операцияларды орындау қажет: айналмалы автобус жүйесінің жұмысын тексеру үшін QB1 қосыңыз; QB1 функциясын өшіру; ажыратқышты айналма шиналар жүйесінен коммутатордың (QSB1) жөндеуді жоспарлаған қосылымға қосыңыз; QB1 айналмалы қосқышты қосыңыз; жөндеуге арналған K1 қосқышын өшіріңіз; QS1 және QS2 қосқыштарының екі жағындағы қосқыштарды ажыратыңыз.



5.11. Айналмалы шиналар жүйесінің екі жұмыс сызбасы бар жүйе

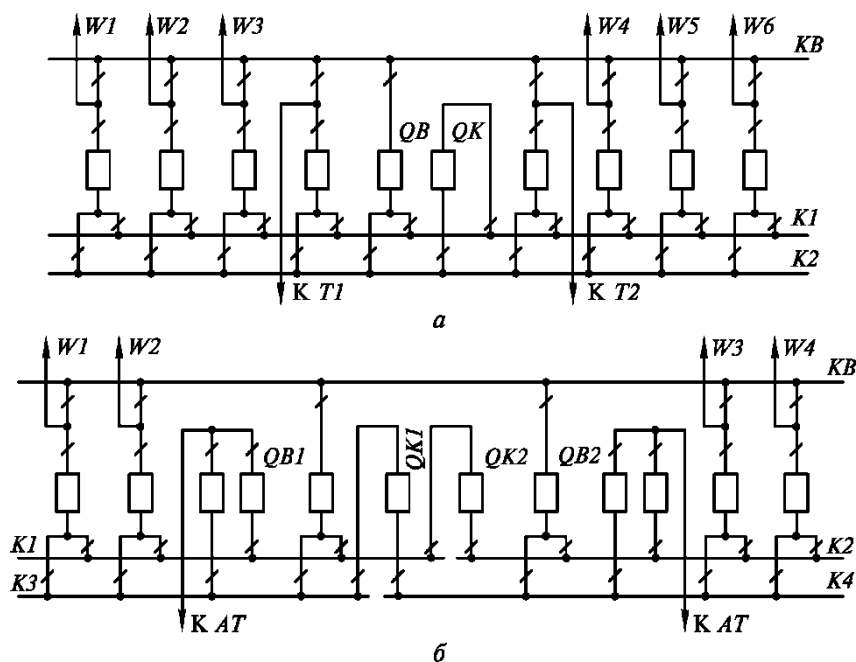
Осы операциялардан кейін W1 желісі айналмалы шиналар жүйесі арқылы іске қосылады, QB1 қосқышы - бірінші шиной K1 бөлігінен (5.11-сурет, b-суретті қараңыз). олар операцияларды ауысу үлкен санымен байланысты, бірақ барлық осы операциялар, желісі W1 бойынша қуат көзін бұзбай жүзеге асырылады. саналады схемасы K1 немесе K2 жөндеу бөлім осы бөлімде, мен трансформатор қосылған арқылы-қоспағанда барлық жолдармен байланысты, сондықтан мұндай схемалары басқа қосалқы станциялар бастап қорғалған жұптастырылған сызықтар немесе желілерін пайдалануға болады, және радиалды, бірақ бөлімінде бір артық емес бір .

РЖ 35-220 кВ учаскелеріне қосылулардың саны реакторды толығымен өтеу арқылы электр қуатының төмен зарядтарының құнын ескере отырып, секциялық ажыратқыштарды орнатудың экономикалық мүмкіндіктері арқылы анықталуы керек [5.6].

35 кВ трансформаторлар мен коммутация құрылғылары үшін айналмалы автобус жүйесі көзделмеген, өйткені 35 кВ ажыратқыштарды жөндеу ұзақтығы төмен, ал осы кезеңде желідегі резервті немесе ауыспалы жабдықты толық комплектацияда пайдалануға болады.

### 5.3.4. Екі жұмыс және айналмалы автобус жүйесі бар сызба

ТҚ 110 — 220 кВ үшін жалғаулардың жоғары саны екі жұмыс немесе бір айналмалы жүйелермен, тізбекте бір ажыратқышы бар шинамен бір тізбек бойында болады (5.12, а сурет). Негізінен екі шиналар жүйелері сәйкес белгіленген қалыпта жұмыс жасайды, келесі желілерді жалғау арқылы орындалады: W1, W3, W5 желілері трансформатор T1 шиналардың бірінші жүйесіне K1, W2, W4, W6 желілері және трансформатор T2 — екінші жүйесіне жалғанған. Шиналарды жалғастыратын ажыратқыш QK сөндірілген қалыпта болады.



5.12 сурет. Екі жұмыс және бір айналымды шиналар жүйелері бар сызба:

а — шиналардың жұмыс жүйелері секцияға бөлінбеген; б — жұмыс жүйелері секцияға бөлінген

Жалғауларды анықтау жүйенің тиімділігін арттырады, себебі ҚТ жағдайында шина жалғастырғыш ажыратқыш сөндіріледі және QK тек жалғаулардың жартысын ғана көрсетеді. Электрмен жабдықтау жартысы ауыстырып-қосу жалғастырудың үзіліс ұзақтығы айқындалады. ТҚ үшін 110 - 220 кВ қосалқы станцияларды және ұйым болған кезде ішкі жағында ДЖҚ қаралған схемасы ұсынылады, сондай-ақ ұйым болған кезде 11 электр станцияларында жалғастырудың қосулар саны 7- 15 болады [5.5] [5.1].

Шиналарды бұрын екі жүйелерімен схемалар ерекшеліктері қарастырылады (5.2.2 тарауды қар.). Мұнда 110 кВ және одан жоғары ТҚ үшін осы сызба елеулі кемшіліктер атап өткен жөн болады:

апат кезінде ажыратылуына әкеледі, ал егер жұмыста шиналар жүйесі мен желілер қосылған барлық коректендіру көздерін бір ажыратқыштың бас тарту осы бір шиналар жүйесі ажыратылады орналасқан барлық қосылу эквивалентті ҚТ екі жүйелердегі ажыратқыштың шинаны жалғастырғыш бүлдіру шиналар, т. е. барлық жалғастырудың ажыратылуына әкеледі;

Ауа ажыратқыштар тексеру және жөндеу операцияларын қиындатады ТҚ үлкен саны шығарған кезде пайдалануға;

ажыратқыштар, айырғыштар мен құрылыс орнату қажеттігін шинаны жалғастырғыш айналым шығындары ТҚ үлкен санын арттырады.

Белгілі бір немесе екі секцияға бөлу арқылы шиналар жүйесінің сенімділігін арттыру схемасын икемділік пен қол жеткізуге болады.

Жылу-электр қосылудың екі және одан да көп болған жағдайда 12 секцияға шиналар жүйесінің ажыратқыштарымен бөлінеді. Егер оларға қосылатын болса, онда екі шиналар жүйесінің 220 кВ екі санына қарамастан ТҚ Шиналарға 110 - өз мұқтаждарын резервтік трансформатордың секцияға жіктеліп толық бөліну немесе бөлініп шығу қарастырылады [5.1].

220 кВ қосалқы станцияларда секционируется шиналар жүйесі жалғастырудың орнату кезінде 125 МВ-А рұқсат етіледі және одан да көп болған жағдайда бір 12-15 немесе трансформаторлар қуаты; шина жүйесіндегі 110 - 220 кВ екі ұйым болған кезде жалғастырудың 15-тен астам секцияға жіктеледі [5.5].

Қарастырылып отырған қуаты 500 МВт және одан жоғары сенімділігін арттыру үшін қуаты 500 және одан жоғары ТҚ схемалары моноблоктар автотрансформаторлар кернеуді МВ - ал кемінде екі түрлі жүйелері арқылы қосылатын байланыс және жоғары қарай құрама шиналар ажыратқыштың керек (5.12., б). Бұл ажыратқыштар қалыпты күйде шина жалғастырғыш функцияларды орындайды.

### 5.3.5. Екі шиналар жүйесі және екі тізбектегі үш ажыратқыштар бар сызба



330—750 кВ тарату құрылғыларында екі шиналыр жүйесі және екі тізбектегі үш ажыратқыштары бар сызбалар қолданылады. 5.13 суреттен көрініп тұрғандай, алты жалғауға тоғыз ажыратқыш керек, яғни әр жалғау үшін «бір жарым» ажыратқыштан келеді (осыдан сызбаның екінші атауы пайда болды: «бір жарымдық» немесе «тізбектегі 3/2 ажыратқышы бар сызба»).

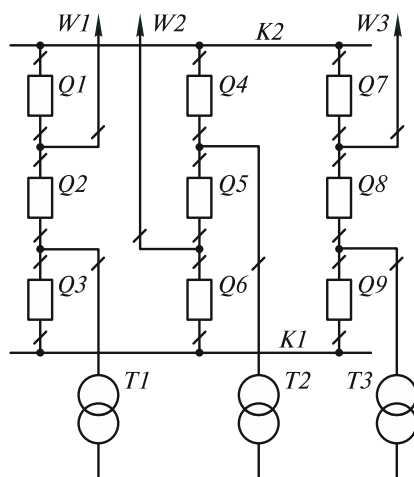
Әрбір жалғау екі ажыратқыш арқылы қосылған. W1 желісін ажырату үшін T1 — Q2, Q3 трансформаторын ажыратуға арналған Q1, Q2 ажыратқыштарды өшіру керек.

Қалыпты режимде барлық ажыратқыштар қосулы күйде болады, екі шиналар жүйесі кернеумен болады. Кез келген ажыратқыш ревизиясы үшін ажыратқыштың екі жағы бойынша бекітілген оның айырғыштарын да ажыратады. Ревизияға шығу үшін операциялар саны – өте аз, айырғыштар тек ажыратқышты жөндеу кезінде ажырату үшін қызмет етеді, олармен ешқандай оперативті ауыстырулар орындалмайды.

Сызбаның артықшылығы кез келген ажыратқыш ревизиясы кезінде барлық жалғаулардың жұмыста қалуы болып табылады. Бір жарымдық сызбаның басқа артықшылығы оның жоғары сенімділігі болып табылады, себебі барлық тізбектер жинақ шиналары зақымданғанның өзінде жұмыста қалады. Мысалы, ҚТ кезінде бірінші шиналар жүйесінде Q3, Q6, Q9 ажыратқыштары өшеді, шиналар кернеусіз қалады, бірақ барлық жалғаулар жұмыстарын сақтап қалады. Қорек беру көзінің және желінің бірдей саны кезінде тіпті екі шиналар жүйесін ажырату кезінде де барлық тізбектер жұмысы сақталады, онымен қоса жоғарыланған кернеу жағында қосарлама жұмыс бұзылуы мүмкін.

Сызба жұмыс режимінде ажырату операцияларысыз ажыратқыштарға сынау жүргізуге мүмкіндік береді. Шиналар жөндеу, изоляторларды тазалау, шиналық ажыратқыштарды тексеру тізбектерін жұмыс бұзбай жүргізіледі (бірқатар шиналық тиісті айырғыштар ажыратылады), барлық тізбектері кернеулі шиналар (ажыратылады) жүйесі арқылы қосарлама жұмыс істеуін жалғастыруда.

Жыл ішінде барлық ажыратқыштарды тексеруге кезекпен шығару үшін қажетті ажырату операциялар саны және қосуға арналған жинақ шиналары бар сызбасы екі жұмыс және өтпелі шиналар жүйесі бар сызбаларға қарағанда едәуір аз болады.



5.13. сур. 3/2 айырғыштың ажыратқыштары

Атлас элементтер сызбаларының сенімділігін арттыру үшін әртүрлі шина жүйелеріне мыналар жалғанады: T1, T2, T3 трансформаторлары және W2 желісі – бірінші шиналар жүйесіне, W1, W3 желілері және T2 трансформаторы – екінші шиналар жүйесіне. Мұндай үйлесімде кез келген элементтің немесе жинақ шиналары бүлінген жағдайда бір ажыратқыштың бір уақытты істен шығуы кезінде және басқа жалғау ажыратқышын жөндеу кезінде бір желіден және бір қорек беру көзінен аспай ажыратылады.

Мысалы, Q5 жөнлегенде, W1 желісіндегі ҚТ және Q1 ажыратқышы істен шыққан кезде Q2, Q4, Q7 ажыратқыштары өшіріледі, нәтижесінде W1 желісінің зақымдалуынан басқа, тағы бір элемент — T2 өшіріледі. Аталған ажыратқыштар өшірілгеннен кейін W1 желісі желілік айырғышпен өшірілуі мүмкін және T2 трансформаторы Q4 ажыратқышымен қосылуы мүмкін. Екі желінің немесе екі трансформатордың бір уақытта бір уақытта апаттық ажыратылуының қарастырылып отырған сызбада ықтималы аз.

5.13 суреттегі сызба бойынша жинақ шиналарына үш тізбек жалғанған. Егер мұндай тізбектер саны бесеуден асатын болса, онда шиналарды ажыратқыштармен секциялау ұсынылады.

*Қарастырылған сызбаның кемшілігі мыналар болып табылады:*

Желіде ҚТ екі ажыратқыштармен ажырату, бұл ажыратқыштар тексерістерінің жалпы санын ұлғайтады;

тақ жалғау кезінде ТҚ конструкциясы қымбаттауы, себебі бір тізбек екі ажыратқыш арқылы жалғануы тиіс;

Егер желілер саны трансформаторлар санына сәйкес келмесе, сызба сенімділігінің төмендеуі. Бұл жағдайда үш ажыратқыштан тұратын бір тізбекке екі аттас элемент жалғанады, сондықтан бір мезгілде екі желілерді апаттық ажыратуы мүмкін;

релелік қорғау тізбектерінің қиындауы;

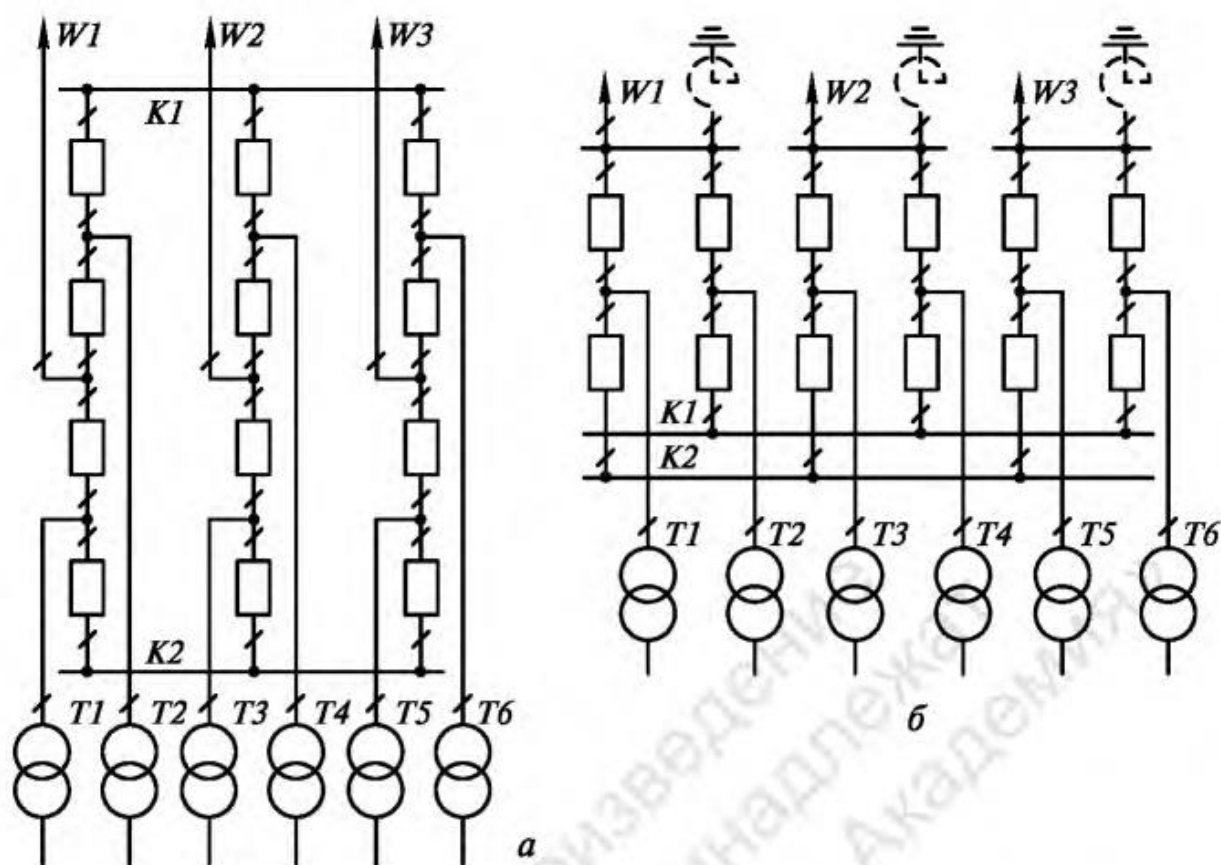
сызбада ажыратқыштар санының ұлғаюы.

Икемділігі және жоғары сенімділігі арқасында сызба мықты электр станцияларындағы 330 - 750 кВ ТҚ кеңінен қолданыс тапты.

Тораптық қосалқы станцияларда мұндай сызба сегіз және одан да көп жалғау саны кезінде қолданылады. Аз жалғау саны кезінде желілер үш ажыратқыштан тұратын тізбекке жалғанады, ал трансформаторлар тікелей шинаға ажыратқыштарсыз жалғанады, осылайша трансформатор-шина блогын түзеді [5.5].

### 5.3.6. Екі шиналар жүйесі және үш тізбектегі төрт ажыратқыштары бар сызба

5.14, а сурет сызбасында тоғыз жалғауға 12 ажыратқыш қажет, яғни, әр жалғау ажыратқыштың 4/3 бөлігі.



Сурет. 5.14. Қосылу үшін 4/3 сөндіргіш схемасы

Сызбаның ең жақсы көрсеткіштері егер желілер саны трансформатор санынан 2 есе кем немесе артық болса болады.

4/3 ажыратқышы бар сызбалар жалғау кезінде бір жарымдық сызбаның барлық артықшылықтарына ие, және одан басқа:  
неғұрлым үнемді сызба (1,5 орнына 1,33 қосуға арналған ажыратқыш);  
жинақ шиналарын секциялау 15 қосылу және одан көп кезінде ғана қажет;  
егер бір тізбекке екі желі және бір трансформатор екі трансформаторлар және бір желінің орнына жалғанатын болса, сызба сенімділігі төмендемейді деуге болады;  
қарастырып отырған сызба бойынша АТҚ конструкциясы жеткілікті үнемді және қызмет көрсетуде ыңғайлы, егер ажыратқыштардың екі қатарынан орналасуын қабылдаса (5.14, б сур.).  
Сызба мықты КЭС және АЭС ТҚ 330 500 кВ қолданысын табады.

## **5.4 КЭС басты сызбалары**

### **5.4.1 Мықты жылу электростанциясының сызбаларына қойылатын талаптар**

Жылу электростанцияларына орнатылатын генераторлар қуаты үздіксіз өсіп келеді. 500, 800 МВт энергия блоктарын пайдалану игерілген, 1200 МВт блоктары игерілу барысында. Қазіргі заманғы КЭС орнатылаын қуат бірнеше миллион киловаттқа жетеді. Мұндай электр станцияларының шиналарында бірнеше электр станциялары арасында байланыс жүзеге асырылады, энергия жүйесінің бір бөлігінен басқа бөлігіне ағынының қуатын алмастыру орындалады. Осының бәрі ірі КЭС энергетикалық жүйеде жауапты рөл атқаратынына алып келеді. КЭС электр жалғаулар сызбаларына 5.1 тараушығында қаралған жалпы талаптарды қоспағанда, басқа да ерекше талаптар қойылады [5.1].

1. Бастысы сызба энергия жүйесін дамытудың бекітілген жобасы негізінде таңдалуы тиіс, яғни электр энергиясы берілетін кернеулер, осы энергияларға жүктеме кестесі, желілер сызбасы және кететін желілер саны, жоғары кернеулердегі ҚТ ұйғарынды тоқтары, желінің тұрақтылығы және желілерді секциялауға қойылатын талаптар, энергетикалық жүйедегі резервуар бойынша ең көп ұйғарынды шығыны және электр беру желілерінің өткізу қабілеті бойынша келісімге келу керек.

2. 300 МВт және одан жоғары энергия блоктары бар электр станцияларында шиналық жалғау және секциялық ажыратқыштан басқа, кез келген ажыратқыштың зақымдалуы немесе істен шығу бір энергия блогынан артық бір немесе бірнеше желілерді ажыратуға егер онымен қоса энергетикалық жүйе сақталатын болса алып келмеуі керек. Шиналық жалғау немесе секциялық ажыратқыш зақымданған кезде екі энергия блоктарын және желілерін егер онымен қоса энергетикалық жүйе сақталатын болса жоғалтуға рұқсат етіледі. Зақымдары үйлескен кезде немесе басқаны жөндеу үшін бір ажыратқыштың істен шығуы кезінде де екі энергия блоктарын жоғалтуға рұқсат етіледі.

3. Кез келген ажыратқыштың зақымдалуы немесе істен шығу электр станциясының шинасы арқылы транзиттің бұзылуына, яғни бір транзит тізбегінен артық транзиттің егер ол екі қосарлама тізбектен тұратын болса ажыратылуына алып келмеу керек.

4. Энергия блоктары әдетте жеке трансформаторлар және жоғары кернеу жағындағы ажыратқыштар арқылы жалғаған дұрыс.

5. Электр берілісі желісін ажырату екі ажыратқыштан аспай орындалуы керек, ал энергия блоктарды, жеке қажеттіліктер трансформаторларын ажырату – әр кернеудегі РУ ажыратқышының үшеуінен артық қолданбау керек.

6. КРУЭ басқа 110 кВ және одан жоғары кернеу ажыратқыштарынан жөндеу жалғауды ажыратусыз орындалуы керек.

7. Жоғары кернеу РУ сызбалары желіні секциялау немесе электр станцияларын өздігінен жұмыс істейтін бөліктерге ҚТ тоғын шектеу мақсатымен бөлу мүмкіндігін қарастыруы керек.

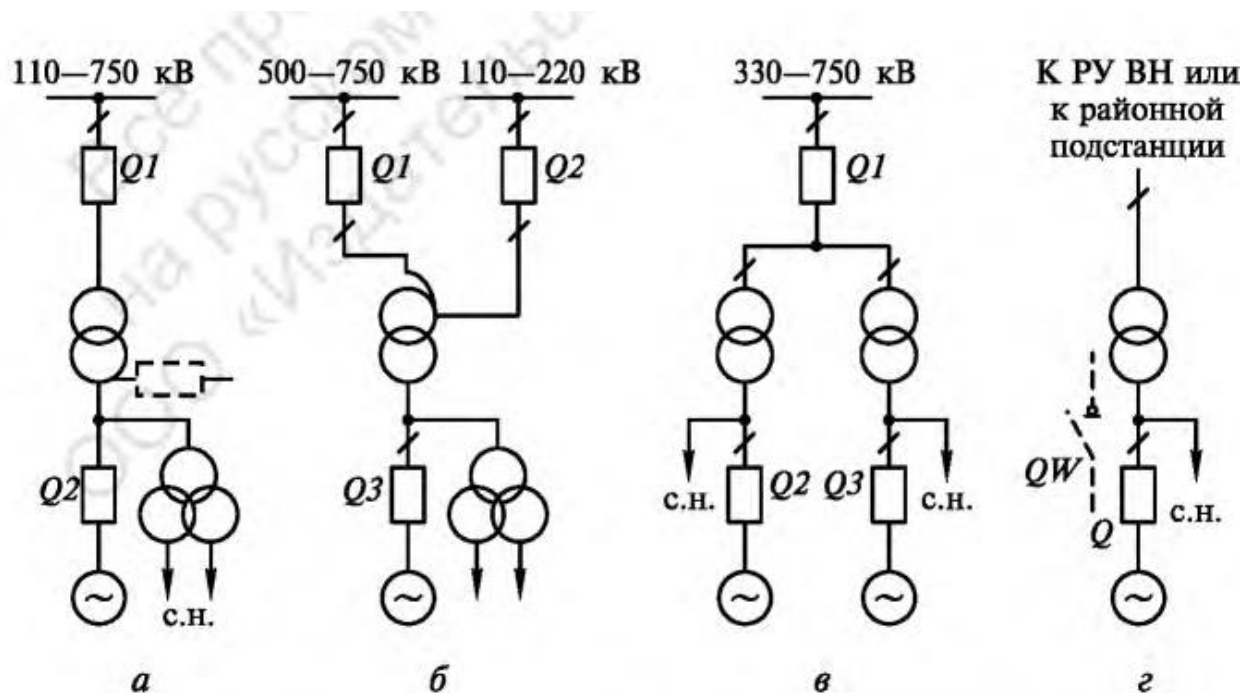
8. Берілген РУ екі жеке қажеттіліктер қосқыш резервтік ажыратқыштарына қорек алу кезінде кез келген ажыратқыштың бұзылуы немесе істен шығуында екі трансформатордың жоғалу мүмкіндігін жою керек.

Сызбаны соңғы таңдау оның сенімділігіне байланысты болады, бұл элементтердің салыстырмалы зақымдалуы бойынша математикалық әдіспен бағалануы мүмкін. Басты сызба энергия жүйесінің режимдік талаптарына сәйкес келуі керек, ең төменгі есептік шығындарын қамтамасыз етуге тиіс.

### **5.4.2. Генератор-трансформатор және генератор-трансформатор-желі блоктарының сызбасы**

5.1 тараушығында көрсетілгендей, КЭС электр энергиясын беру сызбаларына генераторларды трансформаторлармен блоктық жалғау тән келеді. Генератор — трансформатор энергиялық блоктарын толығырақ қарастырайық (рис. 5.15).

Генератор және екі орамды трансформатор арасындағы блоктарда генератор ажыратқышы орнатылуға тиіс (жүктеме ажыратқыш ынқолдануға рұқсат етіледі) [5.1]. Генераторлық ажыратқыштың болуы блокты қосу және ажырату операцияларын жеңілдетеді, сондай-ақ ТҚ 110 - 750 кВ оперативті операциялар санын азайтады, бұл әсіресе тізбектегі 3/2 немесе 4/3 ажыратқышы бар сызбалар үшін маңызды. Мұндай сызбалар (5.15, а сур.қар.) энергия жүйесінің жүктеме кестесін реттеуге қатысатын энергоблоктар үшін қолданылады.



5.15. сурет. Генератордың трансформаторы

а, г — екі орамды трансформаторлары бар блоктар; б — автотрансформаторы бар блоктар; в — біріккен блок

Айта кету керек, генератор ажыратқыштарының болуы генераторды с.н. қосқыш-резервтік трансформаторды қолданбай іске қосуды жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Мұндай жағдайда генератор ажыратқышы өшірілген кезде с.н. шинасына қорек блок трансформаторы және с.н. жұмыс трансформаторы арқылы беріледі. Генераторды іске қосу бойынша барлық операциялардан кейін генератор синхрондалады және Q2 ажыратқышымен қосылады.

Үлкен және қымбат ауа ажыратқыштарының орнына генератор кернеуі ретінде жүктеме ажыратқыштары орнатылуы мүмкін. Мұндай жағдайда кез келген энергия блогындағы зақымдалу Q2 ажыратқышының өшірілуіне алып келеді.

Қазіргі заман ЖЭС с.н. трансформаторына жалатпа бөлінген фазалары бар жиынтық тоқ өткізгішімен орындалады, олар жұмыстың жоғары сенімділігін осы жалғауларда фаза аралық ҚТ жоя отырып қамтамасыз етеді, сондықтан с.н. трансформаторына тармақталудың ешқандай коммутациялық аппараттары қарастырылмайды. Егер GT блогынан ТСН тарамдары ашық шиналаумен немесе кабелмен жасалған болса, онда ҚТ есептелген ажыратқыш ашық шиналауға немесе кабелге орнатылады [5.1] (5.15, а суретте пунктирмен көрсетілген).

5.15, б суретте автотрансформаторы бар генератор сызбасы көрсетілген. Мұндай сызба КЭС екі жоғарылатылған кернеу болғанда қолданылады. Зақымдалу кезінде генераторда Q3 ажыратқыш өшіріледі, екі РУ жоғарылатылған кернеу арасындағы байланысты сақталады. 110—220 кВ немесе 500 — 750 кВ кернеу шиналары зақымдалған кезде сәйкесінше Q2 немесе Q1 өшеді, ал блок 500 — 750 немесе 110 — 220 кВ кернеу шиналарында жұмыс істей береді. Q1, Q2, Q3 ажыратқыштары және автотрансформатор арасындағы айырғыштар жұмыста блокты немесе автотрансформаторды сақтаған кезде ажыратқыштарды жөндеуге шығару мүмкіндігі үшін қажет.

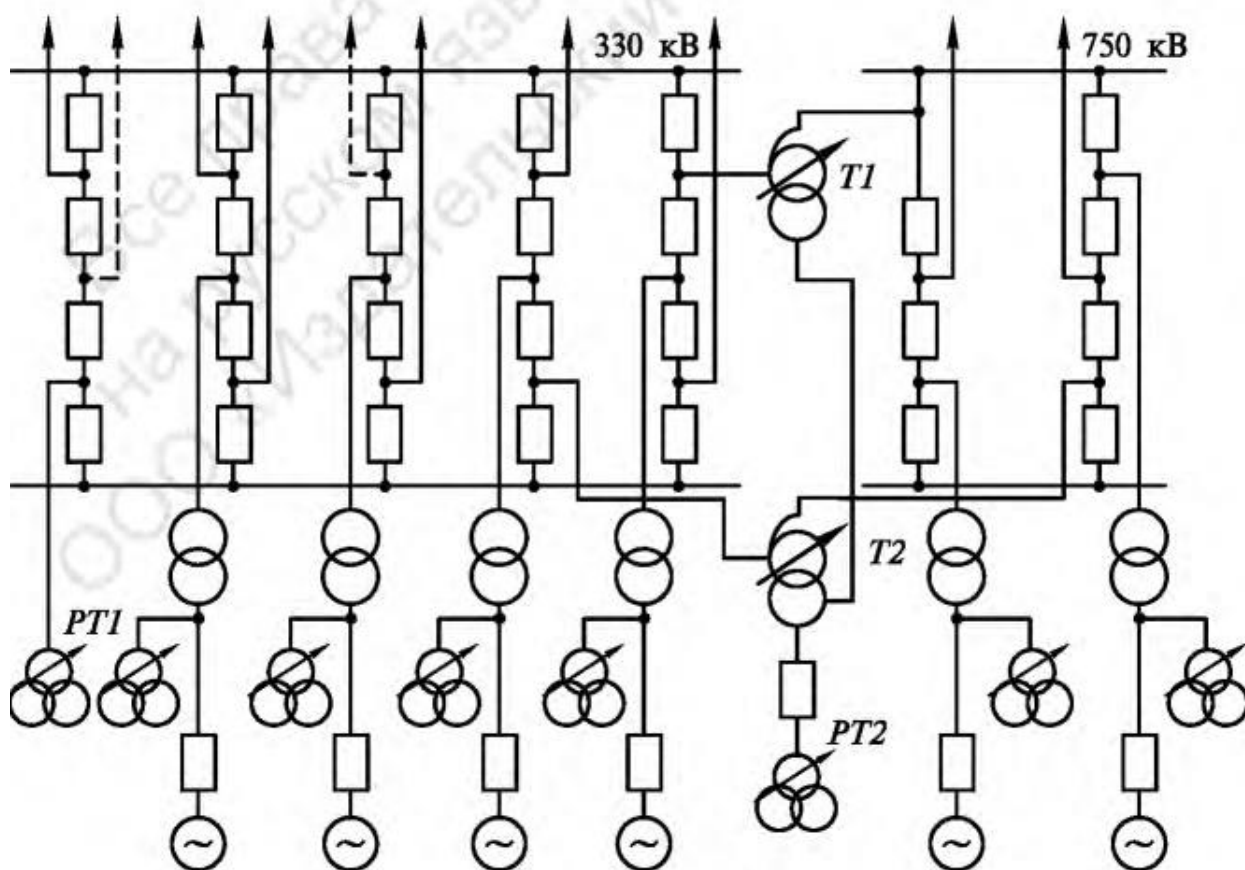
Кей жағдайларда кернеуі 330 — 750 кВ РУ құрылымын жеңілдету және арзандату мақсатында Q1 ортақ ажыратқышы түрінде жеке трансформаторлары бар екі блоктың бірігуі қолданылады ( 5.15, в сур. қар.). Q2, Q3 ажыратқыштары генераторларды қосарлама жұмысқа қосу үшін керек және олар үлкен сенімділікпен қамтамасыз етеді, себебі бір генератор зақымданғанда екінші генератор жұмысын сақтайды.

Біріккен энергия блоктарын жеткілікті резерві және жүйе аралық өткізу қабілеті бар мықты энергия жүйелерінде үйлестіру қиыншылықтары жағдайында (РУ кернеуі 500 — 750 кВ РУ құрылғысы үшін шеклеген алаң), сонымен қатар ажыратқыштарды, ауа және трансформаторлар және жоғары кернеу РУ арасындағы кабель байланыстарын үнемдеу мақсатында пайдалануға болады.

РУ 220—750 кВ жеңілдету мақсатында GTW генератор — трансформатор — желі блоктарын тікелей аудандық қосалқы станцияларына жалғау ұсынылады (5.15, г сур. қар.). Генератор тізбегіне Q ажыратқышы немесе QW жүктеме ажыратқышы орнатылады, электр станциясының желі тізбегінде ажыратқышты оранту қажет емес. РУ аудандық ҚС РУ ЖЭС сенімділік талаптарын қанағаттандыруы керек. GTW блоктары бар сызбаларда ҚТ тоқтары төмендейді, себебі олардың желі кедергісімен шектеледі. Алайда аталған сызбалардың кемшілігі бар: желі зақымданған энергия блогы барлық жөндеу уақытын өшіріледі. Бұл кемшіліктерді жою үшін GTW блоктары жоғары кернеуде шинаның теңестіретін жүйесіне немесе көп бұрыштың теңестіру-айналу жүйесіне жалғанады. [6.1].

#### **5.4.3. Мықты КЭС үлгілік сызбалары**

Қазіргі заман КЭС 500, 800, 1000, 1200 МВт энергия блоктары орнатылады. Электр энергияны беру 220, 330, 500, 750 кВ кернеулерімен орындалады. Көптеген КЭС екі РУ ВН орнатылады, олардың арасындағы байланыс үш фазалық үш орамды трансформаторлармен немесе автотрансформаторлармен жүзеге асырылады, олардың қуаты екі кернеудегі жүктеме болашағын ескерумен таңдалады. Негізінен, екі трансформатор немесе автотрансформатор орнатылады.



Сурет. 5.16. СЭС схемасы (6 \* 800) МВт

Қажетті қуаттағы үш фазалық трансформаторды жеткізу мүмкіндігі болмағанда, екі үш фазалық трансформаторлардан тұратын топ немесе бір резервтік фазасы бар бір фазалық трансформатордан тұратын топ қолданылады. Кернеуі жоғары екі РУ арасындағы байланыс генератор — трансформатор блок сызбасы бойынша жүзеге асырылуы мүмкін.

Бірнеше сызбалар нұсқасы болған жағдайда алдымен сенімділік талабын қамтамасыз ететіндер таңдалады, содан кейін басымдық аса қарапайым және үнемді нұсқасына беріледі, және соңында ажыратқыштардың және РУВН айырғыштардың оперативті қайта қосу кезінде операциялардың аз саны қажет етілетін нұсқаны таңдау керек.

5.16 суретінде 800 МВт бойынша алты блоктары бар КЭС сызбасы көрсетілген. РУ 330 кВ 4/3 сызбасы бойынша орындалған. РУ 750 кВ алты бұрыштың сызбасы бойынша 3/2 немесе 4/3 жалғауға арналған ажыратқыштарына тізбектер саны өскен кезде ауысуы мүмкіндігімен орындалған.

РУ арасындағы байланыс екі автотрансформаторлармен жүзеге асырылады, мұнда НН жағында резервтік жеке қажеттіліктер трансформаторы қосылған (PT2). Екінші резервтік PT1 РУ 330 кВ жалғанған. GT барлық блоктарында генератор ажыратқыштары талапқа сәйкес орнатылған [5.1]. 330 кВ желілер санының сегізге дейін артуы кезінде екі ажыратқыш орнатылады және екі қосымша желілер жалғанады (5.16 суретте пунктирмен көрсетілген).

## 5.5 АЭС негізгі сызбалары

### 5.5.1 АЭС сызбаларына қойылатын ерекше талаптар

Басқа электр станцияларының сызбалары сияқты (ТЭЦ, КЭС) АЭС алдында айтылған сенімділікке, икемділікке, пайдалану ыңғайлылығына, үнемділігіне қатысты талаптарына сәйкес орындалуы керек (5.1.2 және 5.4.1 тараушығын қар.).

АЭС технологиялық процессінің ерекшеліктері, қазіргі заман электр станцияларында 1500 МВт жететін реактор энергия блоктарының үлкен қуаты, 330—1150 кВ желілері бойынша энергия жүйесінде барлық қуатты беру АЭС бірқатар ерекше талаптар қояды [5.3]:

АЭС басты сызбасы энергиялық жүйе желісінің және берілген электр станциясы жалғаған сол учаске сызбасының негізінде таңдалады;

АЭС энергия жүйесіне жалғау сызбасы қалыпты бастапқы режимде АЭС барлық құрылысы сатыларында АЭС толық енгізілген қуатын беруді және аварияға қарсы автоматика әсерінсіз кез келген бөліну желісін немесе байланыс трансформаторын ажырату кезінде энергетикалық жүйеде оның жұмысының тұрақтылығын сақтауды қамтамасыз етуі тиіс;

жөндеу режимдері кезінде, сондай-ақ релелік қорғау құрылғылары немесе ажыратқыштардың бас тарту кезінде АЭС орнықтылығы АЭС жеңілденуіне аварияға қарсы автоматика әрекетімен қамтамасыз етілуі тиіс. Бұл талаптарды ескере отырып, АЭС бірінші енгізілген бастап энергия жүйесімен байланыс кемінде үш желімен жүзеге асырылады.

АЭС басты сызбасын таңдау кезінде мыналар есепке алынады: агрегаттар мен олардың саны бірлік қуаты; қуат энергия жүйесіне берілетін кернеу; түрлі кернеулі ТҚ арасындағы ток шамасы; әр ТҚ үшін ҚТ токтары және оларды шектеу қажеттілігі шектеу; ең үлкен қуаты мәні, ажыратқышқа зақым тиген кезде жоғалуы мүмкін; бір немесе бірнеше энергоблоктарды жақын аудандық қосалқы станциясының ТҚ тікелей қосылу мүмкіндігі; қолдану, әдетте, кемінде екі жоғары кернеулі РУ және олардың арасындағы байланыс автотрансформаторлардан бас тарту мүмкіндігі.

АЭС 330 - 1150 кВ тарату құрылғылары сенімді түрде орындалуы тиіс:

секциялық және шина жалғағыштан басқа, кез келген ажыратқыштың зақымдалуы немесе бас тартуы әдетте, бірден көп реактор блогының ажыратылуына және энергетикалық жүйенің жұмыс тұрақтылығының шарты бойынша рұқсат етілген мұндай желілер санын ажыратуға алып келмеуі керек;

секциялық және шина жалғағыш ажыратқыштың зақымдалуы немесе бас тартуы кезінде, сонымен қатар бір ажыратқыштың зақымдалуы немесе бас тартуы басқаны жөндеуге сәйкес келсе екі реакторлық блоктарды және энергетикалық жүйенің жұмыс тұрақтылығының шарты бойынша рұқсат етілген мұндай желілер санын ажыратуға рұқсат етіледі;

желіні ажырату негізінен екіден аспайтын ажыратқыштармен жүзеге асырылуы керек;

жоғарлататын трансформаторларды, с.н. трансформаторларды және байланысты ажырату - үштен аспайтын ажыратқыштармен жүзеге асырылуы керек.

Мұндай талаптарға жалғауға арналған 4/3, 3/2 ажыратқышының сызбалары (5.13, 5.14 сур. қар.), генератор — трансформатор — желі блок сызбалары, бір немесе екі көп бұрыштары бар сызбалар жауап береді.

АЭС 110 — 220 кВ тарату құрылғысы бір немес екі жұмыс және айналмалы шиналар жүйесімен орындалады. Шиналардың жұмыс жүйесі 12 астам жалғаулар саны кезінде секцияланады. Бұл сызбалар қасиеті алдында қарастырылған (5.11, 5.12 сур. қар.).

### **5.5.2 АЭС блоктар сызбалары және жеке қажеттіліктер жұмыс трансформаторларын жалғау орындары**

[5.3] сәйкес генератор — трансформатор блок сызбаларында генератормен трансформатор арасына ажыратқыш орнатылады. с. н. жұмыс трансформаторы генератор ажыратқышы мен блок трансформаторы арасындағы жалатпамен жалғанады. Жалатпада ешқандай коммутациялық аппаратура көзделмейді. АЭС блок сызбаларына екі орамды трансформаторларымен генераторлық ажыратқыш орнатылады (5.15 сур. қар.), ол мынадай пікірлер бойынша қажет:

генераторды ажырату кезінде с.н. жұмыс трансформатордың с.н. қорек беруі сақталады;

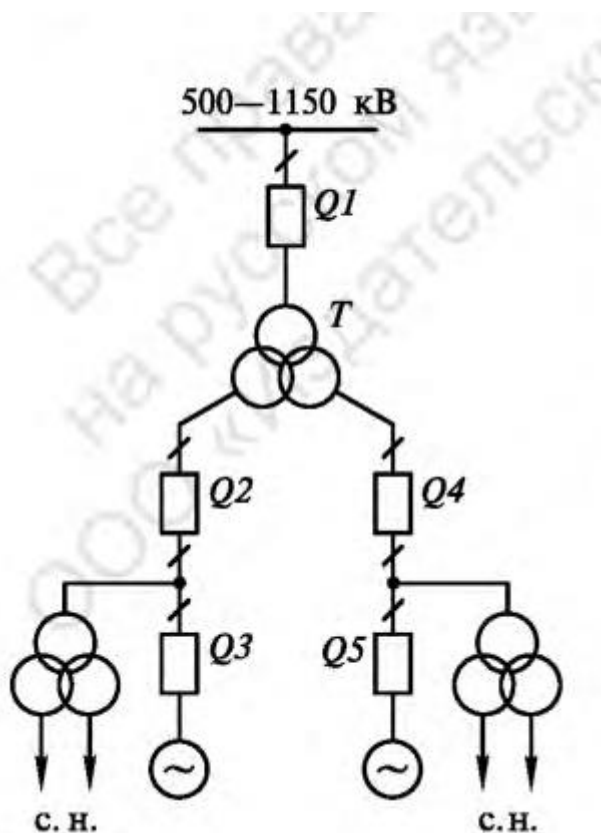
ВН ажыратқыштармен операциялардың саны азаяды, себебі генератордың іске қосу және тоқтату Q2 генераторлық ажыратқышпен жүргізілуі мүмкін;

6 кВ секцияларында ажыратқыштармен жұмыс және резерв қорек беру операцияларының саны кемиді, өйткені с.н. жұмыс трансформаторы энергетикалық блокты іске қосу мен тоқтату үшін пайдаланылады;

генератор - трансформатор – желі блок сызбасын ВН жағындағы ажыратқыштарсыз қолдану мүмкіндігі бар.

Кейбір қолданыстағы АЭС генераторлық ажыратқыш энергетикалық блоктар жүйесінде орнатылмаған, себебі оларды пайдалануға беру кезінде сенімді үлкен номиналды ток ажыратқыштар болған жоқ. Қазіргі уақытта генераторлық ажыратқыш ретінде КАГ 24 арнайы коммутациялық аппараты кеңінен қолданылады, ол генераторды үндестіру кезінде қосу үшін және қалыпты режимдегі коммутациялар үшін пайдаланылады. ҚТ кезде генераторда немесе трансформаторда Q1 ажыратылады.

Егер АЭС реакторға екі турбоагрегат орнатылатын болса, онда біріккен энергия блогын (5.15, в сур. қар.) қолдану белгіленеді. Мұндай энергоблокта ВН ажыратқыштар саны ТҚ 330 - 750 кВ айтарлықтай үнемдеуге қол жеткізуге қарағанда азаяды. Сол пікірлер бойынша біріккен энергия блок қолданылады, екі генератор НН ағытқыш орамы бар бір жоғарылататын трансформаторға жалғанады. Мұндай энергоблокта генераторлық кернеуде Q2 Q3 Q4, Q5, екі ажыратқыштан орнатылуы мүмкін. с. н. трансформаторы осы ажыратқыштар арасына жалғанады.



5.17 сур. АЭС біріккен генератор — трансформатор энергиялық блок сызбасы

Зақымдалған кезде блоктық трансформаторда Q1 Q2 Q4 ажыратылады, онымен қоса с.н. трансформаторлар, с.н. турбогенераторға жалғанған күйін қалады, сәйкесінше агрегаттың қозғалыстан шыққан энергиясын с.н. жауапты тетіктерді электр қуатымен қамтамасыз ету үшін пайдалануға болады. Мұндай энергетикалық блоктар арналық су графиті реакторлары бар АЭС қолданылады.

Қаралған энергетикалық блоктардан басқа, АЭС генератор - автотрансформатор энергоблоктары қолданылады (5.15, 5 сур.). Әрбір алты бір типті блокты трансформаторларға бір резервтік иленуге дайын көзделеді [5.3].

### 5.5.3 Резервтік жеке қажеттіліктер трансформаторын АЭС жалғау



с.н. резервтік трансформатордың қосылу орнын таңдау электрмен жабдықтаудың с.н. механизмдерінің сенімділігіне тікелей ықпал етеді. с.н. резервтік трансформаторларын кез келген апатта электр бөлігінде мүмкіндігінше резервтік с.н. қорек бер секциясы сақталатындай жалғау керек.

әртүрлі қорек беру көздеріне жалғануы керек: әр түрлі кернеулі ТҚ, бір ТҚ әртүрлі секциялары, байланыс автотрансформаторлардың үштік орамы, бұл ретте энергетикалық блокты және тиісті с.н. резервтік трансформаторларын бір уақытта айырылуға жол бермеу керек. Бір ТҚ екі резервтік трансформаторлар қоректенген кезінде секциялық және шина жалғағыштан басқа, кез келген ажыратқыштың зақымдалуы немесе бас тартуы екі трансформатордан айырылу мүмкіндігін жою керек. Жөндеу немесе авариялық жағдайда жоғары кернеулі шинаның бір жүйесі зақымданған кезде резервтік трансформаторлар жұмыста қалуға тиіс.

с.н резервтік трансформаторы байланыс автотрансформаторының НН орамына егер с. н. шиналарында қажетті кернеу деңгейі және өзінің өзі қосу шарты қамтамасыз етілсе қосыла алады.

с.н резервтік трансформаторын байланыс автотрансформаторының орташа кернеу орамына автотрансформатор зақымданған немесе оны жөндеу кезінде ол көтеріңкі кернеудің біреуіне тез жалғай алатындай қосылуға жол беріледі.

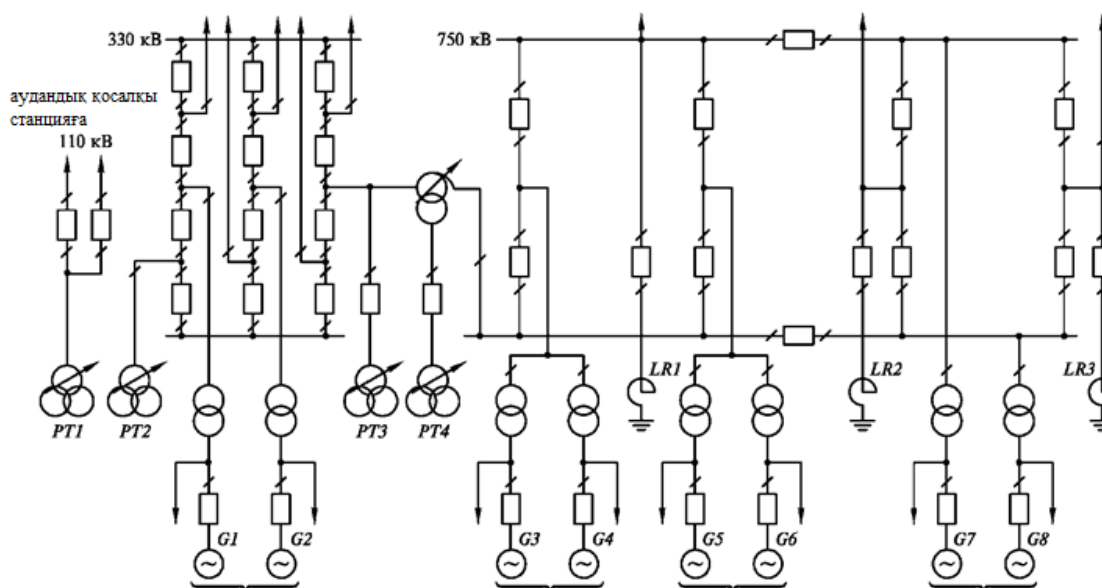
Көп қолданыстағы АЭС резервтік трансформаторлар АЭС маңында орналасқан (аудандық қосалқы станция, ГЭС, ТЭЦ) басқа қорек беру көздеріне қосылады.

с.н резервтік трансформаторы санын 5.9. тараушығында қарастырылған.

#### 5.5.4 АЭС үлгілік сызбалары

АЭС сызбаларына қойылатын жоғары талаптарды ескере отырып, жобалау ұйымдары әрбір нақты АЭС үшін электрлік жалғаудың басты сызбаларын әзірлейді.

5.18-сурет. АЭС схемасы реактордың қуаты 1500 МВт



Қуаты 1500 МВт (РБМК-1500) арнайы қайнап тұрған реакторлары және 800 МВт турбогенераторлары бар АЭС аса сипаттамалы сызбасын қарастырайық (5.18 сур.). АЭС қуат беру 750 және 330 кВ кернеуінде жүзеге асырылады. РУ 330 кВ жалғауға арналған 4/3 ажыратқыш сызбасы бойынша құрастырылады. РУ 750 кВ екі мандайшада ажыратқышпен байланысқан екі төртбұрыш сызбасы бойынша орындалады. G3, G4 және G5, G6 генераторлары іріленген блоктарды түзеді, бұл үшінші энергоблок реакторын іске қосқаннан кейін төрт бұрыштың үнемді сызбасын қолдануға мүмкіндік береді. Төртінші реакторлық энергия блогы G7, G8 генераторларымен 750 кВ екінші төртбұрышқа жалғанады. АЭС одан әрі кеңейде және бесінші реактор энергоблогын орнату кезінде G7, G8 генераторлары және қайта орнатылған G9, G10 генераторлары іріленген энергоблоктарға бірігеді. 750

кВ желелерінің өткізу қабілеті шамамен 2000 МВт болады, сондықтан үш желі кеңейіткіштің қабілетін ескерумен жалғанға энергоблоктардың барлық қуатын берумен қамтамасыз ете алады.

LR1—LR3 тұйықтау реакторлары желілерге жеке ажыратқыштар арқылы жалғанған. РУ 330 және 750 кВ арасындағы байланыс үшін бір фазалық автотрансформатордан тұратын топпен жүзеге асырылады (резервтік фазаны орнату қарастырылады). с.н. резервтік трансформаторлар: РТ1 —110 кВ аудандық қосалқы станциясына; РТ2 —РУ 330 кВ; РТ3 —РУ 330 кВ ауысу ықтималымен байланыс автотрансформатордың орташа кернеуіне; РТ4 — автотрансформатордың НН орамына жалғанған.

## **5.6 ТЭЦ басты сызбалары**

### **5.6.1. Генераторлық кернеудің жинақ шиналары бар ТЭЦ сызбалары**

63 МВт генераторы бар ТЭЦ 3-5 км орналасқан энергия тұтынушыларының электр энергиясын генераторлық кернеумен алу мүмкіндігі бар.

Бұл жағдайда ЖЭО ТРҚ 6-10 кВ, әдетте, секцияланған және реактивті шиналар жүйесімен жабдықталады. ТРҚ жалғанған генераторлардың саны мен қуаты тұтынушыларын электрмен жабдықтау жобасының негізінде айқындалады және бір генератор тоқтаған кезде қалғандары тұтынушыларды толық қамтамасыз ететін болуы керек.

Энергия жүйесімен және артық қуатты беру байланысы 110 және 220 кВ желісі бойынша жүзеге асырылады. Егер қосылу үлкен сандығы 110, 220 кВ желілерін жалғау қарастырылса, онда ЖЭО ТҚ екі жұмыс және айналмалы шиналар жүйелерімен жабдықталады.

ЖЭО жылу жүктемесі өскен кезде, қуаты 120 МВт және одан да жоғары турбогенераторлар орнатылуы мүмкін. Мұндай турбогенераторлар генераторлық кернеуінің (6-10 кВ) жинақ шиналарына қосылмайды, себебі, біріншіден, бұл ҚТ тоғын күрт арттырады, екіншіден, осы генераторлардың номиналды кернеуі (15,75; 18 кВ) тарату желілерінің кернеуінен ерекшеленеді. Мықты генераторлар 110 - 220 кВ жұмыс істейтін блоктарына жалғанады.

### **5.6.2 Блоктік ТЭЦ сызбалары**

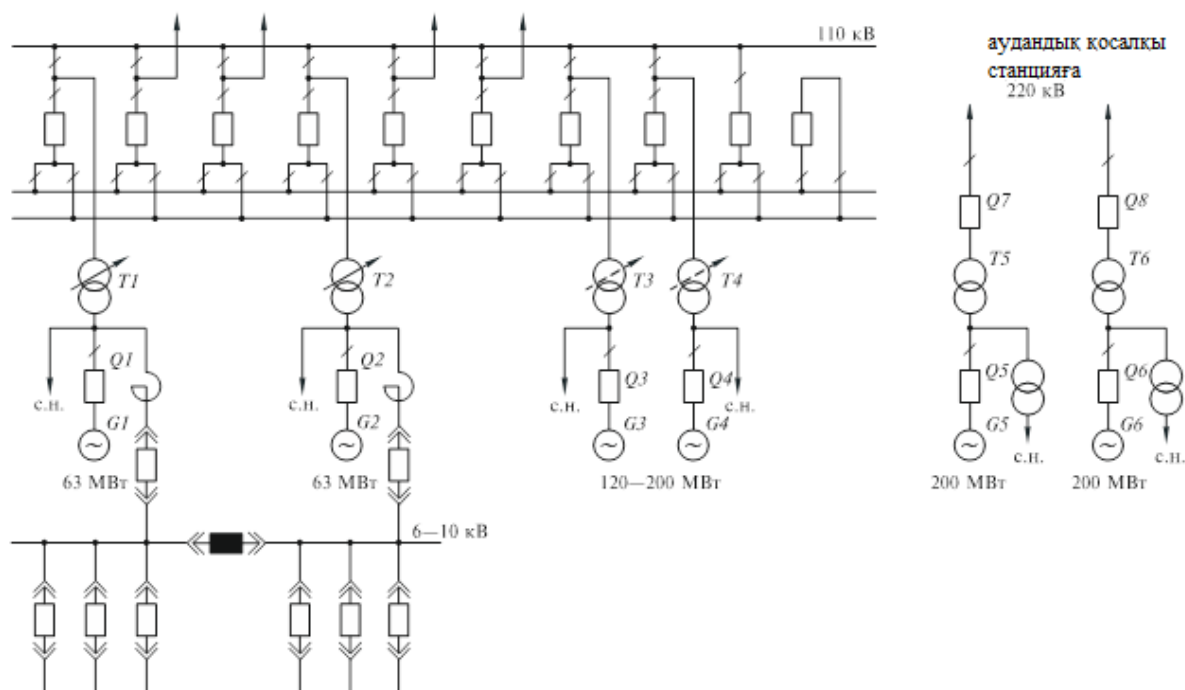
ТЭЦ (120, 250 МВт) қолданылатын турбогенераторлардың бірыңғай өсімі блоктік сызбаларды кеңінен қолдануға алып келді. 5.19 суретінде көрсетілген сызда 6—10 кВ тұтынушылары G1, G2 генераторларынан реактивтік жалатпамен қорек алады, алысты орналасқан тұтынушылар шинадан терең енгізілген 110 кВ қосалқы станциялары арқылы қоректенеді.

Генераторлардың қатар жұмыс істеуі жоғары кернеуде жүзеге асырылады, бұл 6-10 кВ жағында ҚТ тоғын азайтады. Кез келген блок сызбасы сияқты мұндай сызба жабдықты үнемдеуге мүмкіндік береді, ал ірі ТРҚ болмауы электр бөлігін монтаждауды тездетуге мүмкіндік береді. Тұтынушылық КРУ секциялық ажыратқышта АВР бар екі секциясы болады. Генераторлар тізбектерінде электрмен жабдықтаудың мол сенімділігі үшін Q2 Q1, ажыратқыштары орнатылады. T1, T2 байланыс трансформаторлары барлық артық активті және реактивті қуатты беруге есептелген және міндетті түрде РПН жабдықталады.

G3, G4 трансформаторлар блоктарында, сондай-ақ ТКР қарастырылуы мүмкін (5.19 суретте пунктирмен көрсетілген), керек нүктелермен), ол жылулық кесте бойынша жұмыс істейтін ЖЭО резервтік реактивті қуат беру кезінде 110 кВ шиналарында тиісті кернеу деңгейін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Осы трансформаторларда ТКР болуы с.н. қондырғыларда кернеудің ауытқуын азайтуға мүмкіндік береді.

Бұдан әрі кеңейту кезінде ЖЭО блокқа жалғанған G5, G6 турбогенераторларын орнатады. Осы блоктардың 220 кВ желісі жақын жатқан аудандық қосалқы станцияларға қосылады. Қосалқы станциялардың релелі қорғанысының жеткіліксіз сезімталдығы кезінде T5, T6 трансформаторлар зақымдарына алыстан ажырату импульсін беруді қарастырады немесе 220 кВ Q7 Q8 ажыратқыштарын орнатады. Генераторларды ажырату Q5, Q6 ажыратқыштармен жүргізіледі.

ТҚ 110 және 220 кВ арасындағы байланыс көзделмеген, бұл ТҚ 220 кВ сызбасын барынша жеңілдетеді. Жоғарыда атап өтілгендей, бұл егер 110 және 220 кВ байланыс желілері жақын жатқан аудандық қосалқы станцияда жүзеге асырылатын болған жағдайда ғана орындалады.



5.19 сур. Блоктік ЖЭО сызбасы

Қазіргі заманғы мықты ЖЭО (500 - 1000 МВт) блоктік түр бойынша жабдықталады. Генератор - трансформатор блоктарында генераторлық ажыратқыш орнатылады, бұл с.н. қорек беру және ТҚ жоғары кернеу сенімділігін арттырады, себебі әр тоқтау және энергоблокты іске қосу кезінде жұмыстан с.н. трансформаторына қорек беру бойынша с.н. РУ көптеген операциялары жойылады және жоғары кернеу ажыратқыштар операциялары жойылады. ТЭЦ энергоблоктарды істен ажырату және іске қосу КЭС немесе АЭС қарағанда айтарлықтай жиі жүргізілетінін ұмытпау керек.

## 5.7. ГЭС және ГАЭС басты сызбалары

### 5.7.1 ГЭС ерекшеліктері

Су электр станцияларын басты схемаларын таңдау кезінде олардың ерекшелігін ескеру қажет.

Әдетте, ГЭС тұтынушылардан алыс орнатылады, сондықтан барлық қуат бір немесе екі көтеріңкі кернеулерге беріледі. Бұл СЭС ерекшелігі генераторлық кернеуінің құрама шиналарын көздемей, генератор - трансформатор блоктық жалғауын қолдануға мүмкіндік береді.

СЭС белгіленген қуатын ұлғайтуға жол берілмейді, себебі ол іс жүзінде ең көп су ағыны бойынша жобалануда. Осының салдарынан жоғары кернеулі желілер саны өспейді, сондықтан да ТҚ кеңейту әдетте жоғары кернеуді талап етпейді. Бұл СЭС ерекшелігі көп бұрыштар сызбаларын, екі еселенген шаршылар сызбаларын, 3/2-4/3 тізбек ажыратқышы бар сызбаларын схемалары кеңінен қолдануға мүмкіндік береді.

Көптеген СЭС энергия жүйесінің қарбалас бөлігінде жұмыс істейді, сондықтан агрегаттар жиі қосылады және ажыратылады, бұл генераторлық кернеуде ажыратқыштардың орнатуын көздеуді талап етеді.

Су электр станциялары, әдетте, күрделі топографиясы бар және жоғары кернеулі ТҚ құрылысы үшін және желілер шығысы үшін шектелген алаңы бар орындарында орнатылады. Бұл аз ажыратқыштар саны бар қарапайым сызбаларды қолдану қажеттігіне алып келеді.

Басты арттыратын трансформаторлар СЭС жоғарғы немесе төменгі бьефті жағына шектеулі алаң жағдайында орнатылады. Бұл ірі энергоблоктар құрылыстарын қажеттілігін тудырады: екі-үш генератор бір көтеруші трансформатор үшін.

Генераторлар тізбегінде мынадай жағдайларда ажыратқыштар немесе жүктеме ажыратқыштары орнатылады:

генераторларды 4/3, 3/2 сызбаларына, көп бұрышқа және т.б. қосу кезінде; генераторларды автотрансформаторларға қосқан кезде;

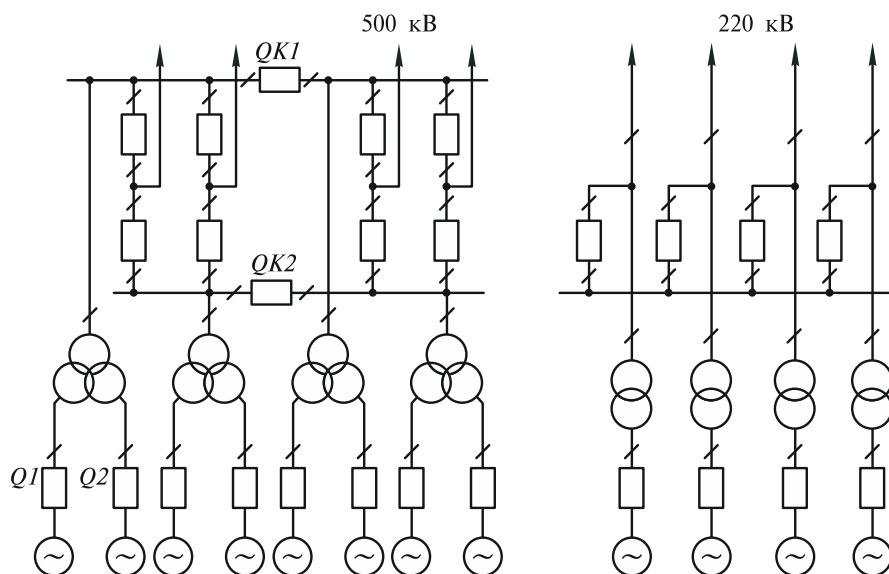
іріленген және біріккен энергетикалық блоктарында.

СЭС жоғары кернеу сызбаларына КЭС арналған сызбаларына сияқты сондай талаптар қойылады.

[5.4] сәйкес 110 - 220 кВ ТҚ үшін қарапайым және қосарланған көпір сызбасы; электр беру желілері арқылы өтетін тарамдар, бөлінісі бар бір немесе екі жүйесі, ТҚ 220 - 500 кВ үшін - үшбұрышты, төрт бұрышты, төрт бұрыштымен байланысты сызбалар; генератор — трансформатор — желі блоктары, ТҚ 330 — 500 кВ үшін секцияланған немесе секцияланбаған шиналар жүйесі бар 3/2, 4/3 сызбалар, трансформатор-шина блоктары ұсынылады.

### 5.7.2. СЭС электрлік жалғаулар сызбалары

Мықты СЭС іріленген энергетикалық блоктарды қолдану тән (5.20 сур.), ол арттыратын трансформаторлар санын және ОРУ ВН байланыс желілер санын азайтуға мүмкіндік береді. Сондай-ақ ОРУ ВН конструкциясының жалғаудың аз саны есебінен жеңілдетіледі. Q1 және Q2 ажыратқыштары генераторды қосу және ажырату үшін пайдаланылады, бұл әсіресе СЭС ерекше жұмыс режимінде маңызды. Осы ажыратқыштар ретінде конструкция бойынша жеңілдетілген жүктеме ажыратқыштары пайдаланылуы мүмкін, бұл жағдайда бір генератордың зақымдалуы кезінде бүкіл энергия блок ажыратылады



Сур. 5.20. Мықты СЭС сызбасы

Мықты СЭС арналған электр энергиясын беру екі жоғарылатылған кернеумен жүзеге асырылады, олардың арасындағы байланыс әдетте автотрансформаторлардың көмегімен орындалады.

СЭС келтірілген сызбасында (5.20 сур. қар.), ОРУ 500 кВ QK1 және QK2 ажыратқыштармен жалғанған екі төрі бұрыштар сызбасы бойынша орындалды. Шиналар, ажыратқыштар, айырғыштарды жөндеуге шығарған кезде сызба сақиналы сияқты серпінділікке ие болады. Желіні ажырату екі ажыратқыштармен, энергетикалық блокты ажырату - үш ажыратқыштармен орындалады. Зақымданған энергетикалық блокты ажыратқышпен бөліп алғанан кейін, өшірілген ажыратқыштарды қосып, сызбаны қалпына келтіруге болады. Бұл әрекетті белсендіру үшін энергоблоктардың ВН тізбегінде қашықтықтан басқарылатын немесе жүктеме ажыратқыштары бар айырғыштарды орнату қажет. Бір энергетикалық блок, мысалы бірінші блок зақымы және QK1 ажыратқыштың бас тартуы ұқсас болған кезде сызба сенімділігі бірнеше төмендейді, себебі онымен қоса жоғарғы разрядты барлық

ажыратқыштар ажыратылады, яғни тек бірінші ғана емес, үшінші энергия блогы да болып ажыратылады. Алайда зақымданған энергетикалық блокты ажыратқаннан кейін қалыпты жұмысты қалпына келтірудің қиындығы жоқ. Мұндай сызба үнемді, онда сегіз жалғауға ажыратқыштар жалғанады.

АТҚ 220 кВ генераторы - трансформатор - желі блоктық схема бойынша шиналардың тең жүйесімен орындалады. СЭС арналған 500 және 220 кВ шиналар арасындағы байланысы жоқ. Осындай байланыс тораптық ҚС жүзеге асырылады.

### **5.7.3 ГАЭС электрлік жалғау сызбалары**

ГАЭС технологиялық процестерінің ерекшеліктері 1.2. тараушығында қаралды. Өздеріңізге белгілі болатындай, ГАЭС екі, үш - және төрт машиналық агрегаттары орнатылуы мүмкін. 500 м дейін күш салғанда әдетте екі машиналық қайтымды агрегаттар орнатылады, олар қайтымды гидромашиналардан – сорғы турбиналары және синхрондау электр машиналарынан тұрады. Электр энергиясын өндіру режимінде су турбины генераторды, ал сорғы режимінде синхронды электр қозғалтқышты, ол желіден энергияны тұтынып, сорғы ретінде жұмыс істеп жатқан су турбинысын айналдырады. Осы күйде белдіктің айналуды бағытын өзгерту қажет, сондықтан екі генератор тізбегіндегі екі реверсивті айырғышты немесе ажыратқышты немесе екі реверсивті айырғышты орнату керек. ГАЭС агрегаттары турбиналы немесе сорғы режимінде жұмыс істемеген сәтте, олар синхронды компенсатор ретінде жұмыс істейді, онымен қоса, синхрондау машинасы электр қозғалтқыш режимінде жұмыс істейді.

Қайтымды агрегатының турбина режиміне іске қосылуы кәдімгі гидроагрегаттың іске қосу режимі сияқты жүргізіледі. Сорғы режиміне іске қосу күрделі де және көп уақыт талап етеді, себебі ГАЭС орнатылған генератор және электр қозғалтқыш рөлін орындайтын синхронды машиналар қуаты 100 МВт және одан да жоғарыға жетеді. Осындай қуатты электр қозғалтқышты тікелей іске қосу машиналар жалғанған шиналардағы кернеудің ретсіз төмендеуіне әкеледі. Сондықтан асинхронды іске қосу кезінде ұшыру токтарын шектеу үшін реакторларды немесе автотрансформаторларды қолданады. Агрегат валына орнатылған фазалық роторы бар көмекші асинхронды электр қозғалтқыш көмегімен іске қосу мүмкіндігі бар. Агрегат синхрон астындағы айналуды жиілігіне жеткен кезде, ол қозғалады және синхронизм кіреді. 100 - 250 МВт агрегаттары үшін әдетте осы әдіс іске қосу үшін қолданылады.

ГАЭС ірілендірілген энергетикалық блоктар қолданылады: екі-үш синхронды машиналар бір трансформатормен генераторлық айырғыштар мен резервтік ажыратқыштарды орнатумен қосылады. ГАЭС энергия жүйесінің тораптар маңында орнатады және 220 – 750 кВ қысқа желілерімен қосалқы станциялармен жалғастырады. ГАЭС жоғары кернеуде неғұрлым қарапайым сызбаларды пайдаланады: трансформатор блоктары – ЖЭО үшін ұсынылатын желілер, көпірлер, көпбұрыштар және басқа да сызбалар.

5.21 суретінде ГАЭС электрлік сызбалары көрсетілген, онда НН ағытқыш орамдарымен трансформаторларға қос-қостан жалғанған 250 МВт бойынша төрт қайтымды агрегаттар орнатылған.



қосалқы станциялар тұтынушыларын электрмен жабдықтау сенімділігін және жүйе аралық немесе магистраль байланыстары бойынша қуаттың қалыпты және апаттан кейін режиміне өтуін қамтамасыз ету;

даму перспективаларын ескеру;

барлық кернеудегі ТҚ біртіндеп кеңейту мүмкіндігін беру;

аварияға қарсы автоматика талаптарын ескеру;

жөндеу және пайдалану жұмыстарын көрші жалғауларды өшірмей жекелеген сызба элементтерінде жүргізу мүмкіндігімен қамтамасыз ету.

Бір мезгілде іске қосылатын ажыратқыштар саны артық мыналардан болмауы тиіс:

екі – желілер зақымданған кезде;

төрт - кернеуі 500 кВ дейінгі трансформаторлар зақымдалған кезде, үш - 750 кВ.

Осы талаптарға сәйкес қосалқы станциялардың 6 - 750 кВ таратушы құрылғыларының [5.5] үлгі сызбалары әзірленді, олар қосалқы станцияларды жобалау кезінде қолданылуы керек.

Үлгілік емес басты сызба техникалық – экономикалық есеппен негізделуі керек.

### **5.8.2 Тұйық және тарамды қосалқы станциялар сызбасы**

Тұйық бір трансформаторды қосалқы станциялар 35 - 330 кВ жағында трансформатор - желі блок сызбасы бойынша коммутациялық аппаратурасыз немесе бір айырғышпен (5.8, а суретті қар.) егер қорек беру жағынан қорғаныс желісі трансформатордағы зақымға сезімталдығы жеткілікті болса орындалады. Мұндай сызба сонымен қатар 330 кВ қосалқы станциясы үшін кез келген қуаттағы трансформаторларымен бірге, ал 110- 220 кВ қосалқы станциялар үшін қуаты 25 МВ-А астам трансформаторларымен бірге алыстан ажырату сигналын беру қарастырылған кезде, қолданылуы мүмкін. Трансформаторға кабелдік кіріс кезінде айырғыштар орнатылмайды.

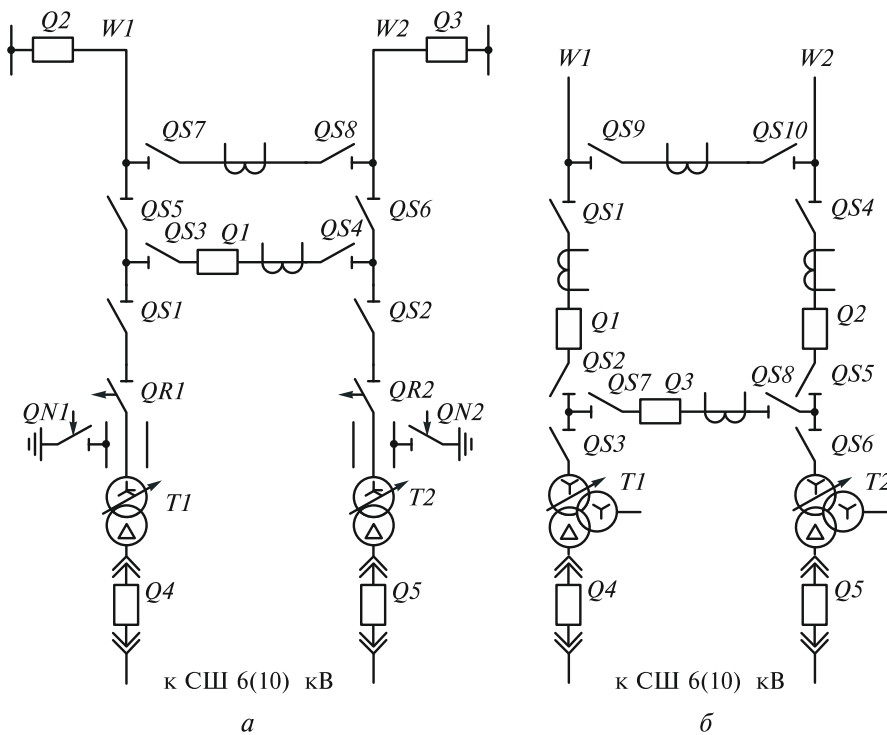
Күш беретін трансформаторлардың 35, 110 кВ жағында сақтандырғыштар қолданылмайды. Тұйық және тарамды қосалқы станцияларда тек 110 кВ бөлгіштерімен сызбаларды ауыстыруға рұқсат етіледі (5.8, б сур. қар.), мыналардан басқа: суық климатты аймақтарында орналасқан қосалқы станциялар; MSK 64 шәкілі бойынша 6 балл сейсмикалық аудандарда орналасқан қосалқы станциялар; егер бөлгіштер және қысқа тұйықтаушылар әрекеттері тұтынушыда синхронды қозғалтқыштардың синхронизмнен түсіп қалуына әкеп соғатын болса; мұнай мен газ өндіру және көлік қосалқы станцияларда; қуаты 25 МВ - А астам трансформаторларды жалғау қосылуы үшін; ОАПВ бар желілеріне қосылған трансформаторлар тізбектерінде.

5.8 суретте көрсетілген қосалқы станция сызбасында 110 кВ жағында QS айырғыш, QR бөлгіш және бір фазада —QN қысқа тұйықталушы, 6—10 кВ жағында —Q2 ажыратқыш орнатылған. Бұл сызба жұмысы. 5.3.1 тараушығында қарастырылған.

Жоғарыда қарастырылған сызба ұсынылмайтын жағдайда 35 — 500 кВ жағында ажыратқышы бар үлгілік сызбаны қолданады. (5.8, в сур. қар.).

### **5.8.3 Өтпелі қосалқы станциялар сызбалары**

Желілерді, 63 МВ А трансформаторлар қуаты және 220 кВ кернеуін секциялау қажеті болған жағдайда көпір сызбалары (5.22) ұсынылады. 5.22 суретте бейнеленген сызба 110 кВ жағында 25 - МВ-А дейінгі трансформаторлар қуаты кезінде қолданылады. QS7, QS8 ажыратқыштары бар жөндеуші маңдайша бір айырғышпен қалыпты ажыратылған (QS7).Q1 ажыратқышы егер W2 W1 желілері бойынша транзит қуаты өтетін болса көпірде қосылады. Егер W1, W2 желілерінің қосарлама жұмыстарын ҚТ токтарын шектеу тұрғысынан ажырату керек болса, Q1 ажыратқыш өшіріледі. Трансформатор н зақымданған кезде (71) 6 (10) кВ жағынан Q4 ажыратқыш ажыратады.



5.22 – сурет. Көпір сызбасы

а — маңдайшадағы ажыратқышымен және трансформатор тізбегіндегі бөлгішімен; б — желі тізбегіндегі ажыратқышымен және желі тұрғысынан жөндеу маңдайшасымен

QN1, қысқа тұйықталушы қосылады, W1 қорек беру желісінің соңындағы Q2 ажыратқышы өшеді және QR1 бөлгіші өшеді, содан кейін QS1 айырғышы өшеді. Егер желі жұмысының режимі бойынша W1 желісін қалпына келтіру керек болса, онда осы қорек беру желісінің соңындағы ажыратқыш және Q1 көпіріндегі ажыратқыш автоматты түрде қосылады, осылайша, W2 W1 желілері бойынша транзит қалпына келтірілді. Жөндеуші маңдайша Q1 ажыратқышын тексеріс кезінде пайдаланылады, ол үшін QS7 қосылады, Q1 және QS3, QS4 өшіріледі. W1, W2 желілері бойынша транзит жөндеу маңдайшасымен, жұмыстағы T1, T2 трансформаторларымен жүзеге асырылады. 220 кВ желілерде және 63 МВА дейінгі трансформаторларда жұмысының сенімділігін арттыру үшін бөлгіштерді Q1 және Q2 ажыратқыштармен алмастырады (5.22, б сур. қар.).

Жөндеуші маңдайша QS9 ажыратқышымен тарқатылады. Q3 ажыратқышы көпірде қосылады, бұл W2 және W1 желілері бойынша транзит қуатын қамтамасыз етеді. Авария кезінде Тараптар T1 трансформаторында 6 кВ жағынан ажыратқыштар және Q1 мен Q3 ажыратқыштар ажыратылады (10). QS3 айырғышты ажыратылғаннан кейін Q1 және Q3 қосылады, және олардың транзиті қалпына келтіріледі. Жөндеу үшін жөндеу маңдайшасын қосады (айырғыш QS9), Q1 және QS2 мен QS1 айырғыштарын өшіріп тастайды. Егер осы күйде T2 апат болса, онда Q2 және Q3 ажыратылады және екі трансформаторда қорексіз қалады. Qs6 өшіру және Q3 және Q2 қосу қажет, сонда T1 екі желіге де қосылады. Бұл кемшілікті егер көпір мен жөндеу маңдайшасының орнын ауыстыратын болсақ жоюға болады. Бұл жағдайда трансформатордың ішінде зақымдалған кезде Вн жағындағы бір ажыратқыш ажыратылады, көпірдегі ажыратқыш қосылған күйінде қалады, демек, W1 және W2 бойынша транзит қуаты сақталады.

Егер жүйелік автоматика жобасымен 220 кВ желілерде ОАПВ қарастырылатын болса, онда қарастырылған сызбаның орнына төрт бұрышты (5.10, б сур. қар.) сызба ұсынылады. Осы сызба қасиеттері мен ерекшеліктерін 5.3 тараушығынан қар.

Төрт бұрышты схемасы екі желілер және екі трансформаторлар кезінде транзиттік желілерді секциялау қажеттілігі кезінде, жауапты тұтынушылар кезінде және 220 кВ 125 МВ-А және одан да көп кернеу кезіндегі трансформаторлар қуаты және 330-750 кВ кернеуі кезінде кез келген қуаты кезінде қолданылады.

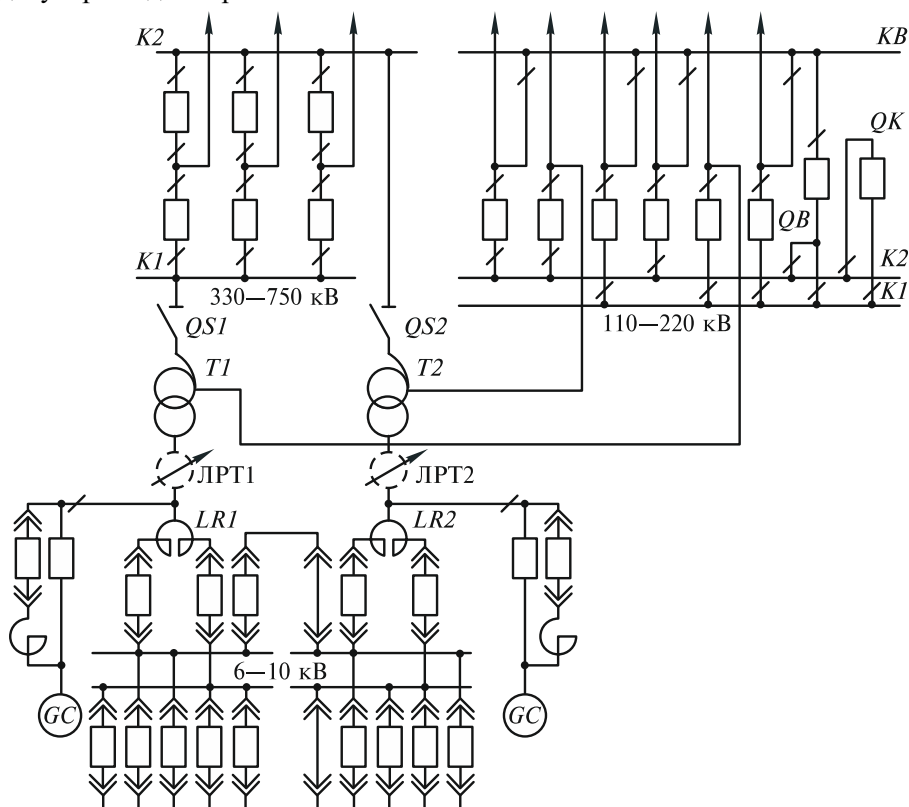


#### 5.8.4 Мықты тораптық қосалқы станциялар сызбалары

Тораптық қосалқы станциялардың 330-750 кВ шиналарында энергия жүйесінің жекелеген бөліктерінің байланысы немесе екі жүйенің байланысы жүзеге асырылады, сондықтан ВН жағында сызбаларға сенімділікке қатысты жоғары талаптар қойылады. Әдетте, бұл жағдайда желілерді көп есе жалғау сызбалары қолданады: сақиналы сызбалар (5.10 сур. қар.), тізбектегі 3/2 (5.13 сур. қар.) ажыратқыш сызбалары және екі ажыратқыш немесе бір жарым желілерін жалғаумен (бұл бес-алты желілерде) трансформатор – шина сызбалары (бұл үш және төрт желілерде).

5.23 суретте мықты қосалқы станциясының басты сызбалары көрсетілген. 330 - 750 кВ жағында шиналар - автотрансформатор сызбасы қолданылған. Әрбір желі тізбегінде – екі ажыратқыш, автотрансформаторлар шиналарға ажыратқышсыз қосылады (қашықтан басқаратын жетегі бар айырғыштар орнатылады). Бұл ретте Т1 зақымдалған кезде К1 жалғанған барлық ажыратқыштар ажыратылады, 330-750 кВ жұмыс желісі бұзылмайды. Т1 ажыратылғаннан кейін жан-жақтан қашықтан QS1 айырғышы ажыратылады және ВН жағынан сызба К1 бірінші шиналар жүйесіне жалғанған барлық ажыратқыштарды қосумен қалпына келтіріледі.

330 — 750 кВ желілер санына байланысты сақиналы сызбаларды немесе тізбектегі 3/2 ажыратқыш сызбасын қолдану мүмкіндігі бар.



5.23. сурет. Базалық станция схемасы

Мықты қосалқы станциясының 110 — 220 кВ орташа кернеу жағында бір жұмыс және бір айналмалы шиналар жүйесі бар немесе екі жұмыс және бір айналмалы шиналар жүйесі бар сызбалар қолданылады (5.11 және 5.12 сур. қар.). Бұл сызбаларды қолдану саласы және талдауы 5.3.3 және 5.3.4 тараушығында қарастырылған.

НН жағындағы сызбаны таңдау кезінде бірінші кезекте ҚТ тоғын шектеу туралы мәселе шешілу керек. Осы мақсат үшін ик, мәні жоғары трансформаторларды, НН ағытқыш орамы бар трансформаторды қолдану немесе трансформаторлар тізбегінде реакторлар орнатуға болады. 5.23 суретте көрсетілген сызбада НН жағында қосарланған реакторлар орнатылған. Іске қосқыш

реакторлары бар синхронды компенсаторлар автотрансформаторлардың НН шығысына тікелей жалғанған. Мықты GC 6-10 кВ шиналарға жалғау ҚТ тоғының ұлғаюына алып келер болар еді. НН жағынан автотрансформаторлардың тізбектерінде кернеуді тәуелсіз реттеу үшін ЛРТ желілік реттеу трансформаторлар орнатылуы мүмкін ( 2.2.7 тараушығын қар.). Желілік реттеуіштерді орнату қажеттігі ВН электр желісін дамыту жобасында шешіледі. Курстық, дипломдық жобаны орындау кезінде қосалқы станциялардың туралы толық ақпаратты алуға нормативтік әдебиеттерден алуға болады [5.2] [5.5].

## **5.9. ЖЭС жеке қажеттіліктерді электрмен жабдықтау сызбалары**

### **5.9.1 Негізгі талаптар және электрмен жабдықтау көздері**

ЖЭО және КЭС технологиялық сызбаларын қарау кезінде жылу және электр энергиясын өндіру толық механикаланған екені атап өтілді. Механизмдердің көп саны электр станциясының негізгі агрегаттар жұмысын қамтамасыз етеді: үрлеуші желдеткіштер, түтін сорғыштар, диірмен, циркуляциялық сорғылар, коректендіру соғылары, конденсаттық сорғылар дробилок және т.б.

Көптеген жұмыс тетіктерінің жетегі үшін үш фазалық асинхронды электр қозғалтқыштары қысқа тұйықталу ротормен пайдаланады. Өте қуатты тетіктер үшін синхронды электр қозғалтқыштары пайдаланылуы мүмкін. Айналым жиілігін реттеуді талап ететін тетіктер үшін тұрақты ток электр қозғалтқыштары қолданады

Электр станциясының қалыпты жұмысы барлық с.н. тетіктерінің сенімді жұмысы кезінде ғана жүзеге асырылуы мүмкін, тек бұл олардың сенімді электрмен жабдықтауымен ғана мүмкін болады. с. н. Тұтынушылар I санаттағы тұтынушыларға жатады.

Қазіргі уақытта қолданылатын с.н. жүйесіндегі негізгі кернеулер 6 кВ (куаты 200 кВт астам электр қозғалтқыштары үшін) және қалған электр қозғалтқыштары және жарық беру үшін 0,38/0,23 кВ болып табылады. 3 кВ кернеу қолдану өзін өзі ақтамады, себебі 3 және 6 кВ электр қозғалтқыштарының құны аз ажыратылады, ал түсті металдар шығыны және 3 кВ желілерінде электр энергиясы шығындары 6 кВ желілеріне қарағанда анағұрлым көп.

Мықты блокты ЖЭС үшін 16 - 630 кВт электр қозғалтқыштарына арналған 0,66 кВ кернеуі және ірі электр қозғалтқыштарына арналған 10 кВ кернеуі қолданылуы мүмкін.

Егер электр станцияларында ТРҚ 6-10 кВ қарастырылатын болса, онда жеке қажеттіліктерді таратушы құрылғылары (РУСН) тікелей ТРҚ шиналарынан реактивті желілер арқылы немесе түсіруші с.н. трансформатор арқылы қуат алады

Егер электро станция генераторлары энергетикалық блокқа жалғанған болса, онда с. н. қорегі энергоблок жалатпасымен жүзеге асырылады.

Энергия блоктары қуатының өсуімен, жеке мұқтаждарды тұтыну да өсіп келеді, демек, с.н. трансформатордың қуаты да өсіп отырады. Неғұрлым қуат көп болса, соғұрлым жүйедегі ҚТ тоғы көп болады, орнатылған жабдық ауырлау болады. ҚТ тоқтарын шектеу үшін ҚТ жоғары кернеу трансформаторларын немесе 6 кВ ағыту орамдары бар трансформаторларды қолдануға болады, олар қуаты 25 МВ және одан да жоғары трансформаторларда қолданылады. Жұмыс с.н. көздерінен басқа, резервтік коректендіру көздері қарастырылуы тиіс.

Осындай көздер ретінде жоғары кернеу шиналарына жалғанған энергия жүйесімен байланысы бар трансформаторлар болуы мүмкін. Тіпті электростанцияның барлық генераторлар ажырату кезінде с. н. қорегі энергия жүйесінің көмегімен жүзеге асырылатын болады. Сол кезде электр станцияларында апат энергетикалық жүйедегі апаттан сәйкес келген және с.н. кернеуі резервтік трансформатордан беріле алмайтын жағдайда жабдықтың жұмысқа қабілетті күйінде (майлаудың май сорғылары, білік тығыздағышы, вал айналдырғыш құрылғы) , құрылғылар және т.б.) сақталуын қамтамасыз ететін аса жауапты тұтынушылар үшін аккумуляторлық батареялар және дизел – генераторлар қарастырылады. Бірқатар шетелдік электр станцияларында апаттық с. н. қорек беру көзі ретінде газ турбиналар орнатылады, олар с. н. энергетикалық блоктан энергетикалық жүйедегі жиілігін азайту кезінде коректендіреді.

Жұмыс с.н. трансформаторларының қуатын таңдау с. н. тұтынушылардың саны мен қуатын ескеріле отырып жүргізіледі. Барлық тұтынушылардың нақты тізімі электр станциясының жылу механикалық бөлігі және оның барлық қосалқы құрылғылары әзірленген соң нақты жобалау кезінде айқындалады. Саны мен с.н. трансформаторлар қуатын таңдау үлгісімен ПІ қосым. бойынша танысуға болады [6.1]. Оқу жобалауында. жеткілікті нақтылықпен  $P_{с.н \max}$  с.н. жүктемесін және  $W_{с.н}$  электр энергиясының шығынын 5.1 кесте бойынша анықтауға болады [3.5].с. н. қондырғыларының жүктемесі, электр энергия шығыны және сұраныс коэффициенті

5.1. Кесте

Өсімдіктердің жүктемесі, энергия тұтыну және сұраныс коэффициенті с. н.

| Электр қондырғы түрі                                                    | $\frac{P_{с.н \max}}{P_{уст}}, \%$ | $\frac{W_{с.н}}{W_{выр}}, \%$ | $k_c$                |
|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|----------------------|
| ТЭЦ:<br>Шаң көмір<br>Мазутты газ                                        | 8—14<br>5—7                        | 8—13<br>6—10                  | 0,8<br>0,8           |
| КЭС:<br>Шаң көмір<br>Мазутты газ                                        | 6—8<br>3—5                         | 4—7<br>3—6                    | 0,85—0,9<br>0,85—0,9 |
| АЭС:<br>Газ жылу<br>тасымалдағышымен<br><br>Су жылу<br>тасымалдағышымен | 5—14<br><br>5—8                    | 3—12<br><br>5—9               | 0,8<br><br>0,8       |
| СЭС:<br>Аз және орташа<br>қуаппен<br><br>Үлкен қуаппен                  | 3—2<br><br>1—0,5                   | 2—1,5<br><br>0,5—0,2          | 0,7<br><br>0,8       |
| Қосалқы станция:<br>тұйық<br>тораптық                                   | 50—200 кВт<br>200—500 кВт          | —<br>—                        | —<br>—               |

5.1 кесте берілгендерін қолдана отырып, с.н.қажетті қуатын анықтауға болады, МВА,

$$S_{с.н} \geq P_{с.н \max} k_c, \quad (5.18)$$

$$k_c = \frac{k_{одн} k_3}{\eta_{ср} \cos \varphi_{ср}}; \quad k_{одн}$$

мұнда — бір уақтылық коэффициенті;  $k_3$  —

йср cos φср

жүктеме коэффициенті;  $\eta_{ср}$  — орташа ПӘК; cos  $\varphi_{ср}$  — с.н. электр қозғалтқышының орташа cos  $\varphi$ .

### 5.9.2 КЭС жеке мұқтаждықтар сызбасы

Блокты ЖЭС с. н. жұмыс трансформаторлары энергетикалық блоктан жалатпа арқылы жалғанады. Осы трансформаторлар қуаты энергетикалық мына (5.18) формула бойынша анықталады, мұнда  $P_{сн \max}$  энергия блоктың белгіленген қуатына қарай есептеледі. 300 МВт энергоблоктары және

с.н. қуатты механизмдерді одан да көп бөлігі бар электр станцияларында (қоректік сорғылар, үрлеу желдеткіштер) құбыр өткізгіші болуы мүмкін. Бұл айтарлықтай с.н. арналған электр энергиясының шығынын төмендетед. Мысалы, формула (5.18) пайдаланатын Газ МЭС-інің 800 МВт энергия блогы үшін,

$$S_{с.н} = \frac{5}{100} 800 \cdot 0,9 = 36 \text{ МВ} \cdot \text{А},$$

яғни трансформатор с.н. таңдалуы керек сыйымдылығы 40 МВ·А. Егер ағын сорғы мен желдеткіштің турбо жетегі болса, онда трансформатордың қуаты с болады. 32 МВ·А Мбайтқа дейін азайтылған. Коммутатор бір секциялық шиналар жүйесімен орындалады. Блоктық жылу электр стансалары үшін 6-10 кВ учаскелерінің саны әр қуат блогы үшін (қуаттылығы 160 МВт-тан астам) екі қабылданады.

Әр секция немесе секциялар жұмыс трансформаторына жұппен қосылады с. н.

Суретте. 5.24. КЭС блогының бөліктері әрқайсысының 300 МВт үш күштік қондырғысы бар. Трансформаторлар Т1, Т2, Т3, 1ББ, 1ВВ, екінші 2ВА, 2ВВ және үшінші 3ВА, 3ВВ бірінші қуат блогының тиісінше 6 кВ бөлімі. Бұл учаскелерге 6 кВ-тық турбиналық және қазандықтар, жалпы станциялардың жүктемесі (ось) және 6 / 0,4 кВ трансформаторлары қосылған электр қозғалтқыштары қосылған.

Сақтық көшірме жасау бөлімі бар. н. Пионер трансформаторларымен байланысты резервтік автожолдардан жүзеге асырылады. (Сурет 5.24-тен Т4).

Икемділігі мен сенімділігін жоғарылату үшін резервтік желілер екі немесе үш күштік қондырғылардың қосқыштары арқылы бөлінеді.

[5.1] сәйкес, резервтік трансформаторлардың саны. генераторлық қосқышсыз блоктық типтегі ЖЭО-да біреуі - екі бірлікпен, екеуі - үшден алтыға дейінгі қуат бірліктерінің саны бойынша қабылданады.

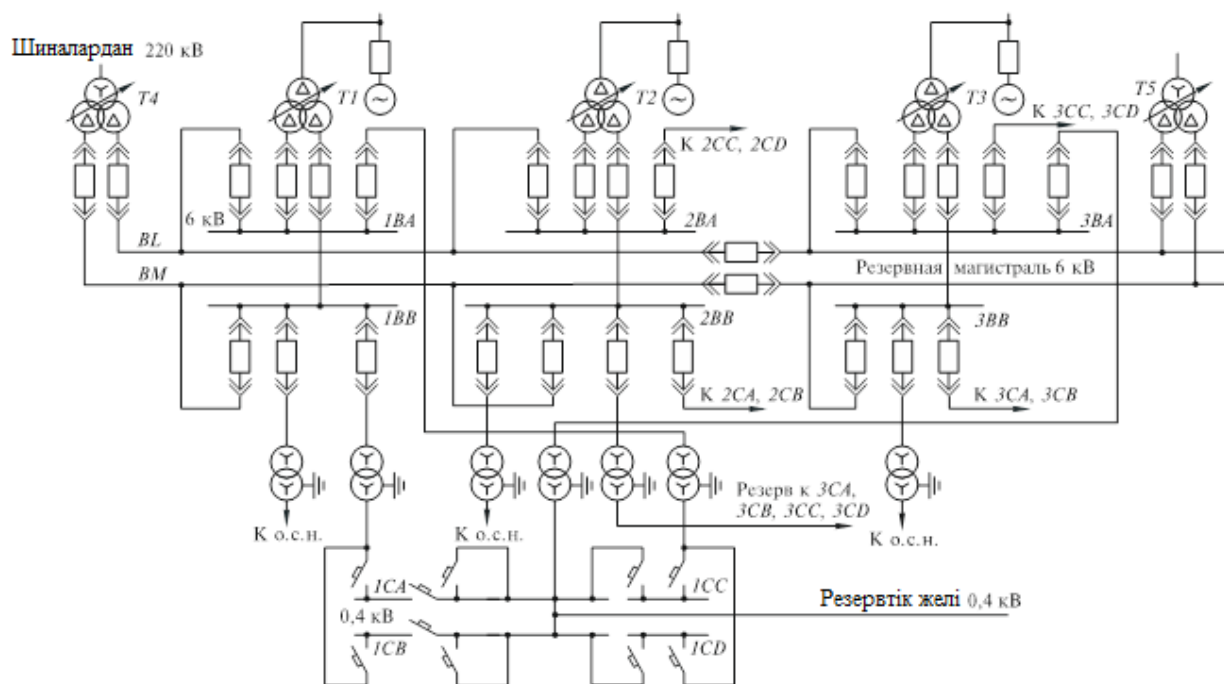
Көптеген қуат қондырғыларымен қуат көзіне қосылмаған, бірақ электр станциясында орнатылған және кез-келген жұмыс трансформаторы с.н.

Егер энергия блоктар сызбаларында генераторлық ажыратқыштар орнатылатын болса, онда резервтік трансформаторлар саны әр төрт блокқа бір резерв бойынша қабылданады. Алты және одан да көп блоктарда қосымша генераторлық кернеудің резервтік трансформаторы қарастырылады, ол қорек беру көзіне жалғанбаған, бірақ электр станцияларында орнатылған және кез келген с.н. жұмыс трансформаторын ауыстыруға дайын

Егер энергия блоктарының жартысы ажыратқыштармен, ал жартысы ажыратқышсыз болса, резервтік трансформаторлар саны бірінші шарт бойынша таңдалады. С.н. резервтік трансформаторлар кернеуі жоғары жинақ шиналарына жалғану керек, олардың ВН желісі бойынша энергия жүйесімен байланысы бар (электр станцияның барлық генераторларын апаттық ажырату жағдайында).

Генераторлық схемаларда генераторлық ажыратқыштар бар болса, резервтік трансформаторлардың саны әрбір төрт бірлік үшін бір резервке қабылданады. Алты немесе одан да көп бірлікпен көзге қосылмаған, бірақ кез-келген жұмыс трансформаторын ауыстыруға дайын қосымша генераторлық кернеу трансформаторы қамтамасыз етіледі с.н.

Егер қосқышы бар қуатты қондырғылардың бір бөлігі және ажыратқышсыз кейбіреулер резервтік трансформаторлардың саны бірінші шарты бойынша таңдалады. Сақтық көшірме трансформаторлары бар. н. Олар жоғары вольтты шиналармен, электр желісі арқылы электр желісіне қосылған (барлық электр станцияларының генераторларын апаттық тоқтатқан кезде) қосылған болуы керек.



Сурет. 5.24. Электрмен жабдықтау схемасы Үш энергоблоқты бар IES. Бөлімдер с.н. 0,4 кВ бірінші ғана көрсетіледі қуат блогы.

Энергиямен байланыс 500-750 кВ желілері бойынша жүзеге асырылса, бұл талапты орындау қиын. Бұл жағдайда резервтік қоректендіру блогы ВН автобустарымен автотрансформатор арқылы қосылған жағдайда, орта кернеулі автобустарға (110, 220 кВ) қосылады.

Сонымен қатар ТСН автотрансформатордың НН орамына егер РУСН шиналарында автотрансформатор кернеуін реттеу кезінде және электр қозғалтқышты өздігінен іске қосу шартында кернеудің ұйғарынды ауытқуы қамтамасыз етілетін болса жалғауға рұқсат етіледі.

Әр с.н. резервтік трансформатордың қуаты генераторлық ажыратқышы жоқ блоктық электр станцияларында бір энергия блок жұмыс трансформаторын ауыстырумен және екінші энергия блогты бір уақытты іске қосу немесе апаттық тоқтатуды қамтамасыз етуі керек. Егер с.н. тұтынушылардың нақты тізімі мұндай режимде белгісіз болатын болса, онда с.н. резервтік трансформатордың қуаты жұмысқа қарағанда, бір саты жоғары таңдалады. Егер энергия блок сызбаларында генераторлық ажыратқыштар орнатылатын болса, онда резервтік трансформатордың қуаты жұмыс трансформаторының қуатын тең деп қабылданады. Қай жағдай болмасын резервтік трансформатордың қуаты өздігінен іске қосылу шарты бойынша тексерілуі керек.

С.н. көптеген тұтынушылары 0,4 кВ кернеуімен (300 МВт бір электр блокқа 0,4 кВ 600 астам электр қозғалтқыштары келеді) 0,4 кВ секцияларына жалғанады, олар 6—10/0,4 кВ трансформаторынан қорек алған. 0,4 кВ с.н. шығынын жалпы шығынның 10% деп алуға болады.

6/0,4 кВ трансформаторлары мүмкіндігі бойынша жүктеме орталықтарында орнатылады: қазақ және турбина бөлімшелерінде, отын қоймасында, біріккен қосымша корпуста, ОРУ-да, компрессорлық және т.б. Қуаты 1000 кВ-А астам трансформаторлар қолданылмайды, себебі оларды қолдану 0,4 кВ желідегі ҚТ тоғының барынша артуына алып келеді. 0,4 кВ жинақ шиналар қорек беру сенімділігін арттыру үшін секцияланады. Әр секция автоматты қосылған жұмыс және резервтік қорек берумен қамтамасыз етіледі. С.н. 0,4 кВ сызбаларына қойылатын талаптар [5.1] толығырақ баяндалған. 5.24 суретінде басты корпуста орналасқан бір энергия блоктың 0,4 кВ секциясының қорек беруі көрсетілген. Бірінші энергия блок 0,4 кВ тұтынушылары және жалпы станциялық жүктеменің жартысы 1CA, 1CB, 1CC, 1CD секцияларынан қорек алады. Аса жауапты тұтынушылар басқа секция бөліктерінен автоматты ажыратқыштармен бөлінген 1CA және 1CB жартылай секцияларына жалғанған. 6/0,4 кВ резервтік трансформатор үшінші энергия блок 3BA секциясына жалғанған.

Екінші энергия блок 0,4 кВ тұтынушылары 2СА, 2СВ, 2СС, 2СD секцияларына, үшіншісі —3СА, 3СВ, 3СС, 3СD секцияларына жалғанады (5.24 суретте бұл секциялар көрсетілмеген). Резервтік трансформатор 6 кВ соңғы секциялар үшін екінші энергия блоктың 2ВВ секциясына жалғанған.

Шиналарда қажетті кернеу деңгейін ұстап тұру үшін с. н. трансформаторларының РПН болады. Жұмыс және резервтік трансформаторлар орамын жалғау сызбасын таңдау оларды қысқа уақытта жұмыстан резервтік қорек беруге және керісінше ауыстыру сәтінде қос қатар қолдану мүмкіндігі болатындай таңдалады.

Ағытқыш орамы бар трансформаторларды қолдану және 6 кВ секциясының жекелеген жұмысы ҚТ тоғының мәнін жинақ тарату құрылғыларының ұяшықтарына қолдануға мүмкіндік беретін мәнге дейін шектеуге алып келеді (500 МВт және одан жоғары энергия блоктары үшін). Қажеттігі бойынша 0,4 кВ жағындағы ҚТ тоғын шектеу кезінде кейбір жинақтар кірістеріне реакторлар орнатылады.

### 5.9.3. ТЭЦ жеке мұқтаждықтар сызбасы

ТЭЦ блоктық емес бөлігінің жұмыс с.н. трансформаторлары генераторлық кернеу шиналарына жалғанады. с.н. 6 кВ секция саны пештерге тең санмен анықталады. Кей жағдайларда жалпы станциялық тұтынушыларды қоректендіру үшін секциялар бөлінеді.

Жұмыс ТСН қуаты мына шарт бойынша таңдалады

$$S_{\text{ном}} \geq \frac{S_{\text{с.н.}}}{n},$$

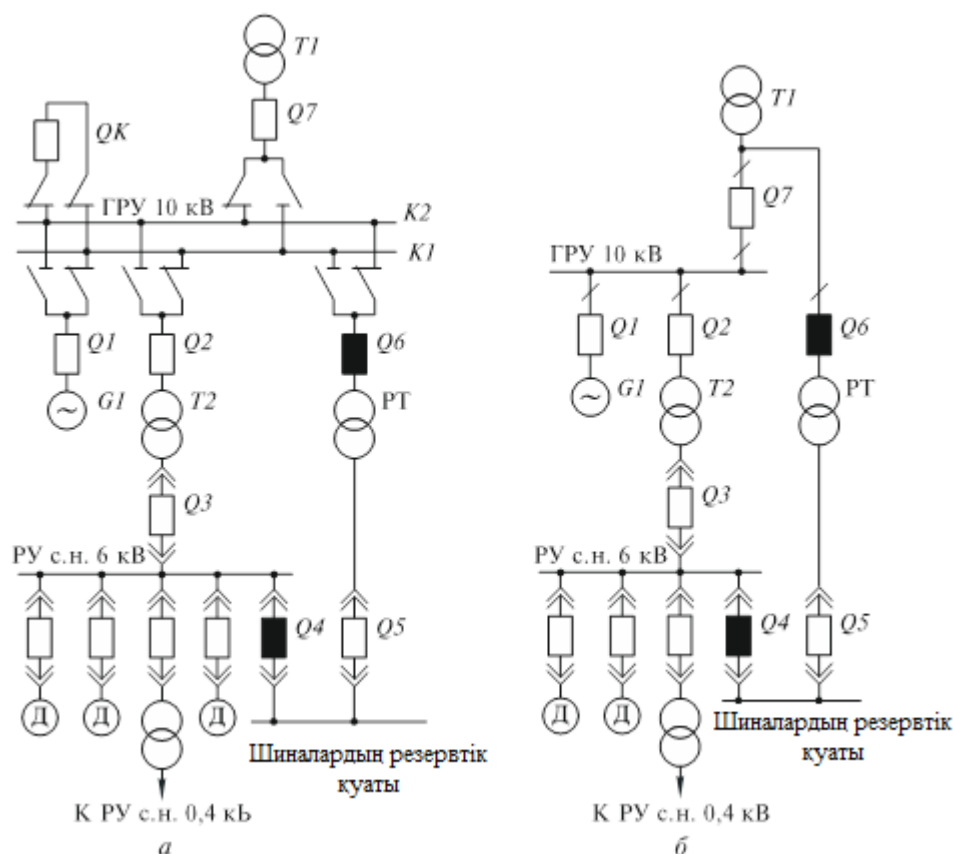
мұнда  $S_{\text{с.н.}}$  —ТЭЦ блоктық емес бөлігінің (5.18) формуласы бойынша с.н. қуаты ;  $n$  — ТЭЦ блоктық емес бөлігінің 6 кВ секциялар саны.

ТЭЦ блоктық бөлігіндегі ТСН қуаты және с. н. секциялар саны КЭС сияқты таңдалады.

Резервтік ТСН ТРҚ Шиналарға қосылады (бұл екі шина жүйелері бар схема) немесе байланыс трансформаторына жалатпамен жалғанады (схема кезінде бір шиналар жүйесі).

5.25 а суретінде с.н. жұмыс және резервтік трансформаторларын ТРҚ қос шиналар жүйесіне жалғау көрсетілген: Т2 жұмыс трансформаторы бірінші шиналар жүйесіне К1 жалғанған, ал резервтік РТ - К2екінші шиналар жүйесі жалғанған. ҚК тұйықтаушы ажыратқыш дұрыс қосылған, байланыс трансформаторы К2 шинасына жалғанған. Т2 жұмыс трансформаторында зақымдалуы кезінде Q2,Q3 ажыратылады және Q6, Q4 автоматты түрде қосылады. К1 шиналар жүйесі зақымданған кезде QК, Q1 және Q3 ажыратылады. К2 резервтік шиналар жүйесіндегі байланыс трансформаторы арқасында сақталады, ол Вн шиналарына жалғанған, сондықтан Q6, Q4 автоматты түрде қосылады, осылайша с.н. қорек беру секциясын қалпына келтіреді.

5.25, б суретте бір шина жүйесімен ТРҚ с.н. жұмыс және резерв бар трансформаторларын жалғау көрсетілген. .



25 сур. ЖЭО с.н. резервтеу сызбасы:

а — ГРУ шинасынан; б — байланыс трансформаторың жалатпасынан

Авария кезінде ТСН Q2, Q3 ажыратылады және РТ резервтік трансформаторынан қорек бере отырып, Q6, Q4 автоматты қосылады. Авария кезінде ГРУ шиналарында Q1, Q7 ажыратылады, содан кейін минималды кернеу қорғанысымен — Q3, содан кейін T1 байланыс және резервтік РТ трансформаторы арқылы ВН шинасынан с.н. қорек беруін қалпына келтіре отырып, Q6, Q4 автоматты қосылады.

Әдетте ТРҚ бір секциясына бір трансформатор с. н. немесе бір с. н. реактивтік желі жалғанады. Бұл жағдайда резервтік көз қуаты кез келген жұмыс көзінен кем болмауы тиіс.

Егер бір ТРҚ секциясына екі с.н. жұмыс көзі жалғаған болса, онда резервтік трансформатор немесе резервтік желілер қуаты ең қуатты жұмыс көзінен 50% таңдалады.

Блокты ЖЭО резервтік трансформатор ірі жұмыс көзін ауыстыруды және бір мезгілде іске қосуды немесе бір турбинаның немесе қазанның авариялық тоқтауын қамтамасыз етуге тиіс. Егер блоктарда генератор — трансформатор орнатылған болса, онда резервтік трансформатор жұмыс қуатпен таңдалады. Резервтік трансформатордың қуаты өздігінен іске қосылу шартыбойынша тексеріледі.

Блоктық емес ЖЭО (жұп бойынша көлденең байланыстармен) арналған 6 кВ бір резервтік трансформатор әрбір алты жұмыс трансформаторларына немесе желілеріне таңдалады. Блокты ЖЭО резервтік трансформаторлар саны КЭС сияқты таңдалады.

0,4 кВ с.н. қоректендіру сызбасы КЭС сияқты қағидаты бойынша жасалады. 0,4 кВ с.н.ТЭЦ қуатын с.н. жалпы қуатының 15% тең қабылдауға болады

## 5.10 АЭС жеке мұқтаждықтарды электрмен жабдықтау сызбалары

АЭС с. н. электрмен жабдықтау сызбалары, КЭС және ЖЭО сияқты электр энергиясын өндірудің технологиялық циклмен тығыз байланыста болады, сондықтан сызбаларды зерделемес бұрын, РБМК және ВВЭР реакторлары АЭС технологиялық сызбаларын еске алу қажет.

#### **5.10.1 АЭС жеке мұқтаждықтарын тұтынушылар сызбалары**

Қалыпты жұмыс, іске қосу, тоқтату, реакторлық қондырғылар авариялық салақсу АЭС көптеген механизмдермен қамтамасыз етіледі.

Электрмен жабдықтау сенімділігінің с.н. тұтынушылар талаптарын қарай [5.3] АЭС үш топқа бөлінеді.

**Бірінші топ** - электрмен жабдықтаудың жоғары сенімділігін талап ететін, барлық режимдерде, с.н жұмыс және резервтік трансформаторлардан ауыспалы тоқ кернеуі толығымен жоғалу режимін қоса алғанда, артық секундқа да қорек беру үзілісіне жол бермейтін және реактордың авариялық қорғанысы (АЗ) іске қосылғаннан кейін міндетті қорек беруді талап ететін тұтынушылар. Осы топқа мыналар жатады: бақылау-өлшеу аспаптары мен реакторды қорғау автоматикасы; реактордың және оның жүйелерінің технологиялық бақылау құралдары; БРУ-А, БРУ-К; Иондаушы сәулелерінің кейбір жүйесі; үзіліске жол бермейтін 220 В тұрақты тоқ тұтынушылары; авариялық жағдайда авариялық және шектеу жүйелерін ауыстыруды қамтамасыз ететін арматурадан қиылған тез әрекет ететін қақпақшаларының жетегі; авариялық жарықтандыру бөлігі; авариялық май сорғы турбоагрегаттары және генератордың білігін тығыздағышы; кіші инерция массасы бар сальниксіз ГЦН; берілген жағдайда басқару өзегін ұстап тұратын 2 с ішінде АЗ реактордың іске қосылуын болдырмау үшін кепілді қоректендіру қажет ететін, бірақ АЗ реакторы іске қосылғаннан кейін қоректі талап етпейтін СУЗ жетектерінің электромагниттері.

**Екінші топ** - электрмен жабдықтаудың жоғары сенімділігін талап ететін авариялық селқос болу шарттарымен анықталатын уақытқа қорек беру үзілісіне рұқсат беретін (ондаған секундтан ондаған минут дейін), және АЗ реактордың іске қосылғаннан кейін міндетті қорек беруді талап ететін тұтынушылар.

Осы топқа мыналар жатады: реактордың селқос қылу тетіктері және әр түрлі режимдерде аварияны оқшаулау, барынша жобалық (ПАҚ) апатты қоса алғанда; авариялық селқос қылу жүйесінің сорғылары САОЗ және авариялық тоқтату САОР жүйелері, спринклер сорғылары, борды реттеу сорғылары; авариялық қоректік сорғылар; өртке қарсы сорғылар; АЭС тоқсызданғанда негізгі жабдықтың сақталуын қамтамасыз ететін тетіктер; турбиналар май сорғылары және генератордың білігін тығыздағышы; биологиялық және технологиялық жүйесін иондаушы сәулелендіру; бірінші және екінші БН натрий контурлары реакторлардың жетекті қозғалтқыштары.

**Үшінші топ**— электрмен жабдықтаудың жоғары сенімділігін талап етпейтін, резервті автоматты кіріс уақытында қорек беру үзілістеріне жол бертін және реактордың авариялық қорғанысы (АЗ) іске қосылғаннан кейін міндетті қорек беруді талап етпейтін тұтынушылар. Бұл с.н ТЭС электрмен жабдықтау сенімділігіне қойылатын талаптарын ұсынатын тұтынушылар Осындай (ЭЖЕ бойынша I категория тұтынушылары).

Осы топқа мыналар жатады: үлкен инерция массасы бар ГЦН; конденсат, циркуляциялық және желілік сорғылар; жауапты емес тұлғалардың техникалық су сорғылары; сорғыту сорғылар және басқа да тұтынушылар.



Қалыпты пайдалану режимінде тұтынушылар үшін с. н. АЭС бірінші, екінші және үшінші топтарға жұмыс трансформаторларынан с.н., ал оларды ажырату кезінде – энергиялық желімен байланысты (РТСН) с.н. резервтік трансформаторларынан қоректендіруді қарастырады.

АЭС с.н. тұтынушылар қорегінің сызбасы қалыпты пайдалануда КЭС с.н. сияқты қағидалар бойынша жасалған.

Бірінші және екінші топ тұтынушылары үшін авариялық режимде энергия жүйесінің желісімен байланысты емес арнайы автономдық көздерден электрмен жабдықтау қарастырылады, олар МПА кезінде осы тұтынушылар қорегімен және с.н. электрмен жабдықтаудың негізгі көздерін тоқсыздандырумен қамтамасыз етуі керек

АЭС жеке мұқтаждықтарды қоректендірудің апаттық көздері ретінде мыналар қарастырылады: автоматтандырылған дизел - генераторлар, газ-турбиналық қондырғылар; аккумуляторлық батареялар; статикалық түрлендіргіштері бар аккумуляторлық батареялар; қайтымды қозғалтқыш генераторлар.

Бірінші және екінші топ тұтынушылары үшін АЭС арнайы желілер және сенімді қорек беру агрегаттары құрылады.

#### **5.10.2 АЭС дұрыс пайдалануда с.н. тұтынушыларын электрмен жабдықтау сызбалары**

Электрмен жабдықтаудың жоғары сенімділігін талап етпейтін АЭС с.н. үшінші топ тұтынушылары генератор — трансформатор энергия блоктарына жалатпамен жалғанған жеке мұқтаждықтар трансформаторынан қорек алады.

Жұмыс ТСН жалғау орны 5.5.2 тараушығында қарастырылған.

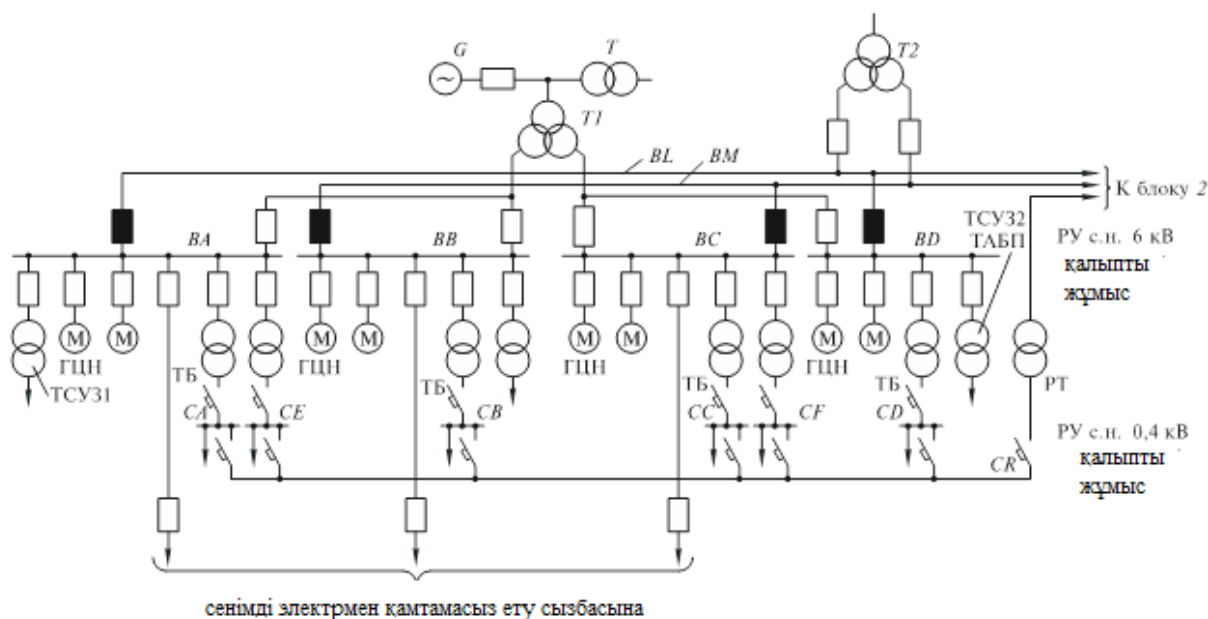
С.н. тұтынушылардың негізгі кернеулері 6 және 0,4 кВ болып табылады, оның 10 және 0,66 кВ аса жоғары кернеуіне ауысу болашағы бар. КЭС сияқты с.н. тарату құрылғылары бір секцияланған шиналар жүйесімен орындалады. 6 (10) кВ секциялар саны дұрыс пайдалану кезінде бірінші контур ГЦН санына, бір уақытта ажыратылатын ГЦН ұйғарынды санына (ААЗ реакторын іске қоспай), сонымен қатар орнатылатын жұмыс ТСН саны мен қуатына байланысты таңдалады [5.3]. Негізінен бір секцияға энергия блоктағы алты ГЦН кезінде екі ГЦН артық емес және төрт ГЦН кезінде бір ГЦН артық емес және энергия блогына кем жалғануы керек. Секцияның жалпы саны бір реакторға екіден аспау керек. Әр секцияға жұмыс және резервтік қорек беру көздерінен кіріс қарастырылады.

Жұмыс трансформаторларының қуаты с.н. жеке орамдарды асыра жүктемей барлық жалғанған с. н. жүктеме бойынша таңдалады. Егер жалғаған механизмдердің нақты тізімі белгісіз болса, онда қуат (5.18) формуласы бойынша с.н. максималды шығынын және сұраныс коэффициентін ескерумен таңдалады (5.1 кестені қар.).

5.26 суретте бір АЭС блогының ВВЭР немесе РБМК үлкен инерциясы массасына ие ГЦН бірге реакторымен с.н. үшінші топ тұтынушыларын электрмен жабдықтау сызбасы көрсетілген. 6 кВ секция саны дұрыс пайдалануда - төрт (ГЦН саны бойынша): ВА, ВВ, ВС, ВД. Бұл секцияларға электр қозғалтқыштар қосылады: ГЦН, конденсат және циркуляциялық сорғылар турбиналары, желілік, сорғыту сорғылары, сәйкес келмеген тұтынушылардың техникалық су сорғылары, 6 /0,4 кВ трансформаторлар және сенімді қорек беру желілері.

Әр жұмыс секциясының резервтік магистралдан 6 кВ ВЛ немесе ВМ кірісі болады (КЭС сызбаларына ұқсайды). Т2 с.н. резервтік трансформатор жоғары кернеудің ішінен төмен

РУ жинақ шиналарына, желілік қосалқы станцияларына және басқа электр станцияларына, байланыс автотрансформаторының үшінші кернеу орамына жалғанады (5.5.3 тараушығын қар.).



Сурет. 5.26. Тұтынушыларға электрмен жабдықтау схемасы ВВЭР реакторлары бар немесе бір АЭС-тің үшінші тобы РБМК (үлкен инерциялық массасы бар МСР)

Резервтік трансформаторлар с.н. саны [5.3] келесілермен қабылданады:

Генератор ажыратқыштар болмаған кезде: бірінші - генераторы - трансформатор блогының екіге дейін саны кезде; екінші - алтыға дейінгі блоктар саны кезінде; екі біріктірілген және бір ауысуға дайын - жеті және одан да көп блоктар саны кезінде;

Генератор ажыратқыштар болған кезде: біреуі – блоктардың саны екіге жеткенде; Дайын бір қосылған және бір дәнекерлеуге дайын - үш және одан да көп блоктар саны кезінде.

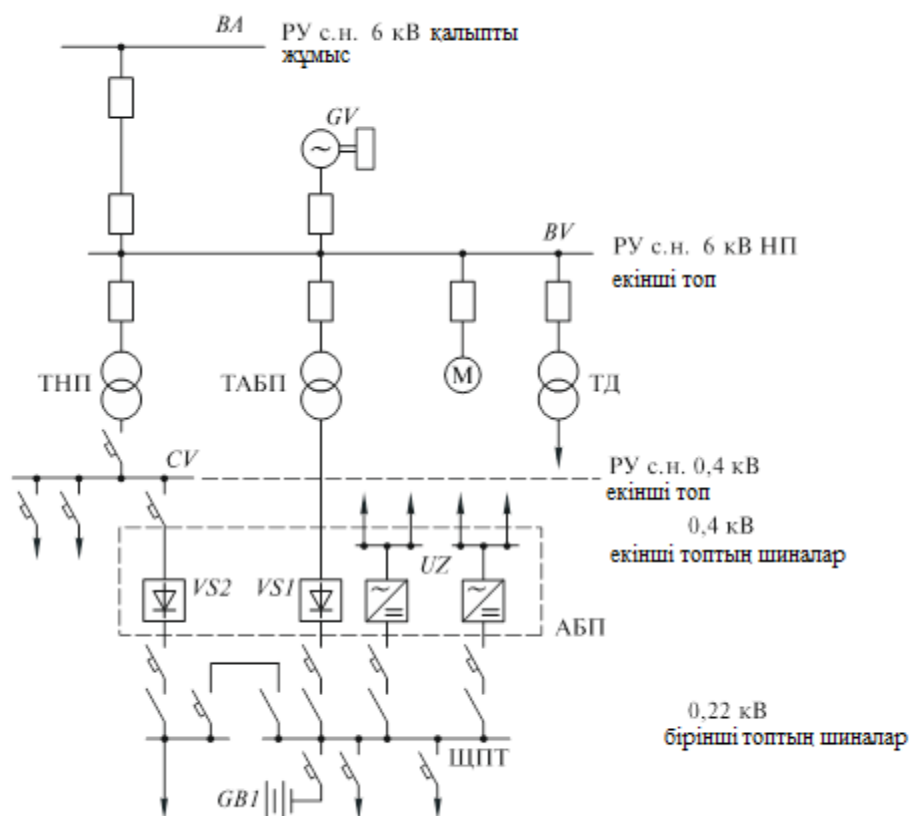
Резервтік трансформаторлардың көп саны 1500-2000 МВт мықты реакторлық блоктарда орнатылуы мүмкін техникалық-экономикалық есеппен негізделуге тиіс. Резервтік қоректендіру магистралдары әр екі-үш блок сайын секцияланады. Резервтік трансформаторлар с.н. жиынтық қуаты генератор — трансформатор бір блогының жұмыс трансформаторын ауыстыруды және реактор блогын бір уақытта іске қосу және тоқтатуды қамтамасыз етуі тиіс. Генераторлық ажыратқыштар болған кезде резервтік трансформатордың с. н қуаты. реактор блогын тоқтатумен қамтамасыз етуі тиіс.

0.4 кВ үшінші топтағы тұтынушылар ТБ блокты трансформаторларынан қорек алады (5.26. суретті қар.), 6/0.4 кВ трансформаторлар алады, сондай-ақ біріккен қосалқы корпусының 6/0,4 кВ трансформаторларынан, азот оттегі станциясынан, компрессорлық станциядан, жөндеу цехынан, химиялық тазалаудан және т.б. қорек алады. Бұдан басқа, қойма резерв көзделеді.

АЭС дұрыс пайдалануда с. н. электрмен жабдықтау сызбасы тез нейтрондарда реакторымен дәл осындай принцип бойынша құрылады; айырмашылығы ГЦН бірінші және екінші контурларды сенімді қорек беру секцияларына жалғау қажеттілігі болып табылады.

### 5.10.3 ВВЭР реакторымен АЭС жеке мұқтаждықтарын сенімді қорек беру сызбалары

Электрмен жабдықтаудың жоғары сенімділігін талап ететін тұтынушылар арасында (1 және 2 топ) қуаты 200 кВт асатын электр қозғалтқыштары бар, олар 6 кВ кернеуі кезінде қорек алу керек. Қуаты аз электр қозғалтқыштары 0,4/0,23 кВ ауыспалы тоқ желілерін жалғанады. Басқару, қорғау, бақылау тізбектері 220, 110, 48, 24 В тұрақты тоғымен қорек алады.



Сурет. 5.27. Тұтынушылардың сенімді электрмен жабдықтау сызбасы. САОЗ тобының бірінші және екінші топтары

Жоғарыда айтылғанға сәйкес с.н. электрмен жабдықтау сызбаларында 6 и 0,4 кВ сенімді қорек беру секциясы және тұрақты тоқ қалқандары (ЩПТ) қарастырылады. ВВЭР реакторы бар АЭС технологиялық бөлігінде тәуелсіз апаттық селқос болу жүйесі қарастырылады (САОЗ). Апаттық селқос болу тәуелсіздігі тек технологиялық бөлікте ғана емес, сонымен қатар САОЗ электрмен жабдықтау және оларды басқару бөліктерінде сақталады, ол үшін с. н. қорек беру сызбасында САОЗ тұтынушыларға сенімді қорек берудің үш автономды жүйесі қарастырылған.

5.27 суретте бірінші және екінші топ с.н. тұтынушыларын САОЗ сенімді қорек берудің үш жүйесінің біреуі көрсетілген.

**Екінші топ тұтынушыларының 6 кВ** кернеуімен қорек алу екі ажыратқыш арқылы ВА дұрыс пайдалану с.н. секциясына жалғанған BV сенімді қорек беру секциясымен орындалады. Егер кернеу жоғалып кетсе немесе бірінші контурда немесе екінші контурдың бу өткізгіші үзіндісінде «үлкен» немесе «кіші» ағысты сипаттайтын технологиялық параметр бойынша сигнал пайда болса, қорек автоматты түрде BV секциясына жалғанған GV дизель-генераторына беріле бастайды. BV және ВА

арасындағы екі ажыратқыш 6 кВ зақымдалған және тоғы жоқ жұмыс секциясынан тіпті бір ажыратқыш істен шыққан кезде де сенімді ажыратумен қамтамасыз етуі керек.

6 кВ (BV) сенімді қорек беру секциясына мыналар жалғанған: жауапты тұтынушылардың техникалық су сорғыларының, дұрыс толықтыру және бор реттеудің, спринклер, дренаж бактарының электр қозғалтқыштары; өртке қарсы, апаттық құнарлы сорғы, жоғары және төменгі қысымды авариялық толықтырылған сорғылар (1.9 суретті қар.); с.н. дизел (CY), үздіксіз қоректендіру (ТАБП) агрегаттың, сенімді (ТНП) қорек берудің трансформаторлары. Дизель-генераторды НП секциясына қосу 6 кВ блок секцияларындағы АВР үлкен уақытымен уақытпен орындалады. Дизель-генераторлар «ыстық» резерв режимінде болады және автоматты іске қосуға және 15 сек кейін жүктемені қабылдауға дайын болады. Жүктемелер жинағы дизель-генератор жұмысының жағдайына байланысты автоматты сатылармен орындалады.

Авариялық селқос болудың барлық механизмдерін бір уақытта іске қосу үшін аса мықты автономдық көздерді немесе дизель-генератордың жиілік іске қосуын қолдану керек. Қазіргі кезде газ турбиналы қондырғылар қолданыстарын табуда.

6 кВ сенімді қорек берудің үш секциясы мен үш дизель-генератор арасында өзара резервтеу қарастырылмайды. Әр секция жалғанған дизель-генератордың қуаты бойынша (немесе басқа автономдық көздері) және механизмдер құрамы бойынша кез келген авария түрінде МПА тоқсыздандыруды қоса алғанда, авариялық селқос болуды қамтамасыз етуі керек.

**Екінші топ 0,4 кВ тұтынушылары үшін** ТНП трансформаторынан қорек алатын CV секциясы қарастырылған. Мұндай трансформаторлар және секциялар — үшеу (қауіпсіздіктің жүйесінің саны бойынша).

**0,4 кВ ауыспалы ток бірінші топ тұтынушылары** қоректі АБП үздіксіз қорек беру агрегатынан алады. Бірінші топ 0,4 кВ секциялары ТКЕО түріндегі тиристорлы коммутациялық құрылғысы бар шкафтардан (4.5 тараушығын қар.) тұрады және тұрақты ток қалқанына жалғанған тұрақты токты UZ ауыспалыға түрлендіретін автономды инверторларынан қорек алады. Қалқан қоректі VS1 тегістегішінен алады, ал кернеу жоғалған кезде - «буфер» режимінде жұмыс істейтін GB1 аккумулятор батареясынан алады. VS2 тегістегіші аккумулятор батареясын қалыпты режимде үнемі зарядтап отыру үшін қызмет етеді.

**Бірінші топтағы САОЗ тұрақты ток тұтынушылары** тұрақты ток қалқанына қосылады. GB1 аккумулятор батареясы осы қауіпсіздік жүйесін тұтынушылармен толық жүктемесіне есептелген және басқа батареялармен байланысты емес; ол қысқа уақытқа ғана разряд үшін тек дизель-генератор іске қосылған сәтіне дейін жұмыс істейді. Бұл батарея терең разрядқа ұшырамайды, сондықтан ол үшін элементтік коммутатор көзделмейді.

5.27 суретінде қарастырылған сызба АЭС с. н. керек, жалпы электрмен жабдықтау сызбасында 3 рет қайталанатын (технологиялық қауіпсіздік жүйелерінің саны бойынша).

**0,4 кВ жалпы блоктық бірінші топтағы** тұтынушылар (ақпараттық-есептеу кешені, тұтынушылардың жедел тізбектерін қоректендіру, турбоагрегат май сорғылары және т.б.) өзінің АБП - өзінің бір реакторлық блогынан қорек алады. 0.4 кВ жүктемесін қоректендіру принципі 5.27 суретіндегі сызбамен бірдей. Жалпы блоктық аккумулятор батареясы авариялық режимде 30 минут ішінде разряд жұмысына есептеледі. Бұл батарея коммутатор элементімен жабдыкталады және оның екінші реактор блогының жалпы блоктық батареясымен байланысы бар.

Күш тұтынушылар 6/0.4 кВ күш беретін трансформаторлардың өзара резерв жасаушы екі айдан қалыпты режимде қуат алады. Аккумуляторлық батареяны арналған кернеу төмендеген кезде Ж-ны ауыстырып қосып жататын жетектері керек (5.28.).

**СУЗ құрылымы үш бөлікке бөлу және аппаратура нейтрон ағынының (АКНП) әрбір бақылау жүйесін көздейді: біреуі - қорғау ескертетін сигнал қалыптастыру, екі АЗ жиынтығы. Осыған сәйкес әрбір бөлігінің шегінде қоректенуі үш желілері бойынша қабылданады:**

Бірінші бағыт тиристорлық АВР мен шиналарды алыпты пайдалану арқылы бір айдан жүйелік АБП 0.4 кВ инверторды қуат алады;

Екінші топтағы тиристорлық АВР мен шиналарды жүйелік АБП екінші инверторды жылғы 0.4 кВ екінші желі арқылы қуат алады;

Үшінші жол – тиристорлық АВР арқылы АБП инверторды әрқайсысынан жүйелеу.

5.28. суретте бірінші топқа жататын басқару және бақылау тізбектерін СУЗ қосылу желілерін қоректендіру көрсетілген. Бұл тұтынушылар инверторлық UZ1 түрлендіргіш арқылы VS тегістегіш құрылғысынан (әдеттегі режим) немесе GB аккумуляторлық батареясынан қуат алады (апаттық режимі - шиналарындағы кернеудің жоғалуы с.н.).

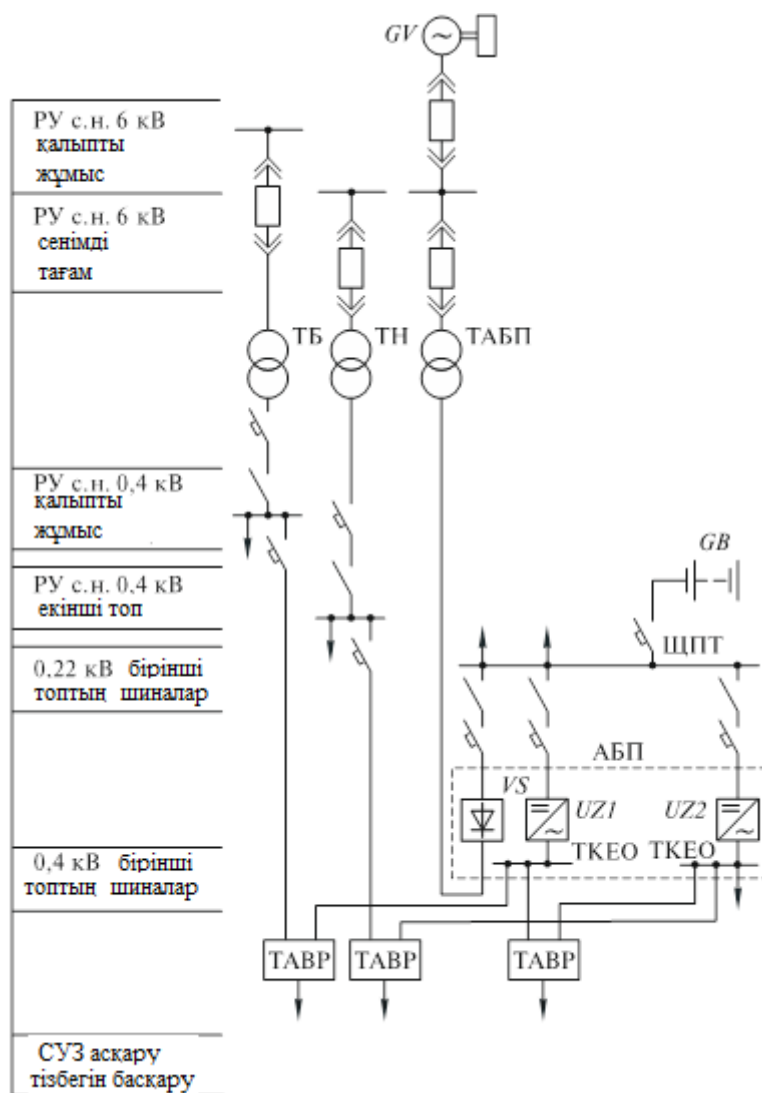
Тиристор жылдамыға тиристора олқылықтар болған кезде автоматты қосу көмегімен UZ1 тамақтануға арналған түзу тиристор UZ2 ТАВР ауыстырылады.

Тұрақты ток шиналарындағы кернеу жоғалған олқылықтар болған кезде, қорек алуға арналған 0,4 кВ шиналары сенімді қоректендіруді пайдалану немесе қарсылық білдіруді қабылдамай ауыстырады. Тавр іске қосылу уақыты 20 мс.

Қоректендіру жүктемесін қалпына келтіру кезінде автоматты түрде UZ1 ауыстырылады.

Авариялық режимде аккумуляторлық батареяның 210 В дефін разряды кезінде дизель-генераторынан автоматты түрде резервтік қорек беру қосылады, олар 6 кВ Шиналарға тиісінше қосылады.

**Схема қабылданған көп мәрте СУЗ резервтеу сенімді басқару және бақылау тізбектерін қорек берумен қамтамасыз етеді.**



Сурет. 5.28. Басқару жүйелерінің тізбектерін бақылау және бақылау үшін қоректендіру схемасы  
СУЗ логикалық бөлімі тұтынушыларға авариялық қуат беру үшін әр түрлі жекелеген номиналды кернеудің аккумуляторлық батареялары көзделеді.

Осы іс-шаралар СУЗ кез келген авариялық режимдердің сенімді жұмысын қамтамасыз етеді.

Таратушы құрылғылар тұрақты тогының ТҚ аумағында ішкі қоректендіру үшін жоғары кернеу тұтынушылардың жедел аккумуляторлық батареялар белгіленеді.

### 5.11 ГЭС жеке мұқтаждықтарын электрмен жабдықтау сызбалары

СЭС энергиясын алу технологиялық процесі жылу және атом электр станцияларына қарағанда оңай, сондықтан арналған тетіктердің едәуір аз санын с.н. талап етеді.

С.Н. жүктемелерін санау агрегаттарының қуатына ғана байланысты болмайды, себебі осы жүктемелер мен белгіленген үлгідегі әр жоба үшін нақты жүргізіледі, бірақ электр станциясы түрлеріне де байланысты болады (пилотты, деривациялы, суағар және т.б.).

Оқу жобасында СЭС бекітілген с.н. қуатын анықтау үшін 5.1. кесте деректерін пайдалануға болады.

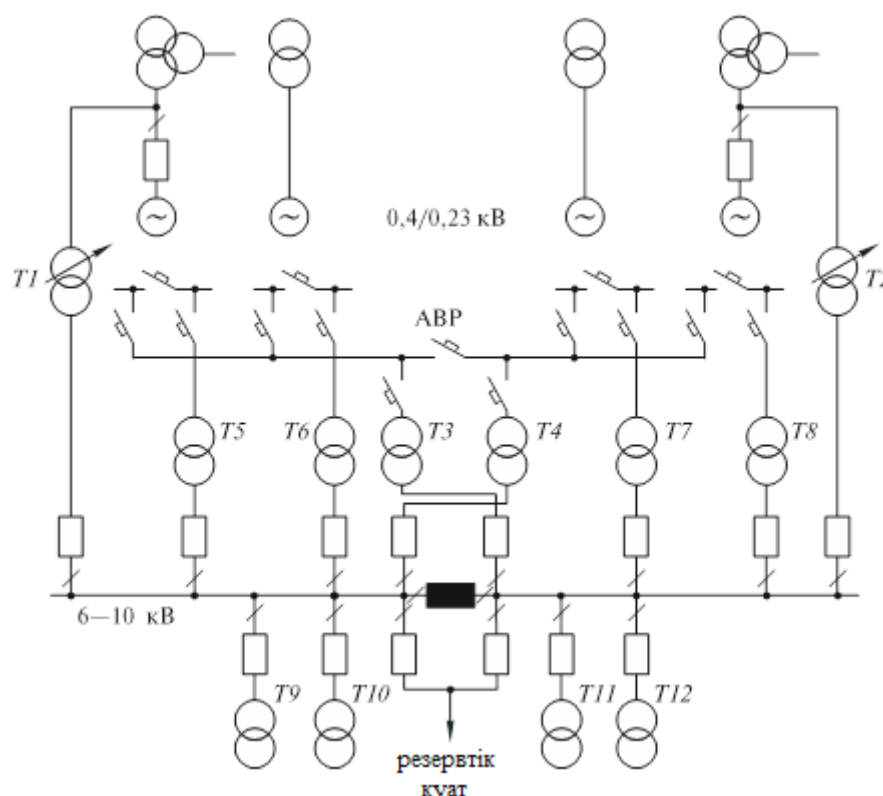
Жылу электр станцияларының электр энергиясын бөлу айырмашылығы жоқ, сондықтан СЭС арналған 6 кВ кернеуде электр қозғалтқыштары 0.4/0.23 кВ кернеуімен жүзеге асырылады. Қоректендіру с.н. [5.4] қосылған кезде мынандай трансформаторлар жүргізіледі: генераторлық кернеуінің тарапынан тоқ өткізгіш генераторы - трансформатор ажыратқышы жоқ; шиналардың генераторлық кернеуі; автотрансформатор қорытындыларына байланысты; жергілікті қосалқы станциялар.

220 кВ және одан да көп ТҚ қарай тиісінше қосылған жекелеген трансформаторлар орнату орынды.

Тұтынушылар с.н. СЭС (ММБ салқындатуға суды сору турбина қақпақтары, май сорғылары басты трансформаторлар және т.б бар.) және жалпы станциялық статистикалық бөлінеді (сорғылар техникалық сумен жабдықтау, суды сору сорғыштар, жылыту, жарықтандыру, дренажды құбырларды ішінен сіңіріп алатын сорғылар мен өрт, желдету, жүк көтергіш механизмдер және т.б.).

Осы тұтынушылар бөлігі жауапты болып табылады (ММБ май сорғылары арынды құбырларды жабу тетіктері, өрт сөндіру жүйесі, сумен жабдықтау, май салқындатқыштар кейбір трансформаторлардың, қақпақтардың). Электрмен жабдықтау бұзу осы тұтынушыларға с.н. Гидро агрегатты бұзылуына әкеп соғуы мүмкін, электр қуатын шығару, гидротехникалық құрылыстардың зақымдануына, төмендетуге немесе ажырату. Мұндай тұтынушылар екі айдан сенімді тәуелсіз дерек көздерінің қорекпен қамтамасыз етілуге тиіс.

5.29 суретінде с.н. қуатты ГЭС-і мысал келтірілген. Статистикалық с.н. кезде жеке секциялары 0.4/0.23 тоқ қоректеніп жатыр. Тұтынушылардың бөлігі жалпы станциялық с. н. айтарлықтай жойылуы мүмкін, сондықтан одан да жоғары кернеуде электр энергиясын таратуға жылғы ғимараттар ГЭС қажеттілігі туындайды (3.6 немесе 10 кВ). Бұл жағдайда басты с.н. 77, T2 және статистикалық 75 78 трансформаторлар көзделеді. T12 – T19 трансформаторлар жалпы станциялық жүктемені қоректендіру үшін қызмет етеді



## 5.29 сур. Мықты СЭС с.н. жалпы қоректендіру трансформаторларымен қоректендіру сызбалары

6 кВ СЭС қосалқы құрылысын қоректендіру секциялары жасалғаннан кейін қалған жергілікті сақтық кезінде жүзеге асырылады. Статистикалық с.н. резервте қалдыру кезінде Т3, Т4 резервтік трансформаторлармен жүзеге асырылады. С.Н., ажырату секциялары рет төсем с.н. қосылатын жүктемеге жауапты тұтынушылар гидроагрегатты ажыратылуына немесе азайтуға әкеп соғуы мүмкін.

Статистикалық с.н. трансформаторлар қуаты жиынтық жүктеме бойынша таңдалады. Басты трансформаторлар (Т1, Т2) өзара резервтеу және оларды авариялық мүмкіндігімен қайта тиеу ескере отырып таңдалады.

Статистикалық және қолдану кезінде жеке қуатын табады және айтарлықтай үлкен агрегаттар ішінде бөлек қоректендірудің жалпы станциялық сызбасы қамтылған. 0.4 кВ трансформаторлар энергия блогына қорек берілген кезде жалатпамен жеке статистикалық жинау алады. Трансформаторлар арасындағы байланыс кезінде с.н. ТҚ 6-10 кВ қосылған оларды резервтеу жүзеге асырылады, ол жылғы автотрансформаторлардың ІЖҚ ішкі қуат алады.

### 5.12. Қосалқы станция жеке мұқтаждықтарын электрмен жабдықтау сызбалары

Тұтынушылардың құрамы с.н. қосалқы электр жабдығын қосалқы станция, қуатын трансформаторлардың, синхрондық компенсаторлардың арнайы түр түрі болған. Тұтынушылардың ең аз саны с.н. жеңілдетілген схемалар бойынша орындалған жоқ қосалқы станциялардағы синхрондық компенсаторлардың тұрақты кезекшілік жоқ. Бұл трансформаторлар электр қозғалтқыштар жетектері, жылыту QR және үрлеу QN, шкафтар КРУН, сондай-ақ жарық беру қосалқы станциялар.

Қосалқы станцияларда қосымша болып табылады (ВВБ ВНВ, ажыратқыштар үшін), ал жедел болуы тиіс - оқ-дәрі және Тұрақты сығымдағыш қондырғылар ажыратқыштармен бастап ішкі бойынша кезінде заряд агрегаттары. Синхронды компенсаторларды майлау, сор GC салқындату жүйесіне мойынтіректер орнату кезінде олардың тетіктері қажет.

Ең жауапты тұтынушылар с. н. қосалқы станциялардың жедел тізбектері, телемеханика, байланыс жүйесі болып табылады, салқындату жүйесі, авариялық жарықтандыру, өрт сөндіру жүйесі, трансформаторлар мен GC электр қабылдағыштар компрессорлық болып табылады.

Тұтынушылардың қуаты. н. Осы жылғы төмендеткіш трансформаторлар, ол үлкен емес, сондықтан олар 380/220 желісіне қосылатын қуат алады.

Бар трансформаторлар қуаты. н. жүктемелер бойынша таңдалады. н. тиеу және бір уақыттағы коэффициенттерді ескере отырып, бұл ретте жүктеменің жүктеме кезеңі, сондай-ақ қосалқы станциясында жөндеу жұмыстарын жазғы және қысқы бөлек есептеледі [5.2].

$$S_{расч} = k_c \sqrt{P_{уст}^2 + Q_{уст}^2} \quad (5.19)$$



мұнда  $k_c$  — бір уақтылық және жүктеме коэффициенттерін есептейтін сұраныс коэффициенті. Шамалас есептерде  $k_c = 0,8$  қабылдауға болады.

Трансформаторлардың қуаты с.н. таңдайды: Екі кезінде трансформаторлар с. н. Бір кезде де жоқ қосалқы станциясында тұрақты кезекшілік трансформаторға с. Н

$$S_T \geq S_{расч}; \quad (5.20)$$

Екі кезінде трансформаторлар с.н. тұрақты кезекшілік атқаратын қосалқы станциясында

$$S_T \geq \frac{S_{расч}}{k_{III}}, \quad (5.21)$$

мұнда — ұйғарынды авариялық жүктеме коэффициенті, оны 1,4 тең деп алуға болады; егер с.н. трансформаторлар саны екіден көп болса, онда

$$S_T \geq \frac{S_{расч}}{n}. \quad (5.22)$$

Әрбір трансформатордың с.н. шекті қуаты 110-220 кВ ҚС 630 кВ трансформаторлар үшін артық болмауға тиіс техникалық-экономикалық негіздемеде кезінде кВ а  $I_{к} = 8 \% 1000$  А. кезінде қолдануға жол беріледі.

1000 үшін шекті кіші станциялардың қуаты 330 кВ және одан жоғары ТСН аспайтын кВ а. ҚС кемінде екі бар трансформаторлар барлық анықтау қажет. н.

ҚС қорек беру үшін екінші однотрансформаторных трансформатордың с. н. жергілікті желілерін бас жүзеге асырылады.

ҚС екі трансформаторға арналған бастапқы кезеңінде қоюға рұқсат етіледі, бұл ретте екінші ТСН және іске қосу схемасына бір трансформатормен олардың жұмыстарының бір жұмысын ТСН ҚС құрастырған тиіс [5.2].

Жедел тізбектердің қосалқы станциялардың ауыспалы және тұрақты ток қоректендіру үшін қолданылуы мүмкін.

330 - 750 кВ қосалқы жедел ток тұрақты барлық қолданылады; 220 кВ қосалқы станцияларда 110 - 220 кВ - 110 немесе майлы ажыратқыштарды саны үш және одан да көп; 110 - 220 кВ қосалқы станцияларда - әуе ажыратқыштармен.

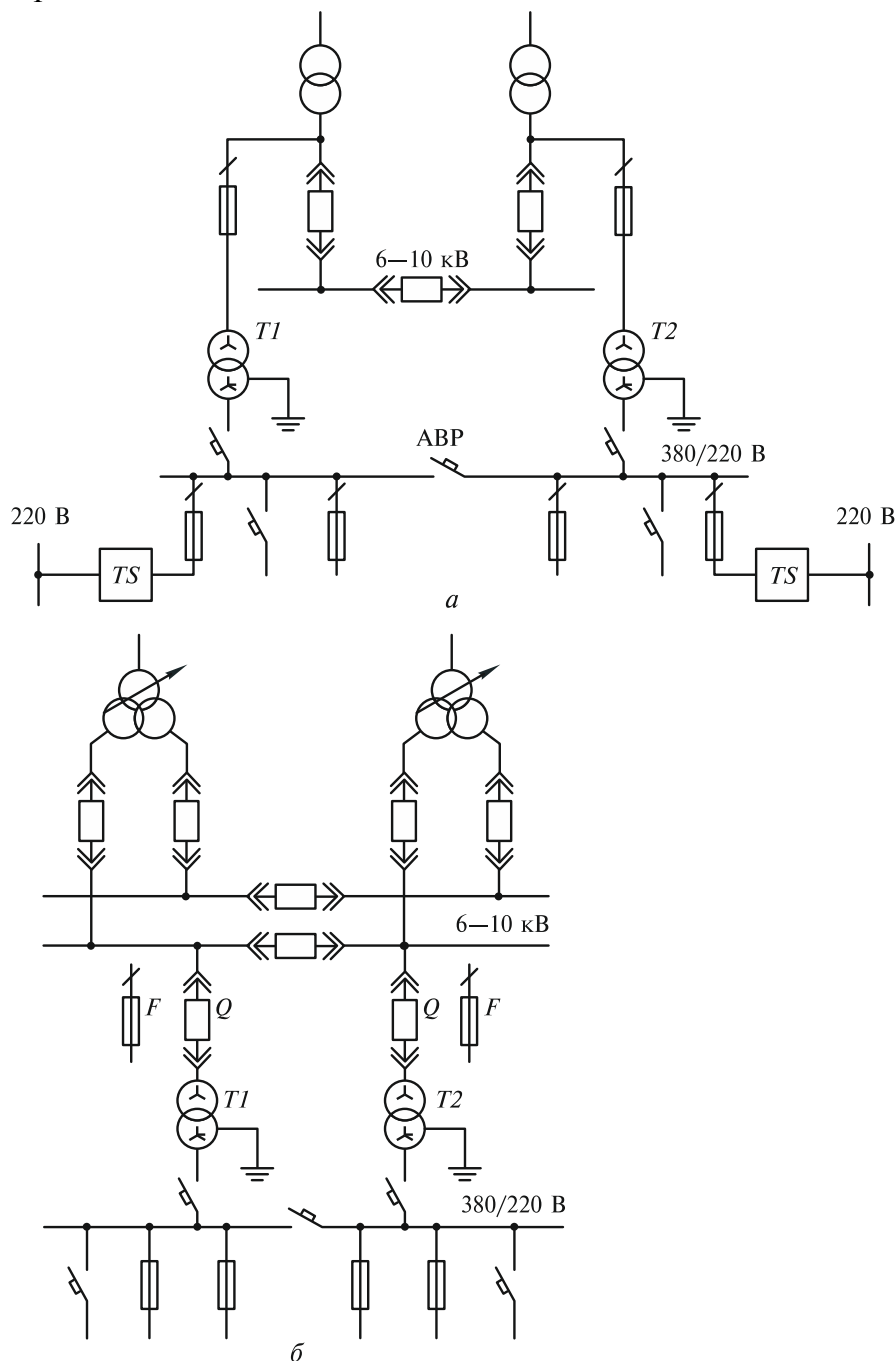
Айнымалы ток 35 - 220 кВ ажыратқыштар жоқ қосалқы станцияларда қолданылады. 110 кВ жедел ток қосалқы станцияларда бірімен немесе екеуімен тегістегіш ажыратқыштармен қолданылуы мүмкін .

Оперативті ауыспалы тоғы бар бар қосалқы станцияларда трансформаторлар Т1, Т2 с.н. басты трансформаторлар кірісіне дәнекерлеумен жалғанады (5.30, ал). Бұл 6-10 кВ шиналарында кернеуді толық жоғалту кезінде 6-10 кВ ажыратқыштарды басқару мүмкіндігі үшін қажет.

0.4 кВ шиналары секцияланады. Ауыспалы ток шиналары қоректендіру 220 В кернеуімен жедел тізбектерде кезінде өздігінен тұрақтандырғыштар, TS шығу кезіндегі арқылы жүзеге асырылады.

Жедел тұрақты тогы бар қосалқы станцияларда трансформаторлар с.н. 6 - 35 кВ шиналарға Т2, Т1 жалғанады (5.30, б). ТҚ 6 - 35 кВ болмаса, онда трансформаторлар с.н. негізгі трансформаторлар орамына жалғанады.

**Мысал 5.1.** Байланыс орнатылған генератордың қуаты, егер өзге ТВФ 63  $\cos\varphi = 10.5$  кВ үш ЖЭО трансформатордың таңдау = 0.8. Генераторлық кернеуде  $R_{н\tau\alpha} = 65$  МВт, жүктеме



5.30 сур. Қосалқы станция қорегінің сызбасы:

а — оперативті ауыспалы тоғымен; б — — оперативті тұрақты тоғымен қуаты 50 МВт = 0.9  $\cos\varphi$  кВ ал  $r_{нтт} = 330$  кВ және одан жоғары, 1000, қосалқы станциялардың үшін шекті тсн аспайтын, ал қалған қуаты 110 кВ желісі бойынша энергия жүйесіне беріледі. Қабылдауға жеке мұқтаждарына шығыны 10%.

Шешім. Жүктеме бойынша қамтамасыз етіледі, сондықтан 5.2, а суретте құрылымдық схема: 10 КВ генераторын белгілеп отырмыз. 10 КВ екі генератор тіркеледі, ал үшіншісі ТРҚ арқылы жаңа блогы жоғарылататын трансформатормен жалғасады  
Бір турбогенератор с.н. қуатының шығыны

$$P_{с.н} = \frac{P_{с.н}}{100} P_{уст} = \frac{10}{100} 63 = 6,3 \text{ МВт};$$

$$Q_{с.н} = P_{с.н} \operatorname{tg} \varphi = 6,3 \cdot 0,75 = 4,725 \text{ Мвар.}$$

Генератордың реактивті қуаты

$$Q_{г} = P_{г} \operatorname{tg} \varphi = 63 \cdot 0,75 = 47,25 \text{ Мвар.}_{ар.}$$

10 кВ реактивті жүктеме

$$Q_{и \max} = 65 \cdot 0,62 = 40,3 \text{ Мвар};$$

$$Q_{и \min} = 50 \cdot 0,62 = 31 \text{ Мвар.}$$

Байланыс трансформатордың есеп жүктемесін 10 кВ минималды жүктеме режимінде (5.1) формула бойынша анықталады:

$$S_{1расч} = \sqrt{(2 \cdot 63 - 50 - 2 \cdot 6,3)^2 + (2 \cdot 47,25 - 31 - 2 \cdot 4,725)^2} = 104,7 \text{ МВ} \cdot \text{А.}$$

Максималды жүктеме режимінде:

$$S_{2расч} = \sqrt{(2 \cdot 63 - 65 - 2 \cdot 6,3)^2 + (2 \cdot 47,25 - 40,3 - 2 \cdot 4,725)^2} = 65,9 \text{ МВ} \cdot \text{А.}$$

Бір генераторды ажыратқан кезде авариялық режимде:

$$S_{3расч} = \sqrt{(63 - 65 - 6,3)^2 + (47,25 - 40,3 - 4,725)^2} = 8,59 \text{ МВ} \cdot \text{А.}$$

Бірінші минус таңбасы қосындыға білдіру түбір астындағы бағытын өзгерту авариялық режимде қуатын көрсетеді. Бір генератордың қуаты 110 КВ трансформаторы арқылы ажырату кезінде белсенді байланыс жетпейтін шиналар бастап беріледі.

Байланыс трансформаторының қуатын (5.2) формуласы бойынша есептейміз,

$$S_{расч \max} = S_{1расч} = 104,7 \text{ МВ} \cdot \text{А} \text{ ескере отырып, кпт} = 1,4 \text{ қабылдаймыз:}$$

$$S_{т} \geq \frac{S_{расч \max}}{k_{шт}} = \frac{104,7}{1,4} = 74,75 \text{ МВ} \cdot \text{А.}$$

бойынша екі трансформаторды қабылдаймыз. Блок тақтасын қуаты трансформатордың формуламен (5.4) - 80 МВ ал G3 үшін қабылдаймыз.

**Мысал, 5.2.** Қосалқы станциялар 220/110/35/10 кВ трансформаторлар қуаты тораптық таңдауға арналған. Есептік жүктеме:  $P_{110} = 114 \text{ МВт}$ ,  $\cos \varphi = 0.9$ ;  $P_{35} = 43 \text{ МВт}$ ,  $\cos \varphi = 0.8$ ;  $P_{10} = 27 \text{ МВт}$ ,  $\cos \varphi = 0.85$ .

Шешім. Кернеуі 110 және 35 кВ қосалқы станциясында екі орташа таңдаймыз керек, сондықтан бойынша құрылымдық схемасын 5.4,: Трансформатордың 110/10 кВ 110 және

35 кВ және 220 кВ екі автотрансформаторды ТҚ үшін белгіленген 10 кВ шиналармен бастап оған екі жүктемені қоректендіру керек (5.31.).

Реактивті жүктемені анықтаймыз:

$$Q_{10} = P_{10} \operatorname{tg} \varphi = 27 \cdot 0,62 = 16,74 \text{ Мвар};$$

$$Q_{35} = P_{35} \operatorname{tg} \varphi = 43 \cdot 0,75 = 32,25 \text{ Мвар};$$

$$Q_{110} = P_{110} \operatorname{tg} \varphi = 114 \cdot 0,484 = 55,18 \text{ Мвар}.$$

110/10 кВ трансформаторын таңдаймыз:

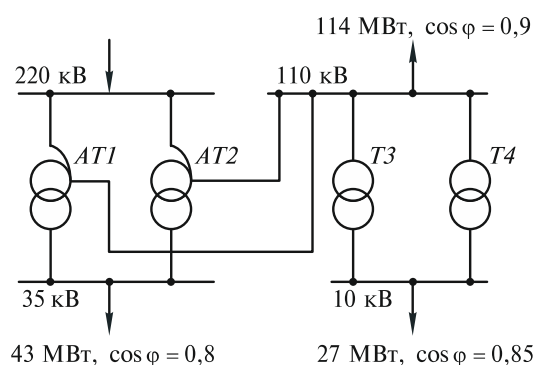
$$S_{10} = \sqrt{P_{10}^2 + Q_{10}^2} = \sqrt{27^2 + 16,74^2} = 31,76 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$S_{\text{ном}} \geq 0,7 S_{\text{max}} = 0,7 \cdot 31,76 = 22,23 \text{ МВ} \cdot \text{А}.$$

ТРДН-25000/110 екі трансформатор таңдаймыз.

220 кВ жағынан автотрансформатор жүктемесін анықтаймыз (Т3, Т4 шығынсыз):

$$\begin{aligned} S_{220} &= \sqrt{(P_{10} + P_{110} + P_{35})^2 + (Q_{10} + Q_{110} + Q_{35})^2} = \\ &= \sqrt{(27 + 114 + 43)^2 + (16,74 + 55,18 + 32,25)^2} = 211,44 \text{ МВ} \cdot \text{А}. \end{aligned}$$



5.31 сур. Қосалқы станцияның құрылымдық сызбасы (5.2 мысалына)

Автотрансформатор қуаты

$$S_{\text{ном}} \geq 0,7 S_{\text{max}} = 0,7 \cdot 211,44 = 148 \text{ МВ} \cdot \text{А}.$$

2хАТ-160000-230/121/38,5 таңдаймыз.

Автотрансформатор НН орам жүктемесін тексереміз

$$\begin{aligned} S_{\text{н}} &= \sqrt{43^2 + 32,25^2} = 53,75 \text{ МВ} \cdot \text{А} < S_{\text{тип}} = S_{\text{ном}} k_{\text{тип}} = \\ &= 160 \cdot 0,474 = 75,84 \text{ МВ} \cdot \text{А}. \end{aligned}$$

### Бақылау сұрақтары

1. Қуат беру сенімділігін тұрғысынан түрлі электр қабылдағыштар қалай бөлінеді?
2. ЖЭО 6-10 кВ ТРҚ секцияларының саны қалай таңдалады?
3. Бір секцияланған схемалар шиналар жүйесінің қолдану саласы қандай?
4. Қай элементтің зақымдалуында екі шина жүйелері бар сызбада барлық жалғаулардың электр қуатымен жабдықтауы бұзылуы мүмкін?

5. Қандай сызбада құрама шиналарды тұтынушылардың электрмен жабдықтауын бұзбай жөндеуге болады?
6. Қандай сызбада желілік ажыратқышты осы желі бойынша электрмен жабдықтауды бұзбай жөндеуге болады?
7. ЖЭО байланыс трансформаторлардың саны мен қуаты қалай таңдалады?
8. Секциялық, айналмалы, шина жалғағыш ажыратқыштардың мақсаты қандай?
9. Үшбұрыш, шаршы, төртбұрыш сызбаларын қолдану саласын атаңыз. Осы сызбалардың артықшылықтары мен кемшіліктері қандай?
10. Генератор - трансформатор блок сызбаларын генераторлық ажыратқышпен және онсыз блокты ажырату және оны жұмысқа қосу режимінде салыстырыңыз.
11. Іріленген сызбалар: бір трансформаторға екі генератор және одан да көп сызбалар қандай мақсатта қолданылады?
12. Жұмыс с.н. трансформаторларын ЖЭО, блоктық КЭС және АЭС жалғануда қандай айырмашылық бар.?
13. Резервтік трансформаторлар с. н. ЖЭО, блоктық КЭС және АЭС сызбаларында қайда жалғанады? Олардың саны қалай таңдалады?
14. Қандай автономиялық қоректену көздері с. н. АЭС пайдаланылады?
15. Қорек беру с.н. қосалқы станцияларда жедел тұрақты және ауыспалы тоғымен қалай ажыратылады?

## 6 тарау

### ТАРАТУ ҚҰРЫЛҒЫСЫНЫҢ КОНСТРУКЦИЯСЫ

#### 6.1. Жабық тарату құрылғылары

##### 6.1.1. ЗРУ конструкциясына қойылатын талаптар

Тарату құрылғысы – бұл электр аппараттарын, шиналар мен көмекші құрылғыларды қамтитын электр энергиясын қабылдау және тарату үшін арналған электр қондырғысы. Егер таратушы құрылғыларды құрылғы ғимарат ішіне орналасқан, онда ол жабық деп аталады.

Жабық таратушы құрылғылары (ЖТҚ) әдетте 35 2- 00 кВ кернеуі кезінде орнатылады. Үлкен кернеу болған кезде, әдетте, ашық ТҚ орнатады. Алайда ТҚ шектеу алаңын кезінде немесе атмосфераның жоғары ластануында, сондай-ақ Солтүстік аудандарда кернеуі 35 - 220 кВ ЖТҚ қолданылуы мүмкін.

Тарату құрылғылары жұмыстың сенімділігін қамтамасыз етуі тиіс, бұл тек электр қондырғыларын дұрыс таңдау және іріктеу кезінде, ЭҚЕ сәйкес ТҚ түрі мен конструкцияларын дұрыс іріктеу кезінде ғана орындалуы мүмкін.

ТҚ қызмет көрсету ыңғайлы және қауіпсіз болуы тиіс. Жабдықтарды ТҚ орналастыру кезінде жақсы шолуды, жөндеу жұмыстарының қолайлылығын, жөндеулер және қарауда толық қауіпсіздікті қамтамасыз етуі тиіс. Қауіпсіздік үшін ток жүретін бөліктерден ЖТҚ әр түрлі элементтеріне дейін ең аз қашықтығы сақталады [1.12].

Оқшауланбаған тоқ жүргізуші бөліктер кездейсоқ жанасу болдырмау үшін камераларға орналастырылуы немесе қоршалуы тиіс. Қоршау торлы немесе жаппай мүмкін. Көптеген конструкцияларда аралас қоршау бекітіледі, ал торлы қоршаудың бөлігі бақылауға мүмкіндік береді - ЖТҚ қоршаудың ажыратқыштар мен бөлгіштерді жетектері тұтас бір бөлігін көрсету үшін қолданылады. Осындай қоршаулар биіктігі 1.9 м кем болмауға тиіс, бұл ретте торлардың 25 x 25 мм өлшемінен аспайтын саңылау болуы тиіс, ал қоршаулары - құлыппен жабылуы керек.

Еденнен 2,5 м дейін биіктікте орналасқан оқшауланбаған тоқ жүргізуші бөлшектер 3-10 В қондырғыларда және 2,7 м 20 - 35 кВ қондырғыларда тормен қоршалуы керек, бұл ретте тордың астынан өту биіктігі 1,9 м кем болмауы тиіс.

Жабдықтарды тексеру қызме көрсету дәлізінен орындалады, оның ені жабдықтың біржақты орналасуы кезінде 1 м және екіжақты орналасуында 1,2 м кем болмауы керек.

Егер ЖТҚ дәлізінде ажыратқыштар және айырғыштар жетектері орналасқан болса, онда мұндай басқару дәлізінің ені сәйкесінше 1,5 м және 2 м болуы тиіс.

Егер ЗРУ ЖТҚ ұяшықтары қолданылатын болса, онда тегістеу түріндегі КРУ жөндеу және басқару үшін өтпенің ені тегістеу арбасының орын ауыстыру және бұрылуы ыңғайлығын қамасатыз етуі керек, сондықтан бір қатарлы орналасуда ені арба ұзындығы плюс 0,6 м, екі — қатарлы орналасуда арба ұзындығы плюс 0,8 м. КРУ артқы жағынан шығысы болған кезде оның ені 0,8 м. кем болмауы керек.

ЖТҚ ғимаратынан сыртқа шығатын шығыстар немесе жанбайтын қабырғалары және жабындары бар ғимараттар қарастырылады: 7 метрге дейін ұзындығы кезінде бір шығыс ТҚ; 7 бастап 60 м дейін ұзындығы кезінде екі ұштары бойынша шығу есігі; 60 м астам ұзындығы кезінде ұштары бойынша екі шығыс және ТҚ дәлізінен шығысқа дейінгі

қашықтық 30 м аспайтындай қосымша шығыстар. ТҚ есіктері сыртқа ашылу керек және өздігінен жабылатын РУ жағынан кілтсіз ашылатын құлыптары болады.

ЖТҚ өрт қауіпсіздігін қамтамасыз етуге тиіс. Құрылыс конструкциялары ЖТҚ НЖЕ талаптарына, сондай-ақ өрттен қорғау ережелеріне (ППО) сай келуге тиіс. ТҚ ғимараты отқа төзімді материалдан жасалады. ЖТҚ жобалау кезінде аварияның таралуын шектеу үшін шаралар пайда болған. Бұл үшін жабдықтар - үй-жайларда, жан-жақтан қабырғалармен шектелген ТҚ жекелеген элементтерін камераларда белгіленеді, қоршаулардың, жабындармен бөлінеді.

ЖТҚ майлы трансформаторларды жеткізу кезінде май жинау жүйесіне май жинау және ағызу үшін шаралар көзделеді.

ЖТҚ трансформаторлар мен реакторлар бөлмелерін табиғи түрде желдету, сондай-ақ майға толған жабдықпен ашық камераларға қызмет көрсету дәліздерін авариялық тартқыш желдетуі көзделеді.

Таратушы құрылғылары үнемді болуы тиіс. ТҚ құрылыстың құны құрылыс бөлігінің, электр жабдықтарының, электромонтаждау жұмыстары құнынан және үстеме шығыстардан тұрады. Құрылыс бөлігінің құнын азайту үшін мүмкіндігінше ғимараттың көлемін азайтады және оның конструкциясын жеңілдетеді. Құнын едәуір азайту ТҚ ғимаратын құрама темірбетон конструкцияларын қолданумен қол жеткізіледі.

ТҚ электр монтажі жұмыстарын құнын азайтуға арналған құрылыстар мен жеделдету арналған ірілендірілген жүйелері, жиналған мамандандырылған монтаждау базаға кеңінен қолданады. Мұндай тораптар кіріктірілген электр жабдығы бар камералар мен шкафтар болуы мүмкін: желілік ажыратқыштар, айырғыштар, шкафтар мен шкафтар ажыратқыштармен құрама шиналар арналған камералар шиналық басқару және т.б. 6-10 кВ желілерін жалғау үшін қазіргі заман таратушы құрылғыларда жиынтық тарату құрылғыларының шкафы қолданады (6.2 тараушығын қар.). Іріленген қолдану әдістері құрылыстар ЖТҚ механикаландырумен электромонтаждау жұмыстары ең басты индустриалдық пайдалануға мүмкіндік береді.

Іріленген тораптардан құрастырылған тарату құрылғысы құрама деп аталады. Құрама тарату құрылғысында ғимарат қандай да бір аралық жабындыларсыз қораптар түрінде болады. Камералардың негізін болат каркас құрайды, ал камералар арасындағы қатпарлар асбоцемент немесе гипсолит тақталарынан орындалады.

Сондай-ақ олардың құнының кемуі ғимарат әзірлейтін жобалау ұйымдарымен үлгілік жобалар бойынша жетекші таратқыш құрылғыларға қол жеткізіледі.

#### **6.1.2. 6—10 кВ бір шиналар жүйесі бар ЗРУ конструкциясы**

Бір шиналар жүйесі бар 6-10 кВ бөліну желісінде реакторларсыз желілерде өнеркәсіптік қондырғыларда және қалалық желілерде кеңінен қолданылады. Мұндай ТҚ шағын көлемдегі майлы немесе майсыз ажыратқыштарды орнатуға болады, бұл бір жалғаудағы барлық жабдықты бір камераға – жиынтық тарату құрылғысының ұяшығына (КРУ) орналастыруға мүмкіндік береді.

Генераторлық таратушы құрылғылар (ГРУ) үш секцияларға және желілерде қосарланған топтық реакторларға бөлінген бір құрама шиналар жүйесімен жабдықталған және ол 6.1.көрсетілген

ТҚ конструкциялау кезінде жабдықтарының камералар бойынша орналастыруын білуі керек, ол үшін алдымен толтыру сызбасы сызылады.

Толтыру сызбасы - бұл негізгі жабдық пен аппаратураны қосудың олардың өзара нақты орналасуын білдіретін электр схемасы.

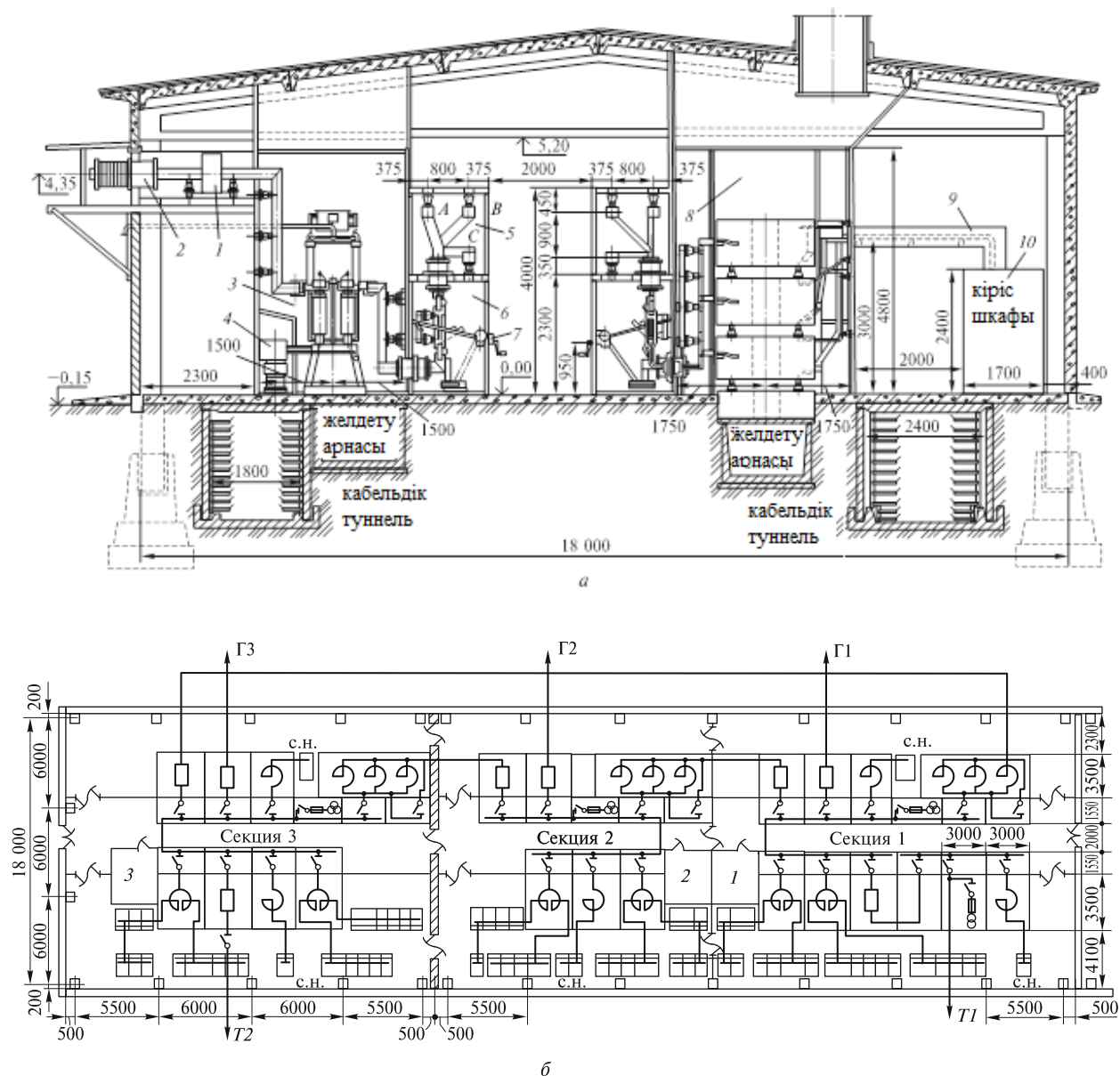
Шартты түрде толтыру схемасында масштабты сақтамай, ғимараттар мен камералар, жабдықтар орналасуы көрсетіледі және қажетті айқындауыш жазбалар жасалады. Толтыру схемасы жабдықтардың сипаттамасын жасауды жеңілдетеді, бірақ тарату құрылғыларының конструкциялық сызбаларын алмастыра алмайды. Кейбір жағдайларда тарату құрылғысының жоспары сызылып тасталады және ондағы шартты белгілермен жабдықтың орналасуы көрсетіледі. Мұндай толтыру жоспар-схемасы 6.1, б. суретте көрсетілген.

ТРҚ құрама шиналардың үш секциясы қарастырылған, олардың әрқайсысына 63 МВт генераторы жалғанған. Бірінші және үшінші секцияларына үш орамды байланыс трансформаторлары жалғанған. Әрбір секцияға 2 x 2000А екі топтық екі еселенген реактор және ВМПЭ 10 ажыратқыштары бар төрт жинақтар орнатылған. Генераторлық тарату құрылғылар 300-ге дейінгі соққына тоғына есептелген. ТРҚ ғимараты бір қабатты, 18 м аралығымен, стандартты темір-бетон конструкцияларынан орындалады, олар құрылыста және жылу электр станцияларының өзге де ғимараттарында қолданылады. Ғимараттың орталық бөлігінде екі қатар ұяшықтарды генератор, трансформаторлық және секциялық ажыратқыштарды шиналық ажыратқыштар, ары қарай құрама шиналар мен блоктар, топтық және секциялық реакторлар мен трансформаторлар шиналық кернеу орналасқан. Ұяшықтарды қадамы 3 м. Ғимараттар қабырғасында жинақталған тарату құрылғысының шкафтары орналасқан. Барлық кабельдері екі кабельдік туннельдерден өтеді.

Реакторларға суытқыш ауа екі желдеткіш арнадан тартылады, қызған ауа тартқыш шахта арқылы сыртқа шығарылады. Арнаға ауа үш камераға бекітілген арнайы желдеткіштермен (1, 2, 3, 6.1, б сур.) беріледі.

Жабдықтарға қызмет көрсету үш дәліз арқылы жүзеге асырылады: ені 2000 мм басқарудың орталық дәлізі, арбаны ажыратқыштан итеруге арналған КРУ шкафтарының бойындағы дәліз, және бірқатар генераторлық ажыратқыштар бойындағы қызмет көрсету дәлізі. Генераторлық ажыратқыштардың барлық ұяшықтары генераторлық тарату құрылғысы жағынан орналасқанына, ол турбина бөлгіштеріне қаратылған, ал байланыс трансформаторлар ұяшықтары - ашық тарату құрылғысы жағынан орналасқанына назар аудару керек (толтыру жоспар-схема 6.1, б суретінде көрсетілген). Мұндай орналасу генераторлар мен байланыс трансформаторларын генераторлық тарату құрылғысының ұяшықтарымен бірге аспалы серпінді тоқ өткізгіші көмегімен жалғауды орындауға мүмкіндік береді (6.18 сур. қар.). 6 кВ құрама шиналар секцияларын сақинаға жалғау ғимараттың сыртынан икемді байланыспен жүргізіледі.





6.1 сур. Бір шиналар жүйесі және топтық реакторлары бар ГРУ 6—10 кВ:

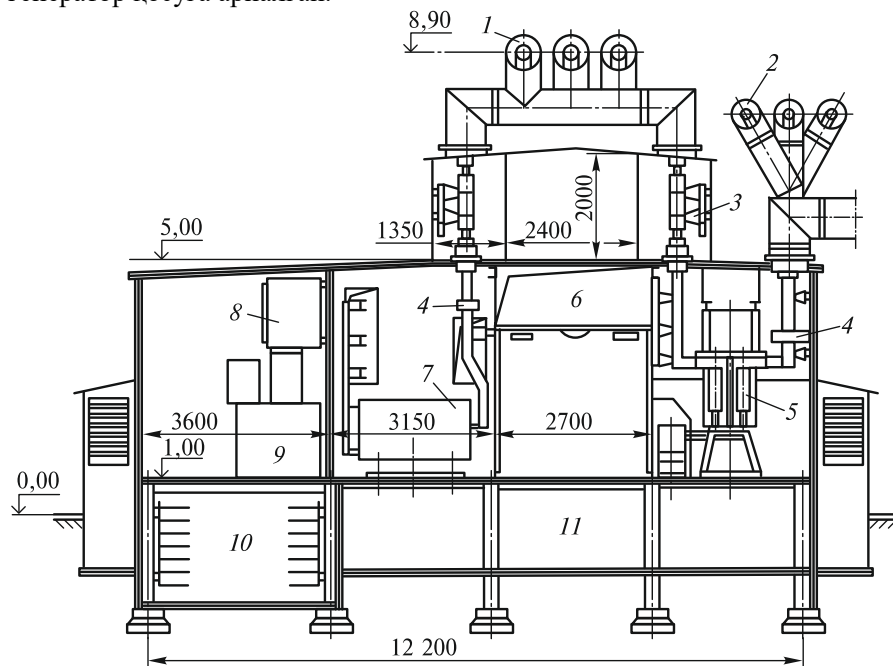
а — генератор және топтық реактор тізбектер бойынша қиық: 1 — тоқ трансформаторы; 2 — өткізгіш изолятор; 3 — генераторлық ажыратқыш камерасы; 4 — ажыратқыш жетегі; 5 — құрама шиналар блогы; 6 — шиналар ажыратқыш блогы; 7 — шиналар айырғыш жетегі; 8 — екі еселенген реактор камерасы; 9 — шина өткізгіші; 10 — КРУ ұяшықтар; б — толтыру жоспар-сызба: 1, 2, 3 — желдеткіш камералар

### 6.1.3. КГРУ генераторлық кернеудің ірі блок тарату құрылғысы

Бұрын қаралған ТРҚ конструкциясының (6.1 сур.) бірқатар кемшіліктерді бар: ауыр қаңқалы ғимарат, металл қаңқасынан жасалған ұяшықтар, аз механикаландыруды қолданумен қолмен жасалатын монтаждау жұмыстарының үлкен көлемі. Бұл кемшіліктер генераторлық кернеудің ірі блок тарату құрылғысында жоқ (КГРУ) - 10 кВ 8000 А номиналды тоғы және 330 кА соққы тоғы «Атомэнергопроект» жобалау институтымен әзірленген [6.3]. 6.2 суретте генератор мен реактордың төрт секцияның тұратын құрама

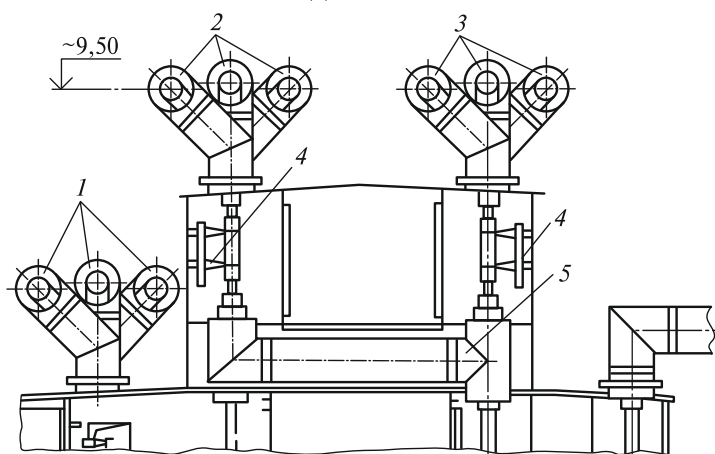
шиналар жүйесінің құрылымы үшін қосарланған КГРУ бір тізбегіне қатысты қиығы көрсетілген. Ажыратқыштар ұяшықтары, реакторлары, айырғыштары екі қатарда, құрама шиналар - бір қатарда орналасқан. КГРУ 12 МВт немесе  $U = 10$  кВ кезінде екі 60 МВт бойынша бір генератордың әрбір секциясына қосылуға арналған бір немесе екі  $U = U = 60$  МВт кезінде 10 кВ және 60 МВт бойынша 120 МВт бір кезде генератордың 6 кВ есептелген.

КГРУ әрбір секцияға 120 МВт немесе бір  $U = 10$  кВ-да 60 МВт екі және  $U = 6$  кВ-да 60 МВт-дан бір генератор қосуға арналған.



6.2 сур. Бір шиналар жүйесі бар ірі блокты басты тарату құрылғысы (КРУ). Генераторлық жалғаулар және топтық реакторлар бойынша қиығы:

1 — жинақ шиналардың тоқ өткізгіші; 2 — секциялық маңдайшалардың тоқ өткізгіші; 3 — шиналық айырғыштар; 4 — тоқ трансформаторы; 5 — ажыратқыш; 6 — желдеткіш; 7 — реактор; 8 — айырғыш шкафы; 9 — КРУ бөлу желісі; 10 — кабельдік туннель; 11 — желдеткіш төле



6.3 сур. 6—10 кВ екі шиналар жүйесі бар КГРУ (екінші қабат):

1 — секциялық маңдайша; 2 — шиналардың резервтік жүйесі; 3 — шиналардың жұмыс жүйесі; 4 — шина айырғыштар; 5 — айырық

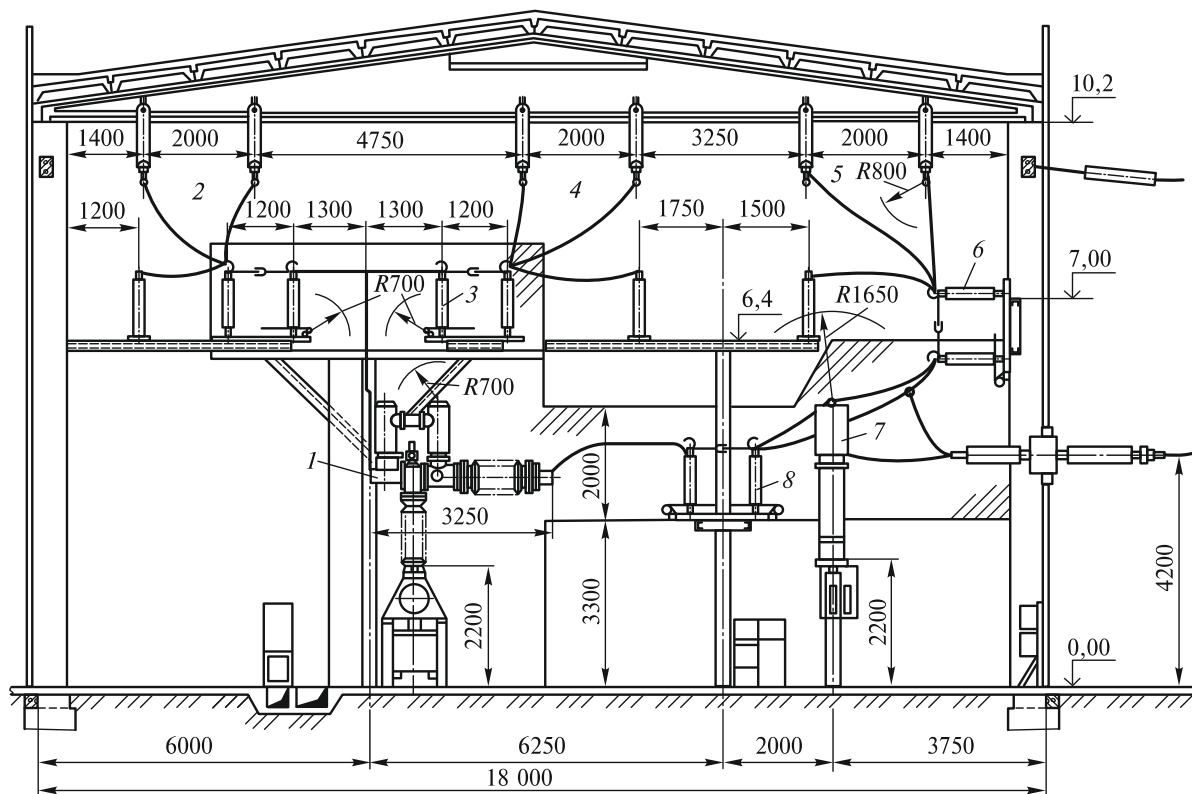
ЖиТҚ шкафтарының бөлініс кабельдік желілер көмегімен 9 тармақтарына қосарланған реакторлар 7 жалғанады. әрбір секция арналған немесе және 1600 А бір желісі бойынша 2 2 x 2500 А реакторлар с. н. бойынша екі топқа, қосарланған үш топқа қосылуы мүмкін. Олардан 1, 2 құрама шиналар, жарықтандыру, генераторлар, трансформаторлар мен желілерін, сондай-ақ бірінші және төртінші арасындағы байланыс с.н. ұяшықтардан тұжырымдар секциялармен секция маңдайша тоқ өткізгіштермен экрандалған фаза бойынша орындалады. (6.5.2 тараушығын қар.). Шиналық айырғыштар 3 бастап фаза аралық металл ұяшықтарда қалқалармен орнатылған. Ұяшықтардағы айырғыштар мен реакторларды шиналау ірі монтажбен орындалады. Ұяшықтарды автоматты суыту жасанды желдеткіш көмегімен жүзеге асырылады.

КГРУ қолдану Оның құрылыс жұмысының сенімділігін арттырады және пайдалануға арналған шығындарды қысқартады, ТҚ жеңілдетеді. КГРУ бір төрт секция металл құрылыс шығындары 40%, темір-бетон конструкцияларын 10%, шиналар жүйесімен салыстырғанда 21% үлгі ТРҚ шығысын азайтады (6.1 сур. қар.).

Ең бастысы таратушы құрылғыларды 6-10 кВ шина жүйелерін дәл сол сияқты, екі құрылғы ірі блокты схемасы бойынша орнату керек, бірақ екі айдан жолайрықты ажыратқыштар шиналар жүйесі, оған қосымша элементке қағидаты бір айырмашылығы шина жүйелерін (екінші қабат) енгізіледі. Бірінші қабаттан барлық құрылыс конструкциялары бірдей КГРУ екеуі үшін де керек (6.3).

#### 6.1.4. Жабық РУ 35 — 220 кВ конструкциясы

Ерекша жағдайларда (ауданның шектеулігі, атмосфераның ластануы, қатты климаттық жағдайлар)



6.4 сур. Күл түріндегі ЗРУ 110 кВ. Ауа желілерінің ұяшықтары бойынша қима:

35 -220 кВ тарату құрылғылары жабық болып орнатылады. Кернеуі 35 - 220 кВ ЖТҚ АТҚ арналған ғимараттар қажетті металл конструкциялар мен іргетастардан жасалады, себебі сол ашық аппаратураны орнату үшін құнынан құны қымбат анағұрлым көп. ЖТҚ 35 - 220 кВ әуе, вакуумдық немесе май аз ажыратқыштар ғана қолданады.

Бактік май айырғыштар ТҚ б орнату құны есебінен ерек альных камералары мен май жинағыштардың айтарлықтай ұлғаюына алып келді деп болжанады.

6.4 суретте 110 кВ ауыспалы ТҚ екі жабық жүйелерімен жұмысшылар мен шиналары көрсетілген. Күл үлгідегі бір қабатты ғимарат биіктігі 10.2 м. Құрама шиналар өткізгіштермен солқылдақ (фазаларын А, В) және мықтап бекітілуі гирляндарға изоляторларының құрал-сайманмен арналған тірек оқшаулау орындарында (фаза С) орындалады. Қызмет көрсету орындарында шиналау шиналық ажыратқыштар, жылжымалы телескопиялық көтергіштердің көмегімен жүргізіледі.

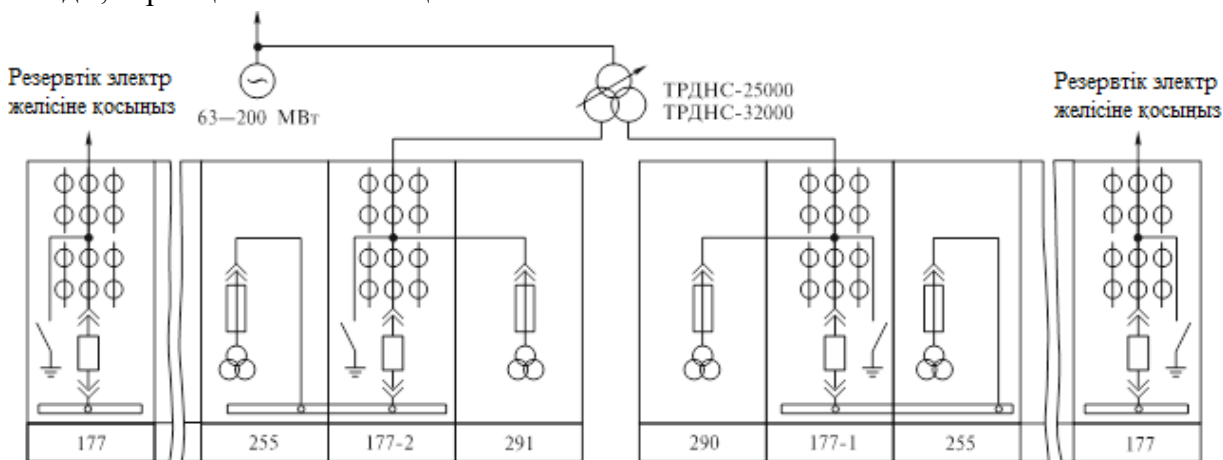
110 кВ электр жүйесімен жұмыс істейді, мысалы басқа да конструкцияларда ЖТҚ сыртқа екі қабатты айналма шинаны көтеріп шығарады. Соңғы жағдай айтарлықтай тиімділігін төмендететін елеулі кемшілігі болып табылады, себебі ластану ықтималдығы кезінде оқшаулау айналма шиналар жүйесінің жұмысының сенімділігі атқаратын аумағы ұлғайтады.

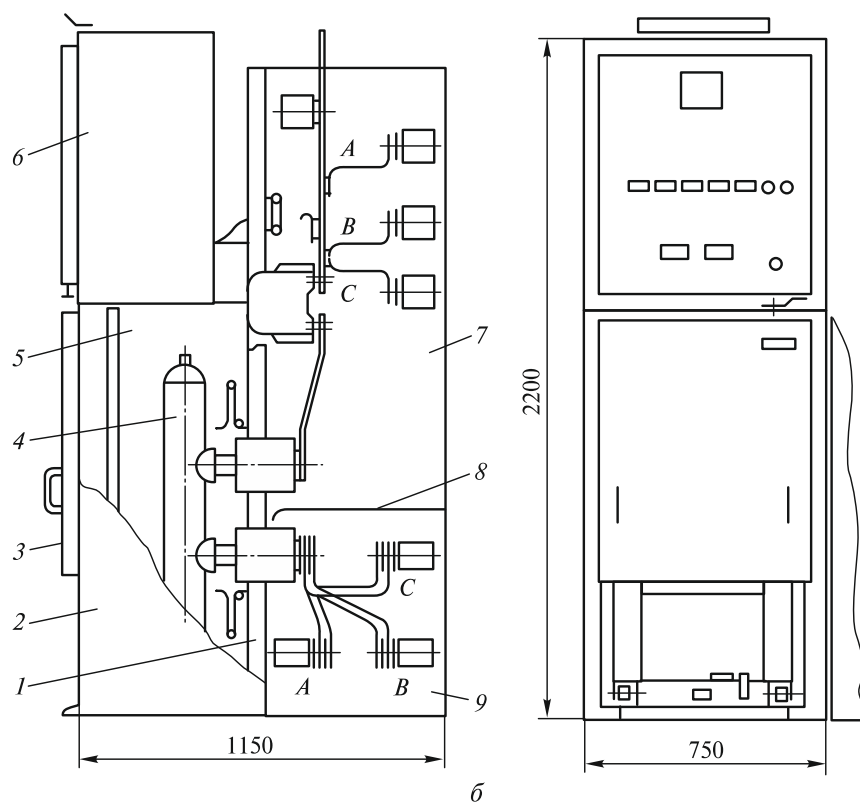
Сол сияқты ТРҚ 6-10 кВ үшін ең прогрессивті ТҚ 35 - 220 кВ қолдану болып табылады.

## 6.2. Жоғары кернеулі жиынтық тарату құрылғылары

### 6.2.1. Ішкі қондырғы жиынтық тарату құрылғылары

*Жиынтық тарату құрылғылары (КРУ) – кіріктірілген автоматтары бар жабық шкафтардан, өлшеу және қорғау аспаптардан және қосымша құрылғылардан тұратын тарату құрылғысы.* Шкафтар зауыттарда жасалады, бұл барлық түйіндерді мұқият жинау және электр жабдығын сенімді жұмысын қамтамасыз ету ЖиТҚ қол жеткізуге мүмкіндік береді. Жұмыс орнына түседі, онда оларға жалғастырады құрама шиналар белгілейді және жабдықтармен толық бастап дайын шкафтар құрастырылу монтаждау түйіскен жерлерде шкафтар, күш және бақылау кабельдері шығарады. Монтаждау тарату құрылғысы ЖиТҚ қолдану тездетуге мүмкіндік береді. ЖиТҚ қауіпсіз қызмет көрсетуде, себебі кернеуде болады, барлық бөлігі металл қаптамамен жабылған.





6.5 сур. Соңы. 63 — 300 МВт блоктары бар ТЭС 6 кВ жеке мұқтаждықтары үшін К-104 М және К-104 СМ1 сериялы КРУ шкафтарының құрылымы:

б — ажыратқышы және шина кірісі бар шкаф: 1 — рама; 2 — шкаф корпусы; 3 — есік; 4 — ажыратқышымен бір қозғалмалы элементі; 5 — қозғалмалы элемент бөлігі; 6 — реле шкафы; 7 — желілік бөлік; 8 — қалқан; 9 — жинақ шиналар бөлігі

Оқшаулау ретінде тұрлаулы оқшаулағышы, инертті газдар, май пайдаланылуы мүмкін, тоқ жүргізуші бөлшектер арасындағы ЖИТҚ бас бөліктерінде ауа 220, 400 және 500 кВ жоғары кернеу ЖИТҚ май және газ оқшаулағышы дайындалуы мүмкін. Кәдімгі аппараттар немесе олар үшін бір жерден шығу мүмкін және олар арнайы арналған ЖИТҚ және басқалар қолданылуы мүмкін. Мысалы, 6-10 кВ үшін әдеттегі конструкциялары бар ажыратқыштар, ал ажыратқыштардың орнына сұқпа контактілер қолданылады

3 - 35 кВ және 220 кВ оқшаулағышы бар элегаздың ішінен 110 - әуе оқшаулаумен бастап біздің өнеркәсіп ЖИТҚ шығарады. ЖИТҚ мен мерзімдерін қолдану көлемін қысқартуға әкеп соғатын жобалайды

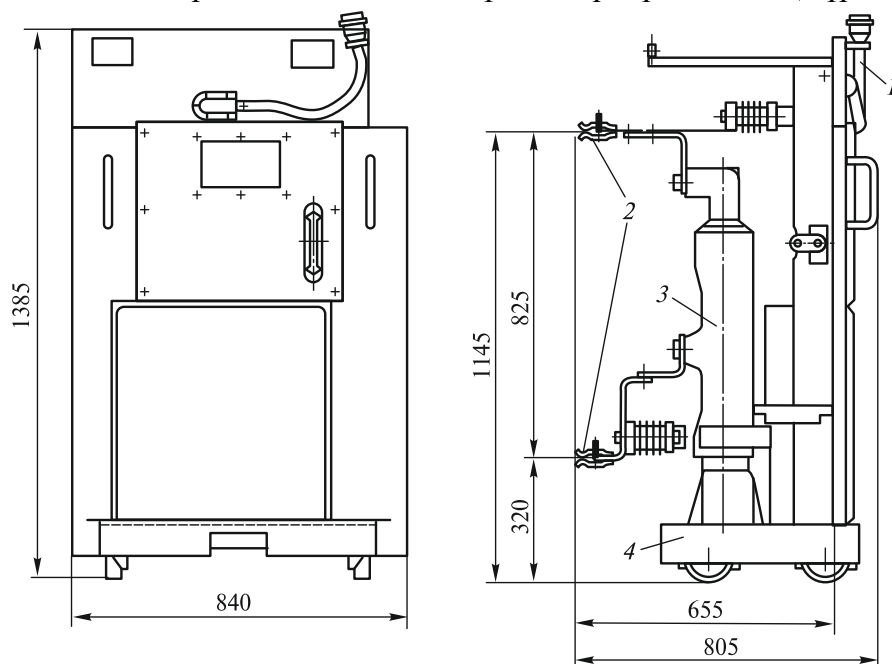
Шкаф жанбайтын қалқалармен ЖИТҚ саны мынандай бөліктерге бөлінеді: суырмалы арналған ажыратқыштың арбаға; құрама шиналар; желілік енгізу; реле шкафы (6.5).

ЖИТҚ шкафтарының ажыратқышпен немесе айырғыш контактілерді бақылау орнату мүмкіндігі бар арбаларды, трансформатормен кернеу жұмыс жағдайы мен конструкциясы шкафтың ішінен домалау тексеру және жөндеу үшін көздейді. Блок құрылғылары бар шкафтар, сондай-ақ жұмыс жағдайы кезінде қолын итеріп шығару кезінде домалатып кіргізу немесе ДРҚ жетек домалатып кіргізу кезінде жерге тұйықтау қолын және жерге қосу айырды қамтуға мүмкіндік бермейді.

Екінші тізбектері бар шкафтың релелік айналдыру жалғағыштар шлангілерді және икемді элементі қайталама шынжырлармен штепсельді көмегімен қосылады.

ЖИТҚ шкафтарының электр қондырғылары шкафтар мен оны таратушы құрылғыларды нақты бейімделе отырып іріктейді құрылғы тізбектері үлгілік сызбаларын дайындаушылар

каталогтарда торды келтіреді басты түрлері комплект жасайды. 6.5 суретте К-104М және К-104С электр станциясының өз мұқтаждары үшін ЖИТҚ құрылымы көрсетілген.



Сурет. 6.6. К-XXVI сериясының коммутациялық шкафы үшін VF 07 SF6 сөндіргішпен тартылатын элемент:

1 - қайталама байланыс схемаларының икемді қосылуы және қосылатын қосқышы; 2 - негізгі тізбек контактілерін бөлу; 3 - қосқыш; 4 – арба.

К-104 М және К-104С шкафтары 630 - 1600 А тоқтарына есептелген және ВКЭ-М-10ВКЭ-10 аз майлы, ВВЭ-М-10, ВВПЭ-10, ВБМЭ-10 вакуумдық, VF07.12.50, 07.16.50; 12.08.31; 12.12.31; 12.12.40; 12.16.40 элегаз ажыратқыштармен жасақталады.

Үлкен тоқтарға осы «МОСЭЛЕКТРОЩИТ» кәсіпорынмен 2000-3150 А тоқтарына ЖИТҚ шығарылады. К-104 және К-105 серияларының ерекшелігі - ток арналған үлкен арналған ток жүргізіледі және құрама шиналар орналастыру болып табылады, сондықтан шкафтың төменгі бөлімге 800 мм аралықтағы қашықтықта және екі жақты қызмет көрсету қажеттігі үшін шкафтар қабырғалар белгіленеді. Шкафтар ЖИТҚ XXVI бір жақты енін қызмет көрсетумен бөлмелер азайтуға мүмкіндік береді. Олар 6—10 кВ есептелген, басты тізбектердегі номиналды ток 1600 А дейін, жинақ шиналар үшін — 3200 А дейін, ажырату тоғы 31,5 кА. Оларда ВМПЭ-10, ВВТЭ-М, ВБЧЭ-20 ажыратқыштары және VF07 және VF12 элегаз ажыратқыштары қолданылады. 6.6 суретте элегаз ажыратқышы бар итерме арбасы көрсетілген.

Номиналды кернеуіне байланысты қолданылатын электр қондырғыларында ток ажыратқыштар, ток және кернеу трансформаторлары, орналастыру, түрлері және олардың шкафта әртүрлі үлгілерінің таңдауды қолданылады және ЖИТҚ каталогтар бойынша жүргізіледі.

### 6.2.2. Сыртқы қондырғы жиынтық тарату құрылғылары

Сыртқы қондырғы жиынтық тарату құрылғысы (КРУН) ғимараттан тыс ашық жерде орнату үшін арналған. КРУН кіріктірілген аппараттары, аспаптары, қорғау және басқару құрылғылары бар металл шкафтарынан тұрады.

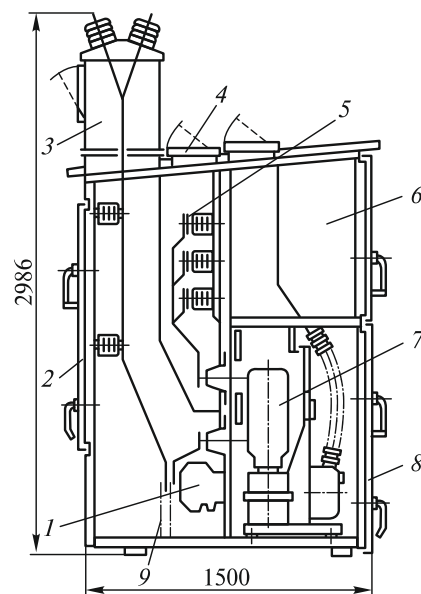
КРУН атмосфералық жауын-шашыннан, ластанудан қорғауды қамтамасыз ететін шкафтар бар аппаратуралар. Себебі, онда ауаның абсолют ылғалдығы бар ортада жұмыс істеу үшін жарылыс қауіпті емес тығыз бекітілген КРУН арналмаған шкафтар мен өрт шығу, сондай-ақ химиялық белсенді және озонды бастап 80 астам % қатысты ортада ток өткізетін шаң басқан. КРУН жұмыс істеу үшін қоршаған ортаның температурасы – 40 бастап +35 ° С. дейін есептелген. Жабдықты күрт ауытқулары кезінде ылғалды сыртқы ауа температурасын жылыту шкафтың ішінде ауа болдырмау үшін қосымша жауа топтамаларға КРУН жасанды көзделеді.

КРУН ажыратылған болуы мүмкін немесе осы сияқты ішкі ажыратқышпен ЖИТҚ қондырғылармен бір стационарлық орнатуға болады.

КРУН қосалқы станциялар мен электр станциялары мен қосалқы станциялардың ашық жиынтықты трансформаторлық шкафтар ТҚ үшін кеңінен қолданылады. Олар бір шиналар жүйесінің құрылымы үшін әзірленді.

Сыртқа орнатылатын КРЗ 10 6-10 кВ желілер ауыл шаруашылығы, өнеркәсіп және электрлендіру үшін арналған (6.7) .

КРЗ 10 шкафтар қоршаған ортаны +50 - 45 ° С дейінгі температурасына есептелген. Қоршаған орта жануға қауіпті, булануларды шөгінділердің құрамы және химиялық ток өткізетін қамтымайды газдар, тозаң КРЗ нашарлататын жарамсыз параметрлер болып табылады. Релелік аппаратурасын төмен температурада (25 ° С) - 5 ° С - қыздыру кезінде, ал жылу ажыратқыш есептеуіштерді бөлікті қосылады. КРЗ 630, 1000 А номиналды тоғына, 20 кА ажырату тоғына, 51 кА электр динамикалық тұрақтылығына арналған вакуумдық немесе аз майлы ажыратқыштар орнатылады.



6.7. сурет. КРУН-10 КРЗ-10 ауа кіріс шкафы

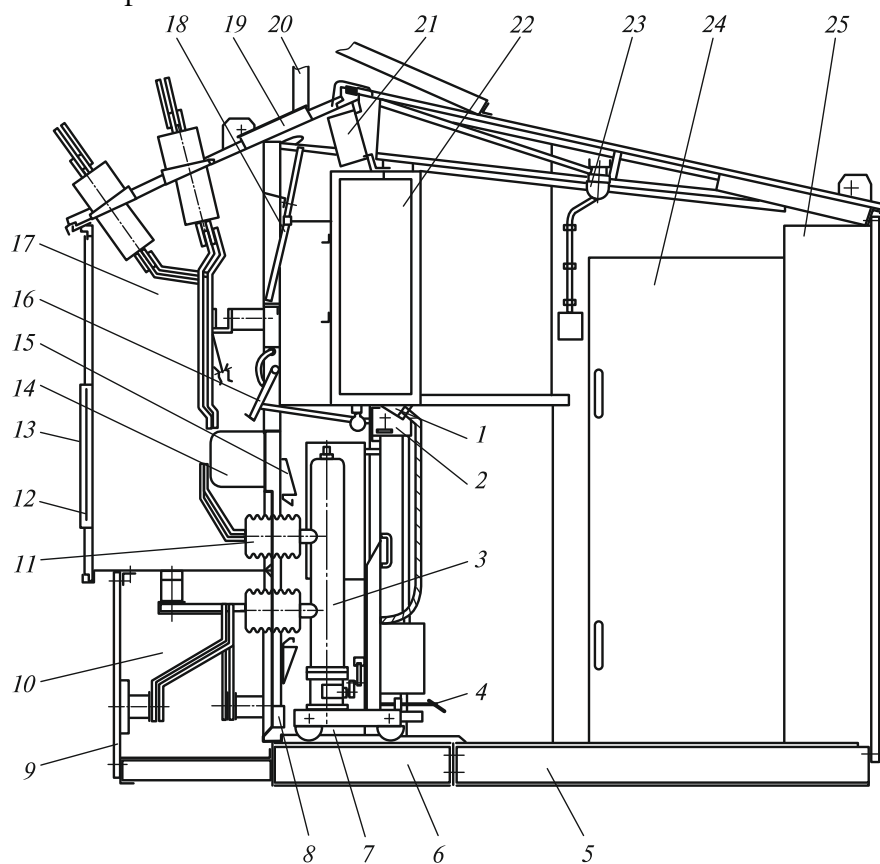
- 1 — ток трансформаторы; 2 — артқы есіктер; 3 — ауа кірісі; 4 — доғалық қорғау клапаны; 5 — жинақ шиналар; 6 — реле аппаратурасының бөлігі; 7 — ажыратқыш вакуумдық; 8 — фасад есіктері; 9 — жерге тұйықтаушы



Ұяшықтарды төбесінде ашылатын доға шкафтың ішінде туындаған кезде клапандар разряды мен қысымды арттыру көзделген. КРЗ қызмет көрсету екі жақты. Жеткізілетін арнайы алаңда белгіленетін жалпы биіктігі 30 - 40 см арналған шкафтар орынды төрт шкафтың толық құрастырған рамаға, қатты төсемі бар шкафтың ішінен жөндеу уақытында қолын итеріп шығару мүмкіндік береді. Жақсы жағдайларын қамтамасыз етеді, олардың арасында ені екі қатар жұмыс істеу үшін белгіленетін, КРЗД 10 шкафтар үшін қызмет көрсету дәлізі 2560 мм құрылады.

Жеткізілетін дәлізінің элементтері қабылданады.

Жабық дәліз КРУН 59 қойылатын алдыңғы қабырғасы, шатырлы кесік есіктермен, сыртқа қарай ашылатындай етіп және қызмет көрсету тарапынан сериясының қасбетін дәліз қабырғалары құрылады. Жеткізілгендердің барлығы осы бөлігінде және жекелеген элементтеріне орнында жиналады. Арба ажыратқышпен бастап 3 керек (6.8) дәлізге домалайды. Құрама шиналар 10 шкафтың төменгі бөлігінде К-104, К-105 сияқты орналасқан. Жүк түсіретін клапан 19 және одан да көп уақыт шектеулерін доғасының жану автоматика ашық жерге қосу айыр 16 ҚТ сенімді жұмысын қамтамасыз етеді. Металл шкаф 59 саны қалқалармен бөліктерге бөлінеді: құрама шиналар 1435мм енгізу, 17, 7, 10, релелік шкаф 22



6.8. сурет. КРУН-10 К-59 ауа кіріс шкафы

1 — штепсель жалғағыш; 2 — жерге тұйықтау айырғышының жетегі; 3 — жоғары вольтты ажыратқышы бар арба; 4 — арба жағдайын белгілеу үшін педаль; 5, 6 — блок негізінің рамалары; 7 — арба бөлігі; 8 — электр қыздырғыш; 9 — алмалы-салмалы қабырға; 10 — жинақ шиналар бөлігі; 11 — қозғалмайтын айырғыш контактілер бар өтпелі изолятор; 12 — сақтандырғыш қалқан; 13 — кіріс бөлігінің есігі; 14 — ток трансформаторы; 15 — қорғау перделері; 16 — жерге тұйықтау айырғышы; 17 — кіріс бөлігі; 18 — дифференциалды клапан; 19 — түсіру клапаны; 20 — кіріс

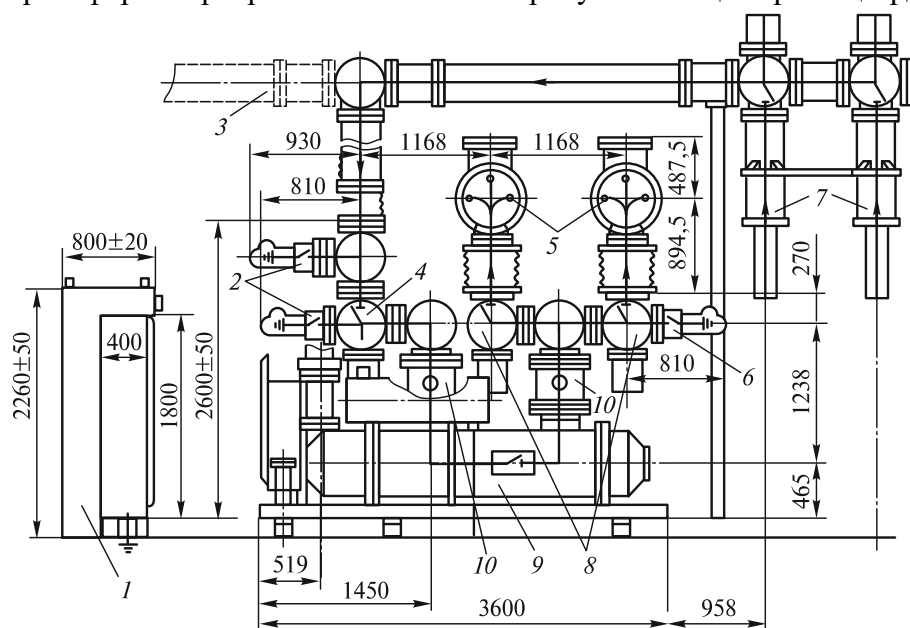


кронштейні; 21 — қалқан; 22 — реле шкафы; 23 — жарықтандыру торабы; 24 — есік; 25 — реле шкафтарының блогы

КРУН қолданылатын жабдығы, басты және қосымша жалғау сызбаларына байланыс әртүрлі құрылымы болады, сондықтан оларды таңдау кезінде сызбалары торында және каталогтік мәліметтерге сүйену керек [6.4, 6.3].

### 6.2.3. Элегаз изоляциясы бар жинақ тарату құрылғысы

SF<sub>6</sub> элегазды изоляция ретінде қолдану КРУ жоғары кернеу құруға мүмкіндік береді (әлем тәжірибесінде 800 кВ). Жоғарыда атап өтілгендей (4.7.8 тараушығын қар.) элегаз жарылыс қаупі бар және доға өшіргіш қасиеттерге ие емес, қоспаларды құрамайды, жоғары электр изоляциямен улағыштық жанбайды. Сөндіргіштер, ажыратқыштар, май және осындай аппараттары бар ток трансформаторларын элегазға қарағанда аз көлемдері айтарлықтай оқшаулағышы бар фарфор оқшаулағышы бар. Элегаз изоляциясы бар КРУ әр элементі (КРУЭ) артық қысыммен элегазбен толтырылған метал саңылаусыз жерге тұйықталған қаптамамен қапталады. Кейбір элементтері (блоктар) көмегімен жалғастырады, ал электрлік қосылыстар газ тығызды шиналармен, жүргізілетін және контактілерді розеткалы түрдегі орналастырылған металл ішінде, өзекті орындайды. КРУЭ блоктар ауыстыру кезінде олардың біреуінің газ сақтау қалған бөлігінде толтыру бөлісуге мүмкіндік береді. КРУЭ ЯЭ бір және екі ғылыми-зерттеу институты (НИИВА) 110 және 220 кВ жоғары сериясы үшін ұяшықтарға арналған шина жүйелерін схемаларының аппарат құрылысын әзірленді. КРУЭ функционалдық мақсаты бойынша трансформаторлар шина жалғағыш кернеу мен секция. ұяшықтарды жасайды.



6.9 сур. Элегаз изоляциясы бар КРУЭ 110 кВ. ЯЭ-110Л-23У4 желілік ұяшығы:

- 1 — басқару шкафы; 2, 6 — жерге тұйықтаушылар; 3 — тоқ өткізгішін жалғау нұсқасы; 4 — желілік айырғыш; 5 — жинақ шиналар; 7 — кабельдік кірістер; 8 — шиналық айырғыштар; 9 — ажыратқыш; 10 — тоқ трансформаторы

6.9 суретте ЯЭ-110Л-23У4 желілік ұяшығы —элегаз ұяшығы көрсетілген, 110 кВ арналған, желілік 2 — екі шиналар жүйесінің сызбасы үшін; 3 — бір қатардағы аттары әртүрлі фазалр; У — климаттың орындалу; 4 — орналастыру санаты (жабық жылытылатын ғимарат үшін).

Бір қапқа азайтуға мүмкіндік беретін үш фазасы бар металл құрама шиналар 5 жалпы көлемі. Электр беріктігі элегаздың бұған мүмкіндік берсе жасауы керек. 8 Тарау бөлігінде кіреді, олар бірлескен шиналық блогы жылғы құрама шиналар ажыратқыштар өзекті болды. Соңғы көмегімен отырғызылған мүмкін жайтартқышты 6. Бұдан әрі ток трансформатордың блогы 10 және ажыратқыш9 керек. Ұяшықтарды шиналық бастап айырғыштар, фазасын беріп отырмын. Істен шыққан кезде орнатылған тағы бір блокты трансформаторлар тогы 10. Өтпелі блоктары арқылы ток қасына екі айырғышқа 4 желілік бөлігінің жерге тұйықтаушыларымен 2 жалғанады. Ұяшық кабелдік қосылады енгізу 7. Әрбір полюсінің басқару шкафы бар ажыратқыштар үшін көзделген, онда екінші реттік тізбектер полюсінің контакторы, аппаратура, манометрлер, байланыс, басқару электроконтактные барлық кілттер 1 қатар, блоктау және т.б. қысқыштардың қашықтықтан жетек Элегаздың кернеу - 0.4 МПа, басқа элементтер саны 0.6 МПа артық қысым жетек, трансформатордың бөлікте - 0.25 МПа.

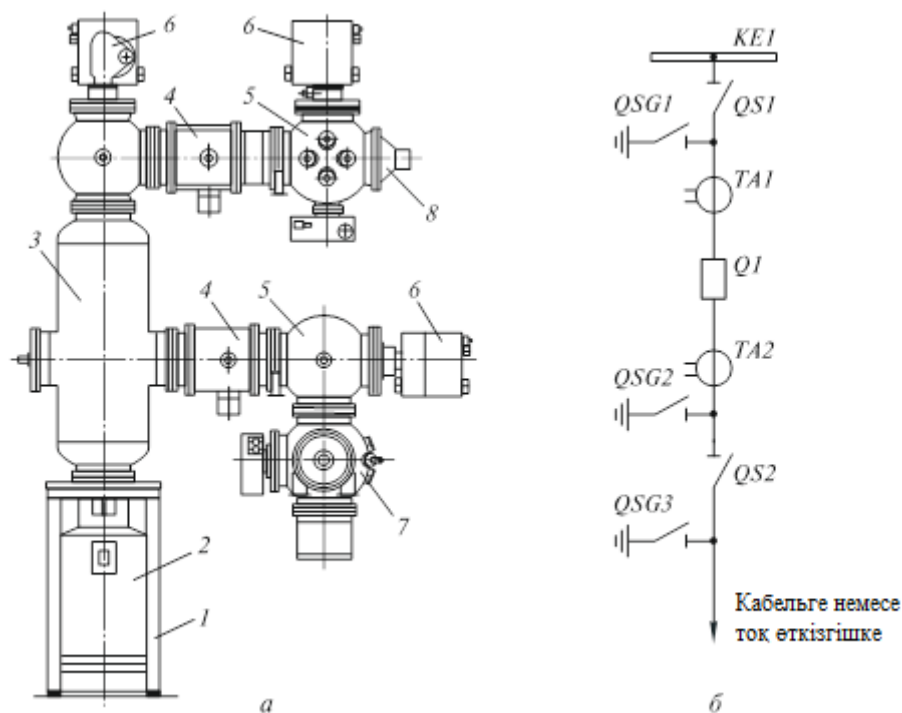
Егер қорытынды ток сымы кабелдерге солға қарай не істеу керек болса, екінші жағынан 3 қосылады. 6.9 суретте артты түрде құрама шиналар, айырғыштар, жерге қосқыштарды ажыратқыш фазасын, тиісті блоктарға ұяшықтар бейнеленген.

220 кВ КРУЕ бас айырмашылығы 110 кВ арналған құрама шиналар орындау үшін бір фазалық КРУЕ қабылданды. Әрбір фаза ішінде орналасқан жерге қосылған металл корпустарын және тергеу изоляторлары құйып жасалған эпоксидтық тағанға бекітіледі. Осылайша, шөлді аймақтарда фазаларының қоса алғанда, барлық жабдықтар, құрама шиналар, таратқан фазаларға бойынша ұяшықтар КРУЕ орындалады (6.10). Құрама шиналар блогы, ал төменгі бөлігінде ұяшықтардағы ЯЕГ 220 7 ажыратқыш - тігінен орналасқан. Кәбілдік тұжырымдар 8 блогы қосылады. Барлық қалған ұяшықтар электр қосылыстары блок схемасы бойынша орналасуынан аңғаруға болады.

Изоляция күшімен элегаз қасиеті бар жинақтамалы тарату құрылғылары : 10-15 рет азайту, қоршаған орта үшін талап етілетін көлемі, қызмет көрсету, өрт және жарылу қауіпсіздігін ұлғайту толық автоматтандыруға жөндеу аралық кезеңдер толық биологиялық қауіпсіздік (электр мен магнит өрісі болмауы шу деңгейі радио, төмен болмауы).

Қоршаған ауаның төменгі температура, жұмыс құнының салыстырмалы жоғары болуы, жер астындағы жабық үй-жайларды шектеу элегаздың кемшілігі болып табылады (- 5 ° C

төмен емес) КРУЕ орнатудың қажеттілігіне әкеліп соғады.



6.10 сур. ЯЭГ-220Л-13УХЛ4 ұяшықтар полюсі: а — құрылымы: 1 — металл конструкциясы; 2 — жетек; 3 — ажыратқыш; 4 — ток трансформаторлары; 5 — айырғыштар; 6 — жерге тұйықтауыштар; 7 — жинақ шиналар; 8 — блок; б — ұяшықтардың электр сызбалары

Төменгі температураны шектеудің себебі нашарлататын - 30 ° С жағына қарай өзгерту, демек, оның қасиеттерін оқшаулағыш және доға өшіргіш элегаздың сұйылту болып табылады. КРУЕ ашық жерлерде орнату үшін элегаздың және бүкіл ажыратқыштың ауа температурасы төмен түсуі - 30 ° С, қыздыру мүмкіндігі туралы мәселе шешілуі тиіс.

КРУЕ қолдануға мүмкіндік береді, өте маңызды өнеркәсіптік кәсіпорындарында жүктеменің ортасында үлкен тығыздығы мен құрылыс ошағыларға 220/110/10 кВ қосалқы қалалық кемітетін ықшам орындалады.

КРУЕ қолданысын тапты:

металлургия мен химия объектілерінде, сондай-ақ ЖЭО қатты ластанған бастап атмосферамен;

қиын аудандарда, әсіресе, мәңгі тоңды толық автоматтандырылған подстанциялармен;

тұз жағалаудағы аудандарда тұман бастап;

мүмкіндігі шектеулі адамдар үшін жаңа тасты топырақта ауданымен гидростанциясыларға арналған қосалқы станция;

қосалқы станцияларда 750 кВ және одан жоғары дәстүрлі жабдықтарды пайдалану түсінігі бойынша, онда киындаған экология.

КРУЕ үнемдеуге мүмкіндік береді, 7 - 8 рет металл шығыны қосалқы станцияларды салу құрылыс-монтаж жұмыстарын бастап қысқартады. КРУЕ қолдану үлкен перспективаларына ие.

Фирма АББ басқа жоғары ТҚ элегаз шығарылатын серияларының КРУЕ қаралған тығыз бекітіп қолданылады. КРУЕ ELK сериясының ЕХК әртүрлі төсемдер схемалар бойынша

және жекелеген модульдерді ішінен жиналады. Бұл серия құны болып табылады: тығыздық; сырт ы серлерге төмен сезімталдық; көтеріңкі қауіпсіздігі мен сенімділігі; шағын массасы (110 -3600 кг) ұяшық бар ұяшық ЯЭ кернеу трансформаторы - 2500 кг, ал электронды-оптикалық кернеу ЕХК бастап трансформатормен массасы; үлкен қызмет ету мерзімін және т.б бар. КРУЕ АББ 72.5-170 кВ кернеу арналған құрылғылар компанияның шығарылады; 245 - 525 кВ; 800 тоқ. 1998 жылдан бастап тұрақты пайдалануда болған бірнеше миллиард элегаздық аппараттарының жуық әр түрлі үлгісі бар. ААҚ "Электромеханикалық зауыт" (Астана қ., Санкт - Петербург) КРУЭ жұмыс сенімділігін арттыратын ЯГК-110Л-23, ЯЭГ-220Л1, ЯЭГ-220Л0, ЯЭГ-500/11 жетілдірілген ұяшықтарды шығарады.

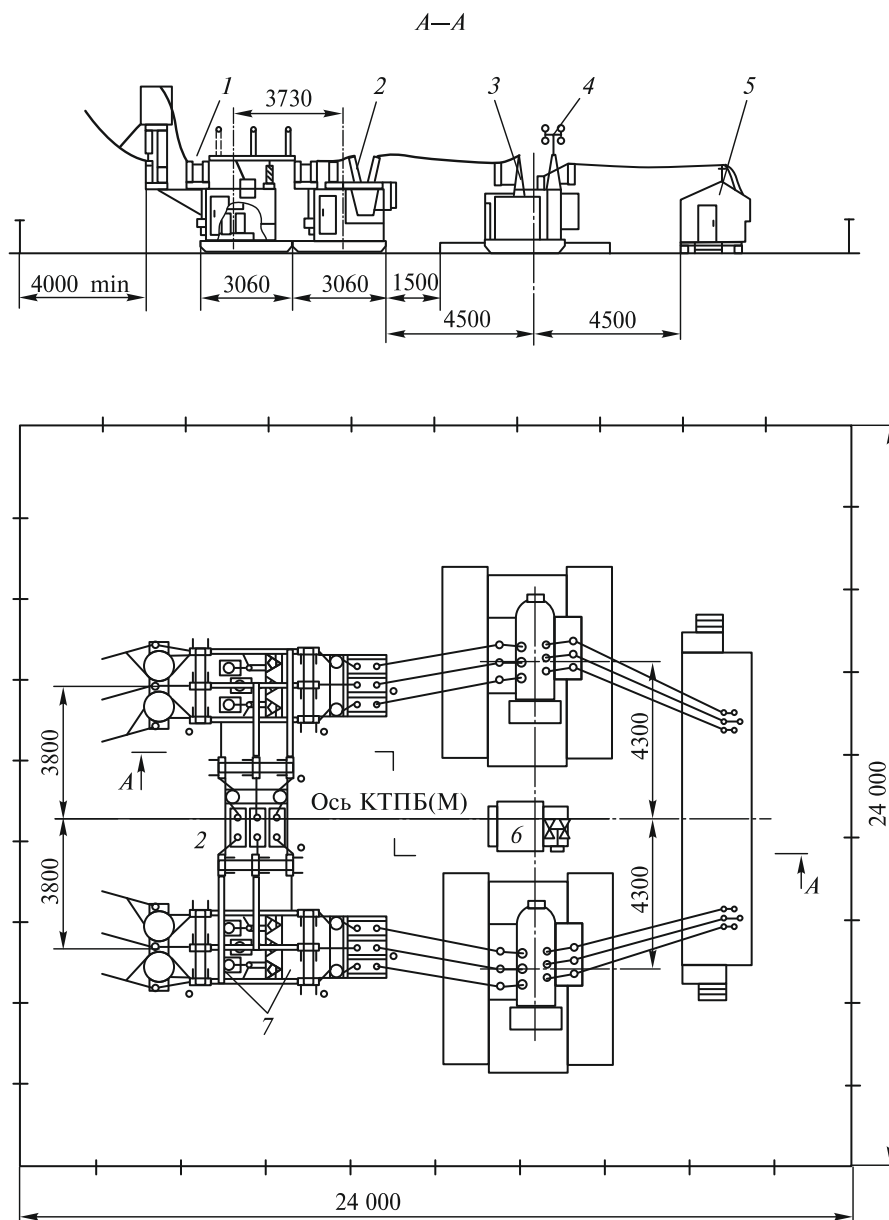
#### **6.2.4.Жиынтық трансформаторлық қосалқы станциялар**

Жиынтық трансформаторлық қосалқы станциялар (КТП) зауыттарда әзірленеді және монтаждау орнына ірі блокты тораптармен жеткізіледі. КТП кеңінен енгізу қосалқы станцияларды дараландыруға және монтаждау процессіне жылдамдатуға, қызмет көрсетуде максималдық қауіпсіздікпен қамтамасыз етуге, қосалқы станция габариттерін азайтуға мүмкіндік береді.

Энергия жүйелері қосалқы станцияларында кернеуі 35 кВ олардың сыртқы қондырғының КТП қолданылады, оның схемасы 5 тарауда келтірілген (5.8 5.9, 5.22 сур. қар).

Екі трансформаторлық КТП схемасы арналған (КТП үшін 35 кВ) бөлгіштер немесе ажыратқыштармен көзделуі мүмкін. 6-10 кВ тарапынан КРУН қолданылады. Крун 6-10 кВ, су тораптары жасалады және барлық АТҚ 35, 110 және 220 кВ күш трансформатор үшін зауытта ғана жеткізуді кірмейді.

Самара зауыты "Электроцит" ішінен зауытта дайындалған КТПБ жинақтық трансформаторлық қосалқы станциялар блоктар шығарылады (М). Жиынтықтамалы 6.11 35/10 кВ трансформаторлы қосалқы станция жасалған екі үлгі сызбасы бойынша ұсынылуы керек 35 5ан 2 сторо 35 кВ емес [5.5] (схемасы ажыратқыштармен бастап қайта қосылып кетеді). Бір жағында 10 кВ схемасы секцияланған шиналар жүйесі қолданылды.



6.11 сур. Екі трансформаторы бар 35/10 кВ жиынтық трансформаторлық қосалқы станция

1 — желілерді енгізу блогы және кернеу трансформаторы; 2 — ажыратқыш блогы; 3 — күшті трансформатор блогы; 4 — жарықтандырғыш қондырғы; 5 — КРУН 10 кВ; 6 — жоғары жиілік байланыс шкафы; 7 — ОРУ 35 кВ қатты шиналау КТПБ іріленген блоктың ішінен құрастырылады: желі, ажыратқыштар, айырғыштарды енгізу, шиналық аппараттарын, тіреуіш ажыратқышы, қатаң шиналау (6.11 сур. қар.). КРУ 10 кВ 6 ұяшықтар бойынша блоктармен жеткізіледі (К-59, К-61, К-59УЗ, К-63 сериялары). Найзағайдан сақтану және қажет болған жағдайда, жеке тұрған тіректердегі найзағай өткізгішке арналған соңғы тіректердегі, өзекті орындалады. Жобалау кезінде оның есептеу, жерге контурлы орындалады. Жерге тұйықтаушы доға сөндіруші реакторлар мен желілік трансформаторлар КТПБ арналған (М), егер бұл есеппен расталуы реттеу белгіленуі мүмкін.

КТПБ(М) басқа түрлерімен «Электроштит» Самара зауытының номенклатуралық анықтамасы бойынша танысуға болады [6.3].

### 6.3. Ашық тарату құрылғылары (ОРУ)

### **6.3.1.ОРУ конструкциясына қойылатын талаптар**

Ашық ауада орналасқан тарату құрылғысы ашық тарату құрылғысы деп аталады. Негізінен, кернеуі 35 кВ және одан жоғары РУ ашық жасақталады.

ЖТҚ сияқты ашық ТҚ мыналарды қамтамасыз етуі тиіс: Қызмет көрсету жұмысының сенімділігін, қауіпсіздігін және қолайлылығын ғимарат салуға, тораптар, барынша кеңейту мүмкіндігін ең аз шығын жұмсаумен ірі блокты қолдану зауытта шығарылған.

Бөліктерінде әр түрлі элементтерінің арасындағы қашықтық және олардан токоведущими дейін АТҚ ЭҚЕ талаптарына сәйкес сайлауы тиіс [1.12].

Барлық аппараттар қандай негіздерде АТҚ орналастырылады (металл немесе темірбетон). АТҚ аумағы бойынша жабдықтарды монтаждауды және жөндеуді арналған жолдар механикаландыру мүмкіндігі көзделеді. Шиналар солқылдақ немесе оның ішінен қатаң көп сымды құбырлары бар болуы мүмкін. Бекітіледі, ал аспалы изоляторларының көмегімен темірбетон тірек изоляторларының қатаң порталдарға арналған икемді шиналар көмегімен немесе металл тұғырларда.

Қатаң шиналау порталдардың бас тартуға мүмкіндік береді және қолдану азайту аумағы атқ.

Күш, майлы және 110 кВ және одан жоғары қабаты астында қалыңдығы кемінде 25 см, май қабылдағыш бак трансформаторлық ажыратқыштармен қиыршық тас және май ағып авариялық жағдайларда май жинағыштар көзделеді. Кабельдер жедел тізбектердің, релелі қорғаныш, автоматика және ауа топыраққа немесе олардың ішінен басқару тізбектерінің, темір-бетон конструкцияларын тереңдеуді жоқ металл конструкцияларға қойылатын ілінген тартпаларға ұяшықтардағы тартады.

Ашық ТҚ қоршалуы тиіс. Жабық түріне қарағанда АТҚ мынадай басымдықтарға ие:

құрылыс жұмыстарының көлемі аз ғана алаңдар, құрылғы, ғимарат, осыған байланысты, себебі тіректердің іргетастардың және орнату жолдарын дайындау қажет уақыт азайтылады АТҚ құрылыстар мен құны;

кеңейту және реконструкциялау оңай орындалады;

барлық аппараттар байқау үшін қол жетімді.

Сонымен қатар қызмет көрсетуде алады, ал қарағанда едәуір көп төмен температурада және ашық кем ыңғайлы ТҚ шаң аппараттарының шаң басуына АТҚ ұшырайды, температура мен ЖТҚ аумағы ластануға түседі.

Алуан түрлі және конструкцияның схемасын жылғы түрлерінің құрамалары, ажыратқыштар, айырғыштар және оларды өзара тәуелді АТҚ электр орналасқан. Түрлі төмен кернеулі АТҚ орындау үлгілері қаралды.

### **6.3.2. Айналмалы түрдегі ОРУ конструкциясы**

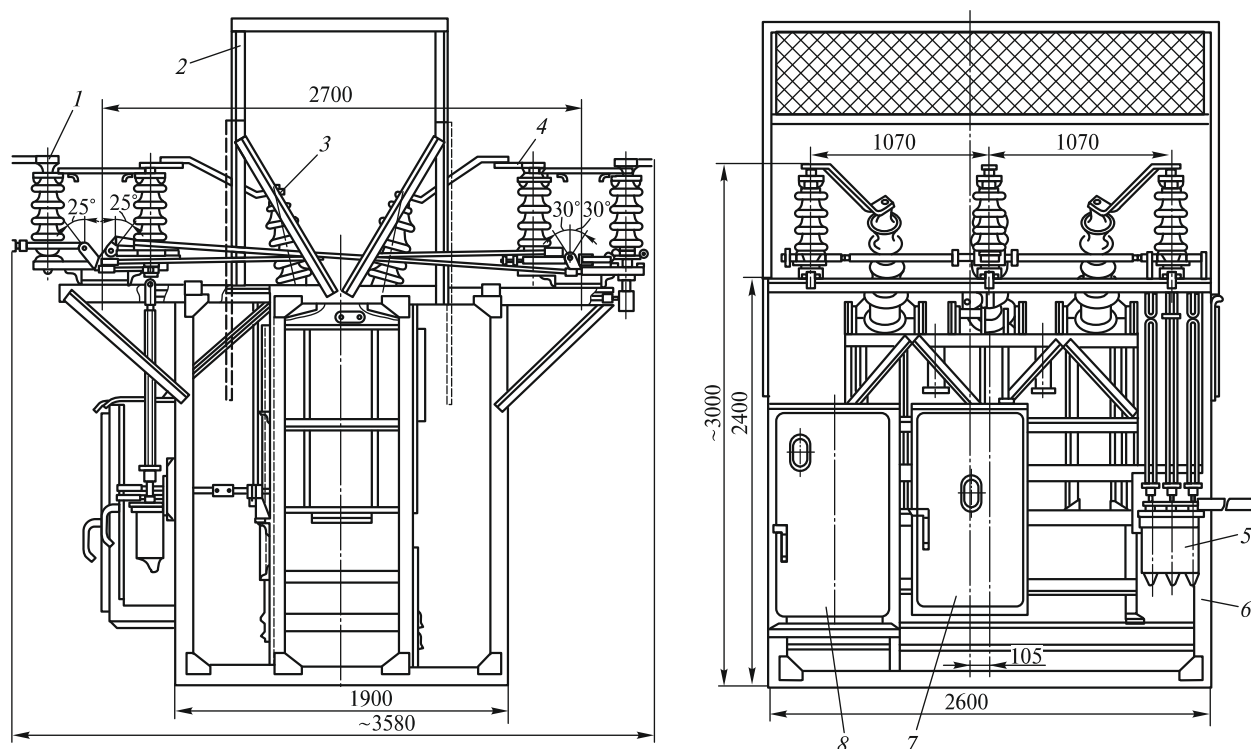
Бір секциялы автобус жүйесімен схемаға сәйкес ашық аспаптар 35 кВ ашық құрастырылған қондырғылардан құрастырылған (6.12-сурет). Осы АТҚ барлық қондырғылар зауытта орнатылған және дайын қондырғылар орнатуға арналған. Блоктар бекітілген шиналар икемді немесе қатал болуы мүмкін. Блоктардағы ажыратқыштар кішігірім биіктікте орналасқан, бұл олардың жөндеуін жеңілдетеді. Техникалық қызмет көрсетудің қауіпсіздігі үшін блокта торлы қоршаулар бар. Коммутатордың корпусы - коммутатор, шиналар және желілік ажыратқыштар орнатылған металл конструкция. Коммутатордың жетегі сол металл құрылымға бекітілген шкафа орнатылады.

Коммутатор және ажыратқыштар қате әрекеттердің алдын алу үшін оқшауланады. Релелік қорғаныс, автоматика, өлшеу және дабыл қондырғылары шкафтың жанында релелік шкафта орналасқан. Мұндай блоктар трансформатордан сызық, секция және кіріс енгізу үшін қолданылады.

Шиналашық блогы сонымен қатар екі жерге тұйықтаушы пышақ және ЗНОМ-35 кернеу трансформаторы бар ажыратқыштар орнатылған металл құрылым болып табылады. Сыртқы блоктың релелік шкафы құрылымға орнатылады.

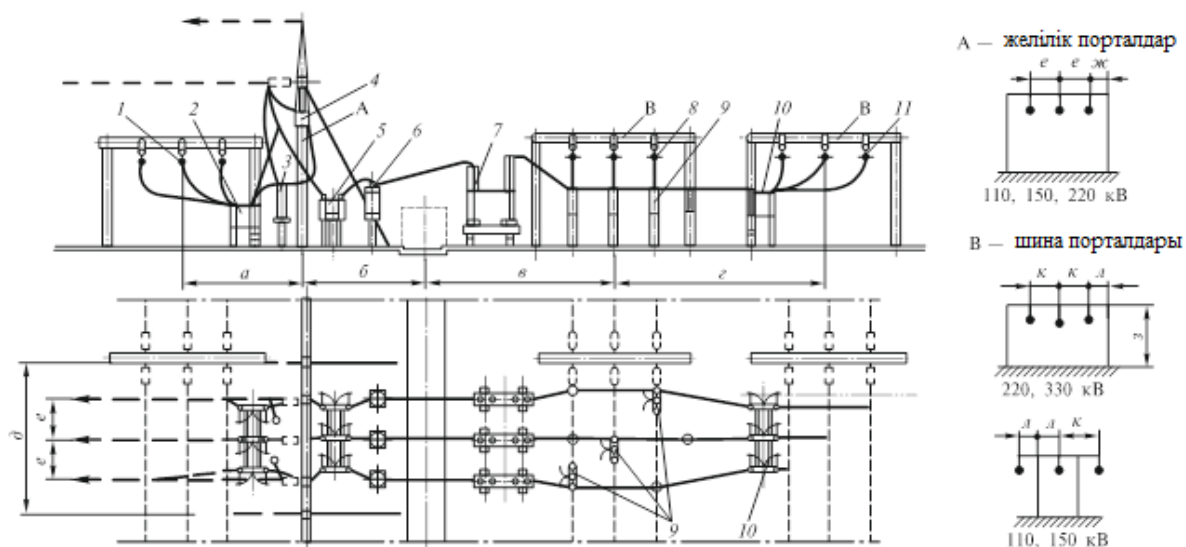
Жабдықты қондырғыда орнату және баптау зауытта жүзеге асырылады, ол қосалқы станцияның жұмысын құруға және қосуға айтарлықтай жеңілдетеді. Қарастырылған жобаның блоктары КТПБ

110/35/6 (10) кВ-да қолданылады (6.11-суретті қараңыз). Екі жұмысшы және ортақ автобус жүйесі бар жалпы схема үшін «Энергосетпроект» институты әзірлеген коммутация құрылғысының типтік орналасуы пайдаланылады (6.13-сурет).



Сурет. 6.12. Үлкен блок 35 кВ АТҚ ажыратқышы:

1 — желілік айырғыш; 2 — жөндеу қоршауы; 3 — ажыратқыш; 4 — шина айырғышы; 5 — айырғыш жетегі; 6 — металлоконструкция; 7 — ажыратқыш жетегінің шкафы; 8 — реле шкафы



6.13 сур. Екі жұмыс және айналмалы шиналар жүйесі бар сызба үшін арналған ОРУ 110—220 кВ үлгілік құрылымы

1 — айналмалы ШЖ; 2 — АШЖ айырғышы; 3 — байланыс конденсаторы; 4 — қоршау; 5 — желілік айырғыш; 6 — тоқ трансформаторы; 7 — ауа ажыратқышы; 8 — екінші ЖШ; 9 — кила орналасқан шина айырғыштар; 10 — Шина айырғыштар; 11 — бірінші Кернеуге байланысты құрылымның негізгі элементтерінің өлшемдері 6.1 кестеде келтірілген.

6.1 кесте

**Екі жұмыс және өтпелі шиналар жүйесі бар сызбалар бойынша үлгілік ОРУ  
өлшемдері**

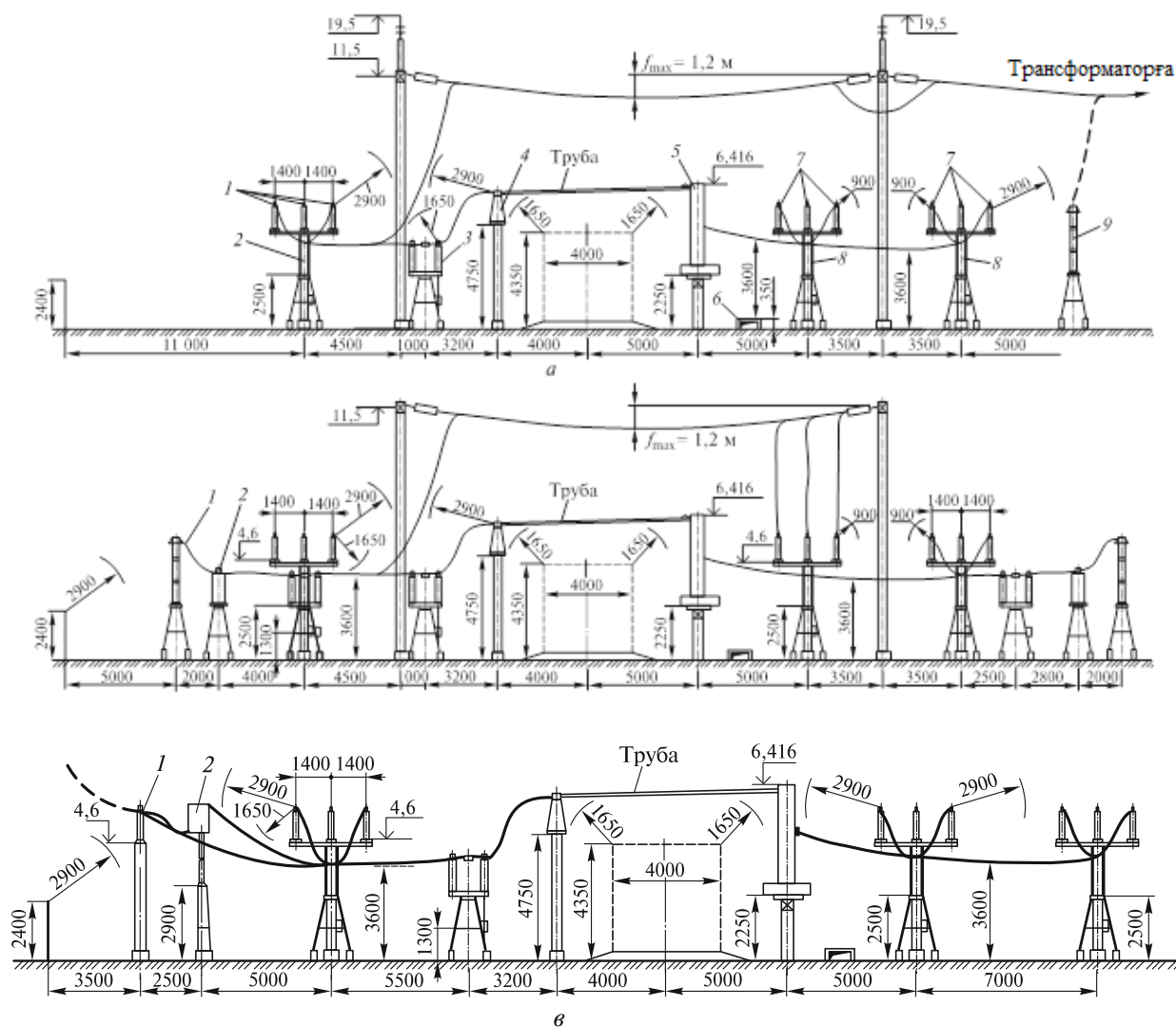
| 6.13 сур.<br>бойынша<br>өлшемдер | кВ кернеуіндегі<br>өлшемдер, м |      |       | 6.13 сур.<br>бойынша<br>өлшемдер | кВ кернеуіндегі<br>өлшемдер, м |      |      |
|----------------------------------|--------------------------------|------|-------|----------------------------------|--------------------------------|------|------|
|                                  | 110                            | 150  | 220   |                                  | 110                            | 150  | 220  |
| а                                | 8                              | 11,5 | 11,75 | е                                | 2,5                            | 3    | 4    |
| б                                | 9                              | 9,5  | 12    | ж                                | 2                              | 2,55 | 3,7  |
| в                                | 12,5                           | 15   | 18,25 | з                                | 7,5                            | 8,0  | 11,0 |
| г                                | 10,5                           | 16   | 20,5  | к                                | 3                              | 4,35 | 4    |
| д                                | 9                              | 11,1 | 15,4  | л                                | 1,5                            | 2,13 | 3,25 |

6.13 суреттен көрініп отырғандай әрбір полюс шиналық ажыратқыштар шиналар жүйесінің екінші фазасын өткізгіштері, оның астында тиісті құрама шиналары орналасады 9. Мұндай орналасу (кила) тікелей қосуға және сол деңгейде құрама қоңырауды қосу шиналық ажыратқыштар (жолайықтарға) шиналармен жалғануға 7. мүмкіндік береді Айырғыштар полюс бойынша басқарылады.

Икемді АТҚ шиналау болат алюминий сумен орындалады. Үлкен жүктеме кезінде немесе тексеру мүмкін жағдайлары бойынша әр фазада тәждену екі-үш сымдар қолданылады. 6.13 суреттегідей орек өткізгіштермен ұяшықтардың құрама шиналар мен шиналау орындалуы керек. Желілік порталдары шиналық және барлық тіректер, стандарттық аппараттармен және темір-бетон жасалады.

Портал қарастырылған жұмыстарды биіктікте жүргізу қажеттілігі шақырады, монтаждау және үлгілік саны көп құрылымдар АТҚ қымбаттатады қиындатады. Егер құрама шиналар, онда жай-күйі түсінікті, ал монтаждау порталдардың шиналық қатты орындау талап етілмейді. 6.14 суретте осындай ірі блокты қолдана отырып АТҚ 110 кВ конструкциясы көрсетілген, оны "Энергосетьпроект" зауыттық институты әзірленген. Құрама шиналар - 1000, биіктігі 4.6 метр темірбетон тіректердегі белгілеген изоляторлар 110 В арналған бекітілген құбырлармен орындалады, шиналық айырғыштар тірек конструкциялары, әрі барлық үш полюсінің орташа сатысы - қандай үлгі арналған құрама шиналар төмен орналасады. Тірек конструкцияларындағы Биіктігі 2.5 м. арналған аппараттар мен желілік





6.14 сур. Екі жұмыс және өтпелі шиналар жүйесі бар сызба бойынша аз майлы ажыратқышымен ірі блоктық зауыттық әзірленген 110 кВ АТҚ:

а — трансформатор ұяшығы бойынша қима: 1 — өтпелі шиналар жүйесі; 2 — өтпелі ШЖ айырғышы; 3 — трансформатор тізбегіндегі айырғыш; 4 — ток трансформаторы; 5 — ажыратқыш ВМТ-110; 6 — кабельдік астау; 7 — жинақ шиналары; 8 — шина айырғышы; 9 — разрядтаушы (тоқтың күшеюін шектеуші); б — шина жалғағыш ажыратқыш ұяшығы бойынша қима: 1 — разрядтаушы; 2 — кернеу трансформаторы; в — желі ұяшықтары бойынша қима: 1 — тіреуіш изолятор; 2 — жоғары жиілікті қоршаушы және байланыс конденсаторы.

Ажыратқыштың вт 110 ЭДК 110 белгіленуі мүмкін, бұл жағдайда оқшаулау орнына, ВГУ 110 вгт 110 шиналау және соққы ток арналған 2 м дейін ұлғайтылады, жалпы ұзындығы 5 м. қашықтық 80 кА, междуфазное ұяшықтарды есептейді.

Кабельдер мен темір-бетон плиталар, жаяу жүргінші жолдарымен бір мезгілде ауа ұяшықтардағы орын болып табылады. Жолдың жүріс бөлігімен қиысатын орындарында қымбатты науалар астына төселеді.

Тарату құрылғысы Мазмұн түрінің құрама темір бетонды және металл шығыны аз, үлгі қысқартылатын алаңының аумағы құрылыс-монтаж жұмыстарының құны төмендейді.

### 6.3.3. Аспалы айырғыштары бар ОРУ 330 — 500 кВ конструкциясы

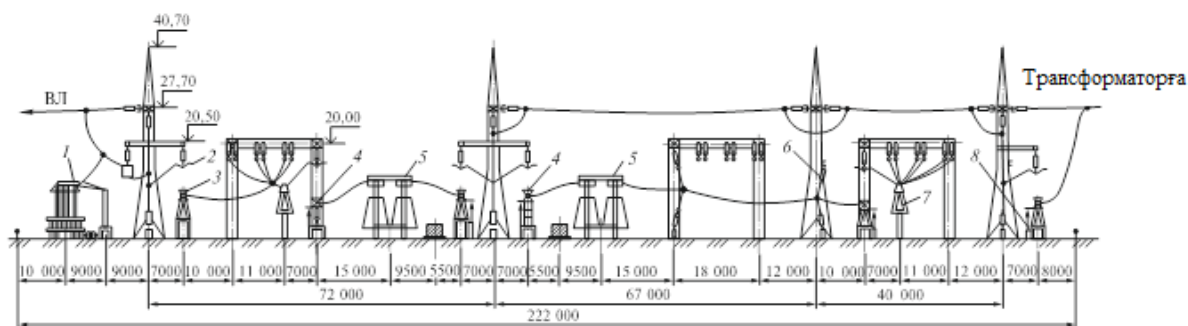
Бір жарым үш ядролы сызба үшін орнатуға арналған ауа ажыратқыштар тізбегі бар құрастыру кеңінен қолданылады. Мұндай ұяшықтар үш қатар ажыратқыштар (157,4 м) ұзындығын бойлай қажет құрылыс жолдарын АТҚ айтарлықтай арттырады. Фазаларының арасындағы қашықтық 330 кВ ажыратқыштар үшін келіп жету мүмкін, кез келген орнына фазада монтаждау немесе жөндеу кезінде автокран 7,5 - 8 м қабылданады.

Ең биік нүктесі жөндеу құрастыру жұмыстар кезінде 16 м кран биіктікте болуы мүмкін. Ең аз екендігін ескере отырып, ал қосымша салмақты сымдар - 3 м, биіктігі 4 м дейінгі қашықтық кернеуде тұрған кран сымдардың тең қабылданады, тіректердің 23 м жебе АТҚ қабылданды.

Ұяшықтар бар ұяшықтарды 249,4 м, ал ұзындығы 500 кВ құрастыру бойынша тапсырылатын АТҚ қадам 28 м. АТҚ жалпы мөлшері арта түседі, бірақ өзін соншалықты қиын алаңында орналастыруға электр станциялары. 500 кВ ажыратқыштар мөлшерлерін азайту мақсатында басқа да қолданылуы мүмкін, мысалы егер бас тарту үш жолдарын үш қатар орындықтар жабдықтармен ажыратқыштар құрылыстар астында бойынша қабылдауға арналған механизмдер мен олардың жұмысқа дайындауды жөндеу құрастыру көрші кернеуді түсірместен тізбектеріндегі шахматты құрастырылымдарды АТҚ екі қатар орналасқан. ДДҰ бойымен биіктігі 4 м, бұл жол жүру мүмкіндігін қамтамасыз етеді.

Оқшаулау, ұзындығы 500 кВ ажыратқыштар аспалы темір бетонды пайдалану кезінде, саны, шығыс тармақтарының бағаналарына арналған шиналау АТҚ ені айтарлықтай қысқартылады.

6.15 суретте Урал жылу электр жобасымен қосымша қосуға арналған 500 кВ АТҚ көрсетілген. 4/3 ажыратқыштың схемасы бойынша бөлімше 500 кВ айырғыштар мен аспалы қолдану керек, оның орналасуы АТҚ конструкциясы көздейді. Әрбір трансформатордың қосылу 4 және 5 арқылы орындалады (2-суретті 6.15) - Жоғарғы қабатты шиналау аспалы айыр інгенге, содан кейін рубильник шиналар жүйесі.



6.15 сур. Жалғауға арналған 4/3 ажыратқыш сызбасы бойынша 500 кВ ОРУ. Желі және трансформатор желі бойынша ұяшықтар

1 — НДЕ құрылғысы, тоқтың күшеюін шектеу және байланыс конденсаторы; 2 — аспалы айырғыш РОД бар қозғалмалы контакт; 3 — тіреу изоляторындағы аспалы айырғыштың контактілік сақинасы; 4 — айырғыш контактілік сақинасы бар ток трансформаторы; 5 — ажыратқыш; 6 — аспалы гирляндасы бар тартпа; 7 — тіреуіш изолятор; 8 — телескоптық жерге тұйықтаушы айырғыш.

Аспалы және жылжымалы бөлігі ажыратқыштар гирляндаларға изоляторларының тіректері мен порталдардың траверсам қойылатын консольдарға арналған 2 ілінуі тиіс. Трансформаторлар ток, кернеу немесе қозғалмайтын тірек изоляторлары бөлігі

құрастырылады. Түсіру және көтеру арқылы айырғышты жетекті блоктары арақашықтығы айырғышты бөлігінің икемді жылжымалы байланысты жүргізіледі.

Ажыратылған телескопиялық тізбектерінің жерге тұйықтау үшін Жерге қосқыштарды 8 қолданылады.

Қарастырылып отырған құрастыру орнатпаны 500 кВ шунттаушы реакторларды көздейді. Конструкциясы бар ажыратқыштар шиналар арқылы желілерін қосуға үшін төрт бұрышты, трансформатор - схемаларын (құрама шиналармен қоса) АТҚ әзірленді. бойлық орналасқан екі және бір жарым ажыратқыштың мен схемалар 3/2. Бұл жағдайда шиналау полюс арасындағы жол бойымен ажыратқыштар және арнайы кірулерді аппараттарына қойылатын талап етілмейді ажыратқышпен жоқ үстінде өтеді. Автокрандар тікелей белгілейді және басқа да тетіктері бар ажыратқыштар жөндеу барысы бойынша қозғалыстар.

750 кВ ажыратқыштар, ажыратқыштар мен асқын кернеулер шектеушілермен салмақ астында бір қатарда құрастыру сызбасы бойынша 3/2 АТҚ үшін неғұрлым прогрессивтік орналасқан орнына РВМК 750м ОПНИ 750 разрядтығыштар бар болып табылады [6.5].

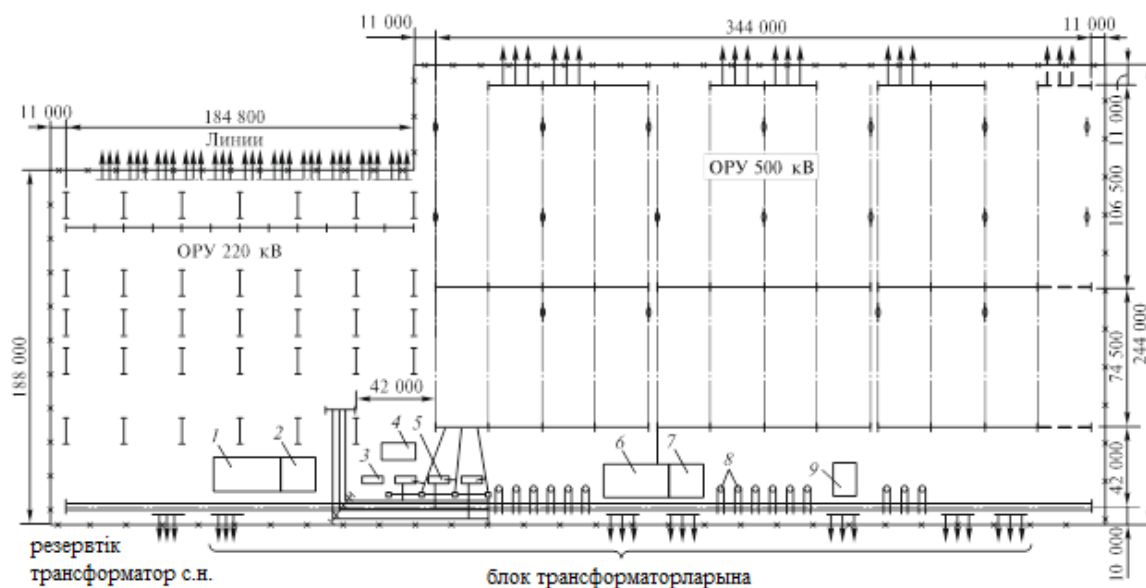
Қашықтықты азайтуға мүмкіндік береді, демек, қолдану және ОПНИ ОПН шектегіштерінің фаза аралық ұяшықтарды азайту қадам атқ. Ұяшықтарды Саян-шүшен СЭС арналған 500 кВ дейін қолдану арқасында ОПН шектегіштерінің бастап 24 м [6.1] 31 дейін төмендетіледі.

Себебі, оқу мүмкін емес конструкциялар жобалау және пайдалану қажет барлық көп түрлілігіне оқулығында көрсетуге АТҚ анықтамалық әдебиетпен үлгілік жобаларды қолдану керек.

#### **6.4. Электростанция және қосалқы станцияларды тарату құрылғыларын орнату**

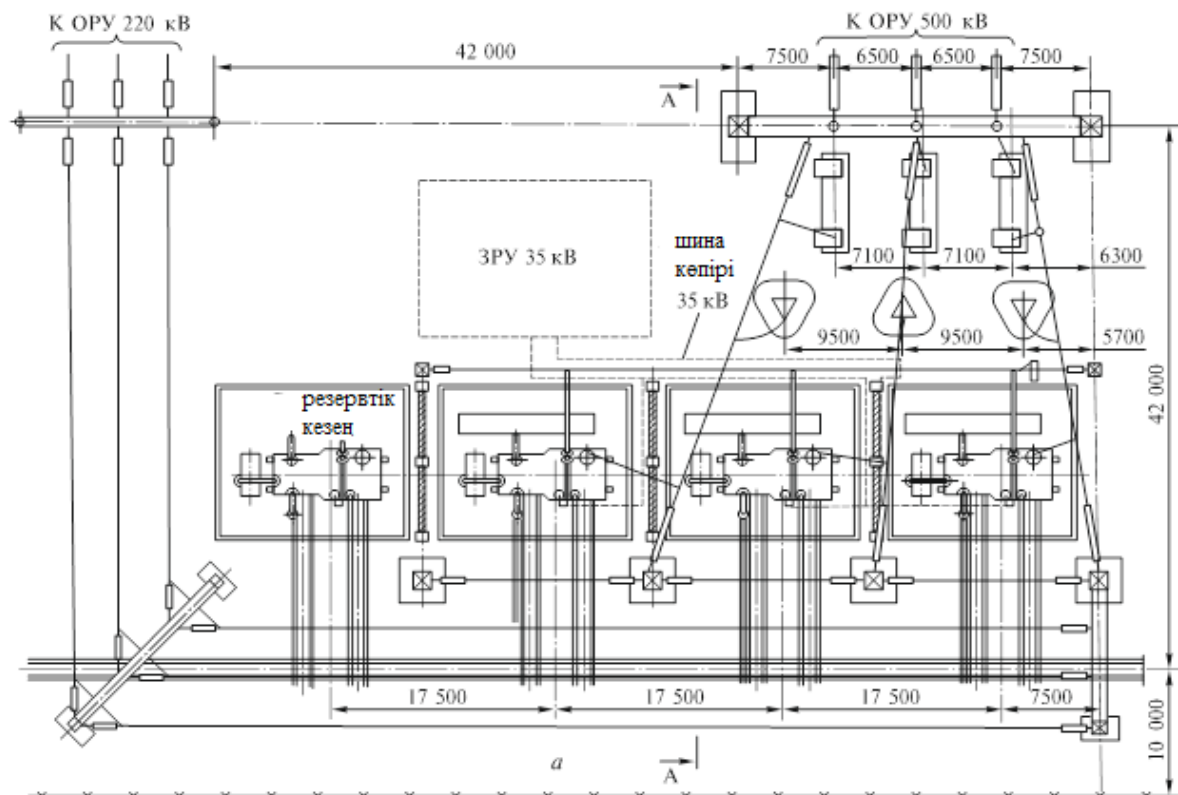
##### **6.4.1.Электростанция аумағында РҰ орналастыру**

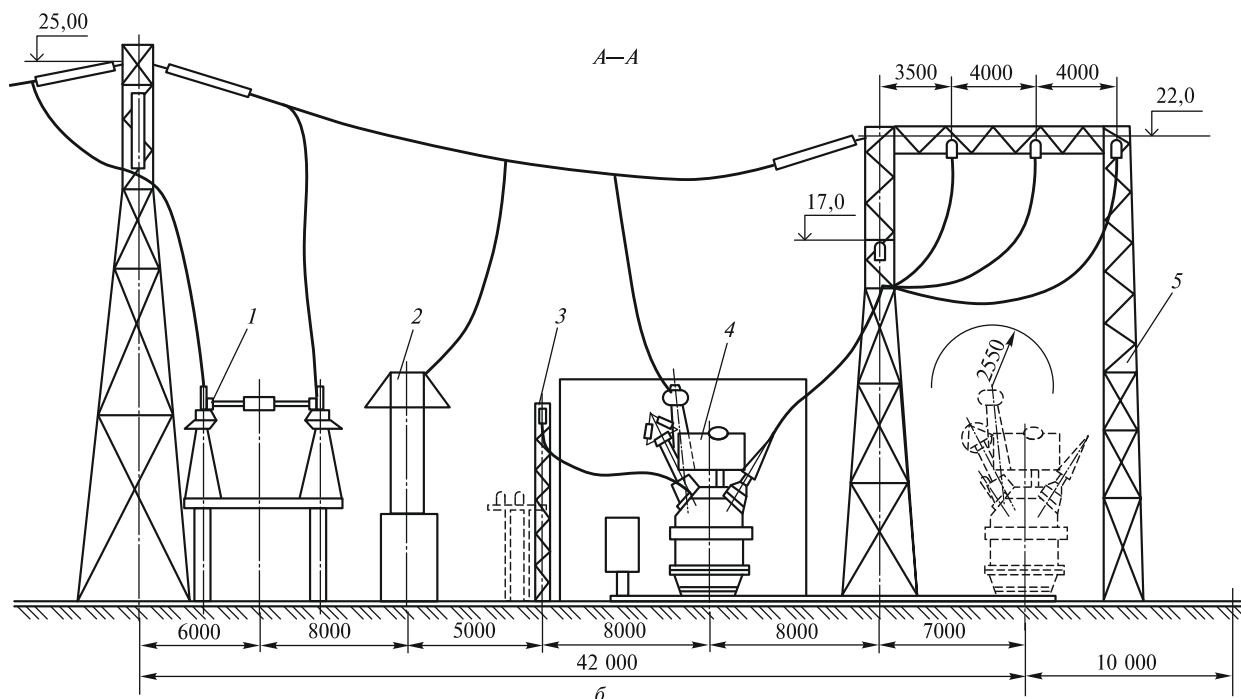
Жылу электр станцияларында құрылыстардың жалпы құрылымы 1.2 тараушығында қарастырылған. Мұнда атап өту керек, бұл әдетте 6 кВ турбина бөлімшесінің бас корпусын фасадпен алдында ғана ЖЭО (10) орналасқан, оның артынан ТРҚ тарапынан ашық РҰ. Жылу электр станциялары үшін алдында немесе қазандық бөлімінің бас корпусын фасадпен тарапынан су өткізгіш блокты арналған ашық РҰ арнасы орналастырылады. Соңғы жағдайда бас корпусы трансформаторлар арқылы жылғы арттыратын ауыстыру желілері қажет.№



6.16. сур. Қуаты 4800 МВт ГРЭС 220 және 500 кВ ОРУ орналастыру жоспары:

1 —ОРУ 220 кВ реле панельдері үшін арналған бөлме; 2 — аккумуляторлық батарея, шеберхана және компрессорлық бөлмесі ; 3 — автотрансформатордың реле фазасы ; 4 — ЗРУ 35 кВ; 5 — автотрансформатор; 6 —ОРУ 500 кВ реле панельдері үшін арналған бөлме; 7 — аккумуляторлық батарея, шеберхана бөлмесі; 8 — реакторлар; 9 — компрессорлық





6.17 сур. Қуаты 3х267 МВА 500/220 кВ байланыс трансформаторы тобын орнату:

1 — айырғыш; 2 — разрядтаушы (ОПН); 3 — шина көпірі 35 кВ; 4 — автотрансформатор;  
5 — бірікке портал

Егер екі жоғары кернеу пайдаланылатын болса, онда әдетте жуық ТҚ электр станцияларында көтеріңкі автотрансформатор кернеу байланыс кернеу белгіленеді. АТҚ орналастыру жоспарын ГРЭС 4800 МВт керек 6.16 үшін берілді. 35 кВ резервтік трансформатор кабельмен ЖТҚ қойылатын танылады. н. Аккумулятор батареяларын АТҚ 220 және аумақтарында релелік қорғау мен панельдері үшін 500 кВ орналастыру көздейді. Темір жол аралықтары 500 кВ бойындағы көзделген шунт реакторларды белгілейді.

6.17 суретте 500/220 кВ бір фаза автотрансформаторлардың қуаттылығы 3 х 267 МВ көрсетілген.

#### 6.4.2. Аудандық және тораптық қосалқы станцияларда РҮ орнату

Қосалқы станциялар мен жабдықтарды монтаждау кезінде, сондай-ақ пайдалануда барлық құрылыстар салу кезінде алаңында жөндеулер түрлі жылжымалы және тұрақты жүк көтергіш құрылғылар болатындай етіп орналасуы тиіс

6.11 суретте көрсетілетін 35/10 кВ ажыратқыштар, енгізу, көлік, оның ішінде көрініп отырғандай, кіреберіс КТПБ жоспары керек болуы мүмкін және блоктарға блоктары трансформаторларға қойылатын КРУН. Қосалқы станциялар жүктердің орнын ауыстыруды және монтаждау блоктарын алаңы үшін әзірленді. Жолдың бойымен қатар бойындағы барлық қосалқы станциялардағы кернеу және одан да АТҚ ажыратқыштар трансформаторлар көзделеді (6.13 - 6.15 суретті қар.)

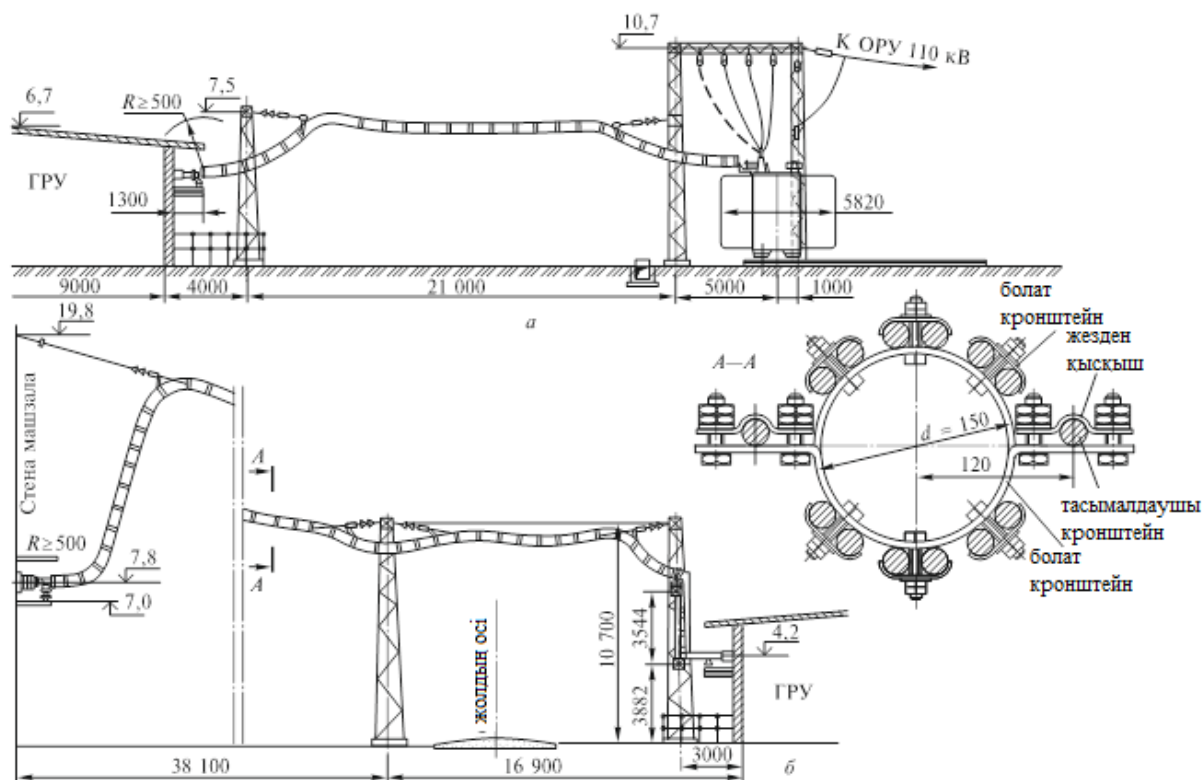
Бақылау және күш кабельдері с. н. жерүсті тартпаларға бас тартады. Шеттен келгендерге арналған құрылғыны басқару тақтасында жалпы станциялық бас басқармасының (тер) тармағында орналасқан өз мұқтаждары мен жөндеу бригадасы, релелі қорғаныш, байланыс, шеберхана қызметтік бөлме және т.б. болады.

Тексеру үшін кернеуі 220 кВ дейін жуық қолдану мүмкіндігі бар трансформаторлар алаңы трансформаторлар қызметтерді сатып алу қарастырылады. Қосалқы станцияларда трансформаторлы кернеуі 220 кВ және одан жоғары қуатты бекіткен трансформатордың көмегімен жүргізіледі, оған сәйкес тексеру (автотрансформаторами) бастап, ал күшейтілген ТБА верса көтеруге есептелген немесе магнит өткізгіштің қаптаманың шиналау порталының Портал орамдармен. А-а, портал бойынша көрсетіледі, 6.17 сурет.

## 6.5. Генераторлар, күш трансформаторлары және ЗРУ 6-10 кВ арасындағы жалғау конструкциясы

### 6.5.1. Ашық тоқ өткізгіштер

6— 10 кВ тарату құрылғысы бар генераторлар мен трансформаторлардың электрлік жалғауы икемді тоқ өткізгішімен орындалуы мүмкін (6.18 сур.)



6.18 сур. Икемді аспалы тоқ өткізгіштер:

а — ГРУ байланыс трансформаторына дейіні икемді тоқ өткізгіш; б — машина залынан ГРУ дейінгі икемді.

Мұндай ток сымдардың тұрады, оларды не үшін бөлінген саңылаулар алюминий, біркелкі айналдыра сақиналарға өткізіледі. Сақиналар бастап қабылдайтын болат аллюминий өткізгіштермен туралы мықтап бекітіледі, сулары механикалық жүктемені артады. Экономикалық ток тығыздығының есеппен санын ескере отырып айқындалады. Сақтау және қабырғаға гирляндарға жеткізетін сымдары керме арналған бас корпусын тіреуіштерге. Қабылданады сақиналармен құрсаулар арасындағы қашықтық 1 м. Икемді желілік қабырғаға қарай өтетін сымдардың орындарға шығару және арнайы соңғы

бөліктер ТРҚ бас корпусын көмегімен орындалады. Икемді фазаларының арасындағы қашықтық ток жүретін сым саны 3 м. жұмыста сенімді өнім құны бар және икемді ток сымдары бар. Бұл оларды ЖЭО кеңінен қолдануға әкелді.

6-10 кВ қосалқы станцияларда күш біріктіру трансформатордың ТҚ бастап көпір шиналық орындала алады. Шиналар орнатылған немесе темір бетон конструкцияларындағы бастығына арналған қатаң оқшаулау орындарында, бекітіледі. 6-10 кВ 0.6 болады - 0.8 м, тергеу изоляторлары арасындағы ара қашықтықты есептеу жөніндегі қондырғылар үшін қабылданады, әдетте арасындағы ара қашықтықты фазаларының арасындағы фазаларының және тергеу изоляторлары 1 - 1.5 м. Трансформатордың жуық шиналық компенсаторлар арналған ТҚ және ішінен шығару көзделген. Ұзындығы - қарапайымдылығы қадір-қасиетін кезінде, ал бұндай тіркелгі - кішігірім сенімділігі мен үнемділігі. Көпірдің ұзындығы ұлғаюымен төмендейді, өйткені одан да көп шамасы бойынша жабу кезінде олардың құны мен сенімділігі артады, әсіресе ластануы изоляторларға ының, шина де арта түседі. Бұл әдетте ашық шиналық көпірлер әкелді Жылу-электр станцияларында қолданбайды. Қосылым жоғары арынды гидроэлектр станцияларында салқындайтын генераторлардың трансформатормен көпір шиналық орындала алады.

#### **6.5.2. Жиынтық ток өткізгіштер**

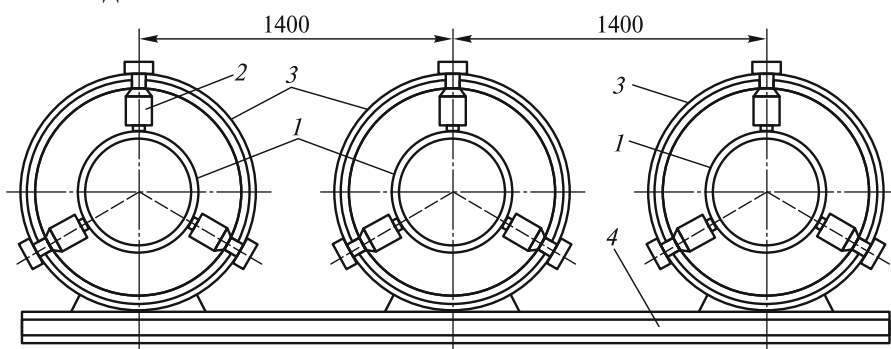
Қуатты жылу электр станцияларына қосылу үшін арналған салқындатылатын генераторларды жоғарылататын фаза бойынша экрандалған ток кешенді трансформаторлы кеңінен қолданылады. Әрбір фазасын ток шиналар ротор жерге тұйықталған бекітілген қапқа (экраны көмегімен изоляторларының. Құйын тәрізді әсер етуі кезінде туындайтын жүктеме күшті магнит ағынының тоғымен қыздыру кезінде алюминийден қаптама орындалды токтармен құрылған. Іс жүзінде жоғары сенімділігін қамтамасыз етеді, себебі әрбір фазасын ток трансформатордың жоғарылататын жылғы дейін генератордың учаскесінде фаза аралық ҚТ жабық орындау алып тасталады. Қатынастарды біріктіру үшін ток трансформаторлары бар 60 МВт және одан жоғары генераторлардың солқылдақ салыстырғанда неғұрлым жоғары құны қарамастан, жинақтық қолдану ұсынылады. 200 МВт дейінгі генераторлар үшін ток трансформаторы турбина бөлімшесінің жылғы қабырғалары аспайтын мерзімге дейін, егер жинақтық қолданады блоктық жойылған 30 м. Үлкен қашықтықта машина залының аспалы ток өткізгішімен икемді тыс қосылым кезінде орындалады. Жиынтықты фаза бойынша құрама шиналар, турбина бөлімшесінің шегінде жұмыс істейтін 60 және 100 МВт ток сымы генераторлар үшін де қолданылады. Турбиналы және икемді токопроводом ТРҚ бөлімше арасындағы қосылым орындалуда.

Олардың көмегімен цилиндрлік ойық изоляторлары бар үздіксіз ток фаза бойынша экрандалған ток жүргізуші жабылуы керек (6.19) 1 2 нысандағы тағанға бекітіледі алюминий шина Қызмет көрсету қауіпсіздігін қамтамасыз етеді, қорғайды және шаңнан, ылғалдың, бөгде заттардың түсуін фаза аралық тұйықталудың кездейсоқ оқшаулау қаптама 3 жолсеріктер ток жүретін сым шегінде мүмкіндігін жоққа шығарады. Болат арналған үш фазасын ток жүретін сым бекітеді арқалыққа 4.

Бастапқыда жиынтық ток түрін секциялаумен қаптаманың ЖЭК орындады. Резина салулардың түзулігі, сондықтан әр секция шинамен ток жүретін сымды жерге тұйықтау көмегімен жеке секцияларына жалғастырды. Сыртқы магнит өрісі осындай ток болат

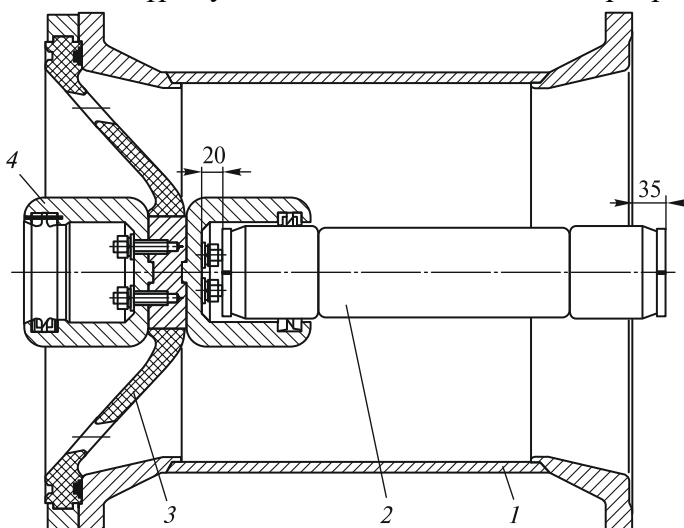


конструкциялар құйын тәрізді токтармен тым қызып жатыр емес және айналадағы өтеледі. Үлкен саны қиындатады және жерге тұйықтау пайдалануға резина тығыздау күрделі жүйе. Желі қораптарын жүйесімен үздіксіз емес неғұрлым жетілдірілген конструкциясында ток сымы түрі болып табылады. Мұндай әрбір фазасын арқылы бірлескен қораптарын ток өткізгіш секция пайдаланылады. Ток жүретін сым қаптамалар ұштары бойынша бірлескен үш фазалардың өзара. Мұндай жүйесі құрылады, ол сыртқы ток жүретін сым бойымен ток айналатын жасайтын, қораптарын Флюксметр түгелге жуық Флюксметр өтейді. Осы жылғы құйынды токтарының айналадағы Металл конструкцияларда қыздыруға пайда болмайды.



6.19 сур. Фаза бойынша экрандалған ток өткізгіш:

1 — ток жүргізуші шина; 2 — ойық изоляторлар 3 — қаптама; 4 — болат білек



6.20ур. 110 — 500 кВ арналған элегаз ток өткізгіші:

1— алюминий қабықшасы; 2 — ток өткізгіш шина; 3 — оқшаулау элементтері;  
4— штепсель жалғағышы

ҚТ кезінде экрандалған қораптарын қолданылуы кезінде жолсеріктер электродинамикалық күштерді бірнеше есеге төмендетеді. 20-24 кВ ток кернеуіне тән ток 24 кА, электр динамикалық шыдамдылық 570 дейін шығарылады.

Ток өтетін ток жүретін сым ішіндегі ауа оқшаулау элегаз қарай одан әрі жетілдіру болып табылады. Енді жоғарыда атап элегаздың қадырларға туралы (6.2 тараушығын қар.). Жаңа Крүе элегаз 110-500 кВ арналған жабдықтарды элегазов өзара қосылу үшін ток қолданылады. Элементтерінің ішінен желілік ток сымы көмегімен орнатылған цилиндрлік айтын, оларда оқшаулау ток жүргізуші шина 2 3 1 алюминий керек (6.20) орындалды. Ернемек ток жүргізуші бір секцияның жүйесі бар, бұл ретте екінші секция штепсель жалғағыш 4 ток жүргізуші секция жүйесімен жалғанады. Кәбілдік желілерді іске қосу



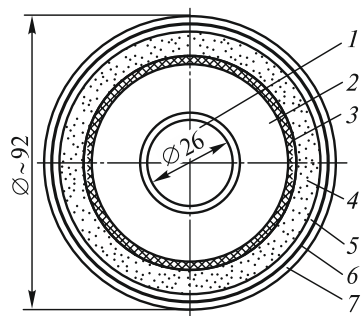
үшін және кейіннен оны осындай ажырату үшін, сондай-ақ қосылудың элегазовым токопроводом Круе ғимараты іске қосу үшін қолданылады.

### 6.5.3. Кабельдік жалғау

6-10 кВ ТҚ бастап қосылым бұрын төселген кәбілдердің кабелдік арнада шок-шок генераторлар, трансформаторлар немесе траншеямен орындалған. Алайда соңғы саны көп болып шықты, өйткені мұндай жалғанымды аз сенімді жиі себеп болған кәбілдік муфталарды жұмған. -Қосылу үшін қажет болса, солғұрлым азырақ болады да, мойнына неғұрлым көбірек саны Генератордың қуаты кәбіл жұмысының сенімділігі. Бұл көпір шиналық, сосын байланыспен, содан кейін тоқ өткізгіші комплект икемді кәбіл қосылыстары алдымен ауыстыру себеп болған.

Генераторлар, бірақ енді, ал үлкен ток жүктемесі қолданылуы мүмкін емес, кәдімгі кабелдік арналған қосылым мощ СЕСХС-ке тереңдіктегі кәбіліне есептелген.

Көлденең тілік кернеуі 20 кВ кәбіл сумен салқындатылатын бастап осындай көрсетілетін 6.21 керек. Оның ішінде диаметрі 26 мм мыс белдеуінің шиыршық түрінде құрылған болса, ол бойынша суытатын су арнасы кабель қатты созылатын айналып шығу кезіндегі температурасы 25 ° С, ал кіреберісте бар 60 ° С. Су қысымы 0.5 МПа аспайтын кірген арналған кабель.



Сурет. 6.21. 15 кА ток үшін 20 кВ суды салқындататын кабель:

1 - су айналымы арнасы; 2 - 1200 мм<sup>2</sup> мыстан жасалған мыс бөлімі; 3 - полиэтилен қабық; 4 - коллоидтық графит; 5 - жартылай өткізгіш резеңкеленген мата; 6 - мыс таспасының екі қабатын экран; 7 - поливинилхлоридті пластик қабығы

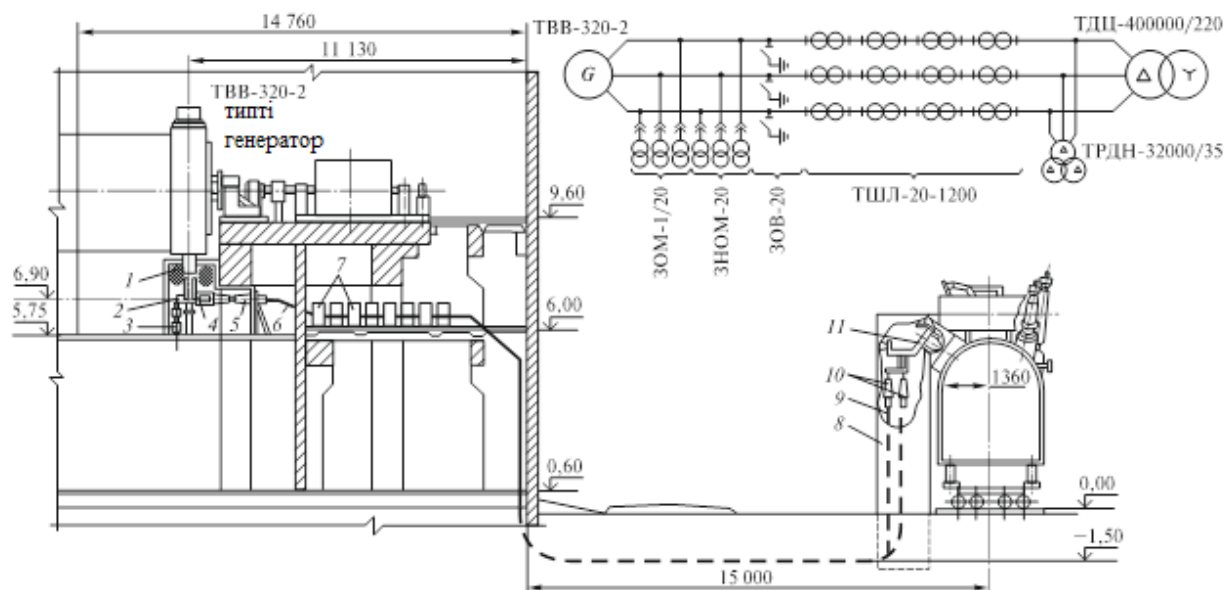
Қосылу және кәбіл трансформаторға генераторға қойылатын арнайы шеткі муфталарды көмегімен жүзеге асырылады. Болат тартпаларға бас салған мүмкін немесе кабель тіректерінде траншеяға (Топырақ қатуының деңгейінен төмен). Бірінші жағдайда - ұяшықтардағы төсеу кезінде - қыста су жылытқан генераторын ажырату кейін кәбілдегі циркуляция қамтамасыз етілуге тиіс. Екінші жағдайда - осы шоғырсым траншеяға төсеу кезінде трансформатор шыққан жерінде траншеялар жылытумен бастап жаңа күркені бар жасалуға тиіс.

Генератор қысқа учаскесін шиналар, оларға қосылу қосылатын кернеу мен жерге тұйықтау айырғыштар трансформаторлар қорапты орындарға шығару жүзеге асырылады. Тшл 20 деңгейінде белгіленеді, олар арқылы бекітілген металл арналған кабельдер өткізіледі, ток трансформаторларын 6.0 керек (6.22).

Күрделі шығындар көрсетіледі, бірақ аз кабель төсеу кезінде ток жүретін сым қолданған жағдайда, кабель және айналасындағыларға елеулі шығасы энергиясын фаза бойынша экрандалған тоқ жүргізуші желі экраны (фаза бойынша тоқ өткізгіші бірнеше есе артық) металл мыс кеніші. Қарға полупиковых Tmax = 2000 3000 сағат бар электр станциялары

үшін пайдалану немесе кәбілдің сумен салқындалатынын бастап сағаттар қолдану орынды болады.

Генератор тізбегіндегі орнату кезінде кәбілдік нұсқасы қымбат тұратын шеткі муфталарды қолдануға байланысты шығындарының өсуі салдарынан орынсыз ажыратқыштың санының көп қолданады.



6.22 сур. Генератордың кабельмен және су салқындатқышымен трансформаторды жоғарлатуы бар жалғау

1 - генераторлық терминалдар; 2 - қораптың шинасы; 3 - кернеу трансформаторлары; 4 - жерге қосу қосқышы; 5 - соңындағы ілінісу; 6 - кабель суды салқындату; 7 - ток трансформаторлары; 8 - соңындағы муфталар мен жылытқыштар үшін стенд; 9 - трансформаторға арналған кабель - торус; 10 - соңындағы муфталар; 11 - қадамдық трансформатордың кірісіне қосылу

## 6.6. Тарату қалқандары және басқару қалқандары

### 6.6.1. 1 кВ дейінгі тарату қалқандарының конструкциясы

1 кВ ток дейінгі қондырғыларда және қорғау аппаратурасы коммутациялық қосулар (автоматты ажыратқыштар, ток трансформаторларын, рубильниктер, сақтандырғыштар) деп аталады, олардың жиынтығы таратушы қалқанды бөліктерінде қалқан металл белгіленеді.

Қалқанның қарай конструкциясы мен қосалқы станцияларда белгіленеді, бірақ олардың бәрі зауыттарда жасалады және әр түрлі мүмкін аппаратураны қабылданған дайын күйінде жетуі тиіс. Мүмкін, бұл жағдайда Бөлу қалқандары екі жағынан алдыңғы қабырғасына қызмет көрсетіледі, ал артқы бөлігі - құрама шиналар, байланыстық, рубильниктер, өлшеу құралдары мен автоматты ажыратқыштармен тұтқа орнатылады немесе басқару автоматты айырғыштардың ток трансформаторларын, сақтандырғыштар және басқа аппараттар, схемасында көзделген. Бір жағынан еңіс үлгідегі қалқандар қызмет көрсетіледі, бұл жағдайда алдыңғы Тараптың есіктері бар қақпақтар мен жабдықтау қатынасу үшін алмалы-салмалы көзделеді.

Электр станциялары мен қосалқы станциялардың ШСН 1600 дейін болған кезде 500-ге дейін өзгереді, ал айнымалы ток кезінде өз мұқтаждары жүйесінде түрін тақтасының қаңқасы қисайған кенерді тұрады, оның тірек белдіктері панель ішілік бейіндердің және есептелген В. тақтасы дайындалған болат парақ болады. Тақтасының тереңдігі 800 мм, ені 800 мм, биіктігі 2200 мм. Тақтасының фасадқа арналған өлшеуіш аспаптар, аппараттар,

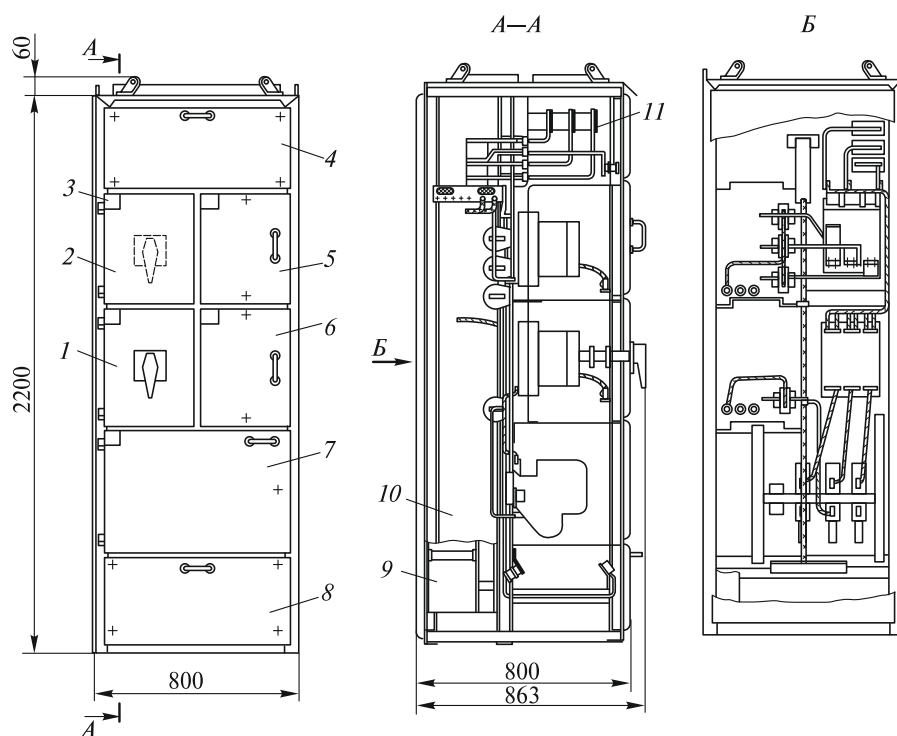
дистанциялық басқару, ажарық сигналды жетектері мен автоматты айырғыштардың орналастырылады реле, рубильниктер тұтқа арматура. Қаңқасы қисайған ішіндегі күш жабдығы орналастырылады: Автоматты ажыратқыштар, рубильниктер қосқыштар, магниттік және т. Осы уақыт ішінде алмалы-салмалы блоктарға сигнал және т.б. - реле коммутация - ток, қайталама 2-т. Аппаратура панелінің қасбетін тарапынан белгіленеді. Тәуелді күш жабдығы және аппаратура блоктарын тақталарын әр түрлі болатыны және оларды тағайындау.

Блок түрі таңдалады схемалары үшін мұның қалай істелетінін таратушы жиынтықты құрылғылардың панельдері мен каталогтар бойынша нақты объектіге қарай бастапқы және кейінгі қосылыстары.

6.23 шсн 45 тақтасы көрсетілген керек.

Ашық бөлігінің ШСН тақтасы бар, сондықтан олар толық қауіпсіздігін қамтамасыз етпейтін қызмет көрсету кезінде ток. Жасалған астам 0.5 кВ ЖиТҚ болып табылады.

Электр энергиясын таратуға арналған шкафтар КРУ-0.5 кВА дейін резервтік автоматты қосу желісінде 1000 А қорек беру және 0.4/0.23 кВ трансформаторлар қорегін енгізеді.



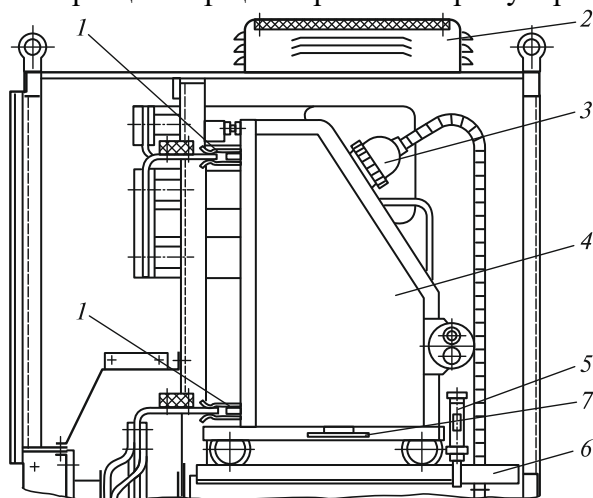
Сурет. 6.23. ШСН-45 түріндегі шығыс желілерінің шкафтары:

1 - контактордың бөлімі; 2, 5 - автоматты ажыратқыштардың бөлімдері; 3 - бөлме нөмірлері; 4 - автобустың бөлімі; 6, 7 - релелік блоктардың бөлімдері; 8 - бақылау және авариялық автобустардың бөлімі; 9 - жоғарғы кірістері бар шкафтар үшін кабельдік қосылыстар; 10 - кабель мен автобус тармақтарының бөлімі; 11 - автобустар

ЖиТҚ Кіріспе, желілік, шкафтардың, басқару мен қорғауға арналған жалпы секциялық шкафтарынан тұрады. Жаңа ЖиТҚ барлық аппараттар мен металл шкафтың ішінде орналасқан бөлігінің және ток кездейсоқ жанау үшін қол жетімді емес. Қызмет көрсету ыңғайлы болу үшін - белгіленген үлгідегі ПАЕ А3100 АВМ өшіретін аппараттары - автоматты ажыратқыштар және блоктарға итермелі қосқыштар, күш. Кілттер басқару, өлшеу құралдары тиісті көздердің есіктерінде шамдары белгіленеді. 1040 жалпы көлемі 750 x x шкафтың ЖиТҚ 2200 мм. Құқық қорғау және басқару блоктарын бір шкафта блоктар мен бірнеше орналастырылады.

Сіз көрсетілген автоматты қосқыш авм 20 ұяшық 6.24 күш керек. Итеріп шығару үшін алдымен ажыратқыш ажырату күш блогы. Арнайы бұғаттау үзуге жүктемемен штепсель

жалғағышымен тізбегі мүмкіндік бермейді. Домалау қолын қарай домалатып жатыр жүргізіледі, ол күш береді. Айналыру кезінде ажыратқыш қосылған болу керек. Ажыратқыш тұтқа итергішге әсер етуі ерек. Содан кейін ғана алынуы мүмкін.



Сурет. 6.24. Коммутатордың қуат блогы 0,5 кВ:

- 1 - қосылатын контактілер; 2 - жалюзи; 3 - релелік қораптың қосқышы; 4 - автоматты ажыратқыш; 5 - ұстаушы; 6 - бағыттаушының сырғымасы; 7 - жерге қосу контактісі

Шкафтардың түрлері құрамаларының тор бойынша бастапқы және кейінгі схемаларын таңдайды. Шкафтар ЖИТҚ ШСН айырмашылығы цехтарында (қазандық, турбиналық бөлімше, топливо беру және т.б.) тікелей белгілеуге болады.

### 6.6.2. Басқару қалқандарының конструкциясы

Қалқандарды басқару құрылғысы деп қажетті жұмысты басқару үшін техникалық құралдар электр қондырғысын (аспаптар, аппараттар, аспаптар және кілттер басқару дабыл және бақылау) аталады.

Электр станцияларында электр түрін басқару қалқандары жергілікті (статистикалық, цех) өз мұқтаждары ЖЭО жүргізіледі: ол, - ол қазан бас қалқанның бөлімшесінде қазандық қалқанның турбиналық бөлімшесінде турбина және т.б. Басты схема - генераторлар, трансформаторлар, сызықтар ішкі басқару элементтері негізгі элементтері - қалқанның басқарылады, өз мұқтаждары дәмеленетін басты (ГЩУ).

Блокты басқару қалқандары (ББ) және орталық басқару қалқаны арналған электр станциялары КЭС блокты көздейді (ЦЩУ).

..Электр қондырғыларын қоса алғанда, сондай-ақ басқаруды және бақылау басқармасымен және жұмыс режимі олардың өз қажеттіліктеріне сабақтас энергоблоктарды бір немесе екі қазандық агрегаттарын турбинамен бастап жүргізіледі

Резервтік трансформаторлар с.н., сондай-ақ жұмыс уақытын ұйымдастырудың кернеулі қалқанның ажыратқыштармен орталық басқармасы резервтік магистральдарын, электр станциясының Энергия блоктарының үйлестіріледі бастап жүргізіледі.

Негізінен басқару ГЭС ЦЩУ жүргізіледі. Телемеханика құралдарының көмегімен көптеген СЭС энергия жүйесінің диспетчерімен басқарылады.

Қосалқы станцияларда жеңілдетілген схемалар бойынша арнайы басқару қалқандары (жоқ ажыратқыштар ВН) көзделмейді. Осындай қосалқы станциялардағы телемеханика құралдарының көмегімен ішінара немесе толық қайта қосуды диспетчерлік пункттердің отырып жүргізіледі. Бригаданың (ЖК) күрделі операциялар жедел-шығатын жүргізіледі.

110 кВ және одан жоғары қуатты арналған қосалқы басқару пункттері (тер) жүргізілетін орталық басқару схемалары бойынша жалпы станциялық ажыратқыштармен бастап ішкі орнатып жатыр, 35 кВ және жоғары, аккумуляторлық батареямен қалқанның

трансформаторлы қосалқы станцияның негізгі элементтерінің жұмыс желілерімен және бақыланады. 6-10 кВ ТҚ 6-10 кВ желілерімен басқармасы арқылы жүзеге асырылады. Жергілікті басқару қалқандар басқарылатын объекті маңында белгіленеді. Жабық тұрпатты тақтасының немесе олар үшін 0.5 кВ ЖиТҚ пайдаланылады.

Қазіргі заманғы басқару орталық корпусында арнаулы ғимаратта ұсынатын арнайы үй-жайда орналастырылады немесе тұрақты торца тарапынан басты қалқандары басты және электр станциялары (ТЭЦ) немесе ашық таратушы құрылғылардың (КЭС) ТРҚ қойылатын тұстасқан жақын.

Блокты басқару қалқандар турбиналы электр станциясының қазандықтар басты корпуста арасында орналастырады және бөлімше көрсетеді. Әдетте екі энергия орынды қалқанның бір блок тақтасын басқару жүргізіледі. Блоктық қалқан орналастырылды және энергетикалық блоктарды басқару және бақылау аспаптары, оларда негізгі шынжырлармен пультмен тік көлбеген панельдері жабдықталды. Бұл пульттері мен панельдер доға бойынша кезекшінің үздік шолу үшін үстелден орналасқан. Контур шұғыл емес тақтасының оң және сол жағында орналасқан, қазандық генератордың бірігетін өз мұқтаждары, автоматика, қорғау және турбина аспаптармен бастап пульттері тіркеуші аспаптардың, т. е. Кезекші персоналдың нәрселердің бәрі ұдайы көңіл аударуды талап етпейді.

Дәл осындай мен панельдер мен ЦЩУ ГЩУ арналған қағидаты бойынша пульттары орналасады. Панельдері мен пульттері зауыттарда алдын ала игерілген схемалар бойынша әзірлейді. Панельдер, монтаждау және нығайтады орнында отырып қосады сигнально жедел шиноктар тексеру кәбілдері қарастырылады. 0.5 кВ ЖиТҚ үшін қолданылуы мүмкін, оның қорғаныш, автоматика, басқару тақтасы сияқты біріздендірілген блоктарын мақаланы немесе пульт. Өлшем аппараттарының саны көп, сондықтан оларды орналастыру үшін талап етілетін арбиған бар қазіргі заманғы электр станциялары, бақылау және басқару қалқандары. Шағын көлемді пайдалануға шақыруы бойынша сайлау жүйесін басқару және бақылау аспаптарының, телемеханикалық қалқандар көлемін азайту арқылы қол жеткізіледі.

Резервтік (РЩУ) және орталық (ЦЩУ) басқару қалқандары (ББ), АЭС блокты көзделеді.

Әрбір реакторлық блок қондырғылары мен іске қосу кезінде негізгі технологиялық жабдықтармен ББ, орталықтандырылған басқару арналған қажет негізгі технологиялық және авариялық жағдайлардың қалыпты пайдалану, жоспарлы тоқтау. Генераторлар, трансформаторлар с.н., с.н. енгізулермен ББ бастап жүргізіледі ажыратқыштармен Басқармасы резервтік тамақтандыру 6 және ажыратқыштармен 0.4 кВ электр қозғалтқыштарының с. н. Генераторлық авариялық қондырғылармен, дизельдік генераторлар, трансформаторлар және басқа да көздер, үй-жайлар мен өрт сөндіру жүйелері энергоблоктарды қозғалған құрылғылармен кәбілдік энергоблоктарды.

Әрбір энергетикалық блокты ББ АЭС жеке үй-жайда орналасады (Басты корпуста немесе жеке ғимаратқа).

Орнатуды токтату үшін әр реакторлық басқару қалқаны (РЩУ), оның өзі опат авариялық және авариялық салқындау реактор резервтік АЭС блогын көзделеді ядролық және радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз ете отырып, осы істеуге болмайтын егер қандай да бір себептер бойынша бб. Осындай себеп бойынша шеттетілгені үшін бір жылғы ББ, екеуі де таңғалып отырмыз қалқанның тиіс емес еді. Басқару РЩУ бастап, сондай-ақ авариялық қондырғылармен және басқа да көздері дизел-генераторлық өз мұқтаждары ажыратқыштармен жаңа РУ 6 кВ секция жүргізіледі.

Қауіпсіздік жүйесін және қашықтықтан басқару элементтері үшін РЩУ ББ тәуелсіз көзделеді.

Жоғары кернеу трансформаторы ажыратқыштармен Резервтік трансформаторлар, сондай-ақ байланыс желілерін басқару АЭС ажыратқыштармен ЦЩУ бастап жүргізіледі, блоктарды генератор секция қоса алғанда, ажыратқыштар с.н. автотрансформаторлардың -

резервтік магистралі. Үй-жайлар мен трансформаторлардың, өрт сөндіру жалпы станциялық басқарылатын құрылғыны басқару кәбілдік ЦЩУ –мен жүргізіледі.

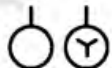
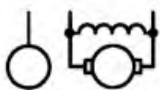
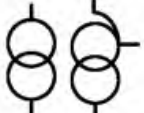
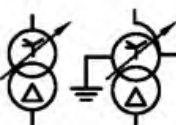
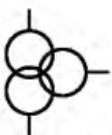
### **Бақылау сұрақтары**

1. ЖТҚ АТҚ алдында басымдықтары қандай болады?
2. Қандай электр тарату құрылғылары қызмет көрсету қауіпсіздігі мен қолайлылығын қамтамасыз етеді - ЖТҚ АТҚ немесе ДРҚ?
3. Қандай ажыратқыш түрлері 35 кВ және жоғары жабық таратушы құрылғыларда орнатылады?
4. Жабық және ашық РУ өрт қауіпсіздігі қалай қамтамасыз етіледі?
5. Сыртқа орнатылатын жинақтамалы тарату құрылғылары (ЖиТҚ) ішкі қондырғының таратушы жиынтықты құрылғылардан (КРУН) немен ажыратылады?
6. ЖиТҚ итермелі элементте ажыратқыштың орналасуының ерекшелігі неде?
7. ЖиТҚ қандай айырғыштар түрлері қолданылады?
8. ЖиТҚ ЖТҚ алдында артықшылығы неде?
9. Қысқы уақытта төмен температурада КРУН жабдығын қалыпты жұмысын қандай шаралар қамтамасыз етеді ?
10. Элегаз изоляциясы бар КРУ конструкциялық ерекшеліктерін атаңыз (КРУЕ). Олардың әуе оқшаулағышы бар ЖиТҚ алдында басымдылығы.
11. Кешенді трансформаторлық қосалқы станцияларды (КТП) қолданылу саласы қандай?
12. Ашық икемді шиналау конструкциясы бар ТҚ қатты шиналау конструкциясы бар ТҚ ерекшелігі неде?
13. Ток генераторы, 6-10 кВ күш беретін кәбілдік қосылыстары және ток сымдары, Кешенді трансформаторлы мен ЖТҚ арасындағы ашық қолданылу аясы қандай?
14. Басқару қалқандары (ГЩУ), орталық басқару қалқандарының (ЦЩУ) басты мақсаты қандай? Олардың әртүрлі типті электр станцияларында орналасуын түсіндіріңіз.
15. Қандай электр станцияларында блокты басқару қалқандар көзделеді (ББ)?

# ҚОСЫМША

## Электрлік сызбалар элементтерінің графикалық және әріптік код шартты белгілері

ПІ.1 кесте

| Схема элементінің атауы                                                                                                                         | Графика тағайындау                                                                    | Әріптік код |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Құрылғы электрлік. Жалпы белгілеу                                                                                                               |    | <i>G, M</i> |
| Ескерту: Шеңберінде біліктілік рәміздер мен қосымша ақпаратты орналастыру рұқсат етіледі, қажет болған жағдайда шеңбердің диаметрі өзгертіледі. |                                                                                       |             |
| Үш фазалы айнымалы ток генераторы статор орамасы параллель бұтақтары бар жұлдызға қосылған                                                      |    | <i>G</i>    |
| Синхронды кеңейту қосындысы                                                                                                                     |    | <i>GC</i>   |
| Айнымалы электр қозғалтқышы                                                                                                                     |     | <i>M</i>    |
| Тікелей ток генераторы (қоздырғыш)                                                                                                              |    | <i>GE</i>   |
| айнымалы ток машинасының статор орамасы(әр фаза)                                                                                                |  | —           |
| Синхронды генераторды қозғау                                                                                                                    |   | <i>LG</i>   |
| Трансформатор (автотрансформатор) қуаты. Жалпы белгілеу                                                                                         |   | <i>T</i>    |
| Ескерту: Біліктілік рәміздерді және қосымша ақпаратты орналастыру шеңберлерде рұқсат етіледі. Топтардың диаметрін ұлғайтуға рұқсат етіледі.     |                                                                                       |             |
| трансформатор және автотрансформатор РПН-мен , орамалардың қосылу схемасын көрсетумен                                                           |   | <i>T</i>    |
| Қуат трансформаторы, үш реттік                                                                                                                  |   | <i>T</i>    |
| Негізгі кернеу трансформаторы                                                                                                                   |                                                                                       |             |
| Екі орамдық күштік трансформатор, НН орамның РПН-мен екіге жарылуы                                                                              |   | <i>T</i>    |



| Схема элементінің атауы                                                               | Графика тағайындау | Әріптік код             |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------|
| Трансформатордың қысымы (бір фазасы), дроссель. Орамның басталуы нүктемен белгіленеді |                    | <i>T</i>                |
| Кернеу трансформаторы                                                                 |                    | <i>TV</i>               |
| Ашық үшбұрышқа қосылған екі фазалы кернеу трансформаторлары                           |                    | <i>TV</i>               |
| Үш фазалы үш трансформаторлық кернеу трансформаторы, өтпелі жүйе                      |                    | <i>TV</i><br><i>TVB</i> |
| Ағымдағы трансформатор                                                                |                    | <i>TA</i>               |
| Арқаны сөндіру реакторы                                                               |                    | <i>L</i>                |
| ток шектегіш реактор                                                                  |                    | <i>LR</i>               |
| желісінің реакторы                                                                    |                    | <i>LW</i>               |
| қосарланған реактор                                                                   |                    | <i>LR</i>               |
| Жоғары кернеу сөндіргіш                                                               |                    | <i>Q</i>                |
| Генератордың сөндіргіші (синхронды компенсатор)                                       |                    | <i>QG</i>               |
| Айырғыш                                                                               |                    | <i>QS</i>               |
| жерлендіруші айырғыш                                                                  |                    | <i>QSG</i>              |
| Ажыратқыш                                                                             |                    | <i>QR</i>               |
| Қысқа тұйықталу                                                                       |                    | <i>QN</i>               |



| Схема элементінің аты                                                    | Графикалық тағайындау | Әріптік код                                  |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------|
| Жүктеме қосқышы                                                          |                       | <i>QW</i>                                    |
| Сақтандырғыш балқығыш                                                    |                       | <i>F</i>                                     |
| Магнитті-шұралық қуатсызданушы                                           |                       | <i>FV</i>                                    |
| Электр тізбектеріндегі (автоматты), басқару блогында автоматты ажыратқыш |                       | <i>QF</i><br><i>SF</i>                       |
| Қосқыш автоматты түрде емес (ажыратқыш)                                  |                       | <i>S</i>                                     |
| Түйістіргіш, магниттік іске қосқыш                                       |                       | <i>KM</i>                                    |
| Жоғары кернеулі трансформаторлардың штурмалары                           |                       | <i>K1</i><br><i>K2</i>                       |
| Шиналар бөлімдері<br>6.10. кВ с.н. шиналар бөлімдері                     |                       | <i>K1, K2</i><br><i>BA, BB,</i><br><i>BC</i> |
| 0.4. кВ шиналар бөлімдері                                                |                       | <i>CV, CP,</i><br><i>CN</i>                  |
| Шинажалғаулық ажыратқыш                                                  |                       | <i>QK</i>                                    |
| Секциялық ажыратқыш                                                      |                       | <i>QK</i>                                    |
| Орағытпалық ажыратқыш                                                    |                       | <i>QB</i>                                    |
| Асқын кернеулі шектеуіш                                                  |                       | <i>RU</i>                                    |
| Аккумулятор батареясы                                                    |                       | <i>GB</i>                                    |

# ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

## *1 тарауға*

- В.1. 80 жылдық энергетикалық даму. GOELRO жоспарынан РАО «ЕЭС России» / Ред қайта құрылымдау жоспарына дейін. А.Б. Чубайс. - М.: «Информэнерго», - 528 сек.
- В.2. Кучеров Ю.Н. Ресей энергетикалық саласының жағдайы және оның даму перспективалары 2010 жылға дейін / Ресей энергетикалық секторында жаңа. - №6.
- С.3. Орнов В.Г. Бірыңғай энергетикалық жүйесінің АСГУ құру және дамыту // Энергетик. - 2000. - Ж.Н. 12. - П.30 - 31.
- В.4. <http://www.rao-ees.ru>; [cdu.elektra.ru](http://cdu.elektra.ru); электро-цис. орг.
- Жылу электр станцияларын техникалық қайта жарақтандыру тұжырымдамасы // Электр станциялары. - 2001. - JN 12. Р. 57 - 62.
- Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электр станцияларының және қосалқы станциялардың электрлік бөліктері (анықтамалық материалдар). - 4-ші жазба, Перераб. және қосымша. - Мәскеу: Энергоатомиздат, 1989. - 608 б.
- Обабков В.К., Обабкова Н.Е. Магнитизациямен доғалы соқтыратын реакторға негізделген сыйымдылық токтарына арналған автокомпенсациялаушы құрастыру мүмкіндігі туралы // Электр станциялары. - 2000. - №10.
- Жылу отынмен жұмыс істейтін жоғары сапалы ССГТ-ТРП энергетикалық көрсеткіштері // Электр станциялары. - 1997 ж. - № 2.
- Цсанев С.В., Буров В.Д., Саер А.Г. Электр станцияларының электр станцияларының үнемдеуін арттыру // Электр станциялары. - 2001 ж. - № 12.
- Марғұлова Т.Х., Подушко Л.А. Атомдық электр станциялары. - Мәскеу: Энергоатомиздат, 1982. - 264 б.
- Скалкин Ф.В., Қанаев А.А., Кони И.З. Энергия және қоршаған орта. - Ленинград: Энергоиздат, 1981. - 280 б.
- Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Станциялар мен қосалқы станциялардың электр жабдықтары. - Мәскеу: Энергоатомиздат, 1987. - 648 б.
- Отын-энергетика кешенінің және Ресей Энергетика министрлігінің 2001 жылғы жұмысының қорытындылары, 2002 жылға арналған өзекті мәселелер және міндеттер // Электр станциялары. - 2002 ж. - № 6.
- Марғұлова Т.Х. Атом станциялары: жоғары оқу орындарына арналған оқулық. - 4-ші жазба, Перераб. және қосымша. - М.: Жоғары білім. шк., 1984 ж. - 304 с.
- И.Иванов А.В. ЖЭО-27 дамыту: Бу қуаты немесе ССГТ // Электр станциялары. - 2002 ж. - № 10.
- Электр қондырғыларын орнату ережелері. - 6-шы шығарма. өзгерістермен. және қосымша. - М.: Госэнергоинзор, 2001. - 944 б.
- Ресей Федерациясының электр станциялары мен желілерінің техникалық пайдалану ережелері. RD 34.20.501.95. - 15-ші жазба. - М.: ORGRES, 1996.

Неклебаев Б.Н. Электр станцияларының электрлік бөлігі. - Мәскеу: Энергоатомиздат, 1986. - 640 б.

Электр станцияларының электр бөліктері / Эд. С.В.Усова. - 2-ші б., Перераб. және қосымша. - Л.: Энергоатомиздат, 1987 ж. - 616 б.

Электр станцияларының және қосалқы станциялардың электрлік бөлігіндегі тапсырмалар мен жаттығуларды жинау. 1 бөлім / Эд. Б.Н. Неклебаева және В.А. Шебері. - Мәскеу: Izd-vo MPEI, 1996. - 256 б.

## *2 тарауға*

Маңызды АІ Электр машиналары. - Л.: Energia, 1969. - 768 б.

Пинчук Н.Д., Дегусаров Ю.А. «Электросила» АҚ электр станцияларына арналған электрқұрылыстарға арналған жаңа әзірлемелер // Электр станциялары. - 2000. - №10.

Гидрогенераторлар / А Глебов, В.В. Домбровский, А.А.Дукштау және басқалар - Л.: Энергоиздат, 1982. - 368 б.

Жоғары вольтты электр қондырғыларының анықтамалығы / Эд. И.А. Баумштейн және М.В. Хомякова. - 3-ші қабат, Перераб. және қосымша. - Мәскеу: Энергоатомиздат, 1989. - 768 б.

Пекне В.З. Синхронды кеңейту қосылыстары (жобалау, орнату, сынау және пайдалану). - Мәскеу: Энергия, 1980. - 272 б.

Беркович М.А., Гладышев В.А., Семенов В.А. Электрмен жабдықтауды автоматтандыру. - 3-ші қабат, Перераб. және қосымша. - Мәскеу: Энергоатомиздат, 1991. - 238 б.

Друманович Л.И., Крафт В.П., Цатцкин А.Я. ААҚ «Новая Сила» номенклатурасы және техникалық мүмкіндіктері. - 2001 ж. - №5.

Макаровский С.Н., Хвоччинская З.Г. Асинхронды турбогенераторларды қолданудың техникалық және экономикалық аспектілері // Электр станциялары. - 2002 ж. - № 2.

И.Иделчик, Электр жүйелері және желілері. - М.: Энергоатом-издат, 1989. - 592 б.

Макаров О.Н., Вавилов Д.Ю., Негазов С.Н. «Мосэнерго ТПП-27» электр станцияларындағы турбогенераторлардың бас сынамаларын пайдалану тәжірибесі. - 2002 ж. - № 10.

## *3 тарауға*

МЕМСТ 27514-87. Электр қондырғыларындағы қысқа тұйықталу тізбектері. Кернеуі 1 кВ-тан жоғары кернеуі бар электрлік қондырғыларда есептеу әдістері. - Мәскеу: Изд-Во стандарты, 1988 ж. - 40 б.

МЕМСТ 50254-92. Электр қондырғыларындағы қысқа тұйықталу тізбектері. Қысқа тұйықталу токтарының электродинамикалық және жылу әсерлерін есептеу әдістері. - Мәскеу: Баспа басылымдары, 1993. - 57 б.

Қысқа тұйықталу токтарының есебі мен электр жабдықтарын таңдау бойынша нұсқаулық. RD 153-34.0-20.527-98. - Мәскеу: Баспа үйі ГРАС, 2001. - 151 б.

Ульянов С.С. Электр жүйелеріндегі электромагнитті өтулер. - Мәскеу: Энергия, 1970. - 520 б.

Электротехникалық анықтамалық / Эд. проф. МЭИ. Т. 1 - 3. - 7-ші шығарма, Rev. - Мәскеу: Энергоатомиздат, 1985-1988 жж.

Станциялар мен қосалқы станциялардың электрлі бөлігі / А.А. Васильев, И.П. Кручков және т.б. / Эд. А.А.Васильева. - Мәскеу: Энергоатомиздат, 1990. - 562 б.

Беляева, KZ Қысқа тұйықталу тогын қалай есептеу керек. - Мәскеу: Энергоиздат, 1983. - 136 бет.

Руцкий А. Ішкі электр станциялары және қосалқы станциялар. 1 бөлім. - Киев: мектеп ұзарту, 1974. - 438 б.

#### *4 тарауға*

ТАЕЕ АС Электрмен басқару құрылғылары. - 2-ші шығарылым. - Мәскеу: Энергоатомиздат, 1984. - 247 б.

Родштейн Л.А. Электр құрылғылар. - 3-ші қабат, Перераб. және қосымша. - Л.: Энергоиздат, 1981. - 304 б.

Жоғары вольтты электр аспаптарының анықтамалығы / Н.М.Аднеев, В.В. Афанасьев, И.М. Bortnik және т.б. - Л.: Energoatomizdat, 1987. - 544 р.

Чунихин А.А. жоғары кернеулі электр құрылғылар. Өшіру. Т. 1 - 3: Анықтамалық. - Мәскеу: Ақпараттық электр, 1996, 1997. - 122 б., 211 б., 140 б.

Афанасьев В.В., Якунин Н.Н. Жоғары вольтты ажыратқыштар мен айырғыштарға арналған. - Л.: Энергоатомиздат, 1982. - 224 б.

Семчинов А.М. Өнеркәсіптік кәсіпорындардың қазіргі өткізгіштері. - 3-ші қабат, Перераб. және қосымша. - Л.: Energoizdat, 1981. - 208 отырып.

Жылу электр станцияларын аппаратурамен, бақылаумен, технологиялық қорғаныспен, оқшаулаумен және сигналмен жабдықтау аясындағы басшылық. - Мәскеу: ЦНТИ, 1988. - 66 б.

RG сериясы ажыратқыштары. ЖЭО «Электр жабдықтары зауыты» каталогы. - Ұлы Лука, 2001.

#### *5 тарауға*

Жылу станцияларының технологиялық жобалау стандарттары. VNTP-T-88. - 4-ші жазба. - Мәскеу: НИ Теплоэлектропроект, 1988. - 50 бет.

35 - 750 кВ жоғары кернеулі қосалқы станциялардың технологиялық жобалау стандарттары. - 3-ші қабат, Перераб. және қосымша. № 13865. Т. 1. - М.: ВГПИ және НИ Энергосетпроект, 1991.

АЭС технологиялық жобалау нормалары. VNTP. - Мәскеу: ЦНТИ «Информэнерго», 1981. - 141 б.

Гидроэлектростанциялардың технологиялық жобалау нормалары - Мәскеу: Гидропроект, 1977. - 131 бет.

6 - 750 кВ кернеуі бар қосалқы станциялармен негізгі электр тарату құрылғысының типтік схемалары және оларды пайдалану жөніндегі нұсқаулық. № 14198 Т. - М.: Энергосетпроект, 1993. - 75 бет.

Охолович М.Н. Электр станцияларын жобалау. - Мәскеу: Энергоатомиздат, 1983. - 400 бет.

35 - 500 кВ / ЕҚ қосалқы станцияларын жобалау бойынша анықтамалық. СС Рокотян және Я.С. Самойлова. - Мәскеу: Энергоатомиздат, 1982. - 352 б.

Рожкова Л.Д., Добродеев Е.Д. Жылу және атомдық электр станцияларының электр жабдықтары. - Мәскеу: Энергоатомиздат, 1986. - 256 б.

Фельдман М.Л., Черновец А.К. АЭС электрлік бөлігінің ерекшеліктері. - 2-ші б., Перераб. және қосымша. - Л.: Energoatomizdat, 1983. - 172 отырып.

Бірыңғай жобалық құжаттама жүйесі. Коллекция. Стандарттау, метрология және сертификаттау жөніндегі мемлекетаралық кеңес. - Минск, 1998. - 256 б.

Усатенко С.Т., Каченюк Т.К., Терехова М.В. ЭСКҚ электр тізбектерін енгізу: Анықтамалық. - Мәскеу: Изд-Во стандарттары, 1989 ж. - 325 б.

Энергетика саласындағы инвестициялық жобалар мен бизнес-жоспарлардың тиімділігін және дамуын бағалау бойынша тәжірибелік ұсыныстар / Ed. А.Н. Раппопорт. - М.: NTSPI, 1999.

Инвестициялық жобалардың тиімділігін бағалау және оларды қаржыландыруға арналған әдістемелік ұсыныстар. - NPKVTS «Теринвест», 1994 ж.

#### 6 тарауға

Двоскин Л.И. Тарату құрылғыларының сызбалары мен жобалары. - 3-ші қабат, Перераб. және қосымша. - Мәскеу: Энергоатомиздат, 1985. - 220 б.

Толық электротехникалық құрылғылар: Анықтамалық. Т. 1 - 3.- М.: Өнеркәсіптік даму институты, «Ақпаратэлектро», 1999. - 168 б., 167 б., 104 б.

35, 110, 220 кВ / Самарадағы «Электрқұрылыс» зауытының трансформаторлық блогының толық модульдік қосалқы станциялары, 1999.

Дорошев К.И. 6 - 35 кВ тарату құрылғылары. - Мәскеу: Энергоиздат, 1982. - 376 б.

Әдеттегі жоба 407-03-334-83. 500 кВ ашық тарату құрылғылары (ажыратқыштардың бойлық орналасуы бар). - L.: Sev.-Zap. Энергосетьпроект бөлімшесі, 1983 ж.

## МАЗМҰНЫ

Алғы сөз 3

Кіріспе 4

электр қондырғыларын 13 туралы 1-тарау Жалпы ақпарат

электр энергиясын 13 Тұтынушылар

Жыл сайынғы кестесі ұзақтығы жүктер 15

Күнделікті диаграммалар жүктеме ауданы қосалқы станциялар  
және электр 17

электр жүйесі 19

электр қондырғыларын 23 бейтараптық жұмыс режимдері  
2-тарау негізгі электрлік

Электр станциялары мен қосалқы станциялар 32

Синхронды генераторлардың 32

Қуат трансформаторлар және автотрансформаторлар 55

Синхронды және статикалық компенсаторлар 76

электр-тарау 3. Қысқа схемалар

НЫСАНДАРЫ 81

Түрлері, себептері және қысқа тізбектер 81 салдары

физикалық шамалардың 83 хаты рәміздер

Үш фазалы қысқа тұйықталу 84

ағымдағы үш фазалы қысқа тұйықталу 95 есептеу әдістері

Қысқа тұйықталу токтарын есептеу ерекшеліктері

электр станцияларының 114 өз мұқтаждары жүйесінде

Асимметриялық қысқа тұйықталу 116

Электродинамикалық қысқа іс-қимыл ағымдар  
тұйықталу 136

Қысқа тұйықталу токтарын 138 жылу әсері

Әдістері қысқа тұйықталу тоғын 143 шектеу

электр құрылғыларын сынау үшін Дизайн шарттары

және қысқа тұйықталу режимінде 151 тірі бөліктері

Қысқа ағымдардың есептеу үшін компьютерлік өтініш  
тұйықталу 156

4-тарау Электр аспаптар мен шиналы

БӨЛІМ 169

жолсеріктер мен құрылғыларды іріктеу жобалау шарттары  
169 үздіксіз жұмыс істеуі үшін

Шиналар таратқыш құрылғылар мен электр кабельдер 173 Электр доғаның сөнуі 194

1 кВ-ға дейінгі құрылғыларды ауыстыру 201

Құрылғыны 1 кВ-тан жоғары 224-ке ауыстыру

Жоғары ажыратқыштар 237

Электр станциялары мен қосалқы станциялардағы өлшеу жүйесі 274

Ток трансформаторларын өлшеу 285

Кернеуді өлшеу трансформаторлары 293

Өлшеу трансформаторларын таңдау 299

5-тарау. ЭНЕРГЕТИКА ЖҰМЫСЫНЫҢ НЕГІЗДЕРІ

ЖӘНЕ ҚҰРАЛДАР 315

|                                                                                   |                |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Электрлік қондырғылар туралы жалпы ақпарат                                        | 315            |
| 6-10 кВ жағындағы электр қосылыстары схемасы                                      | 330            |
| Сыртқы электр схемалары                                                           |                |
| 35 кВ және одан жоғары                                                            | 334            |
| Негізгі IES                                                                       | 345 тізбектері |
| АЭС 350-нің негізгі схемалары                                                     |                |
| ЖЭО 355 негізгі схемалары                                                         |                |
| ГЭС және ПСС негізгі сұлбалары                                                    | 358            |
| Негізгі қосалқы станцияның диаграммалары                                          | 362            |
| 367 ЖЭО-ның қосалқы қажеттіліктері үшін электрмен жабдықтау схемасы               |                |
| 375 АЭС-ның өз қажеттіліктеріне электрмен жабдықтау схемалары                     |                |
| ГЭС 384 қосалқы қажеттіліктері үшін электрмен жабдықтау сызбасы                   |                |
| Қосалқы станциялардың қосымша қажеттіліктері үшін электрмен жабдықтау схемасы ... |                |
|                                                                                   | 386            |
| ДИСТРИБЬЮТОРЛАРДЫҢ ДИЗАЙНЫ                                                        |                |
| ҚҰРЫЛҒЫ                                                                           | 392            |
| Жабық тарату құрылғылары                                                          | 392            |
| Толық тарату құрылғылары                                                          |                |
| жоғары кернеу                                                                     | 401            |
| Ашық коммутатор (ODG)                                                             | 413            |
| Ауыстырғыштарды аумаққа орналастыру                                               |                |
| электр станциялары және қосалқы станциялар                                        | 422            |
| Генераторлар арасындағы байланыс, қуат                                            |                |
| трансформаторлар және 6-10 кВ тарату құрылғылары                                  | 426            |
| Коммутаторлар және коммутаторлар                                                  | 433            |
| Қосымша                                                                           |                |
| Әдебиеттер                                                                        | 442            |

Оқулық

**Рожкова Лениза Дмитриевна**  
**Карнеев Людмила Константиновна**  
**Чиркова Таисия Васильевна**

**ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАРЫ МЕН ҚОСАЛҚЫ СТАНЦИЯЛАРЫНЫҢ ЭЛЕКТР  
ЖАБДЫҚТАРЫ**

11-ші басылым, стереотип

Редактор А. Волковицкая  
Техникалық редактор О.С. Александровна  
Компьютер орналасуы: М.А. Кадилина, Я.Яковлев  
Түзеткіштер Т.Д. Мирлис, М.В. Дьяконов

Ed. № 111105595. Баспасөзге 2014 жылдың 05/06 ж. Формат 60 x 90/16.

The Times гарнитура. Офсалды басып шығару. № 1 қағаз парағы. принтер. л. 28.0.

Айналымы 1 500 дана. Тапсырыс №

«Академия» баспа орталығы »ЖШС. [www.academia-moscow.ru](http://www.academia-moscow.ru) 129085, Мәскеу қаласы,  
Мира даңғылы, 101Б, 1-б.

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

Санитарлық-эпидемиологиялық есеп № РОСС RU. АЕ51. Н 16592 29.04.2014ж. Баспа  
үйінің электрондық басылымдарынан басылған.

«Тверь полиграфиялық кешені» ААҚ, 170024, Тверь қаласы, Ленин даңғылы, 5. Телефон:  
(4822) 44-52-03, 44-50-34. Телефон / Факс: (4822) 44-42-15.

Үй беті - [www.tverpk.ru](http://www.tverpk.ru) E-mail (E-mail) - [sales@tverpk.ru](mailto:sales@tverpk.ru)