ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Энергетика және машина жасау институты

«Энергетика» кафедрасы

Наурзбай Нұралы Жалғабайұлы

Қосалқы станциялардың тарату құрылғыларының схемаларын талдау

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6В07101 - «Энергетика»

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Энергетика және машина жасау институты

«Энергетика» кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
«Энергетика» кафедрасының меңгерушісі
PhD, қауымдастырылған профессор
_____Е.А. Сарсенбаев
«___» ___06___2023ж.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
НАО «КазНИТУ им.К.И.Сатпаева»
Институт энергетики
и машиностроения

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Қосалқы станциялардың тарату құрылғыларының схемаларын талдау»

6В07101-«Энергетика»

Орындаған Наурзбай Н.Ж.

Пікір беруші
Шоғырландырылған құрылыс тау-кен компаниясының бас энергетигі
_____Е.А.Жолдыбеков
(колы)
«26» ___мая___2023ж.

Ғылыми жетекші
аға оқытушы
_____Р.Ш.Абитаева
(колы)
«13» ___маусыр___2023ж.

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Энергетика және машина жасау институты

«Энергетика» кафедрасы

6В07101-«Энергетика»

«БЕКІТЕМІН»
«Энергетика» кафедрасының меңгерушісі
PhD, қауымдастырылған профессор
_____Е.А. Сарсенбаев
«16» 01 2023 ж.

Дипломдық жұмыс орындауға

ТАПСЫРМА

Білім алушы *Наурзбай Нұралы Жалғабайұлы*
Тақырыбы*: «Қосалқы станциялардың тарату құрылғыларының схемаларын талдау»*
Университеттің академиялық мәселелер бойынша проректоры бекіткен.
Бұйрық *№ 434-б «15» наурыз 2023 ж.*
Аяқталған жұмысқа тапсыру мерзімі *«19» мамыр 2023 ж.*
Дипломдық жұмыстың бастапқы берілгендері: *100км, 80км, 110км, 120км, 80км, 105МВт, 120МВт, 125МВт, 110МВт, 130МВт желінің арақашықтығы және қуаттары берілген. Осы берілген мәндерге сүйене отырып электр торабын жобалау және қосалқы станциялардағы тарату құрылғыларының схемаларын талдау.*
Дипломдық жұмыстың қысқаша мазмұны: *Электрлік қосалқы станцияларының тиімді схемасын таңдау; қуат шығындарын есептеу; шығындар арқылы есептік жүктемелерді есептеу; арнайы бөлім;*
Сызбалық материалдар тізімі: *Сызбалық материалдар слайдтармен көрсетілген.*
Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: *18 атау.*

Дипломдық жұмысты дайындау

КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге көрсету мерзімдері	Ескерту
Негізгі бөлім	15.04.2023	жоқ
Арнайы бөлім	25.04.2023	жоқ
Экономика бөлімі	3.05.2023	жоқ

Аяқталған жұмысқа қойылған
кеңесшілер мен норма бақылаушының
қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	**Кеңесшілер, А.Ә.Т. (ғылыми дәрежесі, атағы)**	**Қол қойылған күні**	**Қолы**
Негізгі бөлім	Р.Ш. Абитаева, аға оқытушы	13.05.2023	
Арнайы бөлім	Р.Ш. Абитаева, аға оқытушы	13.05.2023	
Норма бақылау	Ә.О. Бердібеков, магистр, аға оқытушы	15.05.2023	

Жоба жетекші _____ Р.Ш. Абитаева/
(колы)

Тапсырманы орындауға алған студент _____ Н.Ж. Наурзбай/
(колы)

Күні «18» 01 2023 ж.

АҢДАТПА

Дипломдық жұмыстың тақырыбы "Қосалқы станциялардың тарату құрылғыларының схемаларын талдау". Дипломдық жұмыста кернеуі 220 кВ электр желісін жобалау есебі жүргізілді.

Электр беру желілерінің алмастыру схемалары жасалды, қосалқы станциялардағы күштік трансформаторларының саны мен қуаты таңдалды, олардың параметрлері мен шығындары есептелді. Сымдардың қималары таңдалады және олардың параметрлері, қуат шығындары, кернеу шығындары есептеледі.

Тарату құрылғыларының схемаларының жіктелуі және оларға қойылатын негізгі талаптар, 220 кВ қосалқы станцияның негізгі тізбектерінің схемасы толығырақ көрсетілген. Құрама шиналары бар және құрама шиналары жоқ тарату құрылғыларының схемалары көрсетілген, оларды қолдану бойынша ұсыныстар берілген.

АННОТАЦИЯ

Тема дипломной работы «Анализ схем распределительных устройств подстанций». В дипломной работе произведен расчет проектирования электрической сети напряжением 220 кВ.

Построены схемы замещения линий электропередач, выбраны число и мощность силовых трансформаторов на подстанциях, рассчитаны их параметры и потери. Выбраны сечения проводов и рассчитаны их параметры, потери мощности, потери напряжения.

Более подробно представлена классификация схем распределительных устройств и основные требования к ним, схема основных цепей подстанции 220 кВ. Показаны схемы распределительных устройств со сборными шинами и без сборных шин, приведены рекомендации по их применению.

ANNOTATION

The topic of the thesis is "Analysis of substation switchgear schemes". In the thesis, the calculation of the design of the electrical network with a voltage of 220 kV was made.

Replacement schemes of power transmission lines were constructed, the number and power of power transformers at substations were selected, their parameters and losses were calculated. Wire sections are selected and their parameters, power losses, voltage losses are calculated.

The classification of switchgear schemes and the basic requirements for them, the scheme of the main circuits of the 220 kV substation are presented in more detail. Ьlchemes of switchgear with and without busbars are shown, recommendations for their use are given.

МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	9
1	Негізгі бөлім. Электр тораптарын жобалау	10
1.1	Электр беріліс желісінің схемаларын құру нұсқалары	10
1.2	Электр беріліс желісінің номиналды кернеуін таңдау	11
1.3	Қосалқы станцияларда күштік трансформатордың типін таңдау	12
1.4	Трансформаторлардың кедергілерін және шығындарын есептеу	13
2	Тұйықталған жүйені есептеу	19
2.1	Тұйықталған жүйе үшін желінің жұмыс режимдерінің анализі мен есептеулері	19
2.2	Тұйықталған жүйе үшін қиманы анықтап параметрлерін есептеу	20
2.3	Тұйықталған жүйе үшін желілердің қуат шығындары	25
3	Тұйықталмаған жүйені есептеу	27
3.1	Тұйықталмаған жүйедегі сымдардың қимасын және параметрлерін есептеу	27
3.2	Тұйықталмаған жүйе үшін желілердің қуат шығындары	30
4	Экономикалық бөлім	32
4.1	Техника-экономикалық есептеулер	32
4.2	Тұйықталған жүйе үшін экономикалық шығындар	32
4.3	Тұйықталмаған жүйе үшін экономикалық шығындар	35
5	Қысқа тұйықталу тогын есептеу	38
5.1	Электр аппараттарын таңдау	40
6	Арнайы бөлім. Электр қондырғыларының тарату құрылғыларының схемаларына қойылатын негізгі талаптар	45
6.1	Тарату құрылғыларының (ТҚ) схемаларының жіктелуі	45
6.2	110-220 кВ тарату құрылғыларының ұяшықтары	46
6.3	Құрама шиналары бар кернеуі 6-220 кВ тарату құрылғыларының схемалары	52
6.4	Құрама шиналары жоқ кернеуі 35 кВ және одан жоғары тарату құрылғыларының (ТҚ) схемалары	63
	Қорытынды	66
	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	67

КІРІСПЕ

КРУЭН – сыртқы қондырғының элегазды оқшаулағышы бар жиынды тарату құрылғысы. КРУЭН – күштік ажыратқыштың, айырғыштардың, жерге тұйықтау пышақтарының, ток трансформаторларының және кернеу трансформаторларының функцияларын біріктіре алатын көп функциялы жиынды ұяшықтардың (құрылғылар, блоктар, модульдер) негізгі атауы.

КРУЭН-ді көбінесе гибридті тарату құрылғысы (гибридті ТҚ) деп атайды, өйткені ол элегаз және ауа оқшаулағышы бар элементтерден тұрады (фарфор немесе полимер оқшаулағышы бар ауа кірістері). КРУЭН негізіндегі тарату құрылғыларының шиналары әдетте оқшауланбаған сымдарды немесе қатты шиналарды қолдану арқылы орындалады, ал кейбір жағдайларда КРУЭН ұяшықтары арасындағы байланыс элегазды өткізгіштерді қолдану арқылы орындалады.

КРУЭН-де негізгі жабдық оқшаулағыш және/немесе доға сөндіргіш орта ретінде қызмет ететін элегазбен (SF6) толтырылған металл бөліктерге салынған.

Элегаз (SF6, алтыфторлы күкірт, күкірт гексафториді) – түссіз және иіссіз газ, бес есе ауадан ауыр, улы емес, жанғыш емес, жарылғыш емес, жарылғыш қоспалар түзбейді, химиялық инертті қосылыс, физиологиялық зиянсыз. Оқшаулағыш орта ретінде элегазды (қысыммен) қолдану электр жабдықтарының көлемін едәуір азайтуға мүмкіндік береді, нәтижесінде тұтастай алғанда объектінің аумағында айтарлықтай азайтады.

КРУЭН-ді ашық тарату құрылғысы (АТҚ) мен жабық тарату құрылғысын (ЖБҚ) салыстырғанда. Жеке жабдықтар негізінде АТҚ және ЖБҚ-мен салыстырғанда КРУЭН-ді қолданудың негізгі артықшылықтары:

– жабдықтың шағын өлшемдері (ЖБҚ қосалқы станциясы үшін бөлме немесе объект үшін кішірек жер учаскесі қажет);
– суық климаты бар аудандарда ашық аспан астында орнату мүмкіндігі (температурасы –55°С дейін);
– жеткізу ыңғайлылығы (әдетте зауыттық сынақтарды ескере отырып, ең дайын күйде жеткізіледі);
– максималды монтаждау жылдамдығы (мысалы, PASS M0 модулінің қосылу жылдамдығы шамамен 16 сағатты құрайды);
– пайдалану кезіндегі ыңғайлылық (жөндеу жұмыстарының саны аз);
– ұзақ мерзімде пайдалану шығындары аз.

Жеке тұрған жабдық негізінде АТҚ және ЖБҚ-мен салыстырғанда КРУЭН қолданудың негізгі кемшіліктері:

– құрылыс кезіндегі үлкен бастапқы шығындар);
– арнайы құрылғыларды қолданбай-ақ, ажыратқыштың контактілерінің ашық екендігін көзбен көруге болмайды.

1 Негізгі бөлім. Электр тораптарын жобалау

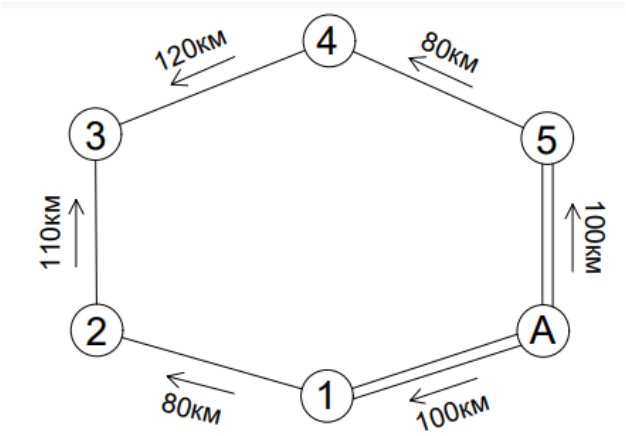
1.1 Электр беріліс желісінің схемаларын құру нұсқалары

Әр түрлі объектілердің жұмыс жағдайларының әртүрлілігі олардың қоректену схемасының әртүрлілігін анықтайды. Тұтынушыны электрмен жабдықтау схемасы энергия көзіне дейінгі қашықтыққа, осы аймақты электрмен жабдықтаудың жалпы схемасына, қуатқа және тұтынушының аумақтық орналасуына, сенімділікке қойылатын талаптарға және т. б. байланысты.

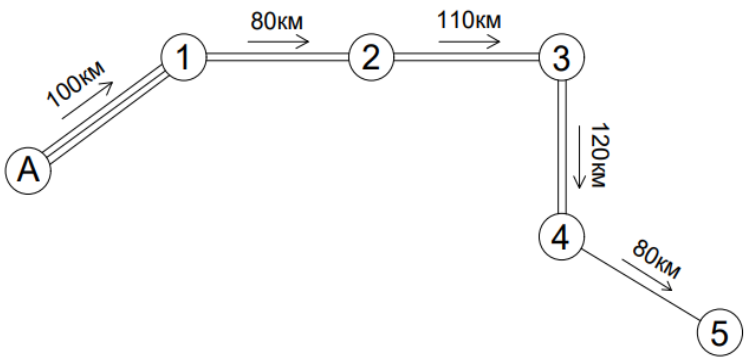
Желілік схема мен конфигурацияны таңдау (форматтың үйлесімділігі) өте күрделі, өйткені желі сенімділік, пайдалану мен қауіпсіздік талаптарын ескере отырып, экономикалық тиімділік және даму әлеуеті шарттарына сәйкес келуі керек.

Қосымша берілген мәндер:

$T_{max} = 4500$ сағ; $cos\varphi = 0{,}85$; $tg\varphi = 0{,}62$; Көктайғақ бойынша II-ші аудан.



1.1-сурет – Тұйықталған жүйедегі электр беріліс желісінің схемасы



1.2-сурет – Тұйықталмаған жүйедегі электр беріліс желісінің схемасы

Дипломдық жұмыста мен екі схеманы қарастырамын. Біріншісі тұйықталған (1.1–сурет), ал екіншісі тұйықталмаған (1.2–сурет) схемалар. Негізгі мақсат тұтынушыларға электр энергиясын үнемді және үздіксіз бөлінуін, өңірлер арасында электр энергиясының сенімді және тиімді таратылуын қамтамасыз ету. Осыған байланысты ең тиімді схеманы таңдау негізгі шарттардың бірі болып табылады. Ең қарапайым тұйықталған желі – айналмалы желі. Олар тек бір контурды құрайды. Оның артықшылығы мынада: желінің бір бөлігі үзілген кезде, желі басқа учаскеден қуат алуды жалғастырады, яғни тұтынушыға электр энергиясын таратудың жоғары сенімділігі қамтамасыз етіледі.

1.2 Электр беріліс желісінің номиналды кернеуін таңдау

Желінің номиналды кернеуін таңдау күрделі техникалық және экономикалық есеп болып табылады. Бұл көптеген факторларға байланысты. Мысалы, кернеуі төмен желілік жабдықтар мен құрылымдардың құны төмен болады. Кернеуді арттыру арқылы қуат пен энергия шығыны азаяды, сонымен қатар электр желісін дамыту шарттары жақсарады.

Мен өзімнің дипломдық жұмысымда Стиллдың формуласына жүгіндім. Себебі, осы формула кернеуі 35-тен 750 кВ-қа дейін номиналды кернеудің барлық шкаласына қанағаттандырылған нәтиже береді.

Стилл формуласы бойынша номиналды кернеу осы формула бойынша анықталады:

$$U = 4{,}43 \cdot \sqrt{L + 16P}\ , кВ \qquad (1.1)$$

мұндағы U – желідегі кернеу, кВ;
l – желінің ұзындығы, км;
P – активті қуат, кВт.

$$U_1 = 4{,}43 \cdot \sqrt{100 + 16 \cdot 105} = 187 \text{ кВ},$$

$$U_2 = 4{,}43 \cdot \sqrt{80 + 16 \cdot 120} = 198 \text{ кВ},$$

$$U_3 = 4{,}43 \cdot \sqrt{110 + 16 \cdot 125} = 203 \text{ кВ},$$

$$U_4 = 4{,}43 \cdot \sqrt{120 + 16 \cdot 110} = 192 \text{ кВ},$$

$$U_5 = 4{,}43 \cdot \sqrt{80 + 16 \cdot 130} = 206 \text{ кВ}.$$

Содан кейін номиналды 220 кВ желілік кернеуді аламыз және кернеуді анықтағаннан кейін желінің реактивті және толық қуатын табамыз, біздің жағдайда активті қуат белгілі.

$$Q = P \cdot tg\varphi \text{ , МВар} \quad (1.2)$$

$$Q_1 = 105 \cdot 0{,}62 = 65 \text{ МВАр},$$

$$Q_2 = 120 \cdot 0{,}62 = 74 \text{ МВАр},$$

$$Q_3 = 125 \cdot 0{,}62 = 77 \text{ МВАр},$$

$$Q_4 = 110 \cdot 0{,}62 = 68 \text{ МВАр},$$

$$Q_5 = 130 \cdot 0{,}62 = 81 \text{ МВАр}.$$

$$S_{\text{н}} = \sqrt{P^2 + Q^2}, \text{ МВА} \quad (1.3)$$

мұндағы P – активті жүктеме, кВт;
Q – реактивті жүктеме, кВАр.

$$S_1 = \sqrt{105^2 + 65^2} = 123 \text{ МВА},$$

$$S_2 = \sqrt{120^2 + 74^2} = 141 \text{ МВА},$$

$$S_3 = \sqrt{125^2 + 77^2} = 147 \text{ МВА},$$

$$S_4 = \sqrt{110^2 + 68^2} = 129 \text{ МВА},$$

$$S_5 = \sqrt{130^2 + 81^2} = 153 \text{ МВА}.$$

1.3 Қосалқы станцияларда күштік трансформатордың типін таңдау

Күштік трансформаторлардың типін және қуатын анықтау.
Қосалқы станция үшін:

$$S_{\text{тр}} \geq \frac{S_{\text{н}}}{1{,}4}, \quad (1.4)$$

мұндағы, $S_н$ – толық жүктеме, МВА.

Қосалқы станциялардағы жүктеме мен номиналды кернеу бойынша таңдалады.

№1, №4 қосалқы станциялар үшін:

$$S_{\text{тр1}} \geq \frac{123}{1{,}4} = 88 \text{ МВА}; \; S_{\text{тр4}} \geq \frac{129}{1{,}4} = 92 \text{ МВА}.$$

1.1–кестеде №1, №4 қосалқы станциялар үшін таңдалған ТРДЦН–100000/220 типті трансформатордың параметрлері көрсетілген.

1.1-кесте – ТРДЦН-100000/220 типті трансформатордың параметрлері

$S_{ном}$, МВА	Орамдағы кернеу, кВ		Активті шығындар, кВт		$I_{х\%}$	$U_к$,%
	ВН	НН	$P_х$	$P_к$		
100	230	11	115	360	0,7	12

№2, №3 қосалқы станциялар үшін:

1.2–кестеде №2, №3 қосалқы станция үшін таңдалған ТДЦ–125000/220 типті трансформатордың параметрлері көрсетілген.

1.2-кесте – ТДЦ-125000/220 типті трансформатордың параметрлері

$S_{ном}$, МВА	Орамдағы кернеу, кВ		Активті шығындар, кВт		$I_{х\%}$	$U_к$,%
	ВН	НН	$P_х$	$P_к$		
125	242	10,5	135	380	0,5	11

№5 қосалқы станция үшін:

1.3–кестеде №5 қосалқы станция үшін таңдалған АТДЦТН–125000/220/110 типті автотрансформатордың параметрлері көрсетілген.

1.3-кесте – АТДЦТН-125000/220/110 типті автотрансформатордың параметрлері

$S_{ном}$, МВА	Орамдағы кернеу, кВ			Активті шығындар, кВт		$I_х$ %	$U_к$,%		
	ВН	СН	НН	$P_х$	$P_к$				
125	230	121	11	65	305	0,5	11	45	28

1.4 Трансформаторлардың кедергілерін және шығындарын есептеу

Трансформаторлардың активті және реактивті қуат шығындарын келесі формула арқылы табамыз.

Трансформатордың активті меншікті кедергісі:

$$r_{\text{тр}} = \frac{P_{\text{к}} \cdot U_{\text{ном}}^2}{S_{\text{трн}}^2}\text{, Ом} \tag{1.5}$$

мұндағы $U_н$ – желінің номиналды кернеуі, кВ;

$\Delta P_к$ – трансформатордың қысқа тұйықталу кезіндегі активті шығын, кВт;

Трансформатордың реактивті меншікті кедергісі:

$$x_{\text{тр}} = \frac{U_{\text{к}} \cdot U^2}{100 \cdot S_{\text{к}}}\text{, Ом} \tag{1.6}$$

$$\Delta Q = \frac{I_x \cdot S_{\text{трн}}}{100}\text{, МВАр} \tag{1.7}$$

мұндағы ΔP_{xx} – трансформатордың бос жүріс кезіндегі активті шығын, кВт;

ΔQ_{xx} – трансформатордың бос жүріс кезіндегі реактивті шығыны, квар;

I_x – трансформатордағы бос жүріс тоғы, %.

$$\Delta P_{\text{тр}} = \frac{P^2 + Q^2}{U_{\text{н}}^2} \cdot r_{\text{тр}}\text{, МВт} \tag{1.8}$$

$$\Delta Q_{\text{тр}} = \frac{P^2 + Q^2}{U_{\text{н}}^2} \cdot x_{\text{тр}}\text{, МВАр} \tag{1.9}$$

мұндағы $U_н$ – желінің номиналды кернеуі, кВ;

$r_{тр}$ – трансформатордың активті меншікті кедергісі, Ом;

$x_{тр}$ – трансфориатордың реактивті меншікті кедергісі, Ом.

№1 қосалқы станция үшін

Трансформатор типі: ТРДЦН-100000/220 екі орамды трансформатордың алмастыру схемасы 1.3–суретте көрсетілген.

$$r_{\text{тр}} = \frac{0{,}36 \cdot 230^2}{100^2} = 1{,}9 \text{ Ом},$$

$$\text{x}_{\text{тр}} = \frac{12 \cdot 230^2}{100 \cdot 100} = 63{,}5 \text{ Ом},$$

$$\Delta Q_{\text{хх}} = \frac{0{,}7 \cdot 100}{100} = 0{,}7 \text{ МВАр},$$

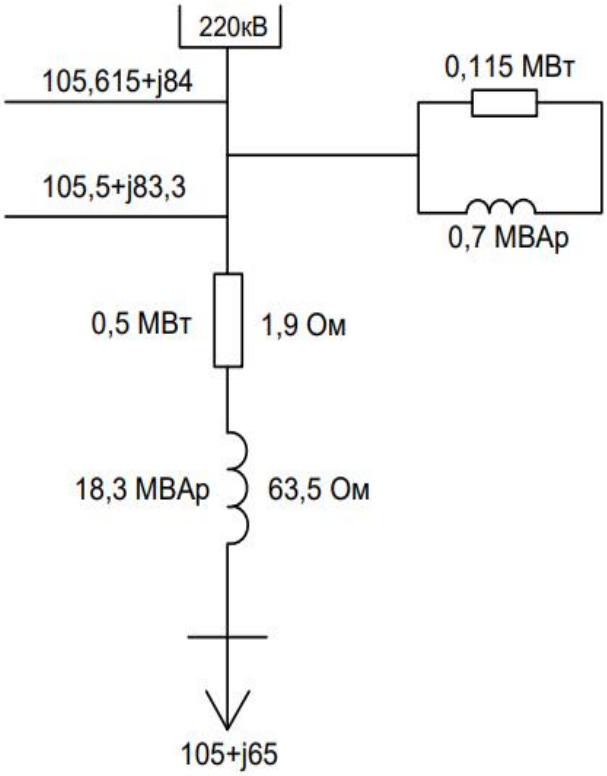
$$\Delta P_{\text{тр}} = \frac{105^2 + 65^2}{230^2} \cdot 1{,}9 = 0{,}5 \text{ МВт},$$

$$\Delta Q_{\text{тр}} = \frac{105^2 + 65^2}{230^2} \cdot 63{,}5 = 18{,}3 \text{ МВАр}.$$

$$P_1^{`} + jQ_1^{`} = (105 + 0{,}5) + j(65 + 18{,}3) = 105{,}5 + j83{,}3$$

$$P_1 + jQ_1 = (105{,}5 + 0{,}115) + j(83{,}3 + 0{,}7) = 105{,}615 + j84$$

Параметрлері:

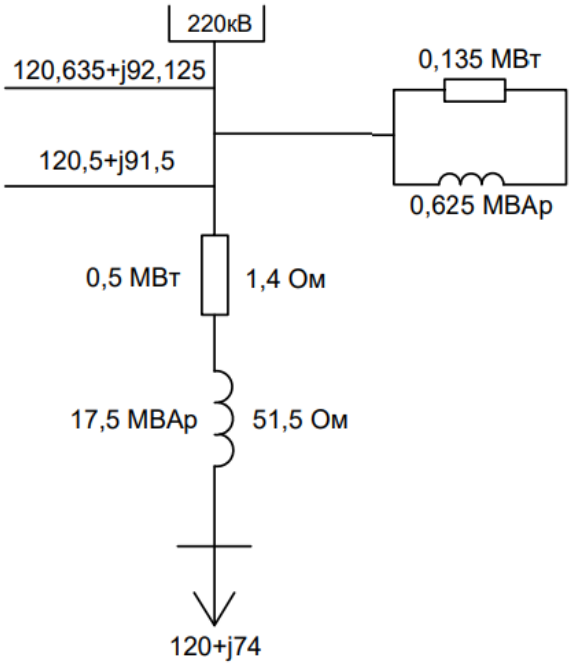


1.3-сурет – Екі орамды трансформатордың алмастыру схемасы

№2 қосалқы станция үшін

Трансформатор типі: ТДЦ-125000/220 екі орамды трансформатордың алмастыру схемасы 1.4–суретте көрсетілген.

Параметрлері:

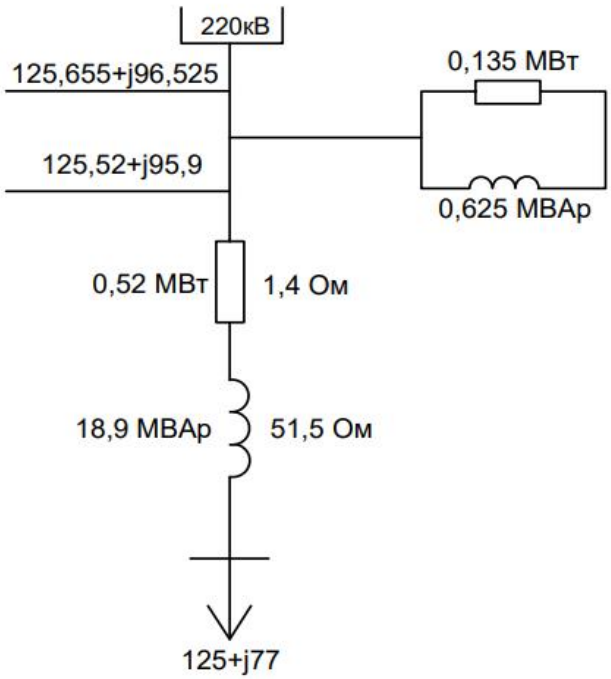


1.4-сурет – Екі орамды трансформатордың алмастыру схемасы

№3 қосалқы станция үшін

Трансформатор типі: ТДЦ-125000/220 екі орамды трансформатордың алмастыру схемасы 1.5–суретте көрсетілген.

Параметрлері:

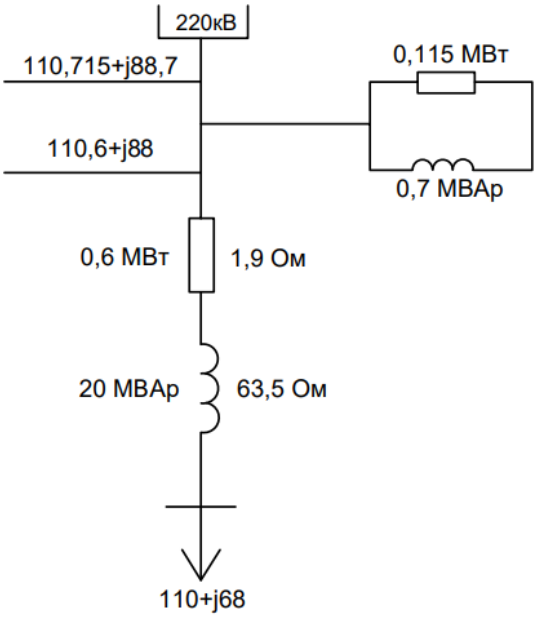


1.5-сурет – Екі орамды трансформатордың алмастыру схемасы

№4 қосалқы станция үшін

Трансформатор типі: ТРДЦН-100000/220 екі орамды трансформатордың алмастыру схемасы 1.6–суретте көрсетілген.

Параметрлері:



1.6-сурет – Екі орамды трансформатордың алмастыру схемасы

№5 қосалқы станция үшін

Трансформатор типі: АТДЦТН-125000/220/110 автотрансформатордың алмастыру схемасы 1.7–суретте көрсетілген.

Параметрлері:

$$\Delta P_{\text{Н}} = \frac{52^2 + 32{,}4^2}{230^2} \cdot 3{,}2 = 0{,}23 \text{ МВт},$$

$$\Delta Q_{\text{Н}} = \frac{52^2 + 32{,}4^2}{230^2} \cdot 131 = 9{,}3 \text{ МВАр}.$$

$$\Delta P_{\text{С}} = \frac{78^2 + 48{,}6^2}{230^2} \cdot 0{,}48 = 0{,}08 \text{ МВт},$$

$$\Delta Q_{\text{С}} = \frac{78^2 + 48{,}6^2}{230^2} \cdot 0 = 0 \text{ МВАр}.$$

$$\Delta P_{\text{В}} = \frac{130{,}31^2 + 90{,}3^2}{230^2} \cdot 0{,}55 = 0{,}26 \text{ МВт},$$

$$\Delta Q_{\text{В}} = \frac{130{,}31^2 + 90{,}3^2}{230^2} \cdot 59{,}2 = 28{,}1 \text{ МВАр}.$$

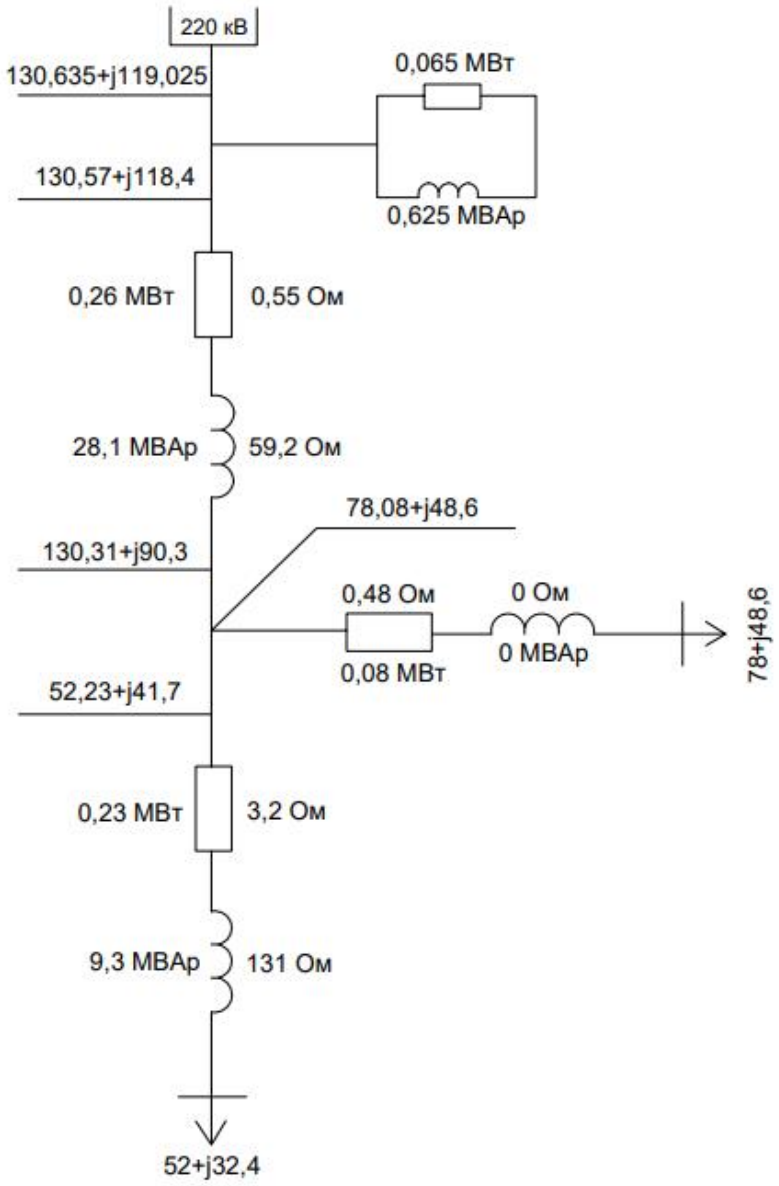
$$P_5^{\text{Н}} + jQ_5^{\text{Н}} = (52 + 0{,}23) + j(32{,}4 + 9{,}3) = 52{,}23 + j41{,}7$$

$$P_5^{\text{С}} + jQ_5^{\text{С}} = (78 + 0{,}08) + j(48{,}6 + 0) = 78{,}08 + j48{,}6$$

$$P_5^{`} + jQ_5^{`} = (52{,}23 + 78{,}08) + j(41{,}7 + 48{,}6) = 130{,}31 + j90{,}3$$

$$P_5^{\text{В}} + jQ_5^{\text{В}} = (130{,}31 + 0{,}26) + j(90{,}3 + 28{,}1) = 130{,}57 + j118{,}4$$

$$P_5 + jQ_5 = (130{,}57 + 0{,}065) + j(118{,}4 + 0{,}625) = 130{,}635 + j119{,}025$$



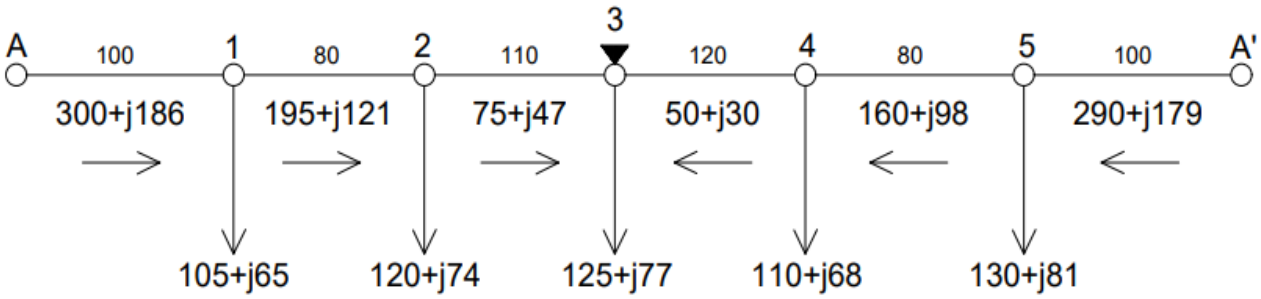
1.7-сурет – Автотрансформатордың алмастыру схемасы

2 Тұйықталған жүйені есептеу

2.1 Тұйықталған жүйе үшін желінің жұмыс режимдерінің анализі мен есептеулері

Қуат мәндері шамамен анықталады, өйткені желінің жекелеген бөліктеріндегі кедергілер жобалаудың бастапқы кезеңінде белгісіз болады. Радиалды желінің бас бөлігінің қуаты жеке тұтынушылардың қосындысымен анықталады, 2.1–суретте электр беріліс желісінің схемасы көрсетілген.

Тұйықталған желі жағдайында қуат таратылуының барлық учаскесіндегі қиманы бірдей деп алып, екі жақты қоректендіру желісі ретінде анықталады.



2.1-сурет – Электр беріліс желісінің схемасы

$$P_A = \frac{\sum P \cdot l}{\sum l}\text{, МВт} \qquad (2.1)$$

мұндағы l – желінің ұзындығы, км.

$$P_A = \frac{130 \cdot (80 + 120 + 110 + 80 + 100) + 110 \cdot (120 + 110 + 80 + 100) +}{100 + 80 + 110 + 120 +}$$

$$\frac{+125 \cdot (110 + 80 + 100) + 120 \cdot (80 + 100) + 105 \cdot 100}{+80 + 100} = 300 \text{ МВт},$$

$$Q_A = 300 \cdot 0{,}62 = j186 \text{ МВАр}.$$

$$P`_A = \frac{\sum P` \cdot l}{\sum l}\text{, МВт} \qquad (2.2)$$

$$P_A^{`} = \frac{105 \cdot (80 + 110 + 120 + 80 + 100) + 120 \cdot (110 + 120 + 80 + 100) + 100 + 80 + 110 + 120 +}{+125 \cdot (120 + 80 + 100) + 110 \cdot (80 + 100) + 130 \cdot 100 +80 + 100} = 290 \text{ МВт},$$

$$Q_A^{`} = 290 \cdot 0{,}62 = j179 \text{ МВАр}.$$

$$P_A + P`_A = 300 + 290 \text{ МВт},$$

$$Q_A + Q`_A = 186 + 179 \text{ МВАр},$$

$$S_{1-2} = P`_A - Q`_A - S_2 \text{ , МВ}A \tag{2.3}$$

$$590 = 105 + 120 + 125 + 110 + 130,$$

$$365 = 65 + 74 + 77 + 68 + 81.$$

2.2 Тұйықталған жүйе үшін қиманы анықтап параметрлерін есептеу

Желінің әрбір учаскесі бойынша токтарды анықтаймыз, ол желінің қуаты мен кернеуі арақатынасы арқылы табылады:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}}, A \tag{2.4}$$

Желілердегі токтар:

$$I_1 = I_{\text{А}-1} = \frac{\sqrt{300^2 + 186^2}}{\sqrt{3} \cdot 220} = 930\ A,$$

$$I_2 = I_{1-2} = \frac{\sqrt{195^2 + 121^2}}{\sqrt{3} \cdot 220} = 600\ A,$$

$$I_3 = I_{2-3} = \frac{\sqrt{75^2 + 47^2}}{\sqrt{3} \cdot 220} = 230\ A,$$

$$I_4 = I_{3-4} = \frac{\sqrt{50^2 + 30^2}}{\sqrt{3} \cdot 220} = 150\ A,$$

$$I_5 = I_{4-5} = \frac{\sqrt{160^2 + 98^2}}{\sqrt{3} \cdot 220} = 490\ A,$$

$$I_6 = I_{5-A`} = \frac{\sqrt{290^2 + 179^2}}{\sqrt{3} \cdot 220} = 890\ A.$$

Желілердегі есептік ток:

$$I_{\text{р}} = I_n \cdot \alpha_i \cdot \alpha_T, A, \qquad (2.5)$$

мұндағы I – желідегі ток, А; α [1]

j – тоқтың экономикалық тығыздығы [1].

$$I_{1p} = I_1 = 930 \cdot 1{,}05 \cdot 1 = 976{,}5\ A,$$

$$I_{2p} = I_2 = 600 \cdot 1{,}05 \cdot 1 = 630\ A,$$

$$I_{3p} = I_3 = 230 \cdot 1{,}05 \cdot 1 = 241{,}5\ A,$$

$$I_{4p} = I_4 = 150 \cdot 1{,}05 \cdot 1 = 157{,}5\ A,$$

$$I_{5p} = I_5 = 490 \cdot 1{,}05 \cdot 1 = 514{,}5\ A,$$

$$I_{6p} = I_6 = 890 \cdot 1{,}05 \cdot 1 = 934{,}5\ A.$$

Токтың экономикалық тығыздығына байланысты қиманы анықтаймыз [3]:

$$S_{\text{эк}} = \frac{I_p}{j_{\text{эк}}}\ , \text{мм}^2 \qquad (2.6)$$

мұндағы $j_{эк}$-ты анықтамадан аламыз, [1] ол ($j_{эк}$=1,5 А/мм) тең.

$$S_{\text{эк1}} = \frac{930}{1{,}5} = 620\ \text{мм}^2, \qquad 2 \times \text{АС} - 300/39,$$

$$S_{\text{эк2}} = \frac{600}{1{,}5} = 400\ \text{мм}^2, \qquad \text{АС} - 400/51,$$

$$S_{\text{эк3}} = \frac{230}{1{,}5} = 154\ \text{мм}^2, \qquad \text{АС} - 240/32,$$

$$S_{\text{эк4}} = \frac{150}{1{,}5} = 100\ \text{мм}^2, \qquad \text{АС} - 240/32,$$

$$S_{\text{эк5}} = \frac{490}{1{,}5} = 327\ \text{мм}^2, \qquad \text{АС} - 330/30,$$

$$S_{\text{эк6}} = \frac{890}{1{,}5} = 594\ \text{мм}^2, \qquad 2 \times \text{АС} - 300/39.$$

Сонымен болатты алюминийлі, яғни АС маркалы сымды таңдадым [2], олар төмендегі 2.1–кестеде көрсетілген.

2.1-кесте – Таңдалған сымның берілгендері

Желі	Ұзындығы,км	Кернеуі, кВ	Маркасы	Тогы, кА	Ұзақ рұқсат етілген ток, кА
L_1	100	220	2АС-300/39	0,93	1,42
L_2	80	220	АС-400/51	0,6	0,825
L_3	110	220	АС-240/32	0,23	0,605
L_4	120	220	АС-240/32	0,15	0,605
L_5	80	220	АС-330/30	0,49	0,73
L_6	100	220	2АС-300/39	0,89	1,42

Желінің салыстырмалы параметрлерін анықтау.
Сымның арасындағы орта геометриялық арақашықтық осыған тең, [1].
220 кВ кернеу үшін:

$$D_{орт} = 6 \text{ м.}$$

Әр участок үшін желі параметрлерін анықтаймыз.
Желінің активті кедергісін есептеу үшін келесі формуланы қолданамыз:

$$R = r_0 \cdot l, \text{Ом} \tag{2.7}$$

мұндағы r_0 – меншікті активті кедергі, Ом/км;
l – желінің ұзындығы, км.

Желінің реактивті кедергісін есептеу үшін келесі формуланы қолданамыз:

$$x_0 = 0{,}144 \cdot log\left(\frac{D_{орт}}{r_{сым}}\right) + 0{,}0157, \text{Ом/км} \tag{2.8}$$

$$X = x_0 \cdot l, \text{Ом} \tag{2.9}$$

Желінің реактивті өткізгіштігі келесідей есептеледі:

$$b_0 = \frac{7{,}58 \cdot 10^{-6}}{\lg\left(D_{орт}/r_{сым}\right)}, \text{См/км} \tag{2.10}$$

$$\text{B} = b_0 \cdot l, \text{См} \tag{2.11}$$

мұндағы x_0 – меншікті реактивті кедергі, Ом/км;

b_0 – меншікті реактивті өткізгіштік, См/км;
$D_{орт}$ – сымның орташа диаметрі, мм;
$r_{сым}$ – сымның радусы, мм.

Желі соңындағы зарядтық қуаты келесі формула бойынша анықталады:

$$Q_c = U_{\text{ном}}^2 \cdot B, \text{МВАр} \tag{2.12}$$

Желідегі қуат шығындары:

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U_{\text{н}}^2} \cdot R, \text{МВт} \tag{2.13}$$

$$\Delta Q = \frac{P^2 + Q^2}{U_{\text{н}}^2} \cdot X, \text{МВар} \tag{2.14}$$

$I_{A\text{-}1}$ участок үшін L1 желісі:
Сым маркасы: 2АС-300/39
Параметрлері:

$$r_0 = 0{,}098 \text{ Ом/км},$$

$$R = 0{,}5 \cdot 0{,}098 \cdot 100 = 4{,}9 \text{ Ом},$$

$$x_0 = 0{,}144 \cdot log\left(\frac{600}{1{,}2}\right) + 0{,}0157 = 0{,}429 \text{ Ом/км},$$

$$X = 0{,}5 \cdot 0{,}429 \cdot 100 = 21{,}45 \text{ Ом},$$

$$b_0 = \frac{7{,}58 \cdot 10^{-6}}{\lg(600/1{,}2)} = 2{,}64 \cdot 10^{-6} \text{ См/км},$$

$$\text{B} = 2 \cdot 2{,}64 \cdot 10^{-6} \cdot 100 = 5{,}28 \cdot 10^{-4} \text{ См},$$

$$Q_c = \frac{1}{2} \cdot 220^2 \cdot 5{,}28 \cdot 10^{-4} = 12{,}8 \text{ МВАр}.$$

$I_{1\text{-}2}$ участок үшін L2 желісі:
Сым маркасы: АС-400/51
Параметрлері:

$$r_0 = 0{,}075 \text{ Ом/км},$$

$$R = 0{,}075 \cdot 80 = 6 \text{ Ом},$$

$$x_0 = 0{,}42 \text{ Ом/км},$$

$$X = 0{,}42 \cdot 80 = 33{,}6 \text{ Ом},$$

$$B = 2{,}7 \cdot 10^{-6} \cdot 80 = 2{,}16 \cdot 10^{-4} \text{ См},$$

$$Q_c = \frac{1}{2} \cdot 220^2 \cdot 2{,}16 \cdot 10^{-4} = 5{,}2 \text{ МВАр}.$$

$I_{2\text{-}3}$ участок үшін L3 желісі:
Сым маркасы: АС-240/32
Параметрлері:

$$r_0 = 0{,}121 \text{ Ом/км},$$

$$R = 0{,}121 \cdot 110 = 13{,}31 \text{ Ом},$$

$$x_0 = 0{,}435 \text{ Ом/км},$$

$$X = 0{,}435 \cdot 110 = 47{,}85 \text{ Ом},$$

$$B = 2{,}6 \cdot 10^{-6} \cdot 110 = 2{,}86 \cdot 10^{-4} \text{ См},$$

$$Q_c = \frac{1}{2} \cdot 220^2 \cdot 2{,}86 \cdot 10^{-4} = 6{,}9 \text{ МВАр}.$$

$I_{3\text{-}4}$ участок үшін L4 желісі:
Сым маркасы: АС-240/32
Параметрлері:

$$r_0 = 0{,}121 \text{ Ом /км},$$

$$R = 0{,}121 \cdot 120 = 14{,}52 \text{ Ом},$$

$$x_0 = 0{,}435 \text{ Ом/км},$$

$$X = 0{,}435 \cdot 120 = 52{,}2 \text{ Ом},$$

$$B = 2{,}6 \cdot 10^{-6} \cdot 120 = 3{,}12 \cdot 10^{-4} \text{ См},$$

$$Q_c = \frac{1}{2} \cdot 220^2 \cdot 3{,}12 \cdot 10^{-4} = 7{,}5 \text{ МВАр}.$$

$I_{4\text{-}5}$ участок үшін L5 желісі:
Сым маркасы: АС-330/30
Параметрлері:

$$r_0 = 0{,}0875 \text{ Ом/км},$$

$$R = 0{,}0875 \cdot 80 = 7 \text{ Ом},$$

$$x_0 = 0{,}4 \text{ Ом/км},$$

$$X = 0{,}4 \cdot 80 = 32 \text{ Ом},$$

$$B = 2{,}8 \cdot 10^{-6} \cdot 80 = 2{,}24 \cdot 10^{-4} \text{ См},$$

$$Q_c = \frac{1}{2} \cdot 220^2 \cdot 2{,}24 \cdot 10^{-4} = 5{,}4 \text{ МВАр.}$$

$I_{5\text{-}A`}$ участок үшін L6 желісі:
Сым маркасы: 2АС-300/39
Параметрлері:

$$r_0 = 0{,}098 \text{ Ом/км},$$

$$R = 0{,}5 \cdot 0{,}098 \cdot 100 = 4{,}9 \text{ Ом},$$

$$x_0 = 0{,}429 \text{ Ом/км},$$

$$X = 0{,}5 \cdot 0{,}429 \cdot 100 = 21{,}45 \text{ Ом},$$

$$\text{B} = 2 \cdot 2{,}64 \cdot 10^{-6} \cdot 100 = 5{,}28 \cdot 10^{-4} \text{ См},$$

$$Q_c = \frac{1}{2} \cdot 220^2 \cdot 5{,}28 \cdot 10^{-4} = 12{,}8 \text{ МВАр.}$$

2.3 Тұйықталған жүйе үшін желілердің қуат шығындары

Электр беріліс желісінің максималды жүктеме кезіндегі алмастыру схемасы төменде 2.2–суретте көрсетілген.

L_1 - желісіндегі шығындар:

$$\Delta P = \frac{310{,}15^2 + 231{,}725^2}{220^2} \cdot 4{,}9 = 15{,}2 \text{ МВт},$$

$$\Delta Q = \frac{310{,}15^2 + 231{,}725^2}{220^2} \cdot 21{,}45 = 66{,}43 \text{ МВАр.}$$

L_2 - желісіндегі шығындар:

$$\Delta P = \frac{197{,}635^2 + 127{,}325^2}{220^2} \cdot 6 = 6{,}9 \text{ МВт},$$

$$\Delta Q = \frac{197{,}635^2 + 127{,}325^2}{220^2} \cdot 33{,}6 = 38{,}4 \text{ МВар.}$$

L_3 - желісіндегі шығындар:

$$\Delta P = \frac{75^2 + 40{,}1^2}{220^2} \cdot 13{,}31 = 2 \text{ МВт},$$

$$\Delta Q = \frac{75^2 + 40{,}1^2}{220^2} \cdot 47{,}85 = 7{,}2 \text{ МВАр.}$$

L_4 - желісіндегі шығындар:

$$\Delta P = \frac{50^2 + 22{,}5^2}{220^2} \cdot 14{,}52 = 0{,}9 \text{ МВт,}$$

$$\Delta Q = \frac{50^2 + 22{,}5^2}{220^2} \cdot 52{,}2 = 3{,}3 \text{ МВАр.}$$

L_5 - желісіндегі шығындар:

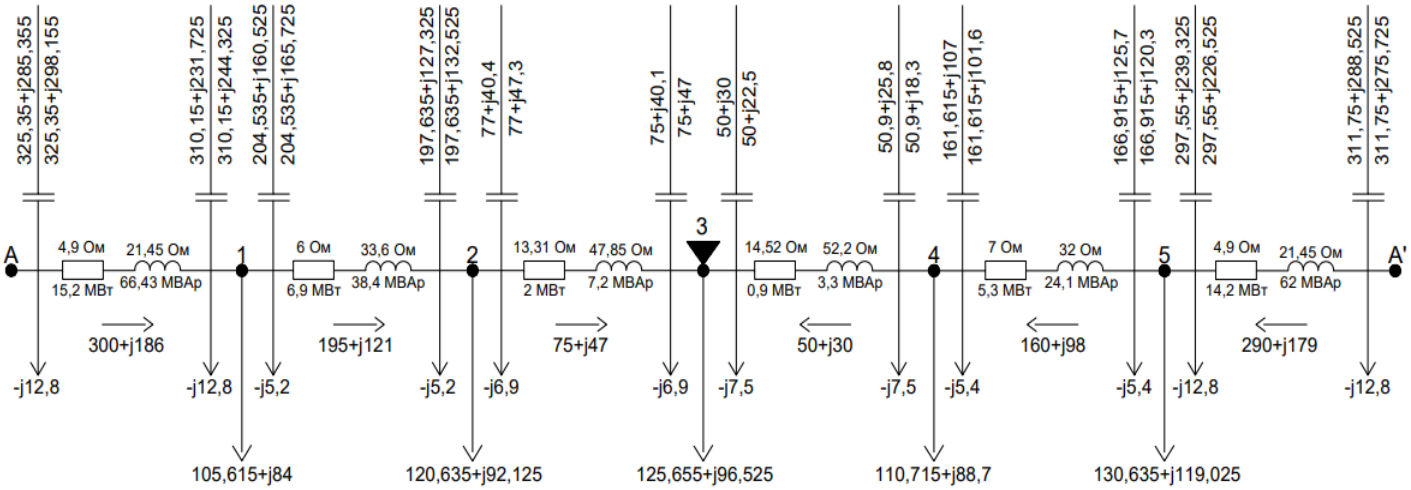
$$\Delta P = \frac{161{,}615^2 + 101{,}6^2}{220^2} \cdot 7 = 5{,}3 \text{ МВт,}$$

$$\Delta Q = \frac{161{,}615^2 + 101{,}6^2}{220^2} \cdot 32 = 24{,}1 \text{ МВАр.}$$

L_6 - желісіндегі шығындар:

$$\Delta P = \frac{297{,}55^2 + 226{,}525^2}{220^2} \cdot 4{,}9 = 14{,}2 \text{ МВт,}$$

$$\Delta Q = \frac{297{,}55^2 + 226{,}525^2}{220^2} \cdot 21{,}45 = 62 \text{ МВАр.}$$

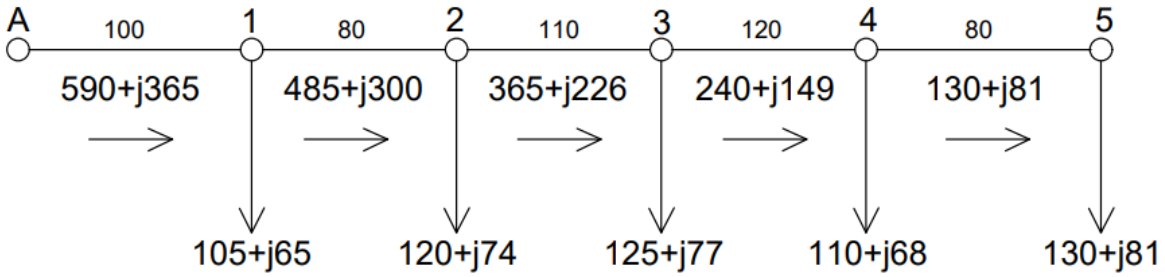


2.2-сурет – Электр беріліс желісінің максималды жүктеме кезіндегі алмастыру схемасы

3 Тұйықталмаған жүйені есептеу

3.1 Тұйықталмаған жүйедегі сымдардың қимасын және параметрлерін есептеу

1.2–суретке сәйкес электр беріліс желісінің схемасы 3.1–суретте көрсетілген.



3.1-сурет – Электр беріліс желісінің схемасы

Желінің әрбір учаскесі бойынша токтарды анықтаймыз, ол желінің қуаты мен кернеуі арақатынасы арқылы табылады.

Желілердегі токтар:

$$I_1 = I_{A-1} = \frac{\sqrt{590^2 + 365^2}}{\sqrt{3} \cdot 220} = 1820\ A,$$

$$I_2 = I_{1-2} = \frac{\sqrt{485^2 + 300^2}}{\sqrt{3} \cdot 220} = 1490\ A,$$

$$I_3 = I_{2-3} = \frac{\sqrt{365^2 + 226^2}}{\sqrt{3} \cdot 220} = 1120\ A,$$

$$I_4 = I_{3-4} = \frac{\sqrt{240^2 + 149^2}}{\sqrt{3} \cdot 220} = 740\ A,$$

$$I_5 = I_{4-5} = \frac{\sqrt{130^2 + 81^2}}{\sqrt{3} \cdot 220} = 400\ A.$$

Желілердегі есептік ток:

$$I_{1p} = I_1 = 1820 \cdot 1{,}05 \cdot 1 = 1911\ A,$$

$$I_{2p} = I_2 = 1490 \cdot 1{,}05 \cdot 1 = 1564{,}5\ A,$$

$$I_{3p} = I_3 = 1120 \cdot 1{,}05 \cdot 1 = 1176\ A,$$

$$I_{4p} = I_4 = 740 \cdot 1{,}05 \cdot 1 = 777\ A,$$

$$I_{5p} = I_5 = 400 \cdot 1{,}05 \cdot 1 = 420\ A.$$

$$S_{эк1} = \frac{1820}{1{,}5} = 1213\ мм^2, \qquad 3 \times АС - 400/51,$$

$$S_{эк2} = \frac{1490}{1{,}5} = 993\ мм^2, \qquad 2 \times АС - 400/51,$$

$$S_{эк3} = \frac{1120}{1{,}5} = 747\ мм^2, \qquad 2 \times АС - 400/51,$$

$$S_{эк4} = \frac{740}{1{,}5} = 493\ мм^2, \qquad 2 \times АС - 240/32,$$

$$S_{эк5} = \frac{400}{1{,}5} = 267\ мм^2, \qquad АС - 240/32$$

Сонымен болат алюминий, яғни АС маркалы сымды таңдадым [2], олар төмендегі 3.1–кестеде көрсетілген.

3.1-кесте – Таңдалған сымның берілгендері

Желі	Ұзындығы, км	Кернеуі, кВ	Маркасы	Тогы, кА	Ұзақ рұқсат етілген ток, кА
L_1	100	220	3АС-400/51	1,82	2,475
L_2	80	220	2АС-400/51	1,49	1,65
L_3	110	220	2АС-400/51	1,12	1,65
L_4	120	220	2АС-240/32	0,74	1,21
L_5	80	220	АС-240/32	0,4	0,605

I_{A-1} участок L_1 желісі:

Сым маркасы: 3АС-400/51

Параметрлері:

$$r_0 = 0{,}075\ Ом/км,$$

$$R = \frac{0{,}075 \cdot 100}{3} = 2{,}5\ Ом,$$

$$x_0 = 0{,}144 \cdot log\left(\frac{600}{1{,}375}\right) + 0{,}0157 = 0{,}42\ Ом/км,$$

$$X = \frac{0{,}42 \cdot 100}{3} = 14\ Ом,$$

$$b_0 = \frac{7{,}58 \cdot 10^{-6}}{\lg(600/1{,}375)} = 2{,}7 \cdot 10^{-6} \text{ См/км},$$

$$\text{B} = 3 \cdot 2{,}7 \cdot 10^{-6} \cdot 100 = 8{,}1 \cdot 10^{-4} \text{ См},$$

$$Q_c = \frac{1}{2} \cdot 220^2 \cdot 8{,}1 \cdot 10^{-4} = 19{,}602 \text{ МВАр}.$$

$I_{1\text{-}2}$ участок үшін L_2 желісі:
Сым маркасы: 2АС-400/51
Параметрлері:

$$r_0 = 0{,}075 \text{ Ом/км},$$

$$R = \frac{0{,}075 \cdot 80}{2} = 3 \text{ Ом},$$

$$x_0 = 0{,}42 \text{ Ом/км},$$

$$X = \frac{0{,}42 \cdot 80}{2} = 16{,}8 \text{ Ом},$$

$$\text{B} = 2 \cdot 2{,}7 \cdot 10^{-6} \cdot 80 = 4{,}32 \cdot 10^{-4} \text{ См},$$

$$Q_c = \frac{1}{2} \cdot 220^2 \cdot 4{,}32 \cdot 10^{-4} = 10{,}454 \text{ МВАр}.$$

$I_{2\text{-}3}$ тоғы үшін L3 желісі:
Сым маркасы: 2АС-400/51
Параметрлері:

$$r_0 = 0{,}075 \text{ Ом/км},$$

$$R = \frac{0{,}075 \cdot 110}{2} = 4{,}125 \text{ Ом},$$

$$x_0 = 0{,}42 \text{ Ом/км},$$

$$X = \frac{0{,}42 \cdot 110}{2} = 23{,}1 \text{ Ом},$$

$$\text{B} = 2 \cdot 2{,}7 \cdot 10^{-6} \cdot 110 = 5{,}94 \cdot 10^{-4} \text{ См},$$

$$Q_c = \frac{1}{2} \cdot 220^2 \cdot 5{,}94 \cdot 10^{-4} = 14{,}375 \text{ МВАр}.$$

$I_{3\text{-}4}$ тоғы үшін L4 желісі:
Сым маркасы: 2АС-240/32
Параметрлері:

$$r_0 = 0{,}121 \text{ Ом/км},$$

$$R = \frac{0{,}121 \cdot 120}{2} = 7{,}26 \text{ Ом},$$

$$x_0 = 0{,}435 \text{ Ом/км},$$

$$X = \frac{0{,}435 \cdot 120}{2} = 26{,}1 \text{ Ом},$$

$$\text{B} = 2 \cdot 2{,}6 \cdot 10^{-6} \cdot 120 = 6{,}24 \cdot 10^{-4} \text{ См},$$

$$Q_c = \frac{1}{2} \cdot 220^2 \cdot 6{,}24 \cdot 10^{-4} = 15{,}101 \text{ МВАр}.$$

$I_{4\text{-}5}$ тоғы үшін L5 желісі:
Сым маркасы: АС-240/32
Параметрлері:

$$r_0 = 0{,}121 \text{ Ом/км},$$

$$R = 0{,}121 \cdot 80 = 9{,}68 \text{ Ом},$$

$$x_0 = 0{,}435 \text{ Ом/км},$$

$$X = 0{,}435 \cdot 80 = 34{,}8 \text{ Ом},$$

$$\text{B} = 2{,}6 \cdot 10^{-6} \cdot 80 = 2{,}08 \cdot 10^{-4} \text{ См},$$

$$Q_c = \frac{1}{2} \cdot 220^2 \cdot 2{,}08 \cdot 10^{-4} = 5{,}034 \text{ МВАр}.$$

3.2 Тұйықталмаған жүйе үшін желілердің қуат шығындары

Электр беріліс желісінің максималды жүктеме кезіндегі алмастыру схемасы төменде 3.2–суретте көрсетілген.

L_1 - желісіндегі шығындар:

$$\Delta P = \frac{653{,}354^2 + 660{,}946^2}{220^2} \cdot 2{,}5 = 44{,}614 \text{ МВт},$$

$$\Delta Q = \frac{653{,}354^2 + 660{,}946^2}{220^2} \cdot 14 = 249{,}836 \text{ МВАр}.$$

L_2 - желісіндегі шығындар:

$$\Delta P = \frac{518{,}789^2 + 444{,}881^2}{220^2} \cdot 3 = 28{,}95 \text{ МВт},$$

$$\Delta Q = \frac{518{,}789^2 + 444{,}881^2}{220^2} \cdot 16{,}8 = 162{,}121 \text{ МВАр.}$$

L_3 - желісіндегі шығындар:

$$\Delta P = \frac{379{,}514^2 + 273{,}215^2}{220^2} \cdot 4{,}125 = 18{,}64 \text{ МВт,}$$

$$\Delta Q = \frac{379{,}514^2 + 273{,}215^2}{220^2} \cdot 23{,}1 = 104{,}37 \text{ МВАр.}$$

L_4 - желісіндегі шығындар:

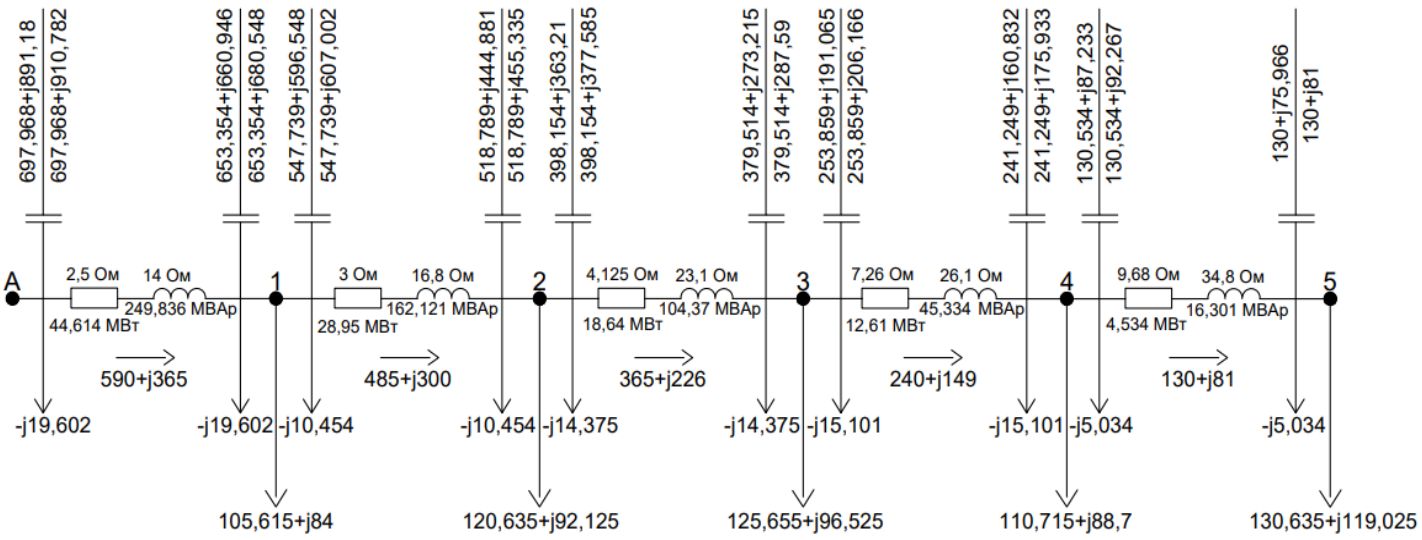
$$\Delta P = \frac{241{,}249^2 + 160{,}832^2}{220^2} \cdot 7{,}26 = 12{,}61 \text{ МВт,}$$

$$\Delta Q = \frac{241{,}249^2 + 160{,}832^2}{220^2} \cdot 26{,}1 = 45{,}334 \text{ МВАр.}$$

L_5 - желісіндегі шығындар:

$$\Delta P = \frac{130^2 + 75{,}966^2}{220^2} \cdot 9{,}68 = 4{,}534 \text{ МВт,}$$

$$\Delta Q = \frac{130^2 + 75{,}966^2}{220^2} \cdot 34{,}8 = 16{,}301 \text{ МВАр.}$$



3.2-сурет – Электр беріліс желісінің максималды жүктеме кезіндегі алмастыру схемасы

4 Экономикалық бөлім

4.1 Техника-экономикалық есептеулер

Энергетикалық компанияның жекелеген тараптарының қызметін сипаттайтын тиімділік жүйесінің көрсеткіштері оны басқару сапасын жан-жақты бағалауға мүмкіндік береді. Мұндай бағалар компания басшылығына, сондай-ақ электр энергиясын тұтынушыларға, реттеуші органдарға, қоғамдық ұйымдарға (қоршаған ортаны қорғаушыларға) және сыртқы инвесторларға қажет.

Техникалық-экономикалық көрсеткіштерге, ең алдымен, жобаның арзандығы, электр энергиясын бөлудің жоғары сенімділігі, объектінің өзін және оның кейбір бөліктерін ұзақ уақыт пайдалану, желінің номиналды кернеуінің мөлшері, электр сымдарына түсті металдардың шығыны жатады.

4.2 Тұйықталған жүйе үшін экономикалық шығындар

Сымдардың берілгендері және бағалары 4.1–кестеде көрсетілген.

4.1-кесте – Таңдалған сымдардың берілгендері мен бағаларының берілгендері

Желі	Ұзындығы, км	Кернеуі, кВ	Маркасы	Тірек түрі	Бағасы, млн.тг
L_1	100	220	2АС-300/39	Екітізбекті сым	28,96
L_2	80	220	АС-400/51	Біртізбекті сым	19,04
L_3	110	220	АС-240/32		16,8
L_4	120	220	АС-240/32		16,8
L_5	80	220	АС-330/30		17,28
L_6	100	220	2АС-300/39	Екітізбекті сым	28,96

$$K_л = K_{л1} + K_{л2} + K_{л3} + K_{л4} + K_{л5} + K_{л6}\text{, млн. тг} \qquad (4.1)$$

Алдымен желінің толық құнын есептейміз, ол желінің ұзындығы мен желінің сым бағасы арақатынасы арқылы есептеледі:

$$K_л = \sum K_0 \cdot l\text{, млн. тг} \qquad (4.2)$$

мұндағы $K_{л1}$ – желінің толық құны, тг;

K_0 – желінің құны, тг;

l – желінің ұзындығы, км.

$$K_л = 28{,}96 \cdot 100 + 19{,}04 \cdot 80 + 16{,}8 \cdot 110 + 16{,}8 \cdot 120 + 17{,}28 \cdot 80 + 28{,}96 \cdot \cdot 100 = 12561{,}6 \text{ млн. тг.}$$

5 қосалқы станция трансформаторларының бағалары 4.2–кестеде көрсетілген.

4.2-кесте – Таңдалған трансформатордың бағаларының берілгендері

Қосалқы станциясы	Трансформатор типі	Бағасы, млн.тг
№1	ТРДЦН-100000/220	176
№2	ТДЦ-125000/220	148,8
№3	ТДЦ-125000/220	148,8
№4	ТРДЦН-100000/220	176
№5	АТДЦТН-125000/220/110	160

$$K_{пс} = K_{пс1} + K_{пс2} + K_{пс3} + K_{пс4}\text{, млн. тг} \quad (4.3)$$

мұндағы $K_{пс}$ – қосалқы станцияның толық бағасы.

$$K_{пс} = (176 + 148{,}8 + 148{,}8 + 176 + 160) \cdot 2 + (68 + 68 + 68 + 68 + 68) \cdot 4 = = 2979{,}2 \text{ млн. тг.}$$

$$К = K_{пс} + K_л\text{, млн. тг} \quad (4.4)$$

$$К = 2979{,}2 + 12561{,}6 = 15540{,}8 \text{ млн. тг.}$$

Эксплуатациялық шығындар.

$$И_т = И_{пс} + И_л + И_{\Delta w}\text{, млн. тг} \quad (4.5)$$

Желіні жөндеуге және қызмет етуге, амортизацияға кететін толық жылдық шығындарды келесі формуламен есептейміз:

$$И_л = \frac{\alpha_а + \alpha_в}{100} \cdot К_л\text{, млн. тг} \quad (4.6)$$

мұндағы $\alpha_а$=2,4 [1]; $\alpha_в$=0,4 [1];

$$И_л = \frac{2{,}4 + 0{,}4}{100} \cdot 12561{,}6 = 351{,}7248 \text{ млн. тг.}$$

Желідегі электр энергия шығындарын компенсациялауға кететін шығындарды келесі формула арқылы есептейміз:

$$И_{пс} = \frac{\alpha_а + \alpha_р}{100} \cdot К_{пс}, млн. тг \quad (4.7)$$

мұндағы α_a=2 [1]; α_p=6,4 [1];

$$И_{пс} = \frac{2 + 6{,}4}{100} \cdot 2979{,}2 = 250{,}2528 \text{ млн. тг.}$$

Қуаттың максималды шығын уақытын келесі формула арқылы есептейміз. Максималдық жүктеменің жылдық сағаты T_{max}=4500 сағ.

$$\tau = \left(0{,}124 + \frac{T_{max}}{10000}\right)^2 \cdot 8760 = \left(0{,}124 + \frac{4500}{10000}\right)^2 \cdot 8760 = 5028{,}24 \text{ сағ.}$$

Желідегі активті қуаттың тұрақты шығыны:

$$\Delta P_{пост} = \Delta P_{xx} \cdot n \text{ , МВт} \quad (4.8)$$

$$\Delta P_{пост1;4} = 0{,}115 \cdot 2 = 0{,}23 \text{ МВт,}$$

$$\Delta P_{пост2;3} = 0{,}135 \cdot 2 = 0{,}27 \text{ МВт,}$$

$$\Delta P_{пост5} = 0{,}065 \cdot 2 = 0{,}13 \text{ МВт.}$$

Желідегі активті қуаттың айнымалы шығыны:

$$\Delta P_{max} = 3 \cdot I^2 R_{\Sigma} \text{ , МВт} \quad (4.9)$$

$$\Delta P_{max1} = 3 \cdot 0{,}93^2 \cdot (4{,}9 + 1{,}9/2) = 15{,}18 \text{ МВт,}$$

$$\Delta P_{max2} = 3 \cdot 0{,}6^2 \cdot (6 + 1{,}4/2) = 7{,}24 \text{ МВт,}$$

$$\Delta P_{max3} = 3 \cdot 0{,}23^2 \cdot (13{,}31 + 1{,}4/2) = 2{,}22 \text{ МВт,}$$

$$\Delta P_{max4} = 3 \cdot 0{,}15^2 \cdot (14{,}52 + 1{,}9/2) = 1{,}04 \text{ МВт,}$$

$$\Delta P_{max5} = 3 \cdot 0{,}49^2 \cdot (7 + 0{,}55/2) = 5{,}24 \text{ МВт,}$$

$$\Delta P_{max6} = 3 \cdot 0{,}89^2 \cdot 4{,}9 = 11{,}64 \text{ МВт.}$$

$$И_{\Delta w} = \beta \cdot (\tau \cdot \Delta P_{max} + 8760 \cdot \Delta P_{пост}) \text{ млн. тг} \quad (4.10)$$

$$И_{\Delta w1} = 1{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot (5028{,}24 \cdot 15{,}18 + 8760 \cdot 0{,}23) = 117{,}5 \text{ млн. тг}$$

$$И_{\Delta w2} = 1{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot (5028{,}24 \cdot 7{,}24 + 8760 \cdot 0{,}27) = 58{,}1 \text{ млн. тг}$$

$$И_{\Delta w3} = 1{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot (5028{,}24 \cdot 2{,}22 + 8760 \cdot 0{,}27) = 20{,}3 \text{ млн. тг}$$

$$И_{\Delta w4} = 1{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot (5028{,}24 \cdot 1{,}04 + 8760 \cdot 0{,}23) = 10{,}9 \text{ млн. тг}$$

$$И_{\Delta w5} = 1{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot (5028{,}24 \cdot 5{,}24 + 8760 \cdot 0{,}13) = 41{,}2 \text{ млн. тг}$$

$$И_{\Delta w6} = 1{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot 5028{,}24 \cdot 11{,}64 = 87{,}8 \text{ млн. тг}$$

$$И_{\Delta w} = 117{,}5 + 58{,}1 + 20{,}3 + 10{,}9 + 41{,}2 + 87{,}8 = 335{,}8 \text{ млн. тг}$$

$$И = 351{,}7248 + 250{,}2528 + 335{,}8 = 937{,}7776 \text{ млн. тг.}$$

1 жылдық келтірілген шығындарды есептейміз.

$$З_i = p_н \cdot \sum К + И \text{ млн. тг} \quad (4.11)$$

$$З_i = 0{,}15 \cdot 15540{,}8 + 937{,}7776 = 3268{,}8976 \text{ млн. тг.}$$

4.3 Тұйықталмаған жүйе үшін экономикалық шығындар

Сымдардың берілгендері және бағалары 4.3–кестеде көрсетілген.

4.3-кесте – Таңдалған сымдардың берілгендері мен бағаларының берілгендері

Желі	Ұзындығы, км	Кернеуі, кВ	Маркасы	Тірек түрі	Бағасы, млн.тг
L_1	100	220	3АС-400/51	Үштізбекті сым	57,12
L_2	80	220	2АС-400/51	Екітізбекті	33,04
L_3	110	220	2АС-400/51		33,04
L_4	120	220	2АС-240/32	Екітізбекті	27,52
L_5	80	220	АС-240/32	Біртізбекті сым	16,8

Алдымен желінің толық құнын есептейміз, ол желінің ұзындығы мен желінің сым бағасы арақатынасы арқылы есептеледі:

$$K_л = 57{,}12 \cdot 100 + 33{,}04 \cdot 80 + 33{,}04 \cdot 110 + 27{,}52 \cdot 120 + 16{,}8 \cdot 80 =$$

$$= 16636 \text{ млн. тг.}$$

$$К = 2979{,}2 + 16636 = 19615{,}2 \text{ млн. тг.}$$

Эксплуатациялық шығындар.

Желіні жөндеуге және қызмет етуге, амортизацияға кететін толық жылдық шығындарды келесідей есептейміз:

$$И_л = \frac{2,4 + 0,4}{100} \cdot 16636 = 465,808 \text{ млн. тг.}$$

Желідегі электр энергия шығынын компенсациялауға кететін шығындарды келесідей анықтаймыз:

$$И_{пс} = \frac{2 + 6,4}{100} \cdot 2979,2 = 250,2528 \text{ млн. тг.}$$

Қуаттың максималды шығын уақытын келесі формула арқылы есептейміз:

$$\tau = \left(0,124 + \frac{4500}{10000}\right)^2 \cdot 8760 = 5028,24 \text{ сағ,}$$

Желідегі активті қуаттың тұрақты шығыны:

$$\Delta P_{пост1;4} = 0,115 \cdot 2 = 0,23 \text{ МВт,}$$

$$\Delta P_{пост2;3} = 0,135 \cdot 2 = 0,27 \text{ МВт,}$$

$$\Delta P_{пост5} = 0,065 \cdot 2 = 0,13 \text{ МВт.}$$

Желідегі активті қуаттың айнымалы шығыны:

$$\Delta P_{max1} = 3 \cdot 1,82^2 \cdot (2,5 + 1,9/2) = 34,28 \text{ МВт}$$

$$\Delta P_{max2} = 3 \cdot 1,49^2 \cdot (3 + 1,4/2) = 24,64 \text{ МВт}$$

$$\Delta P_{max3} = 3 \cdot 1,12^2 \cdot (4,125 + 1,4/2) = 18,16 \text{ МВт}$$

$$\Delta P_{max4} = 3 \cdot 0,74^2 \cdot (7,26 + 1,9/2) = 13,49 \text{ МВт}$$

$$\Delta P_{max5} = 3 \cdot 0,4^2 \cdot (9,68 + 0,55/2) = 4,78 \text{ МВт}$$

$$И_{\Delta w1} = 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot (5028,24 \cdot 34,28 + 8760 \cdot 0,23) = 261,6 \text{ млн. тг}$$

$$И_{\Delta w2} = 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot (5028,24 \cdot 24,64 + 8760 \cdot 0,27) = 189,4 \text{ млн. тг}$$

$$И_{\Delta w3} = 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot (5028,24 \cdot 18,16 + 8760 \cdot 0,27) = 140,5 \text{ млн. тг}$$

$$И_{\Delta w4} = 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot (5028,24 \cdot 13,49 + 8760 \cdot 0,23) = 104,8 \text{ млн. тг}$$

$$И_{\Delta w5} = 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot (5028,24 \cdot 4,78 + 8760 \cdot 0,13) = 37,8 \text{ млн. тг}$$

$$И_{\Delta w} = 261{,}6 + 189{,}4 + 140{,}5 + 104{,}8 + 37{,}8 = 734{,}1 \text{ млн. тг}$$

$$И = 465{,}808 + 250{,}2528 + 734{,}1 = 1450{,}1608 \text{ млн. тг.}$$

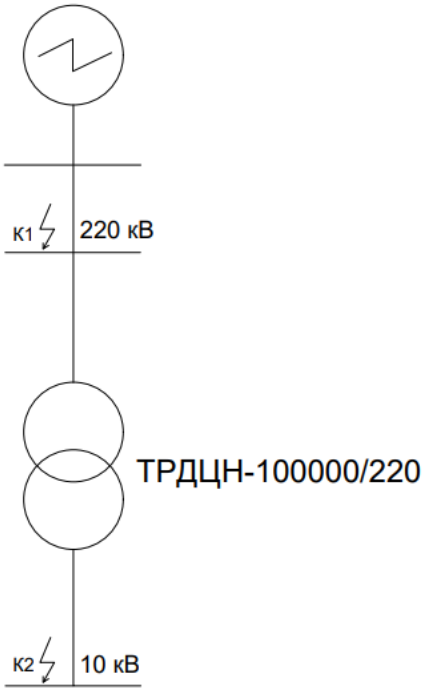
Жылдық келтірілген шығындарды есептейміз:

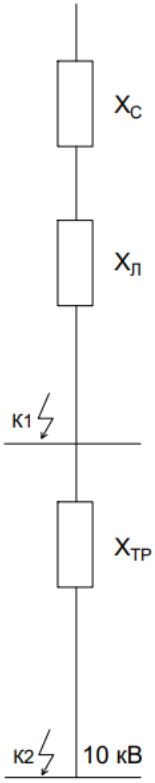
$$З_i = 0{,}15 \cdot 19615{,}2 + 1450{,}1608 = 4392{,}4408 \text{ млн. тг.}$$

Қорыта келгенде, технико-экономикалық есептеуге сүйене отыра тұйықталған жүйенің схемасын қолданған тиімді болатынын анықтап, тұйықталған жүйені таңдаймын.

5 Қысқа тұйықталу тогын есептеу

Қысқа тұйықталу тогын есептеу кезіндегі қолданылатын есептік схема 5.1–суретте келтірілген, ал алмастыру схемасы 5.2–суретте көрсетілген.





5.1-сурет – Есептік схема **5.2-сурет – Алмастыру схемасы**

Салыстырмалы бірлікте базистік қуат ретінде 100 МВ·А аламын. Әр қадам үшін базистік кернеуім 230 және 11 кВ тең деп алдым.

$$S_{КЗ} = \sqrt{3} \cdot 2 \cdot 220 = 762 \text{ МВА}$$

Жүйе кедергісі:

$$X_{с*} = \frac{S_б}{S_{КЗ}} \tag{5.1}$$

$$X_{с*} = \frac{100}{762} = 0{,}13$$

Желінің кедергісі:

$$X_{л*} = X_0 \cdot l \cdot \frac{S_б}{U_б^2}, \tag{5.2}$$

$$X_{л*} = 0{,}429 \cdot 100 \cdot \frac{100}{230^2} = 0{,}08\,.$$

Трансформаторлардың кедергісі:

$$X_{тр*} = \frac{U_k}{100} \cdot \frac{S_б}{S_{тр}}, \tag{5.3}$$

мұндағы U_k – трансформатордың қ.т. кернеуі %;
$U_б$ – трансформатордың базистік кернеуі %;
$S_б$ – трансформатордың базистік қуаты, МВ·А;
$S_{тр}$ – трансформатордың номинал қуаты, МВ·А.

$$X_{тр*} = \frac{12}{100} \cdot \frac{100}{100} = 0{,}12.$$

Қосынды кедергі:

$$X_{кос\ к1} = X_{с*} + X_{л*,} \tag{5.4}$$

$$X_{кос\ к1} = 0{,}13 + 0{,}08 = 0{,}21.$$

Базистік ток келесі формуламен анықталады, кА:

$$I_{б1} = \frac{S_{б1}}{U_{б1} \cdot \sqrt{3}}, \tag{5.5}$$

$$I_б = \frac{100}{230 \cdot \sqrt{3}} = 0{,}25 \text{ кА}.$$

К-1 нүктесіндегі қысқа тұйықталу тогын анықтайық:

$$I_{к1} = \frac{I_{б1}}{X_{кос\ к1}}, \tag{5.6}$$

$$I_{к1} = \frac{0{,}25}{0{,}21} = 1{,}19 \text{ кА}.$$

К-2 нүктесіндегі қысқа тұйықталу тогын анықтаймыз:

$$X_{кос\ к2} = X_{с*} + X_{л*} + X_{тр*}, \tag{5.7}$$

$$X_{кос\ к2} = 0{,}13 + 0{,}08 + 0{,}12 = 0{,}33,$$

$$I_{б2} = \frac{100}{11 \cdot \sqrt{3}} = 5{,}25 \text{ кА.}$$

$$I_{к2} = \frac{I_{б2}}{X_{кос\,к2}} \text{ кА,} \tag{5.8}$$

$$I_{к2} = \frac{5{,}25}{0{,}33} = 15{,}9 \text{ кА.}$$

Қысқа тұйықталудың соққы тогын анықтаймыз:

$$i_{сок} = I_к \cdot \sqrt{2} \cdot к_{сок,} \tag{5.9}$$

$$i_{сок\ к1} = 1{,}19 \cdot \sqrt{2} \cdot 1{,}8 = 3{,}03 \text{ кА,}$$

$$i_{сок\ к2} = 15{,}9 \cdot \sqrt{2} \cdot 1{,}8 = 40{,}47 \text{ кА,}$$

$$В_{к1} = 1{,}19^2 \cdot 3 = 4{,}25 \text{ кА}^2 \cdot С,$$

$$В_{к2} = 15{,}9^2 \cdot 3 = 758{,}43 \text{ кА}^2 \cdot С.$$

5.1 Электр аппараттарын таңдау

Барлық электр аппараттары номинал кернеуі, тогы бойынша таңдалады және электродинамикалық және термиялық тұрақтылыққа тексеріледі.

Кернеуі бойынша таңдағанда келесі шарт орындалуы керек:

$$U_к \geq U_{ном}, \text{кВ} \tag{5.10}$$

Ток бойынша дұрыс аппаратты таңдау қалыпты режимде ұзақ жұмыс кезінде аппарат бөліктерінің қауіпті қызуларына жол бермейді. Сол үшін келесі шарт орындалуы керек:

$$I_к \geq I_{ном}\ , \text{кВ} \tag{5.11}$$

Динамикалық тоқ:

$$i_д \geq i_с\ , \text{кА} \tag{5.12}$$

Термиялық тоқ:

$$i_{терм} \geq Вб_с\ , \text{кА}^2 \cdot С \tag{5.13}$$

Комутациялық аппараттарды таңдау

Кернеуі 220 кВ жақта және 10 кВ жинақты шинада релелік қорғаныс және өлшеуіш аспаптардың байланысы үшін комутациялық аппараттар.

Кернеуі U=220 кВ жақтағы ажыратқыш пен айырғыш және ток трансформаторы таңдалған. [2] 5.1–кестеде көрсетілген.

5.1-кесте – Таңдалған электр аппататтарының параметрлері

Тандау шарты	Есептік мәндер	Паспорттағы берілгендері		
		ВГТ-220	РДЗ-220	ТФНД-220 I
1) $U_к \geq U_{ном}$ кВ	220	220	220	220
2)$I_к \geq I_{ном}$ A,	930	3150	1000	1200
3)$I_{сок} \geq I_{кт}$кA,	1,19	40	-	-
4)$i_d \geq i_c$ кА,	3,03	102	40	50
5)$i_{терм} \geq$ Вб$_c$кА^2 $\cdot$ С	4,25	40	2500	34,3/3

5.2–кестеде ТФНД-220 ток трансформаторының жүктемесі көрсетілген [2], А және С фазаларының трансформаторлары көбірек жүктелгені көрініп тұр.

5.2-кесте – ТФНД-220 I ток трансформаторының жүктемесі

Аспаптар	Түрі	Жүктеме, ВА фазалар		
		А	В	С
Ваттметр	Д-304	0,5	-	0,5
Варметр	Д-345	0,5	-	0,5
Амперметр	Э-379	0,5	0,5	0,5
Актив қуат санауыш	СА3-И670	2,5	-	2,5
Барлығы		4	0,5	4

Аспаптардың жалпы кедергілері:

$$\boldsymbol{r}_{аспап} = \frac{\boldsymbol{S}_{аспап}}{\boldsymbol{I}_2^2}, Ом \qquad (\mathbf{5.14})$$

$$r_{аспап} = \frac{4}{1} = 4 \text{ Ом}.$$

мұндағы $S_{аспап}$ – аспаптар қуаты,

I_2 – құрылғының екінші номинал ток.

Аспаптардың ортақ кедергісі:

$$r_2 = Z_{2ном} - r_{аспап} - r_к, Ом \qquad (5.15)$$

$$r_2 = 4{,}47 - 4 - 0{,}05 = 0{,}42 \text{ Ом}$$

мұндағы $r_к$=0,05 Ом көп жағдайда.

Мыс өзекшелі кабель таңдаймыз $p = 0{,}0175$ Ом · мм^2/м:

$$q = \frac{\rho \cdot l_{\text{есеп}}}{r_2}, \text{мм}^2 \tag{5.16}$$

$$q = \frac{0{,}0175 \cdot 90}{0{,}42} = 3{,}75 \text{ мм}^2.$$

мұндағы $l_{\text{есеп}} = l = 90$ м

Қимасы 4 мм² КРВГ сым кабельді таңдаймын.

Кернеуі U=10 кВ жақтағы ажыратқыш пен айырғыш және ток трансформаторы таңдалған. [2] 5.3–кестеде көрсетілген.

5.3-кесте – Таңдалған электр аппататтарының параметрлері

Тандау шарты	Есептік мәндер	Паспорттағы берілгендері		
		ВВЭ-М-10-40	РВФ	ТПОЛМ-10
1) $U_к \geq U_{ном}$ кВ	10	10	10	10
2)$I_к \geq I_{ном}$ A,	930	2000	1000	1000
3)$I_{сок} \geq I_{кт}$кA,	15,9	40	-	-
4)$i_d \geq i_c$ кА,	40,47	50	100	155
5)$i_{терм} \geq$ Вб$_c$кА$^2 \cdot$ С	758,43	40/3	1800	1200

5.4–кестеде, ТПОЛМ-10 ток трансформаторының жүктемесі А және С фазаларының трансформаторлары көбірек жүктелгені көрініп тұр.

5.4-кесте – ТПОЛМ-10 ток трансформаторының жүктемесі

Аспаптар	Түрі	Жүктеме, ВА фазалар		
		А	В	С
Ваттметр	Д-335	0,5	-	0,5
Амперметр	Э-350	0,5	0,5	0,5
Актив қуат санауыш	САЗ-И680	2,5	-	2,5
Барлығы		3,5	0,5	3,5

Аспаптардың жалпы кедергілері:

$$r_{\text{аспап}} = \frac{3{,}5}{25} = 0{,}14 \text{ Ом}.$$

Аспаптардың ортақ кедергісі:

$$r_2 = 0{,}8 - 0{,}14 - 0{,}05 = 0{,}61.$$

Мыс өзекшелі кабель таңдаймыз:

$$q = \frac{0{,}0175 \cdot 100}{0{,}61} = 2{,}87 \text{ мм}^2,$$

Қимасы 4 мм² КВРГ сым кабельді таңдаймыз.

Кернеуі U=220-10 кВ кернеу трансформаторларын таңдау [2] 5.5–кестеде көрсетілген.

5.5-кесте – Таңдалынған кернеу трансформаторларының параметрлері

Кернеу тр түрі	НТМИ-10-66	НАМИ-220
$U_{ном}$ кВ,	10	220
$U_{ном}$ В	100	100
0,5 дәлдік класындағы екіншілік орамның номиналды жүктемесі, ВА	120	400
1 дәлдік класындағы екіншілік орамның номиналды жүктемесі, ВА	200	600

Тізбекте кернеу трансформаторлары орнатылған.

Екінші орама жүктемесі бойынша тексереміз. Кернеу трансформаторына негізгі орамасының жүктемесі 5.6–кестеде көрсетілген [2].

5.6-кесте – Кернеу трансформаторларына қосылған аспаптар

Аспап	Түрі	Бір ораманың тұтынатын қуаты, ВА	Орамалар саны	Cosφ	sinφ	Аспаптар саны	Тұтынаты қуаты	
							P, Вт	Q, ВАр
Вольтметр	Э-335	2	1	1	0	1	2	-
Ваттметр	Д-335	1,5	2	1	0	1	3	-
Варметр	Д-335	1,5	2	1	0	1	3	-
Акт. қуат датчигі	Е-829	10	-	1	0	1	10	-
Реак. қуат датчигі	Е-830	10	-	1	0	1	10	-
Акт. қуат санушысы	И-670	1,5	2	0,38	0,925		3	5,842
Барлығы							31	5,842

Екінші жүктеме бойынша:

$$S_{\sum 2} = \sqrt{31^2 + 5{,}842^2} = 31{,}545 \text{ МВА}.$$

Асқын кернеуліктен қорғау үшін қосалқы станцияға ОПН (сызықты емес асқын кернеуді шектегіш) орнатамыз, 5.7–кестеде көрсетілген:

5.7-кесте – Таңдалған ОПН параметрлері

ОПН типі	Есептік мән, кВ	Номиналды кернеу, кВ	Желінің ұзақ рұқсат етілген кернеуі, кВ	Номиналды разряд тогы, А
ОПН-10/550	10	15	12	10 000
ОПН-П-220 УХЛ1	220	220	146	10 000

6 Арнайы бөлім. Электр қондырғыларының тарату құрылғыларының (ТҚ) схемаларына қойылатын негізгі талаптар

Электр қондырғыларының электрлік қосылу схемаларына талаптардың тұтас кешені қойылады, олардың ішінде жеті негізгісін бөліп көрсетуге болады: сенімділік, үнемділік, пайдалану ыңғайлылығы, технологиялық икемділік, экологиялық тазалық, жинақылық және біркелкілік.

Сенімділік дәрежесі бойынша электр станциясының негізгі схемалары электр энергиясын тұтынушыларды сенімді электрмен жабдықтау тұрғысынан электр станциясының электр жүйесіндегі маңыздылығына қарай таңдалуы керек. Таңдалған схема, атап айтқанда, мыналарды қамтамасыз етуі керек:

– есепті авариялық режимдерде электр станциясының генераторлық қуатының рұқсат етілген (минималды) шығыны (мысалы, жоғарғы кернеу немесе орта кернеу шиналар жүйелерінің бірінде тұрақты қысқа тұйықталу кезінде);
– электр станциясындағы апаттар кезінде тарату құрылғысының шиналары арқылы жүйелік байланыстардың транзитін сақтау;
– тарату құрылғысындағы аварияларды мүмкіндігінше тек ажыратқыштармен операциялар арқылы жою;
– электр станциясын толық тоқтатқаннан кейін өз қажеттіліктерін тарату құрылғысын электр жүйесінен қоректендіру.

6.1 Тарату құрылғыларының (ТҚ) схемаларының жіктелуі

Кез келген кернеудегі тарату құрылғыларының схемаларын таңдауға келесі факторлардың жиынтығы үлкен әсер етеді:

– электр станциясының түрі;
– орнатылған генераторлардың саны мен қуаты;
– энергетикалық жүйемен байланыс желілерінің саны және олардың жауапкершілік категориясы;
– энергетикалық жүйесінің электр тораптарының схемасы мен кернеу деңгейі;
– қысқа тұйықталу (ҚТ) токтарының мәні;
– қажетті параметрлі жабдықтың болуы және оның сенімділігі;
– жоспарлы схема бойынша тарату құрылғысын салуға арналған аумақтың ауданы;
– тарату құрылғыларының ықтимал конструкциясы (ашық тарату құрылғысы (АТҚ), жабық тарату құрылғысы (ЖТҚ)).

Ашық және жабық типтегі тарату құрылғылары олардың конструктивті орындалуына байланысты бірнеше критерийлер бойынша жіктеледі:

– секцияларға бөлу әдісі. Шина секциялары бар тарату құрылғылары мен шиналық жүйелер арасында айырмашылық бар. Шина секциялары әрбір жеке тұтынушыны бір секциядан қуатпен қамтамасыз етеді, ал шиналар жүйелері бір тұтынушыны бірнеше секциялар арасында ауыстыруға мүмкіндік береді. Шина секциялары секциялық ажыратқыштармен, ал шиналық жүйелер шиналық қосқыштармен қосылады. Бұл ажыратқыштар секциялардың (жүйелердің) бірінде қуат жоғалған жағдайда секцияларды (жүйелерді) бір-бірінен қоректендіруге мүмкіндік береді;

– қондырғыны қоректендіру схемасы. Осы критерийге сәйкес схеманың екі нұсқасы бөлінеді – сақиналы және радиалды. Сақиналы схема әрбір тұтынушыны екі немесе үш ажыратқыштан қоректендіруді қарастырады. Радиалды схема тұтынушыларды құрама шиналық айырғыштар және бір ажыратқыш арқылы қоректендіруді қамтиды. Радиалды схема анағұрлым жеңілдетілген, ал сақиналы схема қондырғыны пайдалану және техникалық қызмет көрсету тұрғысынан практикалы және сенімді;

– айналма құрылғылардың болуы. Тұтынушыларды қуатсыздандыруды қажет етпей, қондырғы элементтерін жөндеуге шығаруға мүмкіндік беретін бір немесе бірнеше айналма шиналар жүйесі.

6.2 Кернеуі 110-220 кВ тарату құрылғыларының ұяшықтары

110-220 кВ номиналды кернеуге арналған ұяшықтар үш полюсті немесе бір полюсті басқаруға ие, ал 500 кВ ұяшықтар тек бір полюсті басқаруға ие.

Ұяшық полюсіне мыналар кіреді:

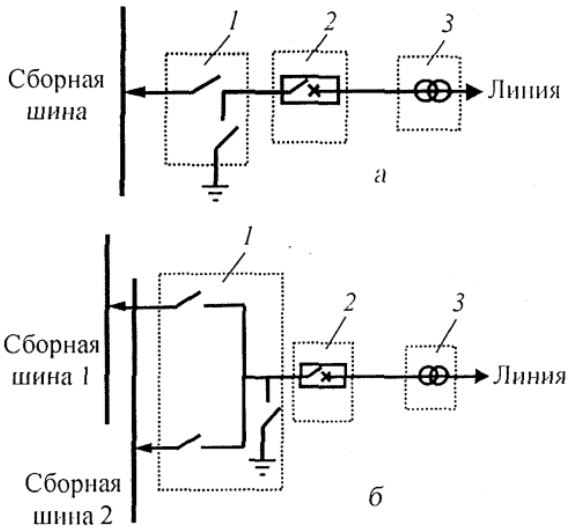
– коммутациялық аппараттар: ажыратқыштар, айырғыштар, жерге тұйықтағыштар;

– ток пен кернеуді өлшеу трансформаторлары;

– байланыстырушы элементтер: құрама шиналар, кабельдік кірістер ("май-элегаз"), өту кірістері ("ауа-элегаз"), элегаздық ток өткізгіштер және т. б.

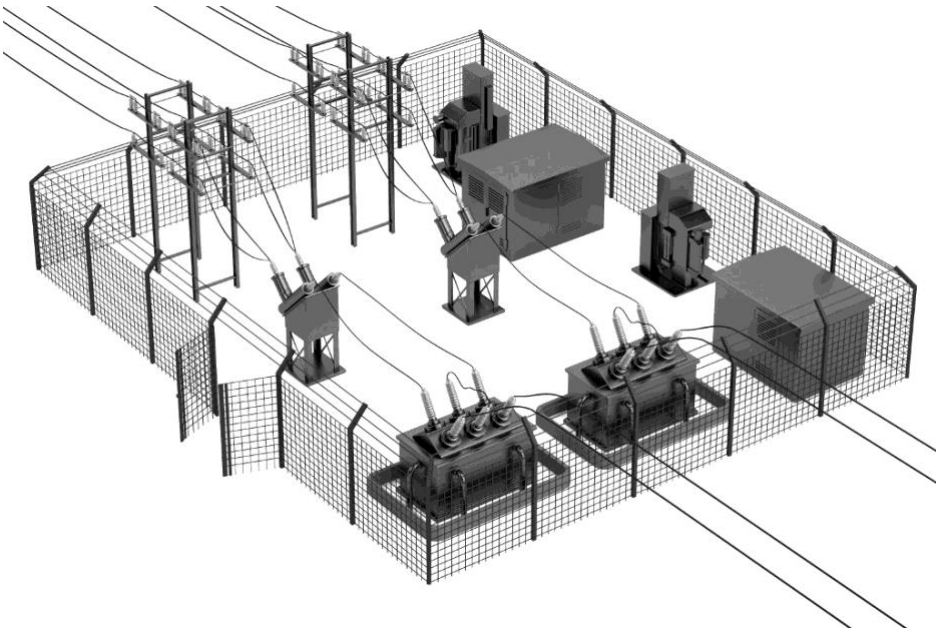
Қос құрама шиналы жүйесі бар PASS MO ұяшығының сыртқы түрі және бір және екі құрама шина жүйесі бар стандартты конфигурациялы ұяшықтың схемалары 6.1, 6.2–суреттерде көрсетілген. Мұндай ұяшықтардан жиналған қосалқы станцияларда дәстүрлі құрама шиналар жоқ, өйткені олар ұяшық ішінде жүзеге асырылған.

6.1-сурет – Қос шина жүйесі бар PASS MO ұяшығының сыртқы көрінісі

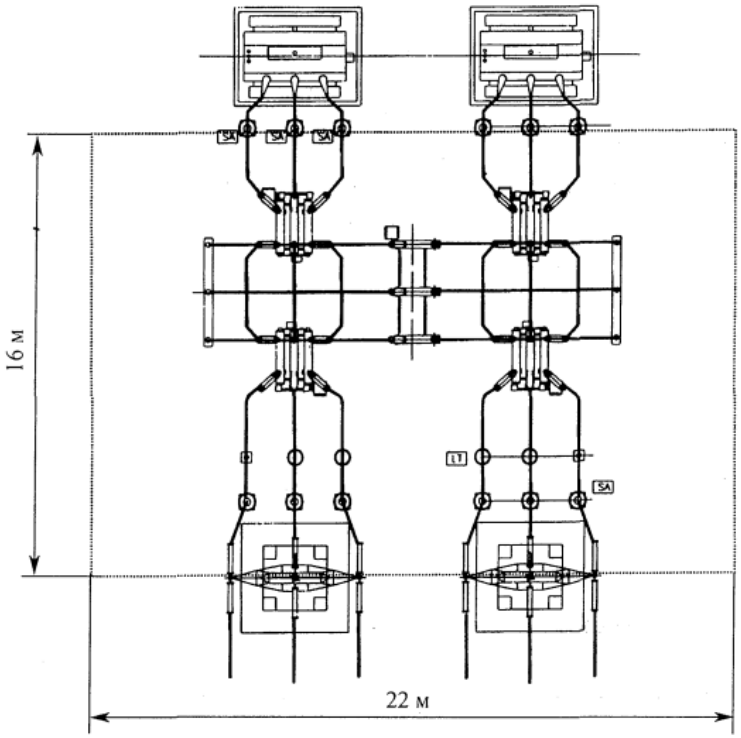


6.2-сурет – Бір (а) және екі (б) құрама шиналар жүйесі бар стандартты конфигурация ұяшығының схемасы: 1 – біріктірілген ажыратқыш-жерге тұйықтағыш; 2 – ажыратқыш; 3 – ток трансформаторы

6.3–суретте PASS MO ұяшығы бар қосалқы станцияның жалпы көрінісі көрсетілген. Бір шиналық жүйесі бар «көпір» схемасы бойынша жасалған қосалқы станцияның ашық тарату құрылғыларының (АТҚ) схемасы 6.4–суретте көрсетілген. Тарату құрылғысы екі сызықты, екі трансформаторлық ұяшықтан және «секіргіш» ұяшықтан тұрады және 16×22 м аумақты алады.

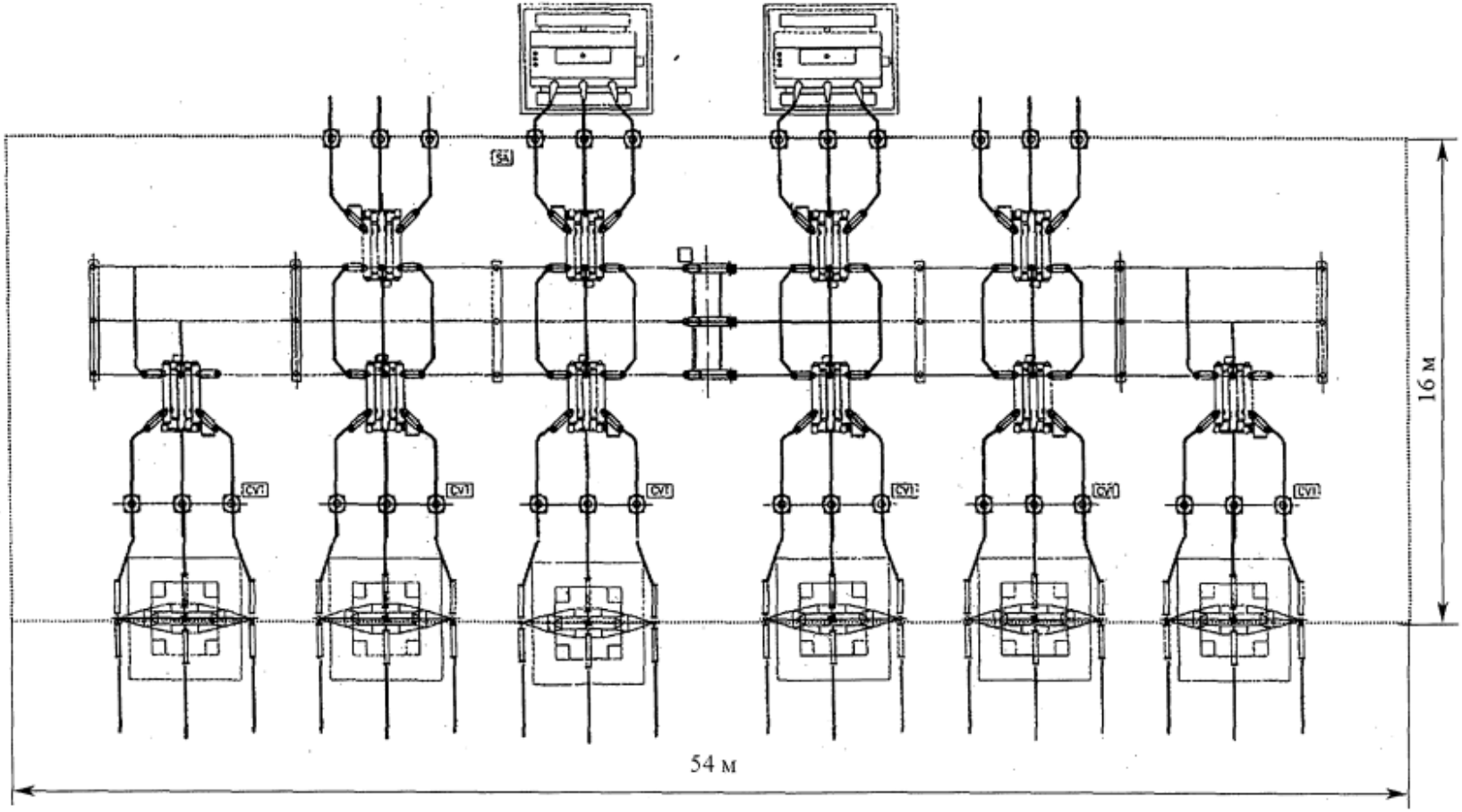


6.3-сурет – PASS MO ұяшығы бар қосалқы станцияның жалпы көрінісі

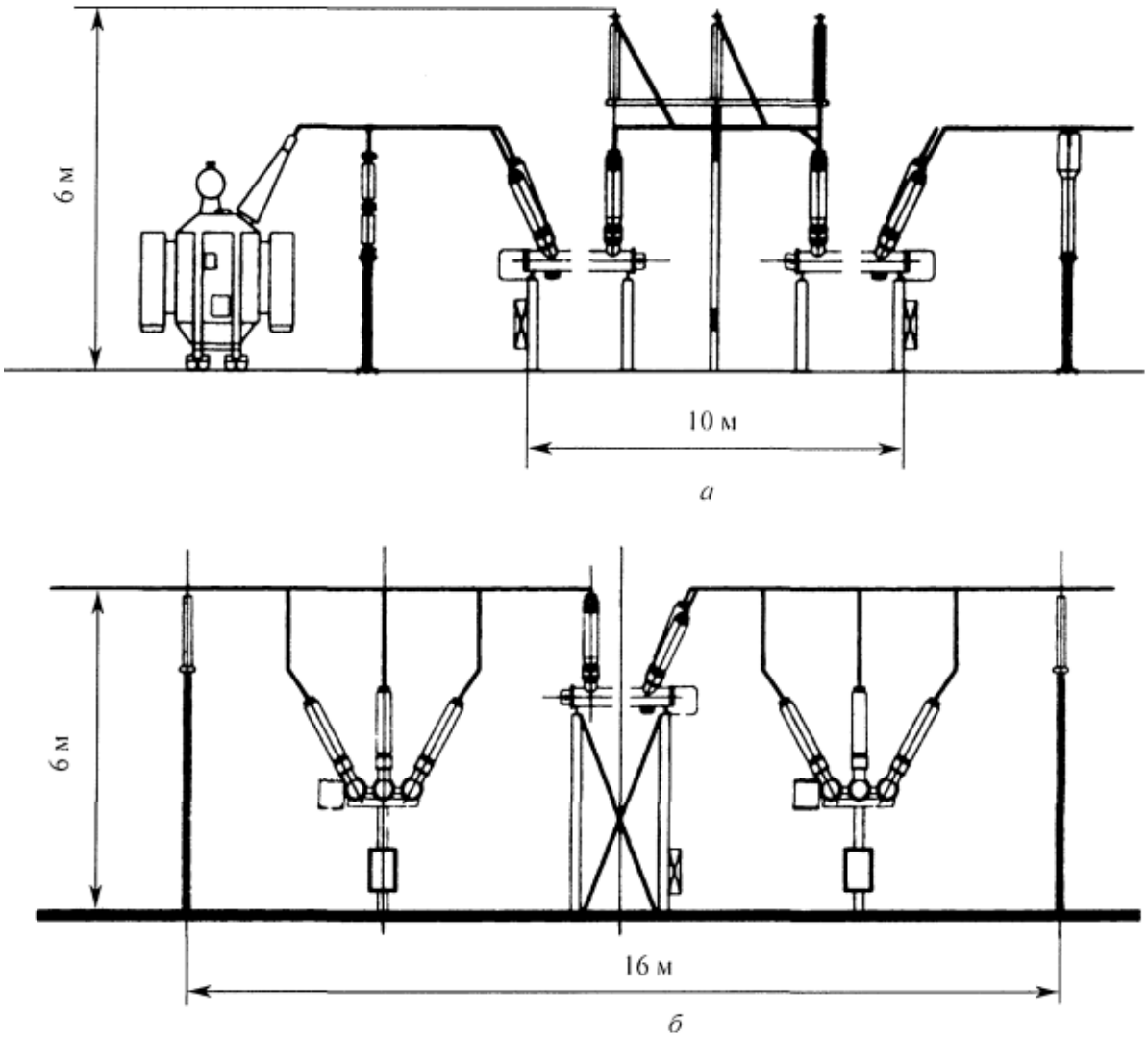


6.4-сурет – Бес ұяшықтан тұратын тарату құрылғысының орналасуы

6.5 және 6.6–суреттерде әрі қарай кеңейтуді есепке ала отырып, алты сызықты, екі трансформаторлық, секциялық және екі резервтік ұяшықтардан тұратын бір шиналық жүйесі бар тарату құрылғысының жоспары мен қималары көрсетілген. Тарату құрылғысы алып жатқан аумақ 54×16 м.

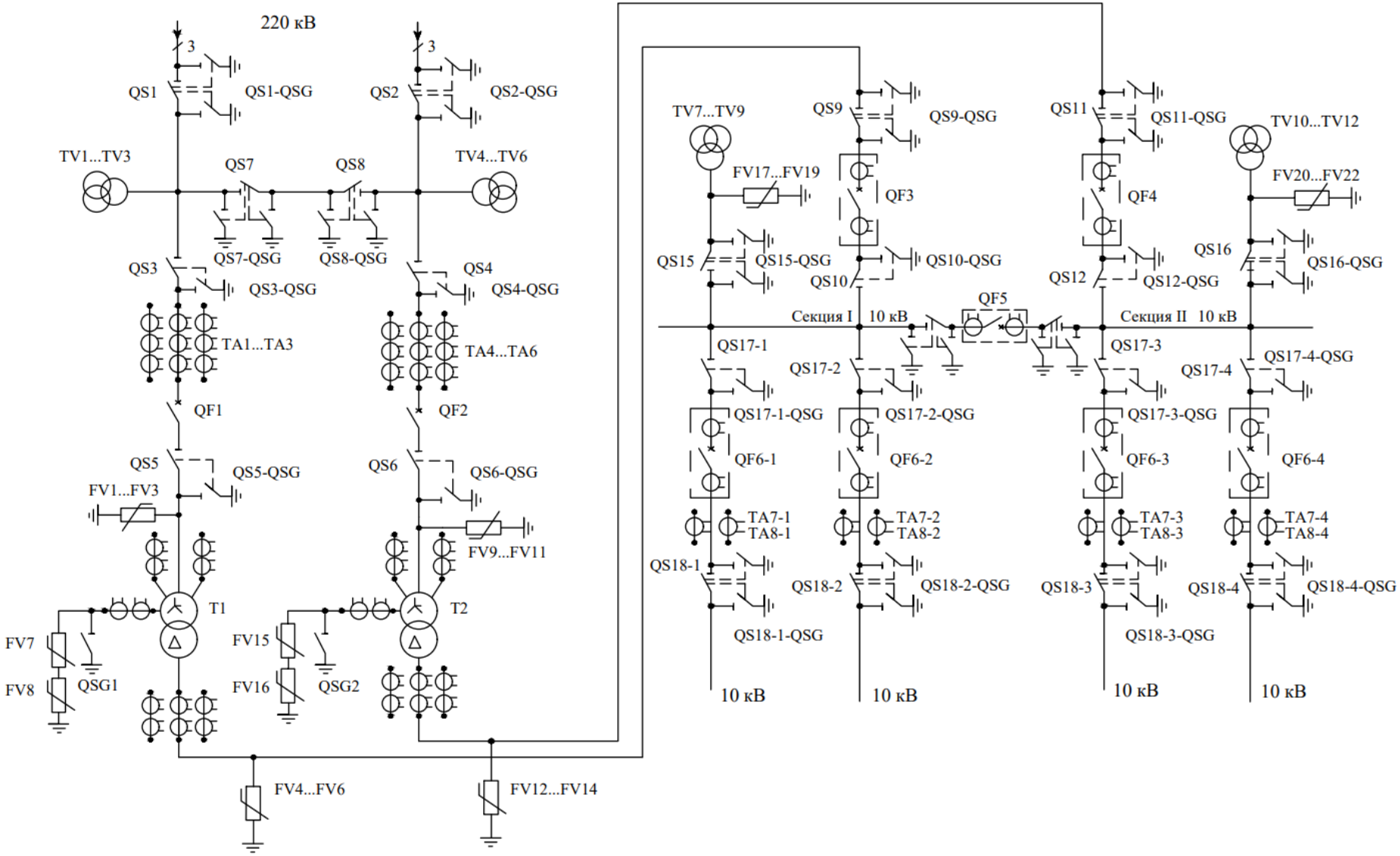


6.5-сурет – Бір құрама шина жүйесі бар қосалқы станцияның тарату құрылғысы



6.6-сурет – Бір құрама шина жүйесі бар тарату қондырғысының қосалқы станциясының трансформаторлық сызықтық (а) және секциялық (б) ұяшықтарының қималары

6.7–суретте үш фазалы, екі орамды, төменгі кернеу орамы бөлінген ТРДЦН трансформаторлары бар 220 кВ кернеудегі қосалқы станцияның негізгі тізбектерінің принципиалды схемасы көрсетілген. 220 кВ жағында «ажыратқыштары бар екі блок және желілер жағынан жөндеу секіргіші» схемасы (220-3Н схема), 10 кВ жағында бір ажыратқышпен секциялы бөлінген шина жүйесі бар схема қарастырылған.



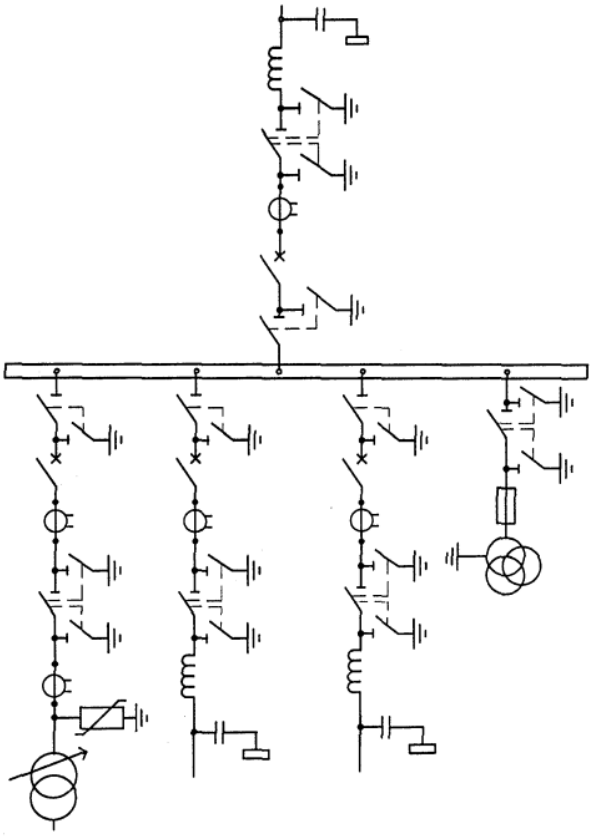
6.7-сурет – ТРДЦН трансформаторлары бар қосалқы станцияның негізгі тізбектерінің схемасы

6.3 Құрама шиналары бар кернеуі 6-220 кВ тарату құрылғыларының схемалары

Тарату құрылғыларының келесі схемалары қолданылады:

- бір секциялы бөлінбеген шина жүйесі бар;
- бір секциялы бөлінген шина жүйесі бар;
- екі жалғыз секциялы бөлінген шина жүйесімен;
- төрт жалғыз секциялы бөлінген шина жүйесі бар;
- бір секцияланған және айналма шиналар жүйесімен;
- екі шина жүйесі бар;
- екі секциялы бөлінген шина жүйесі бар;
- екі шина жүйесімен және айналма шина жүйесімен;
- екі секциялы бөлінген шина жүйесімен және айналма шина жүйесімен.

"Бір секциялы бөлінбеген шина жүйесі бар" схема – 6-35 кВ желілерінде қолданылатын ең қарапайым схема (6.8–сурет). 10(6) кВ желілерінде схема бір шиналық жүйе деп аталады. Шығу және қоректендіру желілерінде бір ажыратқыш, бір шина және бір желілік айырғыш орнатылады.



6.8-сурет – Бір шина жүйесі бар схема

Бұл схеманың кемшіліктері:

– схемада бір қорек көзі пайдаланылады;

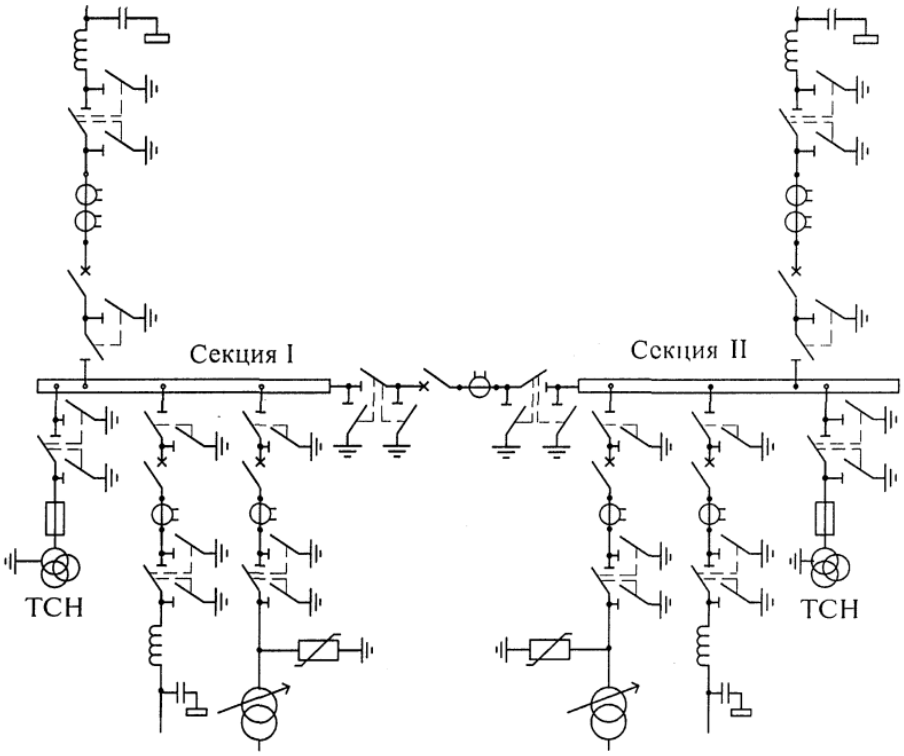
– құрама шиналар мен шина ажыратқыштарын алдын-ала жөндеу тарату құрылғысының ажыратылуымен байланысты, бұл жөндеу кезінде барлық тұтынушыларды электрмен жабдықтаудың үзілуіне әкеледі;

– құрама шиналар аймағындағы зақым тарату құрылғысының ажыратылуына әкеледі;

– ажыратқыштарды жөндеу тиісті қосылыстардың ажыратылуымен байланысты.

"Бір ажыратқышпен секциялы бөлінген шина жүйесі бар" схема (6.9–сурет) шиналар жүйесін секциялы бөлу арқылы алдыңғы тізбектің жоғарыда аталған кемшіліктерін ішінара жоюға мүмкіндік береді, яғни шиналар жүйесін секциялық ажыратқыштарды бөлу нүктелерінде орнатумен бөліктерге бөлу. Секциялы бөлу, әдетте, шиналардың әр бөлімі әр түрлі қорек көздерінен қуат алатындай етіп жасалады. Шиналар секцияларындағы қосылу саны мен жүктеме мүмкіндігінше тең болуы тиіс.

Қалыпты режимде секциялық ажыратқышты қосуға болады (шиналар секцияларының параллель жұмысы) немесе өшіруге болады (шиналар секцияларының бөлек жұмысы). Өнеркәсіптік кәсіпорындар мен қалалардың электрмен жабдықтау жүйелерінде әдетте шиналар секцияларының бөлек жұмысы қарастырылған. Бұл схема қарапайым, көрнекі, үнемді, жеткілікті жоғары сенімділікке ие, кез-келген санаттағы тұтынушыларды 35 кВ-қа дейінгі кернеулерде электрмен жабдықтау үшін өнеркәсіптік және қалалық желілерде кеңінен қолданылады. Бұл схеманы элегаз оқшаулағышы бар герметикаланған ұяшықтардан 110-220 кВ тарату құрылғысына бес және одан да көп қосу кезінде қолдануға рұқсат етіледі, сондай-ақ пайдалану кезеңінде ажыратқыштарды ауыстыру мүмкіндігі болған жағдайда алынбалы ажыратқыштары бар 110 кВ тарату құрылғысында қолдануға болады. 10(6) кВ желілерінде бұл схеманың артықшылығы бар. Жалғыз секциялы бөлінбеген шиналар жүйесімен салыстырғанда, бұл схема жоғары сенімділікке ие, өйткені құрама шиналарда қысқа тұйықталу кезінде шинаның бір ғана секциясы ажыратылады, екіншісі жұмыста қалады.



6.9-сурет – Бір секциялы бөлінген шина жүйесі бар схема

Бір ажыратқышпен секциялы бөлінген шина жүйесі бар схеманың кемшіліктері:

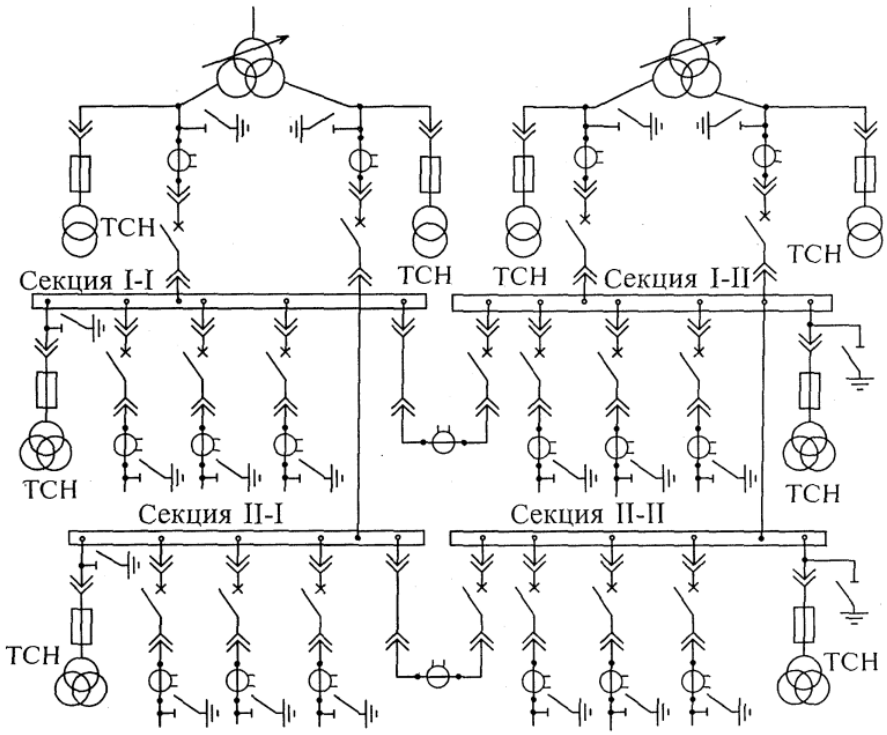
– құрама шиналарының секциясын бақылау немесе жөндеу жүргізудің барлық уақыты кезінде бір қуат көзі ажыратылады;

– құрама шиналарының секциясы мен шина ажыратқыштарының профилактикалық жөнделуі, осы шина секциясына қосылған барлық желілердің ажыратылуымен байланысты;

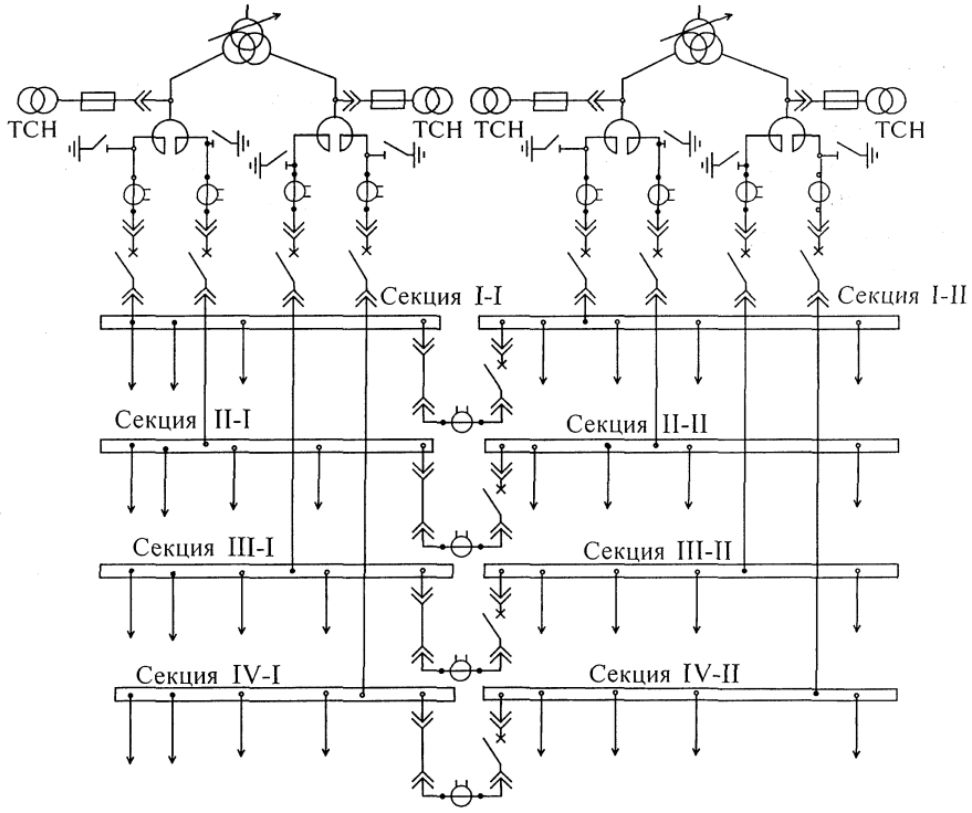
– құрама шиналар секциясының аймағындағы зақым шиналардың тиісті секциясының барлық желілерін өшіруге әкеледі;

– ажыратқыштарды жөндеу тиісті қосылымдарды өшірумен байланысты.

Жоғарыда аталған кемшіліктер көптеген секциялары бар схемаларды пайдалану кезінде ішінара жойылады. 6.10–суретте орамасы бөлінген екі трансформаторы бар немесе екі қос реакторы бар қосалқы станцияның тарату құрылғысының 10(6) кВ схемасы көрсетілген. Схемада төрт шина секциясы бар және "екі жалғыз ажыратқышпен секциялы бөлінген шина жүйесі" деп аталады. Бір мезгілде орамасы бөлінген екі трансформатор және екі қос реактор болған кезде "төрт жалғыз ажыратқышпен секциялы бөлінген шина жүйесі" деп аталатын сегіз шина секциясынан тұратын схема қолданылады (6.11–сурет).

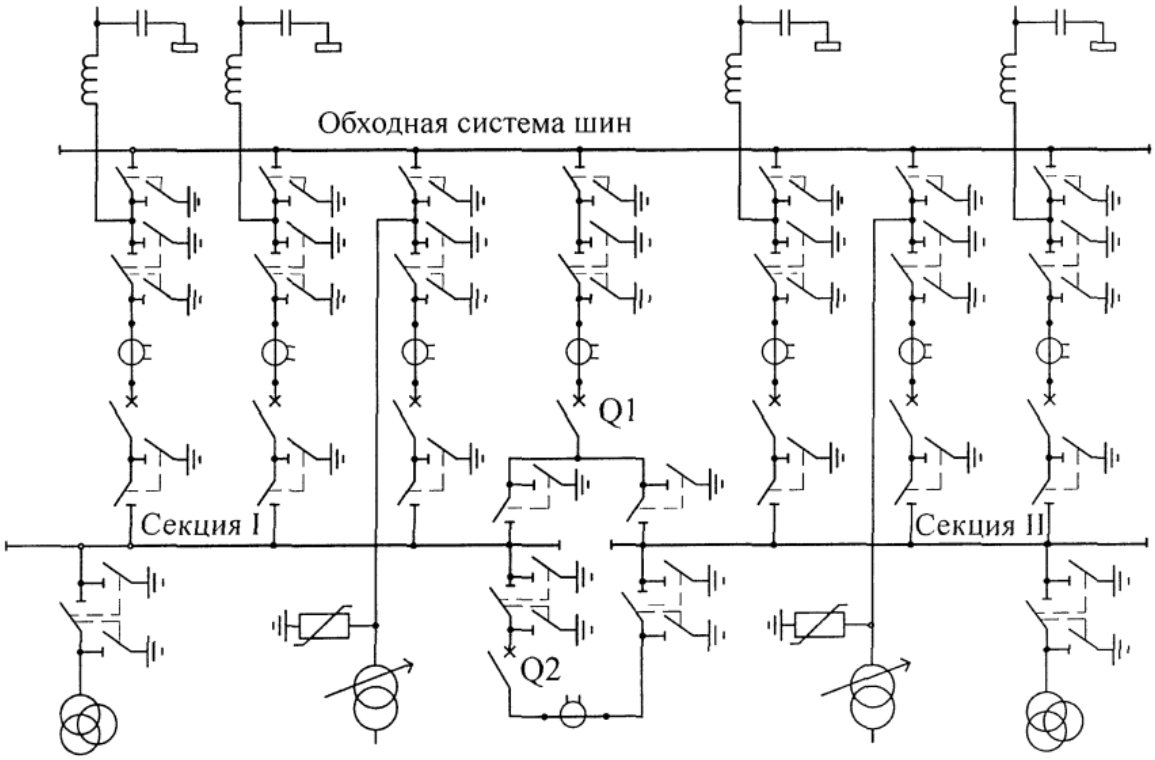


6.10-сурет – Екі жалғыз секциялы бөлінген шина жүйесі бар схема (тұрақты жедел токпен ТСН құрама шиналарға қосылады)



6.11-сурет – Төрт жалғыз секциялы бөлінген шина жүйесі бар схема

"Бір ажыратқышпен секцияланған және шиналарды айналма жүйесі бар" схема қосқышты ажыратпай-ақ ажыратқыштарды тексеруге және жөндеуге мүмкіндік береді. Қалыпты режимде шина айналма жүйесінде кернеу болмайды, айырғыштар, желілер мен шиналар айналма жүйесі бар трансформаторлар ажыратылады. Схемада шиналардың әр секциясын айналма жолмен байланыстыратын екі айналма ажыратқыш орнатылуы мүмкін. Шығындарды үнемдеу мақсатында олар екі шина ажыратқышы бар бір айналма ажыратқышпен шектеледі, олардың көмегімен айналма ажыратқыш шиналардың бірінші немесе екінші секцияларына қосылуы мүмкін. Дәл осы схема бес немесе одан да көп қосылыстарда кернеуі 110-220 кВ тарату құрылғыларына арналған үлгі ретінде ұсынылады (6.12–сурет).

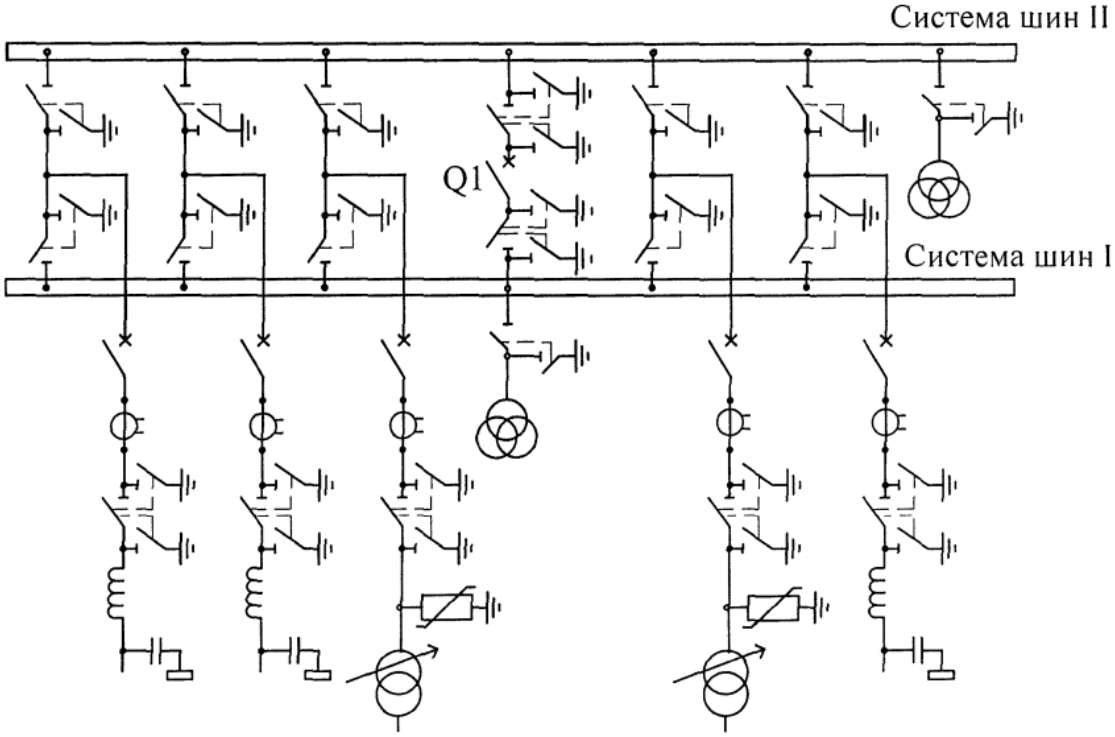


6.12-сурет – Айналма (Q1) және секциялық (Q2) ажыратқыштары бар бір секцияланған және шиналар айналма жүйесі бар схема

"Құрама шиналардың екі жүйесі бар" схемада әр қосылыста ажыратқыш, екі шина айырғыш және желілік айырғыш болады. Шина жүйелері бір-бірімен шина қосқыш ажыратқыш арқылы байланысады (6.13–сурет). Бұл схеманың жұмысының екі түрлі нұсқасы болуы мүмкін. Бірінші нұсқада бір шина жүйесі жұмыс істейді, екіншісі резервтік болып табылады. Қалыпты жұмыс режимінде барлық қосылыстар жұмысшы шиналар жүйесіне тиісті шина айырғыштары арқылы қосылады. Шиналардың резервтік жүйесінде қалыпты режимде кернеу болмайды, шина қосқыш ажыратқыш өшіріледі. Қазіргі уақытта ең көп қолданылатын екінші нұсқада құрама шиналардың екінші жүйесін электр қондырғысының сенімділігін арттыру үшін жұмысшы ретінде үнемі қолданады.

Бұл жағдайда қуат көздеріне және шығатын желілерге барлық қосылыстар екі шина жүйесі арасында бөлінеді. Шина қосқыш ажыратқыш қалыпты жұмыс режимінде тұйықталған. Схема "екі жұмысты шинаның жүйесі" деп аталады.

Екі шина жүйесі бар схема барлық қосылымдарды жұмыс күйінде сақтай отырып, бір шина жүйесін жөндеуге мүмкіндік береді. Ол үшін барлық қосылымдар коммутациялық аппараттардың тиісті ауысулары арқылы бір шина жүйесіне ауыстырылады. Бұл схема икемді және жеткілікті сенімді.



6.13-сурет – Q1 шина қосқыш ажыратқышы бар екі шина жүйесі бар схема

Екі шина жүйесі бар схеманың кемшіліктері:

– шиналар жүйесінің бірін жөндеу кезінде осы уақытта схеманың сенімділігі төмендейді;

– шина қосқыш ажыратқышы тұйықталған кезде екі шина жүйесі де ажыратылады;

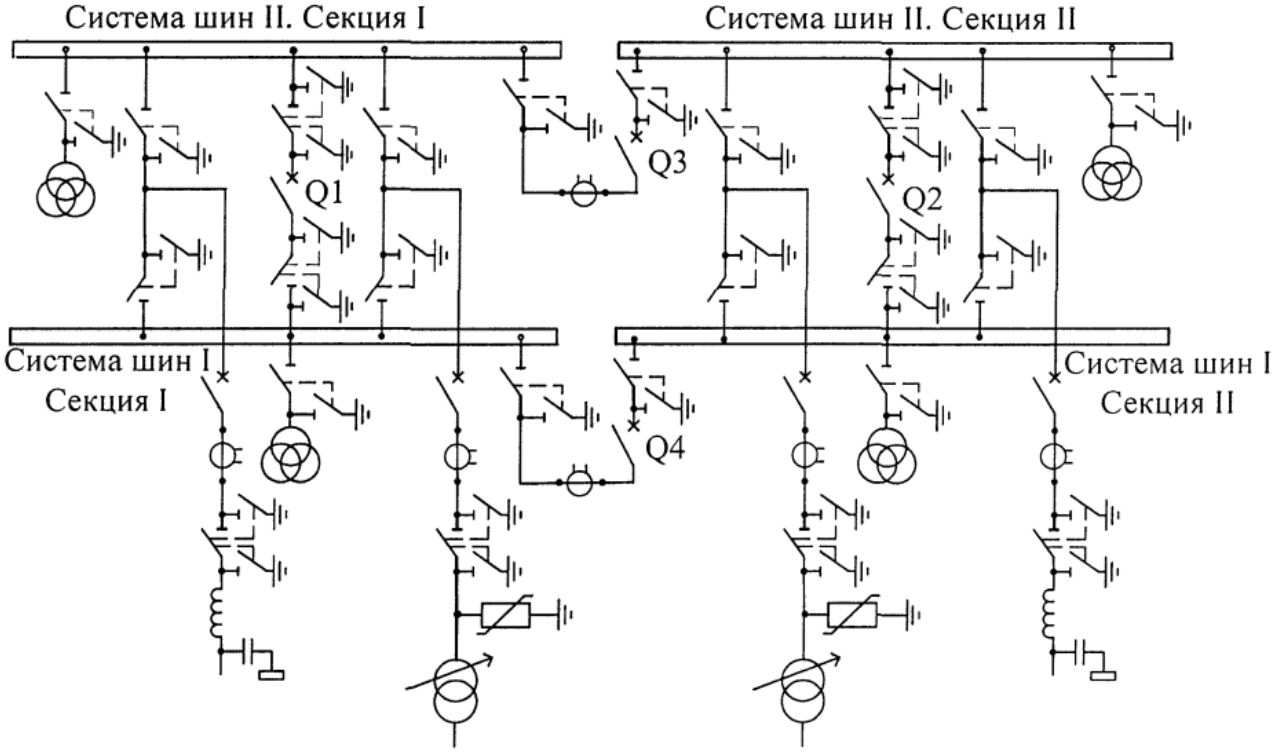
– ажыратқыштар мен желілік айырғыштарды жөндеу тиісті қосылыстарды жөндеу кезінде ажыратумен байланысты;

– схеманың күрделілігі, көптеген ажыратқыштар мен айырғыштар.

Айырғыштармен жиі ауысу құрама шиналар аймағында зақымдану ықтималдығын арттырады. Айырғыштармен көптеген операциялар және ажыратқыштар мен айырғыштар арасындағы күрделі құлыптау қызмет көрсету персоналының қате әрекет ету мүмкіндігіне әкеледі.

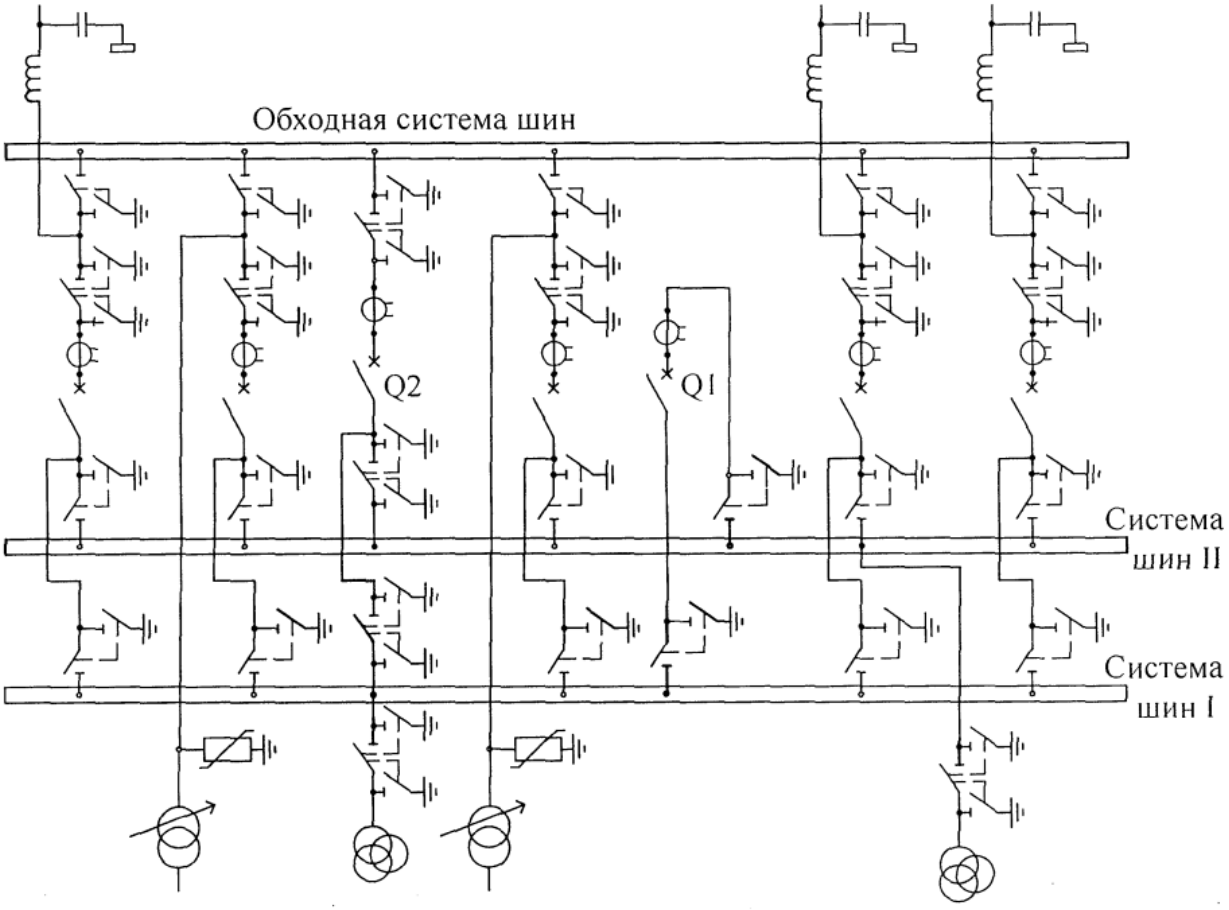
"Екі жұмысты шинаның жүйесі" схемасын 110-220 кВ тарату құрылғысында 5-тен 15-ке дейінгі қосылу саны кезінде, егер тарату құрылғысы элегазды оқшаулағышпен герметикаланған ұяшықтардан жасалған болса, сондай-ақ ажыратқышты пайдалануды қанағаттандыратын уақытта ауыстырған жағдайда алынбалы ажыратқыштары бар 110 кВ тарату құрылғысында қолдануға рұқсат етіледі.

110-220 кВ тарату құрылғысында қосылу саны 15-тен асқан кезде құрама шиналарды секциялық ажыратқыштарды бөлу нүктелерінде орната отырып, секцияларға бөледі (6.14–сурет). Бұл ретте екі шина қосатын ажыратқыш қаралуы тиіс. Осылайша, тарату құрылғысы екі секциялық және екі шинаны қосатын ажыратқыштармен байланысқан төрт бөлікке бөлінеді. Бұл схема "ажыратқышпен секцияланған екі жұмысты шина жүйесі" деп аталады. Ол "екі жұмысты шинаның жүйесі" схемасымен бірдей жағдайларда қолданылады.



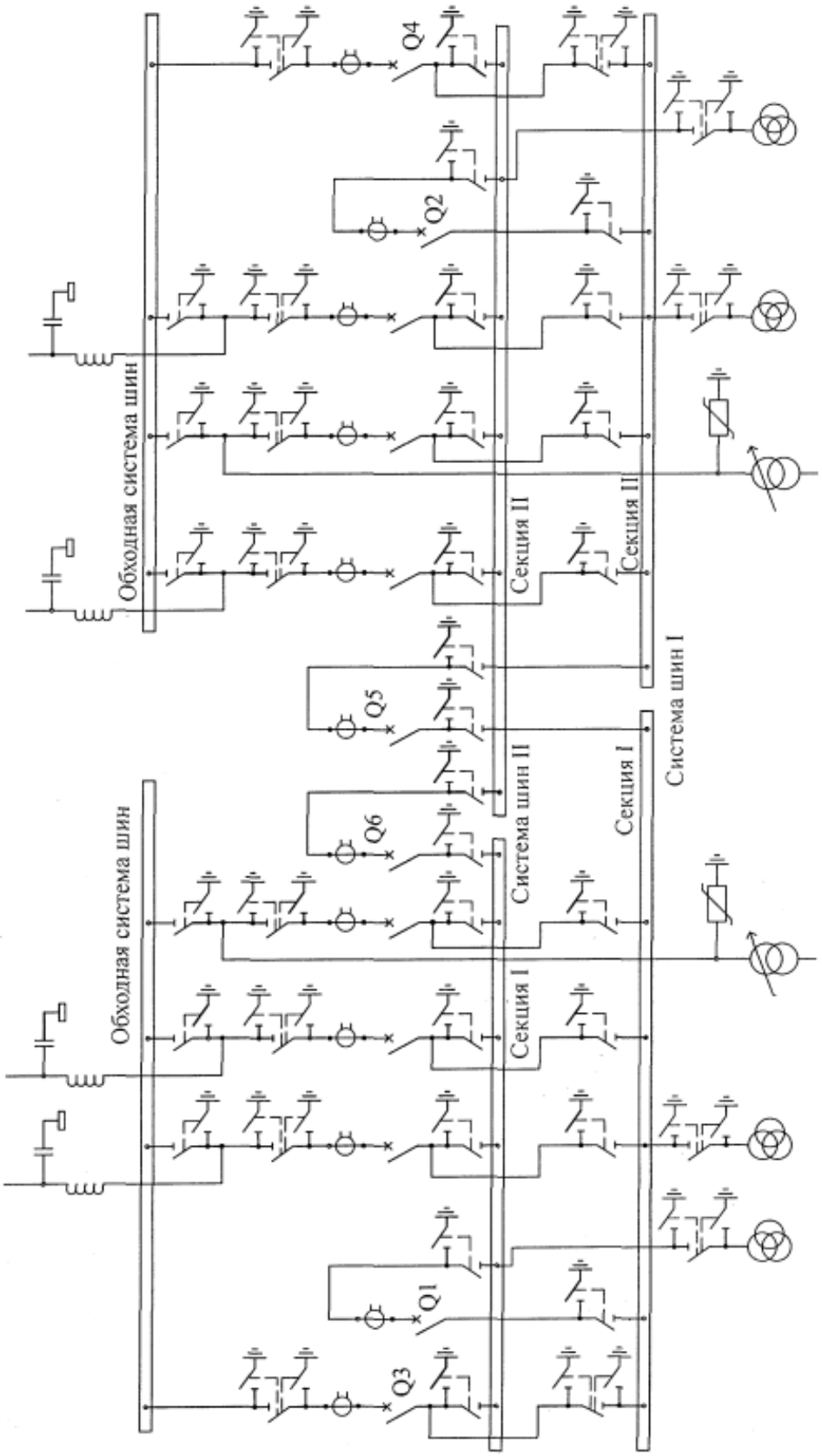
6.14-сурет – Екі шинаны қосатын (Q1, Q2) және екі секциялық (Q3, Q4) ажыратқыштары бар екі секцияланған шина жүйесі бар схема

"Екі шина жүйесі бар және шинаны қосатын айналма және айналма ажыратқыштары бар" схема тиісті қосылыстардың жұмысында үзіліссіз ажыратқыштарды кезекпен жөндеу мүмкіндігін қамтамасыз етеді (6.15–сурет). Схема 5-тен 15-ке дейінгі қосылыстар санында 110-220 кВ тарату қондырғысында қолдануға ұсынылады. Қалыпты жұмыс режимінде екі шина жүйесі де жұмыс істейді, шина қосқыш ажыратқыш қосулы күйде болады.



6.15-сурет – Екі шина жүйесі бар және айналма шина қосқышпен (Q1) және айналма (Q2) ажыратқыштары бар схема

Қосылу саны 15 немесе 12-ден асқан кезде және қосалқы станцияда қуаты 125 МВА және одан асатын үш трансформаторды орнатқан кезде екі шина қосқыш ажыратқыштар және екі айналма ажыратқыштары бар "ажыратқыштармен секцияланған екі жұмысты және шиналарды айналма жүйесі" схемасын қолдану ұсынылады. Шиналар секциялары арасындағы байланыс қалыпты режимде өшірілген секциялық ажыратқыштар арқылы қамтамасыз етіледі (6.16–сурет).



6.16-сурет – Екі шина жүйесі бар және айналма екі шина қосқышпен (Q1, Q2) және екі айналма (Q3, Q4) ажыратқыштары бар схема (Q5, Q6 – секциялық ажыратқыштар)

6-220 кВ тарату құрылғыларының схемасын қолдану бойынша ұсыныстар 6.1–кестеде келтірілген.

6.1-кесте – Кернеуі 220 кВ дейін (қоса алғанда) тарату құрылғыларының схемаларын қолдану жөніндегі ұсынымдар

Құрама шиналар жүйесі	Қолдану саласы	Нөмір (номиналды кернеу схема индексі бойынша [26])
Бір шина жүйесі	Тарату пункттерінде 10(6) кВ тарату құрылғысы, бірінші санаттағы электр қабылдағыштармен қосулар болмаған кезде немесе оларды басқа тарату пункттерінен резервтеу болған кезде.	—
Ажыратқышпен секцияланған бір жұмысты шина жүйесі	Тарату пункттерінде 10(6) кВ тарату құрылғысы. Тарату пункттерінде 35 кВ; ТҚ ЖК және ОК 35 кВ. Бес және одан да көп қосулар кезінде 110-220 кВ ТҚ-да қолдануға жол беріледі, егер ТҚ элегазды оқшаулағышпен герметикаланған ұяшықтардан жасалған болса, сондай-ақ ажыратқышты пайдалануды қанағаттандыратын уақытта ауыстырған жағдайда алынбалы ажыратқыштары бар 110 кВ ТҚ-да болады.	10(6)-1; 35-9
Ажыратқыштармен секцияланған екі жалғыз шина жүйесі	10(6) кВ тарату құрылғысында бөлінген орамасы бар екі трансформатор немесе екі орамалы трансформатор және екі қос реактор.	10(6)-2
Төрт жалғыз секцияланған шина жүйесі	10(6) кВ тарату құрылғыларында бөлінген орамасы бар екі трансформатор және екі қос реактор.	10(6)-3
Ажыратқыштармен секцияланған бір жұмысты және шиналарды айналма жүйесі	Бес және одан да көп қосылыстар кезінде 110-220 кВ тарату құрылғыларында.	12

6.1-кесте жалғасы

Құрама шиналар жүйесі	Қолдану саласы	Нөмір (номиналды кернеу схема индексі бойынша [26])
Екі жұмысты шина жүйесі	Элегаз оқшаулағышы бар герметикаланған ұяшықтардан жасалған 110-220 кВ ТҚ-да 5-тен 15-ке дейін қосулар болған жағдайда, сондай-ақ ажыратқышты пайдалануды қанағаттандыратын уақытта ауыстырған жағдайда алынбалы ажыратқыштары бар 110 кВ ТҚ-да қолдануға жол беріледі.	—
Екі жұмысты және шиналарды айналма жүйесі	1. Бірінші санаттағы электр қабылдағыштары бар энергияны көп қажет ететін кәсіпорындар үшін 10 кВ тарату құрылғыларында (мысалы, түсті металлургия кәсіпорындары үшін). 2. Қосылымдар саны 5-тен 15-ке дейін 110-220 кВ тарату құрылғыларында.	13
Ажыратқыштармен секцияланған екі жұмысты шина жүйесі	Элегазды оқшаулағышы бар герметикаланған ұяшықтардан жасалған 110-220 кВ ТҚ-қа 15-тен жоғары қосулар болған жағдайда, сондай-ақ ажыратқышты пайдалануды қанағаттандыратын уақытта ауыстырған жағдайда алынбалы ажыратқыштары бар 110 кВ ТҚ-да қолдануға жол беріледі.	—
Ажыратқыштармен секцияланған екі жұмысты және шина айналма жүйесі екі шина қосқышпен және екі айналма ажыратқыштармен	1. 110-220 кВ тарату құрылғыларында 15-тен астам қосылымдар. 2. Қуаттылығы 125 МВА және одан жоғары үш, төрт трансформатор кезінде 220 кВ тарату құрылғысында жалпы саны 12 және одан да көп қосылыстар кезінде.	14

* Бірінші сан номиналды кернеуді, екіншісі схеманың индексін білдіреді.

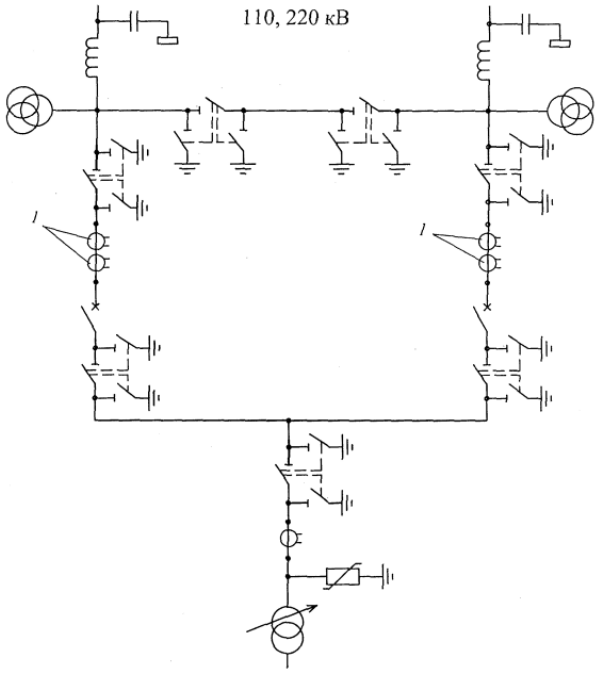
6.4 Құрама шиналары жоқ кернеуі 35 кВ және одан жоғары тарату құрылғыларының (ТҚ) схемалары

Тарату құрылғыларының келесі схемалары қолданылады:

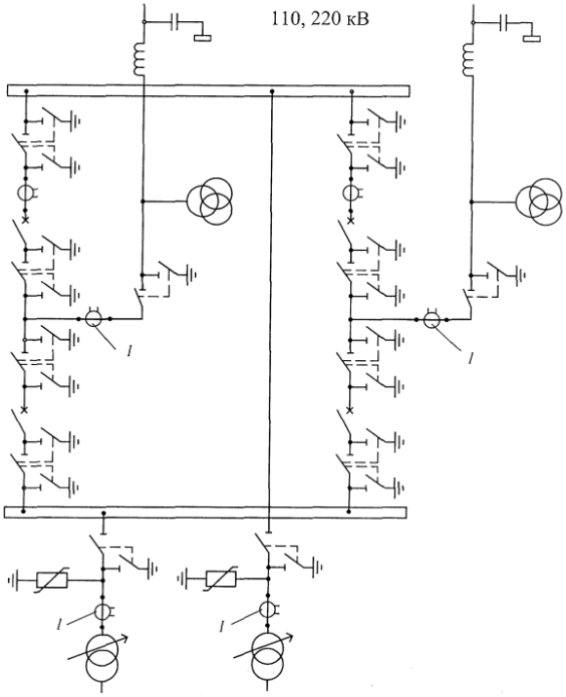
- блокты;
- көпірлі;
- кіру-шығу;
- төртбұрышты.

"Кіру-шығу" схемасы кернеуі 110-220 кВ өтпелі қосалқы станцияларда қолданылады (6.17–сурет). Схемада желінің зақымдалған бөлігін өшіруге мүмкіндік беретін желі жағынан екі ажыратқыш орнатылады. Бұл схеманы жөндеу секіргішімен де және онсыз да қолдануға болады.

"Төртбұрышты" схемасы 110-750 кВ ТҚ-да төрт қосылымдарда (екі желі және екі трансформатор) және 110-220 кВ кернеулерде 125 МВА және одан жоғары трансформаторлардың қуаттылығында және 330 кВ және одан жоғары кернеулерде кез келген қуатта транзиттік желіні секциялау қажеттілігінде қолданылады (6.18–сурет). Схемада әр түрлі трансформаторларға қосылатын екі ажыратқыш қиылыс арқылы желі жағынан орнатылады. Бұл схема "көпір" схемасымен салыстырғанда жоғары сенімділікке ие, өйткені желідегі немесе трансформатордағы апат тек зақымдалған элементті өшіруге әкеледі. Схеманың кемшілігі желілердің бірін ажыратқан кезде трансформаторлар бір қуат көзінен бір желі арқылы қуат алады.



6.17-сурет – "Кіру-шығу" схемасы: 1 – орнатылуы негізделуі тиіс ток трансформаторлары (схема индексі – 6)



6.18-сурет – "Төртбұрышты" схемасы: 1 – орнатылуы негізделуі тиіс ток трансформаторлары (тізбек индексі – 7)

Схемаларды қолдану бойынша ұсыныстар 6.2–кестеде келтірілген.

6.2-кесте – Құрама шиналарысыз 35 кВ және одан жоғары кернеудегі трансформаторлық қосалқы станциялардың тарату құрылғыларының схемаларын қолдану бойынша ұсыныстар

Схема	Қолдану саласы	Схема индексі ([26] бойынша)
Блокты схемалар		
Блок желі–трансформатор коммутациялық аппараттары жоқ	35-330 кВ кернеулерде және қоршаған ортаның қатты өнеркәсіптік ластануы жағдайында қосалқы станцияның радиалды қоректендіру схемасында	1
Блок желі–трансформатор айырғышы бар	35-330 кВ кернеулерде және қосалқы станцияның радиалды қоректендіру схемасында	1
Блок желі–трансформатор бөлгіші бар	110 кВ кернеуде және қуаты 25 МВА дейінгі трансформаторлары бар қосалқы станцияны (өтпелі станциялардан басқа) қоректендірудің магистральдық схемасында	3

6.2-кесте жалғасы

Схема	Қолдану саласы	Схема индексі ([26] бойынша)
Блок желі–трансформатор ажыратқышы бар	35-220, 500 кВ кернеуде тұйық және тармақталған қосалқы станцияларда	3Н
Екі блок желі–трансформатор ажыратқышы және желі жағынан автоматты емес секіргіші бар	35-220 кВ кернеуде тұйық және тармақталған қосалқы станцияларда	4Н
Көпірлі схемалар		
Секіргіште ажыратқышы бар көпір және трансформаторлар тізбегіндегі бөлгіштер	Қоректендірудің магистральдық схемасы кезінде және қуаты 25 МВА дейінгі трансформаторлары бар кернеуі 110 кВ қосалқы станцияларда	5
Желі тізбегінде ажыратқышы бар көпір және желілер жағынан жөндеу секіргішімен	Тұйық, тармақталған және өтпелі қосалқы станцияларда 35-220 кВ кернеулерде желілерді секциялау қажет болғанда және трансформаторлардың қуаты 63 МВА дейін қоса алғанда.	5Н
Трансформаторлар тізбегіндегі ажыратқышы бар көпір және трансформаторлар тізбегіндегі жөндеу секіргішімен	Тұйық, тармақталған және өтпелі қосалқы станцияларда кернеуі 35-220 кВ болған кезде, трансформаторлардың қуаты 63 МВА дейін болған кезде, трансформаторларды секциялау қажет болған кезде	5АН
Кіру-шығу және төртбұрышты схемалары		
Кіру-шығу	110, 220 кВ кернеудегі өтпелі қосалқы станцияларда	6
Төртбұрышты	Қосалқы станциялардың ТҚ-да төрт қосылым кезінде және транзиттік желілерді секциялау қажет болғанда және кернеуі 110, 220 кВ трансформаторлар қуаты 125 МВА-ден болған кезде және кернеуі 330-750 кВ кез келген қуат кезінде	7

ҚОРЫТЫНДЫ

Берілген дипломдық жұмыста мен электр торабын жобалау есебін жүргізу барысында кернеуі 220/110/10 кВ қосалқы станцияларды қарастырдым. Жобалау кезінде қосалқы станциялардағы трансформаторлардың ТРДЦН-100000/220, ТДЦ-125000/220, АТДЦТН-125000/220/110 түрлері таңдалып, кедергілері мен шығындары есептелді. Жобалаудың басында желінің бөліктеріндегі кедергі белгісіз болғандықтан, қуаттың шамасы жуық мәндермен анықталды. Радиальды желінің басындағы бөліктеріндегі қуат жекеленген тұтынушылардың қосындысымен есептелді. Тұйықталған және тұйықталмаған жүйелердегі қиманы анықтап, параметрлерін есептеу үшін желілердің есептік токтары анықталып, соған байланысты АС-300/39, АС-400/51, АС-240/32, АС-330/30 сым маркаларын таңдадым. Тұйықталған және тұйықталмаған жүйе үшін желілердің активті және реактивті қуат шығындарына есептеулер жүргізіп, электр беріліс желісінің максималды жүктеме кезіндегі алмастыру схемасын сыздым.

Дипломдық жұмыстың экономикалық бөлімінде электр торабын жобалау кезіндегі техника–экономикалық есептеулер, капиталды шығынға, амортизацияға және электр энергия шығындарына есептеулер жүргізіліп, электр беріліс желісінің тұйықталған схемасы тиімді деп таңдалды.

Арнайы бөлімге келетін болсақ, ол жерде тарату құрылғыларының (ТҚ) схемаларының жіктелуін, нақтырақ кез келген кернеудегі ТҚ-ның схемаларын таңдауға қандай факторлардың жиынтығы әсер ететіндігі, ашық және жабық типтегі ТҚ олардың конструктивті орындалуына байланысты критерийлер бойынша жіктелуі және ТҚ-ның схемаларына қойылатын негізгі жеті талапты көрсеттім. Сонымен қатар 110-220 кВ кернеудегі ТҚ-ның ұяшықтары жайлы нақты, көлемді ақпараттарды бердім. Соның ішінде ұяшық полюсіне кіретін коммутациялық аппараттар, өлшеу трансформаторлары, байланыстырушы элементтер аталды. PASS MO ұяшығы бар қосалқы станцияның жалпы және ұяшықтың сыртқы көрінісі, стандартты конфигурациялы ұяшықтың схемасы, арнайы ұяшықтардан тұратын ТҚ-ның жоспары мен қималары көрсетілді. Үш фазалы, екі орамды ТРДЦН трансформаторлары бар 220 кВ кернеудегі қосалқы станцияның негізгі тізбектерінің принципиалды схемасын сыздым. 220 кВ жағында «блок желі–трансформатор ажыратқышы бар» (220-3Н) схемасының түрі қолданылды.

Кернеуі 6-220 кВ құрама шиналары бар ТҚ-ның және кернеуі 35 кВ және одан жоғары құрама шиналары жоқ ТҚ-ның түрлерінің схемалары сызылды және сол схемаларға сипаттама жаздым, артықшылықтары мен кемшіліктерін көрсеттім. Бөлімнің қорытындысы ретінде көрсетілген схемаларды қолдану бойынша ұсыныстарды кесте түрінде жасадым.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 Проектирование электрических сетей: учеб. пособие/ С.С. Ананичева, Е.Н. Котова. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2017. – 164 с.

2 Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. М.: Норматика, 2016. 464 с.

3 Ананичева С.С., Мезенцев П.Е. Модели развития электроэнергетических систем: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал.ун-та, 2013. 147 с.

4 Герасименко А.А., Федин В.Т. Передача и распределение электрической энергии: учеб. пособие. 3-е изд.М.: КНОРУС, 2012. 648 с.

5 Карапетян И.Г., Файбисович Д.Л., Шапиро И.М. Справочник по проектированию электрических сетей/ под ред. Д.Л. Файбисовича.М.: НЦ ЭНАС, 2012. 376 с.

6 Проектирование систем электрификации: Учебное пособие для выполнения курсового проекта по дисциплине «Проектирование систем электрификации»/ С. Н. Антонов – Ставрополь: «АГРУС», 2015 – 92 с.

7 Оржанова Ж.К., Тергеусизова М.А. Проектирование электрических сетей и систем. Конспект лекций для студентов специальности – 5В071800 – Электроэнергетика. - Алматы: АУЭС, 2015 - 78с.

8 Проектирование электропередач, сетей и систем: практикум к курсовой работе/ сост. А. Л. Плиско. – Ульяновск: УлГТУ, 2016. – 29 с.

9 Проектирование подстанции: учебное пособие для выполнения карового проекта по дисциплине «Электрические станции и подстанции»/ А.В. Ефанов – Ставрополь: АГРУС, 2014-70 с.

10 Грунтович, Н.В. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования. Учебное пособие / Н.В. Грунтович. - М.: Инфра-М, Новое знание, 2017.

11 Диагностика электрических аппаратов, распределительных устройств электростанций и подстанций. Методические указания МУ 1.3.99.0037-2009. - М.: Энергия, 2015.

12 Инструкция по эксплуатации оперативных блокировок безопасности в распределительных устройствах высокого напряжения. - Москва: СПб. [и др.]: Питер, 2015.

13 Кузнецов, П. В. Монтаж распределительных устройств высокого напряжения / П.В. Кузнецов. - М.: Государственное энергетическое издательство, 2017.

14 Кузнецов, Р.С. Аппараты распределительных устройств низкого напряжения / Р.С. Кузнецов. - Л.: Энергия; Издание 2-е, перераб. и доп., 2019.

15 Методические указания по проверке гибких проводников линий электропередачи и распределительных устройств на возможность их опасного сближения и схлестывания при коротких замыканиях. - Москва: СПб. [и др.]: Питер, 2016.

16 Методические указания по диагностике электрических аппаратов, распределительных устройств электростанций и подстанций. МУ 0632-2006. - М.: Энергия, 2014.

17 Крючков, И. П. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные и методические материалы для выполнения квалификационных работ: учебно-справочное пособие для вузов / И. П. Крючков, М. В. Пираторов, В. А. Старшинов; под ред. И. П. Крючкова. - Москва: Издательский дом МЭИ, 2015.

18 СТ КазНИТУ-09-2023. Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию текстового и графического материала. Работы учебные. Алматы, КазНИТУ, 2023.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ЖОҒАРЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
«Қ.И.СӘТБАЕВ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ УНИВЕРСИТЕТІ»

Наурзбай Нұралы Жалғабайұлы
(аты-жөні)

6В07101 - Энергетика мамандығы бойынша
(мамандығы)

«Қосалқы станциялардың тарату құрылғыларының схемаларын талдау»
(дипломдық жобаның тақырыбы)

тақырыбындағы дипломдық жұмысына

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

Осы дипломдық жұмыста студент Наурзбай Нұралы, кернеуі 220/110/10 кВ электр торабының қосалқы станциясы және әуе электр беріліс желілерінің есептеулері ұсынылған. Бұл дипломдық жұмыста номиналды кернеу таңдалды, күштік трансформаторлардың қуаттары есептелінді, болат алюминий сымдардың қималары таңдалды, қуат шығындарына есептеулер жүргізіліп, электр беріліс желісінің максималды жүктеме кезіндегі алмастыру схемасы сызылды.

Арнайы бөлімде қосалқы станциялардағы тарату құрылғыларының (ТҚ) схемаларының жіктелуі және схемаларға қойылатын негізгі талаптар көрсетілген. 110-220 кВ тарату құрылғыларының ұяшықтары жайлы ақпараттар берілген. Екі орамды трансформаторы бар 220 кВ кернеудегі қосалқы станцияның негізгі тізбектерінің принципиалды схемасы сызылған. Құрама шиналары бар және құрама шиналары жоқ тарату құрылғыларының схемалары көрсетілген және схемаларды қолдану бойынша ұсыныстар кесте түрінде жасалған.

Қорытынды мен ұсыныстардың айғақтылығы және нақтылығы бойынша дипломдық жобадағы алдына қойылған мәселені шешу дәрежесі жоғары, зерттеу толығымен аяқталған. Дипломдық жұмыс өте жоғары деңгейде жасалған, тақырыбы толығымен ашылған.

Диплом жазушы Наурзбай Нұралы теориялық дайындығын жеткілікті көрсетті, практикамен ұштастыра білді, алдына қойылған тапсырмаларды өздігінен шешіп, жұмысты өте жақсы меңгерді. Дипломдық жұмыс берілген тапсырмаларына сай орындалған. Барлық есептеулер жоғары деңгейде жүргізілген. Әдеби көздерден алынған мәліметтерді дипломдық жұмысында білікті қолданды.

Дипломдық жұмыс қойылатын талаптарға сәйкес келеді және мемлекеттік аттестациялық комиссияның отырысында қорғауға жіберіледі. Ал, түлек Наурзбай Нұралы «Энергетикасы» мамандығы бойынша «бакалавр» академиялық дәрежесіне лайықты және дипломдық жұмысын А - «өте жақсы» 95 баллмен бағалаймын.

Ғылыми жетекші

Техника ғылымдарының магистрі,
«Энергетика» кафедрасының
аға оқытушысы
_____ Р.Ш. Абитаева
(қолы)
«13» мамыр 2023 ж.

Ф КазНИТУ 706-16. Отзыв научного руководителя

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ЖОҒАРЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Тақырыбы: **«Қосалқы станциялардың тарату құрылғыларының схемаларын талдау»**

6В07101 – Энергетика
(шифр және мамандық атауы)

Наурзбай Нұралы Жалғабайұлы
(Студенттің аты-жөні)

Дипломдық жұмысына
(жұмыс түрінің атауы)

СЫН ПІКІР

Бұл дипломдық жұмыста электр торабын жобалау барысында кернеуі 220/110/10 кВ қосалқы станциялары қарастырылған. Электр беріліс желісінің номиналды кернеуі, күштік трансформаторларының саны мен қуаты анықталып, желілердегі қуат шығындарына есептеулер жүргізілген. Қосалқы станцияның негізгі тізбектерінің принципиалды схемасы сызылған. Тарату құрылғыларының схемаларын талдау мақсатында схемаларды қолдану бойынша ұсыныстар келтірілген.

Дипломдық жұмыс үш басты бөлімнен тұрады, олар 220/110/10 кВ электр торабын жобалау, технико-экономикалық жағынан тиімді электр беріліс желісінің схемасын анықтау және қосалқы станция тарату құрылғыларының схемаларын талдау, сонымен қатар қорытынды мен қолданылған әдебиеттер тізімі келтірілген.

Жалпы дипломдық жұмысты орындау барысында түлектің өз ойымен жазып, есептеулерін есептеп шығарғаны байқалады. Дипломдық жұмыс берілген тапсырмаларына толықтай орындалған.

Жұмыс бойынша ескерту:

Ескерту ретінде, қазақша аудармалары кейбір жерлерде дұрыс аударылмағандығын айтуға болады. Жалпы дипломдық жұмысы талаптарға сәйкес жасалынған. Барлық есептеулер жоғары деңгейде жүргізілген. Тақырыбы толығымен ашылған.

Жұмысты бағалау

Жоғарыда айтылғандарды қорыта келе, Наурзбай Нұралының дипломдық жұмысы А «өте жақсы» (92 балл) бағасына, ал автор – энергетика бакалавры академиялық дәрежесін иемденуге лайық деп бағалаймын.

Сын-пікір беруші
Шоғырландырылған құрылыс тау-кен
компаниясының бас энергетигі
_____ Е.А.Жолдыбеков
(қолы)
«26» мамыр 2023 ж.

Ф КазНИТУ 706-17. Рецензия

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Наурзбай Нұралы Жалғабайұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Қосалқы станциялардың тарату құрылғыларының схемаларын талдау.doc

Научный руководитель: Рахимаш Абитаева

Коэффициент Подобия 1: 19.3

Коэффициент Подобия 2: 4.8

Микропробелы: 1

Знаки из здругих алфавитов: 42

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☑ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

Дата 2.06.2023

Заведующий кафедрой Жерепуни

Сарсенбаев Е.А.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Наурзбай Нұралы Жалғабайұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Қосалқы станциялардың тарату құрылғыларының схемаларын талдау.doc

Научный руководитель: Рахимаш Абитаева

Коэффициент Подобия 1: 19.3

Коэффициент Подобия 2: 4.8

Микропробелы: 1

Знаки из здругих алфавитов: 42

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☑ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

Дата

31.05.2023

Абитаева Р.Ш.

проверяющий эксперт