

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Т.К. Бәсенов атындағы Сәулет, құрылыс және энергетика институты

Энергетика кафедрасы

Әлдибеков Темірлан Қайыржанұлы

АҚ «АЖҚ» қарасты қосалқы станцияның релелік қорғаныс және  
автоматикасын жобалау  
**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

5В071800 – Электр энергетикасы

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Т.К. Бәсенов атындағы Сәулет, құрылыс және энергетика институты

Энергетика кафедрасы

**ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ**

Кафедра меңгерушісі м.а.

PhD докторы, ассистент

профессор

 Е.А. Сарсенбаев

«27» 05 2019 ж.

### ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: « АҚ «АЖҚ» қарасты қосалқы станцияның релелік қорғаныс және автоматикасын жобалау »

5B071800 – Электр энергетика мамандығы бойынша

Орындаған

Әлдибеков Т.Қ.

Пікір беруші

АЭЖБУ «Электр машиналар және электржетегі» кафедрасының доценті,  
PhD докторы

Ғылыми жетекші

лектор

 Шакенов Қ.Б.

 Алмуратова Н.К.

«21» 05 2019 ж.

«21» 05 2019 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ  
СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Т.К. Бәсенов атындағы Сәулет, құрылыс және энергетика институты

Энергетика кафедрасы

5B071800 – Электр энергетикасы

**БЕКІТЕМІН**

Кафедра меңгерушісі м.а.

PhD докторы, ассистент

профессор



Е.А. Сарсенбаев

«28» 01 2019 ж.

**Дипломдық жұмысты орындауға  
ТАПСЫРМА**

Білім алушы *Әлдибеков Темірлан Қайыржанұлы*

Тақырыбы « АҚ «АЖҚ» қарасты қосалқы станцияның релелік қорғаныс және автоматикасын жобалау »

Университет проректорының 2018ж. «30» қазандағы № 1210-б бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: «22» сәуір 2019 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістер: Релелік қорғаныс және автоматика тағайындаулары;

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі

а) Қосалқы станцияның құнын жобалау;

б) Арнайы бөлім. Релелік қорғаныс;

в) Экономикалық бөлім;




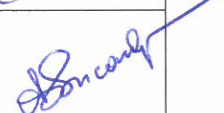
Сызбалық материалдар тізімі Сызбалық материалдарды слайдпен дайындау

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер 15 атау

Дипломдық жұмысты дайындау  
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Қосалқы станцияның құнын жобалау	10.03.19ж	41015
Арнайы бөлім. Релелік қорғаныс	17.03.19ж	41015
Экономикалық бөлім	12.04.19ж	41015
Электрқауіпсіздік бөлімі	24.04.19ж	44015

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Негізгі бөлім	Қ.Б.Шакенов лектор	21.05.2019	
Арнайы бөлім	Қ.Б.Шакенов лектор	21.05.2019	
Еңбек қорғау бөлімі	Қ.Б.Шакенов лектор	21.05.2019	
Норма бақылау	Б.О. Бердибеков Доктор PhD, сениор-лектор	20.05.2019	

Ғылыми жетекші



Қ.Б.Шакенов

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



Т.Әлдибеков

Күні 5.03 2019ж

## Ғылыми жетекшінің пікірі

Дипломдық жұмыс

(жұмыс түрлерінің атауы)

Әлдибеков Темірлан Қайыржанұлы

(оқушының аты жөні)

5B071800 – Электр энергетикасы

(мамандық атауы мен шифрі)

### Тақырыбы:

Дипломдық жұмыс АҚ «АЖҚ» қарасты қосалқы станцияның релелік қорғаныс және автоматикасын жобалау» тақырыбы бойынша орындалған. Жұмыста қосалқы станцияның принципіалдық сұлбасы, күштік қондырғылар және жалғаулық аппараттар таңдалған. Қосалқы станцияның элементтері мен желілерге релелік қорғаныс және автоматика бойынша есептеу жасалған. Қысқа тұйықталуға есептелініп, қосалқы станцияның жабдықтарының қауіпсіздігі қарастырылған..

Еңбек қорғау бөлігінде қосалқы станцияны техникалық қолдану нормалары мен ережелі туралы айтылып, жұмысшылардың қорғаныс құралдары жайлы жіктеліп айтылды.

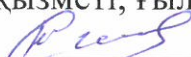
Дипломдық жұмысты орындау барысында диплом қорғаушы Әлдибеков Темірлан Қайыржанұлы алдына қойылған тапсырмаларды уақытында орындап және теорияда алған білімін нақты есептерді шешу үшін қолдана алатынын көрсете білді.

Жалпы дипломдық жұмысты 95% «өте жақсы» бағалауға, ал диплом қорғаушы Әлдибеков Темірлан Қайыржанұл 5B071800 мамандығы бойынша техника және технологиялар бакалавры академиялық дәрежесіне лайық деп санауға болады.

**Ғылыми жетекші**

Лектор

( қызметі, ғыл. дәрежесі, атағы)



Шакенов Қ.Б

(қолы)

«21» 05 2019 ж.

## РЕЦЕНЗИЯ

Дипломдық жұмыс

(жұмыс түрінің атауы)

Әлдибеков Темірлан Қайыржанұлы

(білім алушының Т.А.Ә.)

5B071800 – Электрэнергетика

(мамандық атауы мен шифрі)

Тақырыбы: АҚ «АЖҚ» қарасты қосалқы станцияның релелік қорғаныс және автоматикасын жобалау.

Орындалды:

түсініктеме \_\_\_\_\_ 68 бет

Әлдибеков.Т.Қ дипломдық жұмысы қосалқы станцияның релелік қорғаныс және автоматикасын жобаланылды, қосалқы станцияға коммутациялық және релелік қорғанысы таңдалған. Қосалқы станция сенімді жұмыс жасауы үшін заманауи жаңа элементтерді қажет етеді. Осы жұмыста коммутациялық және релелік қорғаныстың жаңа түрлері таңдалған. Орындалған жұмыс практикалық маңызға ие.

## ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Жұмысқа келесідей ескертулер жасалды:

- түсініктемелік жазбада грамматикалық және стилистикалық қателер кездеседі;
- дипломдық жұмыста электр жабдықтар 2015-жылғы анықтамадан таңдалған.

## ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

Дипломдық жұмыс тапсырмаға сәйкес толық орындалған және «өте жақсы» (95%) бағаға бағалап, ал жұмыстың авторы Әлдибеков Темірлан Қайыржанұлы 5B071800 – «Электрэнергетикасы» мамандығы бойынша «бакалавр» академиялық дәрежесін алуға лайық деп санаймын.

## РЕЦЕНЗЕНТ

АЭЖБУ, «Электр машиналар және электржетек» кафедрасының доценті, PhD докторы.

« 27 » 05 20 ж.



Н.К.Алмуратова

## Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем

Заявляю, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

**Автор:** Элдибеков Темірлан Қайыржанұлы

**Название:** АҚ «АЖК» қарасты қосалқы станцияның релелік қорғанысын және автоматикасын жобалау.doc

**Координатор:** Ерлан Сарсенбаев

**Коэффициент подобия 1:** 5,7

**Коэффициент подобия 2:** 1,7

**Тревога:** 2159

**После анализа Отчета подобия констатирую следующее:**

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, не допускаю работу к защите.





**Протокол анализа Отчета подобия**

**заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения**

Заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения заявляет, что ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

**Автор:** Элдикеков Темірлан Қайыржанұлы

**Название:** АҚ «АЖК» қарасты қосалқы станцияның релелік қорғанысын және автоматикасын жобалау.doc

**Координатор:** Ерлан Сарсенбаев

**Коэффициент подобия 1:**5,7

**Коэффициент подобия 2:**1,7

**Тревога:**2159

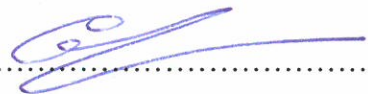
**После анализа отчета подобия заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения констатирует следующее:**

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, работа признается самостоятельной и допускается к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, работа не допускается к защите.

Обоснование:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

21.05.19



Дата

Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения

Обоснование:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

21.05.2019

Дата



Подпись Научного руководителя

## АНДАТПА

Дипломдық жұмыста Қазіргі уақытта Алматы облысын электрмен жабдықтау «Алатау Жарық Компаниясы» АҚ-ға тиесілі электр станциялардан кернеуі 35-110-220кВ «ТАТЭК» АҚ электр желілері бойынша және Қазақстанның ЕЭО Солтүстік аймағынан ВЛ 220-500кВ бойынша жүзеге асырылады. Дипломдық жұмыстың мақсаты заманауи қондырғыларды, релелік қорғау құралдары мен автоматиканы таңдау арқылы «Алатау Жарық Компаниясы» акционерлік қоғамының кернеуі 220/110/10кВ №147 «Таугүл» қосалқы станциялардың электр бөлігін жобалау болып табылады.

Дипломдық жұмыстың экономикалық бөлімінде нарық жағдайындағы энергетикалық кәсіпорындар қызметінің тиімділігі қарастырылған.

## АННОТАЦИЯ

В дипломной работе в настоящее время электроснабжение Алматинской области осуществляется по электрическим сетям АО «ТАТЭК» напряжением 35-110-220кВ от электростанций, принадлежащих АО «Алатау Жарық Компаниясы» и ВЛ 220-500кВ из северного региона ЕАЭС Казахстана. Целью дипломной работы является проектирование электрической части подстанций напряжением 220/110/10кВ №147 АО «Алатау Жарық Компаниясы» с выбором современных устройств, средств релейной защиты и автоматики. В экономической части дипломной работы предусмотрена эффективность деятельности энергетических предприятий в условиях рынка.

## ANNOTATION

In the thesis currently, the power supply of Almaty region is carried out by electric networks of JSC "TATEK" voltage 35-110-220kV from power plants owned by JSC "Alatau Zharyk kompaniyasy" and 220-500kV overhead lines from the Northern region of the EAEU of Kazakhstan. The aim of the thesis is to design the electrical part of the substations 220/110/10kV №147 JSC "Alatau Zharyk kompaniyasy" with a choice of modern devices, relay protection and automation. In the economic part of the thesis provides for the efficiency of energy companies in the market.

## МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	8
1	Технологиялық бөлім	9
1.1	«Алатау Жарық Компаниясы» АҚ электр желілері, қосалқы станциялары	9
1.2	Релелік қорғаныс және автоматика тағайындаулары	10
2	Негізгі бөлім	12
2.1	«Алатау Жарық Компаниясы» АҚ кернеуі 220/110/10кВ №147 «Таугүл» қосалқы станциялары электр бөлігінің есептемесі	12
2.2	Қосалқы станциялардың құрылымдық сұлбасын, трансформатордың типі мен қуатын таңдау	13
2.3	Шығатын желілер санын таңдау	17
2.4	Қысқа тұйықталу тогының есебі	20
2.5	Жүктеменің кабельдік желісінің есебі	33
2.6	Желілік реакторды таңдау	37
2.7	Сұлба мен өзіндік қажеттілік трансформаторын таңдау	41
2.8	Тарату құрылғыларының сұлбасын таңдау	43
2.9	Аппараттар мен ток жүретін бөліктерді таңдау	46
2.10	Тарату құрылғыларының шиналарын таңдау	50
2.11	Ток пен кернеуді өлшеу трансформаторларын таңдау	53
3	Экономикалық бөлім	63
3.1	Негізгі өндірістік қорды есептеу	63
3.2	Энергиялар шығыны	64
	Қорытынды	67
	Пайдаланған әдебиеттер тізімі	68

## КІРІСПЕ

Электр энергиясы өнеркәсіпте, халық шаруашылығында және тұрмыста кеңінен қолданылады. Олар негізінен қазіргі заман – жоғары технологиялар, техникалық және ғылыми прогресс кезінде пайдаланылады. Қабылдағыштар арасында электр энергиясын беру және тарату үшін ыңғайлы.

ЖЭС, АЭС, ГЭС, электр станциялары және т.б. энергияның осы түрлерінің көздері, әр түрлі энергия сияқты болып табылады. Электр станцияларын аралас жұмысқа біріктіру және энергия жүйесін құру халық шаруашылығы үшін үлкен маңызға ие және бірқатар экономикалық және техникалық артықшылықтарды береді: Электрмен жабдықтаудың сенімділігін арттырады, энергия сапасын жақсартады, өндірістің үнемділігін арттырады және т. б. Қазіргі уақытта электр энергиясын өндіру үшін балама көздерді тиімді пайдалануды іздеуде үлкен зерттеулер жүргізілуде.

Біздің елде электр энергиясын тұтынушылар жиынтық және бір-бірінен едәуір қашықтықта орналасуы мүмкін. Сонымен қатар, энергияны олардың арасында тиімді бөлу қажет. Ол үшін тұтыну станциялары (қосалқы станциялар) жұмыс істейді.

Қосалқы станциялар мынадай түрлерге бөлінеді::

- тораптық таратқыш 110-500 кВ (персоналмен жұмыс істеу жөніндегі басқарма))

- бас төмендетуші 110-200 / 6-10-35 кВ (ГПП)

- қосалқы станция терең енгізу 35-220/6-10 кВ (ПГВ)

- 6-10 кВ тарату пункттері (РП)

- цех трансформаторлары 6-10/0,38-0,66 (ТП).

Қосалқы станциялардың электр схемасы оған кіретін негізгі электр қондырғысын және осы қондырғыны пайдалану ерекшеліктерін анықтайды.

Электр станциялары мен қосалқы станцияларды (ТЖҚ) технологиялық жобалау нормаларында қалыптастырылған және жобалау сатысында ұсынылған талаптар мынадай талаптарға сәйкес келеді::

- 1) энергия жүйесіндегі, күтілетін режимде, жұмыс шарттарына электр схемасының сәйкестігі;

- 2) пайдалану ыңғайлылығы, атап айтқанда: схеманың қарапайымдылығы мен көрнекілігі, режимнің өзгеруіне байланысты ауыстырып қосу көлемінің төмендігі; орнату режимін бұзбай жөндеу үшін электр қондырғыларының қолжетімділігі; трансформаторларды, РВ және желілерді пайдалануға енгізу кезектілігін есепке ала отырып; ғимараттың электр бөлігіндегі ыңғайлылығы.;

- 3) экономикалық қажетті көлемде қондырғыны автоматтандыру мүмкіндігі;

- 4) сенімділікті экономикалық оңалтудың жеткілікті деңгейі. Қосалқы станциялар қалалар мен өнеркәсіптік кәсіпорындарды электрмен жабдықтау жүйесіндегі маңызды буын болып табылады. Кернеудің қуаты мен мақ

## 1 Технологиялық бөлім

### 1.1 «Алатау Жарық Компаниясы» АҚ электр желілері, қосалқы станциялары

Қазіргі уақытта Алматы облысын электрмен жабдықтау «Алатау Жарық Компаниясы» АҚ-ға тиесілі электр станциялардан кернеуі 35-110-220кВ «ТАТЭК» АҚ электр желілері бойынша және Қазақстанның ЕЭО Солтүстік аймағынан ВЛ 220-500кВ бойынша жүзеге асырылады.

Алматы облысында электр желілері бойынша мынадай тиістілік қалыптасты:

«КЕГОК» АҚ-ға - 500-220кВ электр желілері тиесілі.

«АЖК» АҚ-ға - 220кВ, нақты айтқанда ВЛ 220кВ ТЭЦ-3 – Шелекпен бірге ПС 220кВ – Шелек, Батыс, Робот, Қапшағай электр желілері, 3-110кВ электр желілері мен Алматы өңіріндегі 10-6кВ тарату желілері тиесілі.

«ТАТЭК» АҚ-ға - 35-110кВ желілері және Талдықорған өңіріндегі 10-6кВ тарату желілері (бұрынғы Талдықорған облысының шекараларында) тиесілі.

Алматы облысының электр желілері Қазақстан ЕЭО Солтүстік аймағындағы электр желілерімен бірге 500-220кВ, «ТАТЭК» АҚ электр желілерімен 220/110кВ және Қырғызстан желілерімен 500-220кВ жуық кернеумен байланысты, осылар бойынша оларды өткізу қабілетінің көлемінде қуаттағы ток артуы ықтимал.

«АЖК» АҚ қызмет көрсету аймағына Алматы облысының сегіз ауданы кіреді, оларға тиісінше АЭС қызмет көрсетеді:

- Балқаш ауданы;
- Жамбыл ауданы;
- Қарасай ауданы;
- Іле ауданы;
- Талғар ауданы;
- Еңбекшіқазақ ауданы;
- Ұйғыр ауданы;
- Райымбек ауданы.

"Алатау Жарық Компаниясы" АҚ – өз қызметінің аймағында – Алматы қаласы мен Алматы облысында халық, өнеркәсіптік және ауыл шаруашылық кәсіпорындары үшін электр энергиясын беру мен тарату бойынша республиканың оңтүстігіндегі ірі энергетикалық жүйе. Компанияның қызмет көрсету радиусы аумақ бойынша Балқаш көлінің жағалауынан бастап Қытаймен шекараға дейін созылады.

"АЖК" АҚ табиғи монополиялар субъектілерінің Мемлекеттік тіркелімінің Республикалық тарауына енгізілді.

"АЖК" АҚ баланстық тиістілігі 220-110-35-10-6-0,4 кВ кернеулері кластарының электр желілерін қамтиды.

Компания құрамына мыналар кіреді:

ұзындығы 306,41 км, кернеуі 220 кВ электр беріліс әуе желілері; ұзындығы 2769,013 км 110 кВ ауа жолдары; 35 кВ кернеуіндегі электр желілері жалпы ұзындығы 2673,572 км ауа және кабель желілері; ұзындығы 10256,775 км 0,4кВ кернеуіндегі электр беріліс желілері; 35-220кВ қосалқы станциялар мен 6-10/0,4кВ трансформаторлық қосалқы станциялар; 35кВ және одан жоғары кернеудегі 357 дана трансформатор бар және белгіленген қуаты 5 993,52 МВт электр қосалқы станциялары; 6-10/0,4кВ кернеуіндегі, 8 161 трансформаторы бар және белгіленген қуаты 2 203,591 МВт 6897 трансформаторлық қосалқы станциялар.

Қызмет көрсету аумағының ауданы - 102032 ш./км

Құрамына «АЖК» АҚ құрамына Қазақстанның энергия жүйесі Өзбекстан, Қырғызстан энергетика компанияларымен бірге Орталық Азияның Біріккен Энергетикалық Жүйесін (ОА БЭЖ) құрайды, олар Ресеймен жапсарлас режимде жұмыс істейді.

Соңғы 5 жыл ішінде компания бірқатар көлемді жобаларды жүзеге асырды. 20 жаңа қосалқы станция салынды, электр желілерінің бір бөлігі реконструкцияланды. Нәтижесінде энергетика компанияларының қуаты 779 МегаваттАмперге дейін өсті. Барлық жаңа және реконструкцияланған қосалқы станциялары мен электр берілістерінің желілері әлемдік сапа стандарттарының барлық өлшемдеріне жауап беретін ең озық технологиялармен жабдықталды. Компания Қазақстанда бірінші рет 110кВ жолдарында композиттік өткізгішті қолдана бастады (өндіруші Меркур компаниясы, АҚШ).

«АЖК» АҚ жұмыс аймағында ҚС пен 35кВ және одан жоғары ЭБЖ орналасқан, олардың көпшілігі салынды және пайдалануға 60-шы және 70-ші жылдары берілді.

Барлық осы қосалқы станцияларда ескі үлгідегі қондырғылар орнатылған, олар моральдық және физикалық тозған.

Көптеген қосалқы станцияларда 110кВ ОРУ қысқа тұйықтағыштар мен ажыратқыштарда орындалды, 35кВ майлы айырғыштар, майлы айырғыштары бар ұяшықтардан КРУН-6,10кВ орнатылды, оларды даярлаушы-зауыттар қазірдің өзінде шығаруда.

Көптеген, әсіресе шалғай аудандарда 35кВ және III сенімділік категориясы бойынша жоғары желілер, яғни 35кВ және одан жоғары ҚС тұйық бір трансформаторлы радиалды және созылған жолдар бойынша электрмен жабдықтау сұлбалары бар.

## **1.2 Релелік қорғаныс және автоматика тағайындаулары**

Релелік қорғаныс және автоматика – автоматтық басқару және автоматтық реттеу құрылғыларынан тұратын, автоматтық құрылғылардың кешені [6].

Кез – келген электрэнергетикалық жүйеде жобалау және эксплуатациялау кезінде [7] оған зақым кіру мүмкіндігін және қалыпты емес жұмыс режимін есепке алуға тура келеді.

Көбінесе қауіпті және жиі зақым –электрлік қондырғының фазалар арасындағы қысқа тұйықталу және тораптажерге терең жерлендірілген бейтараппен фазалардың қысқа тұйықталуы [6]. Қысқа тұйықталу мен фазалардың үзілісімен сүйемелдеуімен одан да қиын зақымдар болуы мүмкін.Электрлік машиналарда және трансформаторда берілген зақымдармен қатар, бір фазаның орамдар арасында тұйықталу пайда болады.Қысқа тұйықталудан кейін синхронды генераторларға, компенсаторға, синхронизмдегі электр қозғалтқыштарға мүмкін болған шығысы бар электрмен қамтамасыздандыру жүйесінің нормалды жұмысы бұзылады және тұтынушының жұмыс режимі бұзылады.Қауіп,сонымен қатар,қысқа тұйықталу тоғының термиялық және динамикалық әсері жағынан болуы мүмкін.

Апаттың алдын алу үшін және қысқа тұйықталу кезінде зақымның аумағын азайту үшін, электрмен қамтамасыздандыру жүйелеріндегі зақымдалған элементті тез анықтап,оны өшіру керек.Кейбір жағдайларда,зақым секунд фракциясында таратылатын болуы керек. Адамның бұл тапсырмамен айналысуға қауқары жетпейтіні айқын. Зақымдалған элементті анықтайды және өшіруге әрекеттілігі бар релелік қорғаныстың сәйкес келетін ажыратқыштарын өшіруге әсер етеді [6]. Релелік қорғаныстың негізгі элементі болатын арнайы аппарат – ол реле.Кейбір жағдайларда ажыратқыш және қорғаныс, қорғаныс және коммутацияның бір құрылғысына араласып кетеді, мысалы балқымалы сақтандырғыш.

Оқшауланған немесе сөндіру реакторы арқылы жерлендірілген тораптарда жерге бірфазалы тұйықталу үлкен тоқтың келуімен еріп жүрмейді (тоқтар бірнеше ондаған амперден аспайды). Фазааралық кернеу мұнымен өзгермейді және электрмен қамтамасыздандыру жүйесінің жұмысы бұзылмайды. Сонымен қатар, бұл жұмыс режимін қалыпты деп есептеуге болмайды, себебі зақымдалмаған фазалардың кернеуі жерге қатысты өспейді және көпфазалы қысқа тұйықталуы бар жерге бірфазалы тұйықталудың ауысу қаупі туындайды.Бірақ, зақымдалған бөлікті тез өшіруге мұқтаж емес, себебі жерге тұйықталатын релелік қорғаныс құрылғысы персоналдың назарын аудару үшін сигналға әсер етеді[6].

Басқа элементтерге кіретін сыртқы қысқа тұйықталу немесе құралға артық жүктеме тудыратын қалыпты емес режимдер эксплуатацияда кейде туындайды. Соған қарамастан,құралдардың тозуына,мезгілсіз оқшауламаның ескіруіне алып келетін тоқ зақымдалмаған құралдарда өтеді.Сыртқы қысқа тұйықталуды тудыратын тоқтар, өзінің қорғанысындағы зақымдалған элемент өшкеннен кейін жойылады.Асқын жүктемедегі тоқтарға сәйкес келетін құрылғыларда сигналға әсер ететін қорғаныс болуы керек.Содан жедел



қызметкер құралдарды түсіруге немесе құралдарды өшіруге шаралар қабылдайды. Тұрақты кезекші қызметкер болмаған жағдайда, онда қорғаныс автоматты түсіруге немесе өшіруге дайын болуы тиіс.

## 2 Негізгі бөлім

### 2.1 «Алатау Жарық Компаниясы» АҚ кернеуі 220/110/10кВ №147 «Таугүл» қосалқы станциялары электр бөлігінің есептемесі

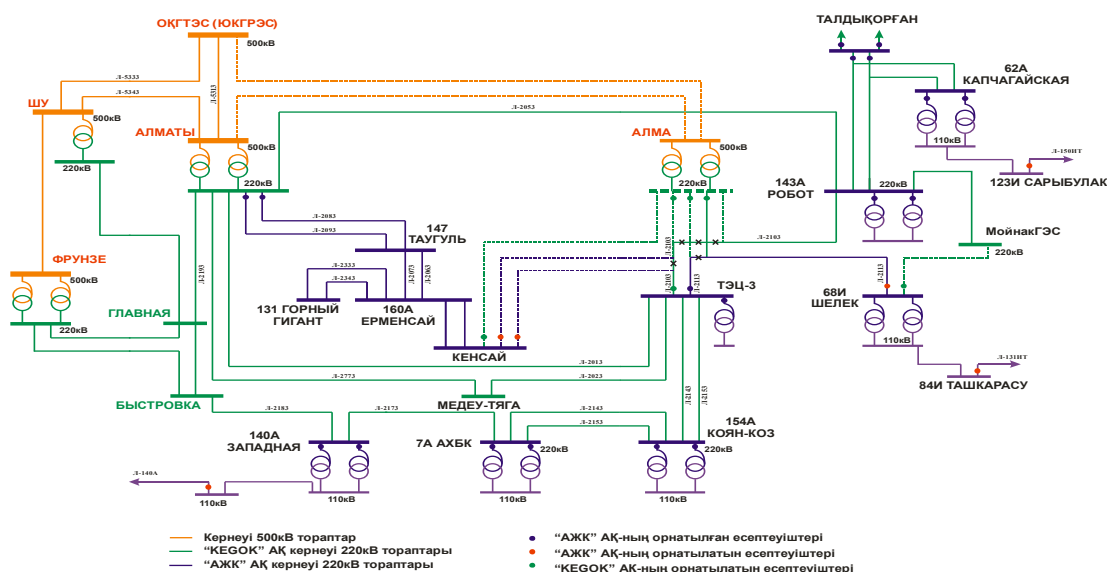
Дипломдық жұмыс үшін бастапқы мәліметтер.

Дипломдық жұмыстың мақсаты заманауи қондырғыларды, релелік қорғау құралдары мен автоматиканы таңдау арқылы «Алатау Жарық Компаниясы» акционерлік қоғамының кернеуі 220/110/10кВ №147 «Таугүл» қосалқы станциялардың электр бөлігін жобалау болып табылады.

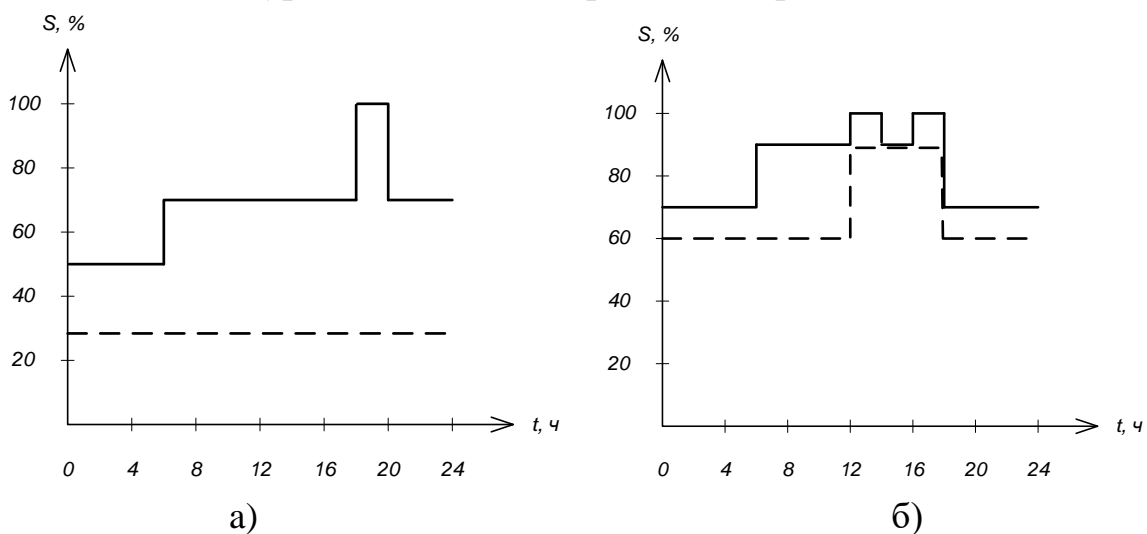
«Таугүл» қосалқы станциясы желісіндегі кернеу тиісінше 220кВ жоғары тарабында, орташа кернеуі 110кВ және төменгі тарабы 10кВ. Жүйенің қуаты 4700МВ·А. Жүйенің қарсылығы 0,54 с.б. Биік кернеу желісінің ұзындығы  $L_1=185$ км,  $L_2=135$ км. Жүйе апаттық резервінің қуаты 550МВт. Жүктеме кестесі: жылдың қысқы және жазғы күндеріндегі саны: қыста 200, жазда 165. Орташа кернеу желісі бойынша жүктеменің ең жоғары қуаты 148,5МВт,  $\cos\varphi=0,9$ . Орташа кернеу желісі әуе желісінің ұзындығы:  $L_1=85$ км,  $L_2=135$ км,  $L_3=35$ км. Жеке қажеттілігі: ең жоғары қуаты  $P_{max}=320$ кВт,  $\cos\varphi=0,85$ . Төменгі кернеу желісі бойынша жүктеменің ең жоғары қуаты: 20МВт,  $\cos\varphi=0,85$ . РҚ-да орнатылған ажыратқыштар типі – ВВЭ-10. Қосалқы станция релелік қорғанысының әрекет уақыты – 0,8 с., шиналарда РҚ-мен – 0,3 с. Кабельдің ұзындығы 2,5 км. РП (А1) шығатын кабельдер қимасы 120мм<sup>2</sup>.

Қосалқы станцияның 110кВ орташа кернеу желісі бойынша және 10кВ төменгі желісі бойынша тұтынудың тәуліктік графиктері 1-суретте көрсетілген.

АЛМАТЫ ЭНЕРГОТҮЙІНІНІҢ 2015 ЖЫЛҒА ДЕЙІНГІ 220-500кВ ТОРАБЫНЫҢ СХЕМАСЫ



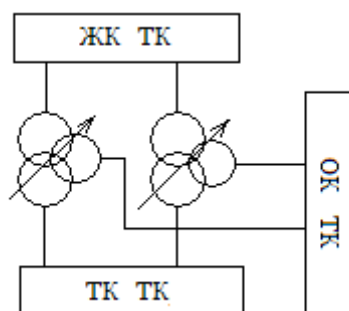
**2.1 – сурет - 220-500кВ торабының сұлбасы**



**2.2 - сурет - Төменгі кернеу (а) және орташа кернеу (б) желісі бойынша активті қуатты тұтынудың тәуліктік графигі (% ,  $P_{нг max}$ ).**

## 2.2 Қосалқы станциялардың құрылымдық сұлбасын, трансформатордың типі мен қуатын таңдау

Құрылымдық сұлба таңдау сұлба дипломдық жұмыста қойылған шарттарға сәйкес болуы, сондай-ақ электр станциясын пайдалану процесінде электр энергиясы шығынының аз болуы тиістілігі туралы есеппен жүзеге асырылады. Ең тиімді сұлба таңдау үшін әдетте екі сұлба салыстырылады: автотрансформаторлық сұлба (2 автотрансформатор) және қосарлы трансформациясы бар сұлба (4 екі орамдағы трансформатор). Осы диплом жұмысында осы 2 сұлбаны салыстыру міндеті қойылмайды және бұдан әрі екі автотрансформатордың схемасымен есептеуді жалғастырамыз, өйткені есептеуді көрсетеді. Осы схема «Алатау Жарық Компаниясы» АҚ «Таугүл» сияқты қосалқы станция типі үшін өте тиімді.



**2.3 - сурет - Автотрансформаторлық сұлбасы бар қосалқы станцияның құрылымдық сұлбасы**

Трансформатордың номиналдық қуаты номиналдық кернеу кезінде салқындатудың номиналдық жағдайларында даярлаушы-зауыт кепілдік берген негізгі тармақталуындағы трансформатордың толық қуатының мәнін білдіреді.

Трансформаторлардың номиналдық қуатын таңдау және жүктеме режимдерінде пайдаланудан туындаған қолжетімділікті бағалау трансформаторлардың жүктеме қабілетін ескере отырып жүзеге асырылады.

Жалпы жағдайда трансформатор қуатын таңдау шартының мынадай түрі бар:

$$S_{расч} \leq S_{ном} \cdot K_n . \quad (2.1)$$

мұндағы  $S_{расч}$  – трансформатор қуаты арқылы берілетін есептеу;

$S_{ном}$  – трансформатордың номиналдық қуаты;

$K_n$  – жүктеменің шекті коэффициенті.

$$S_{расч} = S_{сн} + S_{нн} + S_{соб.нужд} . \quad (2.2)$$

мұндағы  $S_{сн}$ ;  $S_{нн}$ ;  $S_{соб.нужд}$ . – орташа, төменгі кернеу желісі мен жеке қажеттілік қуаты бойынша тиісінше қуатта.

$$S_{расч} = \frac{148,5}{0,9} + \frac{20}{0,85} + \frac{0,32}{0,85} = 188,91 \text{ МВ} \cdot \text{А} .$$

Автотрансформаторлық сұлбасының есебі:

Шарт бойынша трансформатор қуаты:

$$S_{ном.ттр} \geq \frac{S_{расч.}}{1,4} , \quad (2.3)$$

$$S_{ном.ттр} \frac{188,91}{1,4} = 134,94 \text{ МВ} \cdot \text{А} .$$

2.Кестеден АТДЦТН-200/220/110 типіндегі автотрансформаторды алдынала таңдаймыз.

### 2.1 - кесте – Автотрансформатордың техникалық сипаттамасы

Типі	$S_{ном},$ МВ· А	Кернеу, кВ			ШЫҒЫ н, кВт		$U_k, \%$			$I_x,$ %
		ВН	СН	НН	$P_x$	$P_k$	ВН- СН	ВН- НН	СН-НН	
АТДЦН- 200/220/110	200	230	121	10, 5	105	430	11	32	20	0, 45

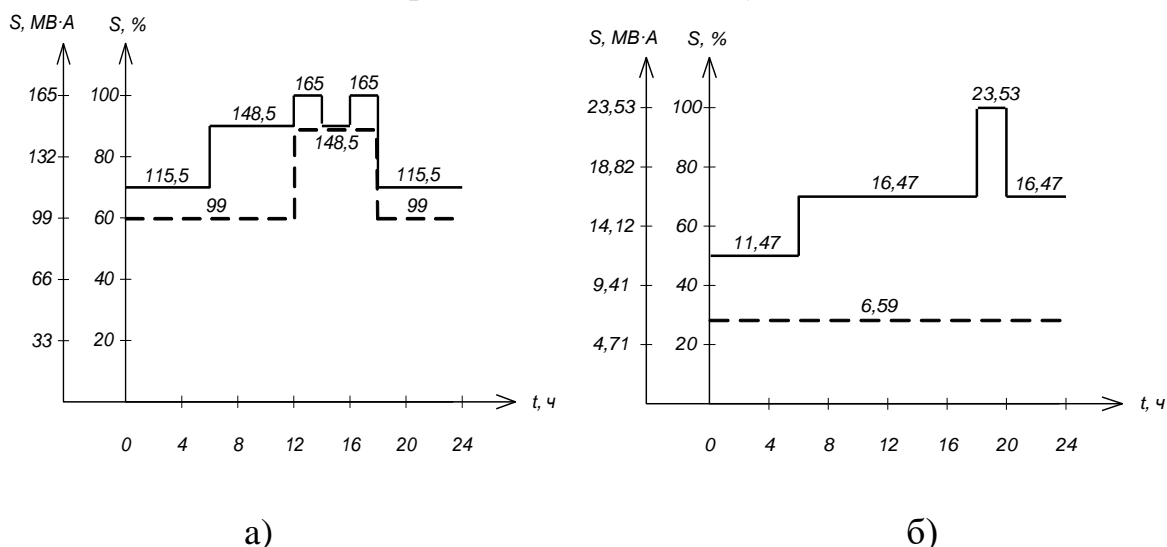
АТДЦТН-200/220/110 – үш фазалы автотрансформатор, салқындату жүйесі – ауаны мәжбүрлі циркуляциялау және май ағынымен жіберілмеген май, кернеуді реттеу жүйесі бар үш орамды, номиналдық қуаты 200000 кВ·А, 220 кВ жоғары кернеу орамы кернеуінің класы, ОК – 110 кВ орамы.

Жүктеменің бастапқы кестелерін автотрансформаторлық сұлба үшін эквивалентті екі сатылы кестеге өзгертеміз (4-сурет). Бұл үшін толық қуаттағы тұтынудың жиынтық кестесін құрамыз (5-сурет).

Жиынтық кесте сатылары мына формула бойынша анықталады:

$$S_{\Sigma} = \frac{P_{CH} \cdot x}{\cos \varphi_{CH} \cdot 100} + \frac{P_{HH} \cdot x}{\cos \varphi_{HH} \cdot 100}. \quad (2.4)$$

мұндағы  $x, y$  – кестелер бойынша тұтынатын қуаттың проценттік мәні;  
 $P_{CH}; P_{HH}$  – сатылар бойынша активті қуаттың мәні.



2.4 - сурет - Орташа кернеу желісі бойынша; төменгі кернеу желісі бойынша (б) толық қуатты (а) тұтынудың тәуліктік кестесі

ЖК желісі бойынша толық қуаттылық есебі:

$$S_{BH} = S_{CH} + S_{HH} \quad (2.5)$$

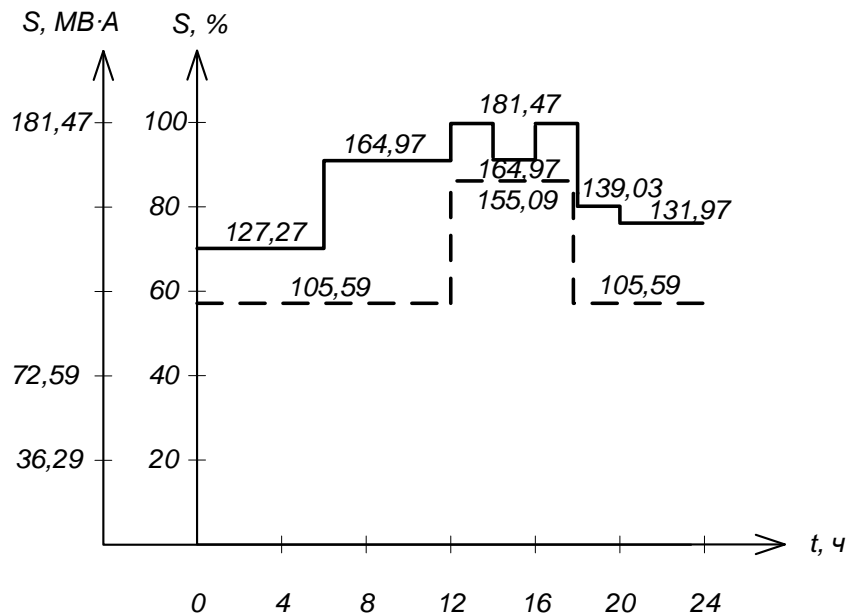
Қыс

0...6 сағ:	$S_1 = 11,77 + 115,5 = 127,27 MB \cdot A;$
6...12 сағ:	$S_2 = 16,47 + 148,5 = 164,97 MB \cdot A;$
12...14 сағ:	$S_3 = 16,47 + 165 = 181,47 MB \cdot A;$
14...16 сағ:	$S_4 = 16,47 + 148,5 = 164,97 MB \cdot A;$
16...18 сағ:	$S_5 = 16,47 + 165 = 181,47 MB \cdot A;$
18...20 сағ:	$S_6 = 23,53 + 115,5 = 139,03 MB \cdot A;$
20...24 сағ:	$S_7 = 16,47 + 115,5 = 131,97 MB \cdot A;$

Жаз

$$\begin{aligned} 0 \dots 12 \text{ сағ:} & \quad S_1 = 6,59 + 99 = 105,59 \text{ MB} \cdot \text{A}; \\ 12 \dots 18 \text{ сағ:} & \quad S_2 = 6,59 + 148,5 = 155,09 \text{ MB} \cdot \text{A}; \\ 18 \dots 24 \text{ сағ:} & \quad S_3 = 6,59 + 99 = 105,59 \text{ MB} \cdot \text{A}. \end{aligned}$$

ЖК желісі бойынша толық қуатты тұтынудың тәуліктік кестесін құрамыз.



**2.5 – сурет - ЖК желісі бойынша толық қуатты тұтынудың тәуліктік кестесі**

Екі сатылы кестені есептейміз.

Тұжырымдамадан эквивалентті кестенің  $S$  бастапқы жүктемесін анықтаймыз (толық тиелмеген учаске)

$$K_1 = \frac{1}{S_{\text{ном.тр.}}} \cdot \sqrt{\frac{S_1^2 \cdot \Delta t_1 + S_2^2 \cdot \Delta t_2 + \dots + S_m^2 \cdot \Delta t_m}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \dots + \Delta t_m}}. \quad (2.6)$$

Мұндағы.  $S_1, S_2, S_3 \dots S_m$  – жүктеме кестесінің сатыларындағы қуат (MB·A);

уақыт  $\Delta t_1 + \Delta t_2 + \dots + \Delta t_m$  - жүктеме кестесінің сатылары бойынша аралығы (сағ).

$$K_1 = \frac{1}{200} \cdot \sqrt{\frac{(127,27)^2 \cdot 6 + (164,97)^2 \cdot 8 + (181,47)^2 \cdot 4 + (139,03)^2 \cdot 2 + (131,97)^2 \cdot 4}{24}} = 0,7603$$

Тұжырымдамадан жүктемеге эквивалентті кестеден  $K'_2$  жүктемесінің ең жоғары мәнін анықтаймыз (артық тиелген учаске):

$$K'_2 = \frac{1}{S_{\text{ном.тр.}}} \cdot \sqrt{\frac{S_1^2 \cdot \Delta t_1 + S_2^2 \cdot \Delta t_2 + \dots + S_m^2 \cdot \Delta t_m}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \dots + \Delta t_m}}, \quad (2.7)$$

$$K'_2 = \frac{1}{200} \cdot 0 = 0.$$

Тұжырымдамадан жүктеменің эквивалентті кестесіндегі  $K_{\text{max}}$  жүктемесінің ең жоғарғы мәнін анықтаймыз:

$$K_{\text{max}} = \frac{S_{\text{max}}}{S_{\text{ном.тр.}}}, \quad (2.8)$$

$$K_{\text{max}} = \frac{181,47}{200} = 0,907.$$

$K_{\text{max}}$  бастапқы кестенің алдын-ала  $K'_2$  мәнін салыстырамыз:

$$K'_2 \leq 0,9 \cdot K_{\text{max}}. \quad (2.9)$$

Сөйтіп,  $K_2 = 0,9 \cdot K_{\text{max}} = 0,9 \cdot 0,907 = 0,8163$  және  $h = h' = 0$  сағат қабылдаймыз.

Жүктеменің эквивалентті екі сатылы тәуліктік кестесінің  $S_2$  ең жоғарғы жүктемесін мынадай ретпен анықтауға болады:

$$S_2 = K_2 \cdot S_{\text{ном.тр.}}, \quad (2.10)$$

$$S_2 = 0,8163 \cdot 200 = 163,26 \text{ MB} \cdot \text{A}.$$

Сөйтіп, жылдың қысқы уақытында ең жоғары жүктемесі бар бір трансформатормен жұмыс кезіндегі жүктеме қолжетімді.

Автотрансформаторлық сұлбасын таңдаймыз (АТДЦТН -200/220/110 типіндегі автотрансформаторлармен), өйткені бір жылдағы оны салу мен пайдалану шығындары қосарлы трансформациясы бар сұлбамен салыстырғанда екі еседей төмен.

## 2.3 Шығатын желілер санын таңдау

Шығатын және келетін жерлерді таңдау ең жоғары жүктеменің сынау ұзақтығы арқылы, сондай-ақ жалғасатын токтың жол берілетін мәні бойынша тексеруде токтың экономикалық тығыздығын анықтау болады.

### 2.3.1 ЖК тарабындағы келетін желілерді таңдау

Ең жоғары жүктеме желілерін сынау ұзақтығын анықтаймыз:

$$T_{нб} = \frac{\sum (S_i \cdot t_i) \cdot N_3 + \sum (S_j \cdot t_j) \cdot N_л}{S_{\text{пих вн}}}, \quad (2.11)$$

$$T_{нб} = \frac{(127,27 \cdot 6 + 164,97 \cdot 8 + 181,47 \cdot 4 + 139,03 \cdot 2 + 131,97 \cdot 4) \cdot 200 + (105,59 \cdot 18 + 155,09 \cdot 6) \cdot 165}{181,47} = 6558,56 \text{саг.}$$

Алюминий өткізгіштер үшін токтың экономикалық тығыздығын анықтаймыз:  $T_{нб} = 6558,56 \text{саг} (5000) - 220 \text{ кВ}$  желісі үшін  $J_{\text{экон.}} = 1,0 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$  желісі үшін токтың экономикалық тығыздығы.

ЖК екі тізбек желісі үшін нормаланған режимдегі токты анықтаймыз:

$$I_{\text{норм}} = \frac{S_{\text{пих вн}}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{вн}}}, \quad (2.12)$$

$$I_{\text{норм}} = \frac{181,47 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 220 \cdot 10^3} = 238,12 \text{А.}$$

Сонда экономикалық қима:

$$F_{\text{экон}} = \frac{I_{\text{норм}}}{J_{\text{экон}}}, \quad (2.13)$$

$$F_{\text{экон}} = \frac{238,12}{1,0} = 238,12 \text{мм}^2.$$

$I_{\text{доп.}} = 600 \text{А}; x_o = 0,09747 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}; r_o = 0,048 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$ . жол берілетін ток жүктемесі арқылы АС-300/39 типіндегі өткізгішті алдын-ала таңдаймыз.

Желілердің бірінің тоқтау (үзілу) режиміндегі жол берілетін ток бойынша тексерісті жүзеге асырамыз:

$$I_{\max} = \frac{S_{\max \text{ вн}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}, \quad (2.14)$$

$$I_{\max} = \frac{181,47 \cdot 10^{-6}}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 10^3} = 476,25 \text{ A}.$$

Сәйкестік шарты:  $I_{\max} \leq I_{\text{доп}}$ , яғни  $476,25 \text{ A} < 600 \text{ A}$  - шарт тиісінше сақталады, АС-300/39 маркасындағы өткізгішті түпкілікті таңдаймыз.

2.3.2 ОК тарабындағы келетін желілерді таңдау.

Ең жоғары жүктемедегі желілерді сынау ұзақтығын анықтаймыз:

$$T_{\text{нб}} = \frac{\sum (S_i \cdot t_i) \cdot N_3 + \sum (S_j \cdot t_j) \cdot N_{\text{л}}}{S_{\max \text{ вн}}}, \quad (2.15)$$

$$T_{\text{нб}} = \frac{(115,5 \cdot 12 + 148,5 \cdot 8 + 165 \cdot 4) \cdot 200 + (99 \cdot 18 + 148,5 \cdot 6) \cdot 165}{165} = 6596,64 \text{ сағ}.$$

Алюминий өткізгіштер үшін токтың экономикалық тығыздығын анықтаймыз: - 110 кВ желісі үшін  $J_{\text{экон.}} = 1,0 \frac{\text{A}}{\text{мм}^2}$  токтың экономикалық тығыздығы.

Жүктеме желілері бойынша оны тең таралды деп болжайық, яғни:

$$S_{\text{л1}} = S_{\text{л2}} = S_{\text{л3}} = \frac{S_{\max \text{ сн}}}{3}. \quad (2.16)$$

ОК екі тізбек желісі үшін нормаланған режимдегі токты анықтаймыз:

$$I_{\text{норм}} = \frac{S_{\max \text{ вн}}}{3 \cdot 2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{вн}}}, \quad (2.17)$$

$$I_{\text{норм}} = \frac{165 \cdot 10^{-6}}{3 \cdot 2 \cdot \sqrt{3} \cdot 110 \cdot 10^3} = 144,34 \text{ A}.$$

Сонда экономикалық қима:

$$F_{\text{экон}} = \frac{I_{\text{норм}}}{J_{\text{экон}}}, \quad (2.18)$$

$$F_{\text{экон}} = \frac{144,34}{1,0} = 144,34 \text{ мм}^2.$$



$I_{\text{доп.}} = 365\text{A}; x_o = 0,19798 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}; r_o = 0,198 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$ . жол берілетін ток жүктемесі арқылы АС-150/24 типіндегі өткізгішті алдын-ала таңдаймыз.

Желілердің бірінің тоқтау (үзілу) режимінде жол берілетін ток бойынша тексерісті жүзеге асырамыз:

$$I_{\text{max}} = \frac{165 \cdot 10^{-6}}{3 \cdot \sqrt{3} \cdot 110 \cdot 10^3} = 288,68\text{A}.$$

Сәйкестік шарты:  $I_{\text{max}} \leq I_{\text{доп.}}$ , яғни  $288,68\text{A} < 365\text{A}$  - шарт тиісінше сақталады, АС-150/24 маркасындағы өткізгішті түпкілікті таңдаймыз.

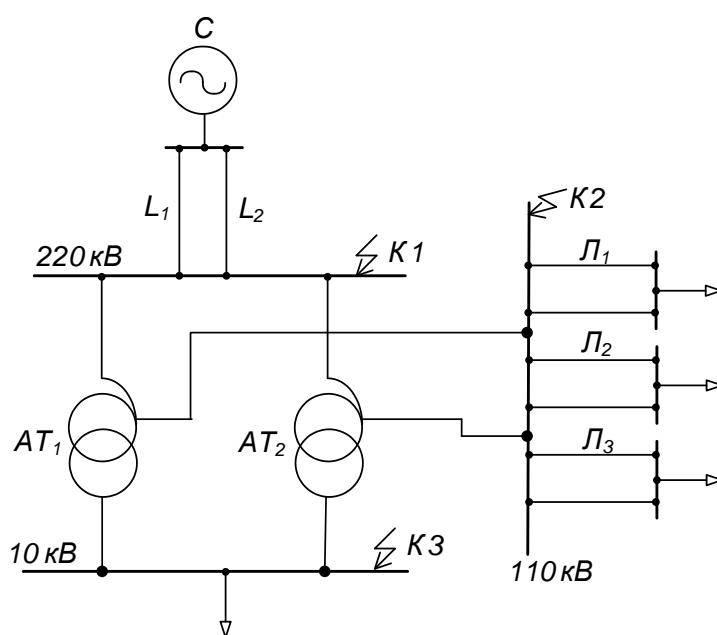
## 2.4 Қысқа тұйықталу тогының есебі

Қысқа тұйықталу деп фазалар арасындағы тұйықталуды, қатты және тиімді нейтралдармен тұйықталған желілер жеріндегі фазалардың тұйықталуы, сондай-ақ электр машиналарындағы орамдық тұйықталуды атайды.

Қысқа тұйықталу тогының есебін қондырғы параметрлерін таңдау мен тексеру, сондай-ақ релелік қорғаныс қондырғысын тексеру үшін жүргізеді.

Қондырғының есептеме сұлбасын құрастырамыз (6-сурет).

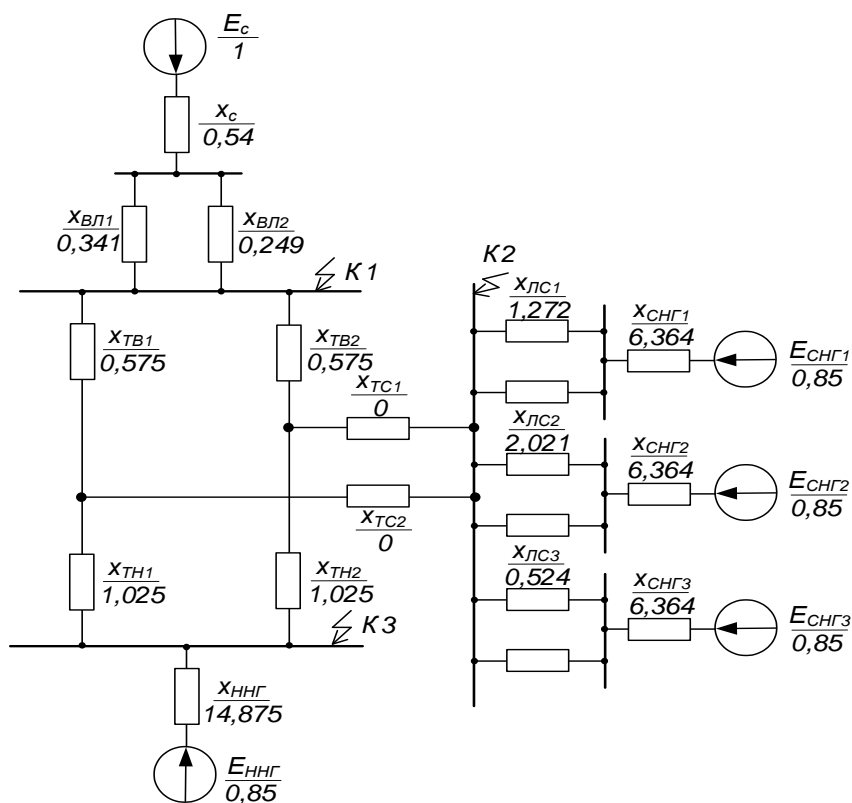
Қондырғының есептік сұлбасы ретінде барлық элементтер мен параметрлер көрсетілген электр қондырғысының жеңілдетілген бір желілі сұлбасы түсініледі, олар қысқа тұйықталу тогына әсер етеді және сондықтан есептерді орындау кезінде есептелуі тиіс.



## 2.6 - сурет - Есептік сұлбасы

Бұдан әрі алмастыру сұлбасын құрастырамыз (7-сурет).

Алмастыру сұлбасы ретінде есептеме сұлбасының бастапқы мәліметтері бойынша сәйкес келетін тиісінше электр сұлбасы түсініледі, алайда оларда барлық магниттік байланыстар электрлік байланыспен ауыстырылған.



## 2.7 – сурет – 1 Алмастыру сұлбасы

Алмастыру схемасы элементтерінің параметрлері.

Базистік шамалар:

Базистік қуатты мынаған тең қабылдайды:  $S_6=1000 \text{ МВ} \cdot \text{А}$ .

Базистік кернеу:  $U_{61} = 230 \text{ кВ}$ ;  $U_{62} = 115 \text{ кВ}$ ;  $U_{63} = 10,5 \text{ кВ}$ .

Базистік токтар:

$$I_{6i} = \frac{S_{6i}}{\sqrt{3} \cdot U_{6i}}; \quad (2.19)$$

мұндағы  $S_{6i} = 1000$  – базистік қуат (МВ·А);

$U_{6i}$  –  $i$ -ші тармақтағы базистік кернеу (кВ).

$$I_{61} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 230} = 2,51 \text{ кА},$$

$$I_{62} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 115} = 5,02 \text{ кА},$$

$$I_{63} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 54,987 \text{ кА}.$$

С жүйесінің параметрлері:  
 Базистік ЭДС:  $E_{C(6)} = 1 \text{ с.б.}$   
 Жүйе қарсылығы:

$$x_{c(6)} = \frac{S_6}{S_c}. \quad (2.20)$$

мұндағы  $S_c = 4700 \text{ МВ} \cdot \text{А}$  – жүйе қуаты.

$$x_{c(6)} = \frac{1000}{4700} = 0,213 \text{ с.б.}$$

ЖК1 әуе желілері  
 автотрансформаторларының базистік кедергісін анықтаймын:

$$x_{ВЛ1(6)} = x_{ОВВЛ} \cdot l_{ВН1} \cdot \frac{S_6}{U_{61}^2}, \quad (2.21)$$

$$x_{ВЛ1(6)} = 0,09747 \cdot 185 \cdot \frac{1000}{230^2} = 0,341 \text{ с.б.}$$

ЖК2 әуе жолдары  
 автотрансформаторларының базистік кедергісін келесі формуламен анықтаймын

$$x_{ВЛ2(6)} = 0,09747 \cdot 135 \cdot \frac{1000}{230^2} = 0,249 \text{ с.б.}$$

АТ автотрансформаторларының параметрлері:  
 мұндағы  $U_{к.В-С}$  – жоғары және орташа кернеу орамдары арасындағы қысқа тұйықталу кернеуі;

$U_{к.В-Н}$  – жоғары және төмен кернеу орамдары арасындағы қысқа тұйықталу кернеуі;

$U_{к.С-Н}$  – орташа және төмен кернеу орамдары арасындағы қысқа тұйықталу кернеуі;

$U_{к.В}$  – жоғары тараптағы жалпы кернеу;

$U_{к.С}$  – орташа тараптағы жалпы кернеу;  
 $U_{к.Н}$  – төмен тараптағы жалпы кернеу.

Трансформатордың жалпы кернеуін анықтаймыз:  
 1-ші орамында

$$U_{кВ} = 0,5 \cdot (U_{кВ-С} + U_{кВ-Н} - U_{кС-Н}), \quad (2.22)$$

$$U_{кВ} = 0,5 \cdot (11 + 32 - 20) = 11,5\%.$$

Трансформатордың жалпы кернеуін анықтаймыз:  
 2-ші орамында

$$U_{кС} = 0,5 \cdot (U_{кВ-С} + U_{кС-Н} - U_{кВ-Н}), \quad (2.23)$$

$$U_{кС} = 0,5 \cdot (11 + 20 - 32) = 0\%;$$

Трансформатордың жалпы кернеуін анықтаймыз:  
 3-ші орамында

$$U_{кН} = 0,5 \cdot (U_{кС-Н} + U_{кВ-Н} - U_{кВ-С}), \quad (2.24)$$

$$U_{кН} = 0,5 \cdot (20 + 32 - 11) = 20,5\%.$$

Кедергіні анықтаймыз:

$$x_{ТВ(6)} = \frac{U_{кВ}}{100} \cdot \frac{U_{ВН}^2}{S_T} \cdot \frac{S_6}{U_{61}^2}, \quad (2.25)$$

$$x_{ТВ(6)} = \frac{11,5}{100} \cdot \frac{230^2}{200} \cdot \frac{1000}{230^2} = 0,575 \text{ с.б.},$$

$$x_{ТС(6)} = \frac{U_{кС}}{100} \cdot \frac{U_{СН}^2}{S_T} \cdot \frac{S_6}{U_{62}^2}, \quad (2.26)$$

$$x_{ТСВ(6)} = \frac{0}{100} \cdot \frac{115^2}{200} \cdot \frac{1000}{115^2} = 0 \text{ с.б.},$$

$$x_{ТН(6)} = \frac{U_{кН}}{100} \cdot \frac{U_{НН}^2}{S_T} \cdot \frac{S_6}{U_{63}^2}, \quad (2.27)$$

$$x_{\text{TH}(6)} = \frac{20,5}{100} \cdot \frac{(10,5)^2}{200} \cdot \frac{1000}{(10,5)^2} = 1,025 \text{ с.б.}$$

ОК әуе желілері:

$$x_{\text{СЛ1}(6)} = x_{\text{ОССЛ}} \cdot l_{\text{СН1}} \cdot \frac{S_6}{U_{62}^2}, \quad (2.28)$$

$$x_{\text{СЛ1}(6)} = 0,19798 \cdot 85 \cdot \frac{1000}{115^2} = 1,272 \text{ с.б.},$$

$$x_{\text{СЛ2}(6)} = x_{\text{ОССЛ}} \cdot l_{\text{СН2}} \cdot \frac{S_6}{U_{62}^2}, \quad (2.29)$$

$$x_{\text{СЛ2}(6)} = 0,19798 \cdot 135 \cdot \frac{1000}{115^2} = 2,021 \text{ с.б.},$$

$$x_{\text{СЛ3}(6)} = x_{\text{ОССЛ}} \cdot l_{\text{СН3}} \cdot \frac{S_6}{U_{62}^2}, \quad (2.30)$$

$$x_{\text{СЛ3}(6)} = 0,19798 \cdot 35 \cdot \frac{1000}{115^2} = 0,524 \text{ с.б.}$$

Орташа және төмен кернеу желісінің жүктемесі:

$$x_{\text{НГср(ном)1}} = x_{\text{НГср(ном)2}} = x_{\text{НГср(ном)3}} = x_{\text{НГнн(ном)1}} = 0,35 \text{ с.б.},$$

$$x_{\text{НГср}(6)1} = x_{\text{НГср}(6)2} = x_{\text{НГср}(6)3} = x_{\text{НГнн(ном)}} \cdot \frac{U_{\text{CP2}}^2}{\left(\frac{S_{\text{CHmax}}}{3}\right)} \cdot \frac{S_6}{U_{62}^2}, \quad (2.31)$$

$$x_{\text{НГср}(6)1} = x_{\text{НГср}(6)2} = x_{\text{НГср}(6)3} = 0,35 \cdot \frac{115^2}{\left(\frac{165}{3}\right)} \cdot \frac{1000}{115^2} = 6,364 \text{ с.б.},$$

$$x_{\text{НГнн}(\delta)} = x_{\text{НГнн(ном)}} \cdot \frac{U_{\text{CP3}}^2}{S_{\text{ННmax}}} \cdot \frac{S_{\delta}}{U_{63}^2}, \quad (2.32)$$

$$x_{\text{НГнн}(\delta)} = 0,35 \cdot \frac{(10,5)^2}{23,53} \cdot \frac{1000}{(10,5)^2} = 14,875 \text{ с.б.}$$

Орташа және төменгі кернеу желісіндегі ЭДС:

$$E_{\text{НГср(ном)1}} = E_{\text{НГср(ном)2}} = E_{\text{НГср(ном)3}} = E_{\text{НГнн(ном)1}} = 0,85 \text{ с.б.},$$

$$E_{\text{НГср}(\delta)1} = E_{\text{НГср}(\delta)2} = E_{\text{НГср}(\delta)3} = E_{\text{НГср(ном)1}} \cdot \frac{U_{\text{CP2}}}{U_{62}}, \quad (2.33)$$

$$E_{\text{НГср}(\delta)1} = E_{\text{НГср}(\delta)2} = E_{\text{НГср}(\delta)3} = 0,85 \cdot \frac{115}{115} = 0,85 \text{ с.б.},$$

$$E_{\text{НГнн}(\delta)} = E_{\text{НГнн(ном)}} \cdot \frac{U_{\text{НН3}}}{U_{63}}, \quad (2.34)$$

$$E_{\text{НГнн}(\delta)} = 0,85 \cdot \frac{10,5}{10,5} = 0,85 \text{ с.б.}$$

Есептік 1 алмастыру сұлбасын 2 сұлбаға өзгертеміз: Өйткені  $X_{\text{ВЛ1}(\delta)} \parallel X_{\text{ВЛ2}(\delta)}$ , онда:

$$X_{\text{ВЛ}(\delta)} = \frac{X_{\text{ВЛ1}} \cdot X_{\text{ВЛ2}}}{X_{\text{ВЛ1}} + X_{\text{ВЛ2}}}, \quad (2.35)$$

$$X_{\text{ВЛ}(\delta)} = \frac{0,341 \cdot 0,249}{0,341 + 0,249} = 0,144 \text{ с.б.},$$

$$X_{\text{СЛ11}(\delta)} = \frac{X_{\text{СЛ1}(\delta)}}{2}, \quad (2.36)$$

$$X_{\text{СЛ11}(\delta)} = \frac{1,272}{2} = 0,636 \text{ с.б.},$$

$$X_{CJI22(\bar{\sigma})} = \frac{X_{CJI2(\bar{\sigma})}}{2}, \quad (2.37)$$

$$X_{CJI22(\bar{\sigma})} = \frac{2,021}{2} = 1,0116c.\bar{\sigma};$$

$$X_{CJI33(\bar{\sigma})} = \frac{X_{CJI3(\bar{\sigma})}}{2}, \quad (2.38)$$

$$X_{CJI33(\bar{\sigma})} = \frac{0,524}{2} = 0,262c.\bar{\sigma},$$

$$X_{1(\bar{\sigma})} = X_{C(\bar{\sigma})} + X_{BII(\bar{\sigma})}, \quad (2.39)$$

$$X_{1(\bar{\sigma})} = 0,54 + 0,144 = 0,684c.\bar{\sigma},$$

$$X_{21(\bar{\sigma})} = \frac{(X_{JIC11(\bar{\sigma})} + X_{HГcp1(\bar{\sigma})}) \cdot (X_{JIC22(\bar{\sigma})} + X_{HГcp2(\bar{\sigma})})}{X_{JIC11(\bar{\sigma})} + X_{HГcp1(\bar{\sigma})} + X_{JIC22(\bar{\sigma})} + X_{HГcp2(\bar{\sigma})}}, \quad (2.40)$$

$$X_{21(\bar{\sigma})} = \frac{(0,636 + 6,364) \cdot (1,011 + 6,364)}{0,636 + 6,364 + 1,011 + 6,364} = 3,591c.\bar{\sigma},$$

$$X_{22(\bar{\sigma})} = X_{CJI33(\bar{\sigma})} + X_{HГcp3(\bar{\sigma})}, \quad (2.41)$$

$$X_{22(\bar{\sigma})} = 0,262 + 6,364 = 6,626c.\bar{\sigma},$$

$$E_{21(61)} = \frac{E_{HГcp1} \cdot (X_{JIC11(\bar{\sigma})} + X_{HГcp1(\bar{\sigma})}) + E_{HГcp2(\bar{\sigma})} \cdot (X_{JIC22(\bar{\sigma})} + X_{HГcp2(\bar{\sigma})})}{X_{JIC11(\bar{\sigma})} + X_{HГcp1(\bar{\sigma})} + X_{JIC22(\bar{\sigma})} + X_{HГcp2(\bar{\sigma})}},$$

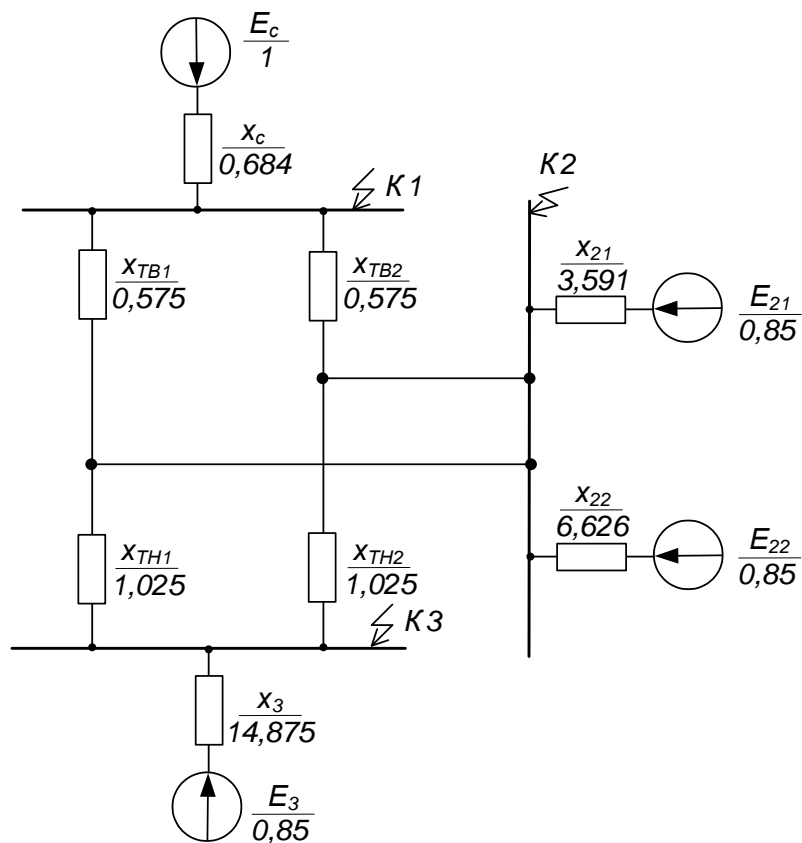
(2.42)

$$E_{21(6)} = \frac{0,85 \cdot (0,636 + 6,364) + 0,85 \cdot (1,011 + 6,364)}{0,636 + 6,364 + 1,011 + 6,364} = 0,85c.\bar{\sigma},$$

$$E_{1(6)} = E_{C(\bar{\sigma})} = 1c.\bar{\sigma}. \quad (2.43)$$

$$E_{22(62)} = E_{HГcp3(\bar{\sigma})} = 0,85c.\bar{\sigma}.$$

$$X_{3(\bar{\sigma})} = X_{HГHH(\bar{\sigma})} = 14,875c.\bar{\sigma}.$$



**2.8 – сурет - 2 Алмастырудың есетік сұлбасы**

2 алмастырудың сұлба (2.8-сурет) 3 сұлба (2.9-сурет) өзгертеміз:

$$X_{2(\delta)} = \frac{X_{21(\delta)} \cdot X_{22(\delta)}}{X_{21(\delta)} + X_{22(\delta)}}, \quad (2.44)$$

$$X_{2(\delta)} = \frac{3,591 \cdot 6,626}{3,591 + 6,626} = 2,329 \text{ с.б.},$$

$$X_{TB(\delta)} = \frac{X_{TB1(\delta)}}{2}, \quad (2.45)$$

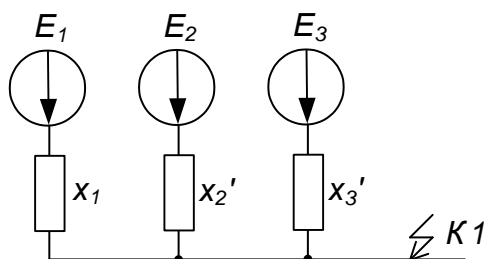
$$X_{TB(\delta)} = \frac{0,575}{2} = 0,289 \text{ с.б.},$$

$$X_{TH(\delta)} = \frac{X_{TH1(\delta)}}{2}, \quad (2.46)$$



$$X_{TH(\delta)} = \frac{1,025}{2} = 0,513 \text{ c.б.}$$

Мерзімдік құраушы мәнді және ЖК шиналарындағы үш фазалы тұйықталу кезіндегі қысқа тұйықталу тогының соққы мәнін есептейміз:



2.9 – сурет - Алмастырудың есептік сұлбасы

$$X_{pez1(\delta)} = \frac{X_{2(\delta)} \cdot (X_{TH(\delta)} + X_{3(\delta)})}{X_{2(\delta)} + X_{TH(\delta)} + X_{3(\delta)}}, \quad (2.47)$$

$$X_{pez1(\delta)} = \frac{2,329 \cdot (0,513 + 14,875)}{2,329 + 0,513 + 14,875} = 2,023 \text{ c.б.},$$

$$X_{pez2(\delta)} = X_{TB(\delta)} + X_{pez1(\delta)}, \quad (2.48)$$

$$X_{pez2(\delta)} = 0,289 + 2,023 = 2,312 \text{ c.б.},$$

$$C_{E2(\delta)} = \frac{X_{pez1(\delta)}}{X_{2(\delta)}}, \quad (2.49)$$

$$C_{E2(\delta)} = \frac{2,023}{2,329} = 0,869 \text{ c.б.},$$

$$C_{E3(\delta)} = \frac{X_{pez1(\delta)}}{X_{TH(\delta)} + X_{3(\delta)}}, \quad (2.50)$$

$$C_{E3(\delta)} = \frac{2,023}{0,513 + 14,875} = 0,131 \text{ c.б.},$$

$$X_{2(\bar{\sigma})}' = \frac{X_{\text{pez}2(\bar{\sigma})}}{C_{E2(\bar{\sigma})}}, \quad (2.51)$$

$$X_{2(\bar{\sigma})}' = \frac{2,312}{0,869} = 2,661 \text{ c.}\bar{\sigma},$$

$$X_{3(\bar{\sigma})}' = \frac{X_{\text{pez}2(\bar{\sigma})}}{C_{E3(\bar{\sigma})}}, \quad (2.52)$$

$$X_{3(\bar{\sigma})}' = \frac{2,312}{0,131} = 17,649 \text{ c.}\bar{\sigma},$$

$$I_{n.o.1} = \frac{E_{1(\bar{\sigma})}}{X_{1(\bar{\sigma})}} \cdot I_{(\bar{\sigma})1}, \quad (2.53)$$

$$I_{n.o.1} = \frac{1}{0,684} \cdot 2,51 = 3,67 \text{ kA},$$

$$I_{n.o.2} = \frac{E_{2(\bar{\sigma})}}{X_{2(\bar{\sigma})}'} \cdot I_{(\bar{\sigma})1} \text{ kA}, \quad (2.54)$$

$$I_{n.o.2} = \frac{0,85}{2,661} \cdot 2,51 = 0,802 \text{ kA},$$

$$I_{n.o.3} = \frac{E_{3(\bar{\sigma})}}{X_{3(\bar{\sigma})}'} \cdot I_{(\bar{\sigma})1} \text{ kA}, \quad (2.55)$$

$$I_{n.o.3} = \frac{0,85}{17,649} \cdot 2,51 = 0,121 \text{ kA},$$

$$I_{n.o.K-1} = I_{n.o.1} + I_{n.o.2} + I_{n.o.3} = \text{kA}, \quad (2.56)$$

$$I_{n.o.K-1} = 3,67 + 0,802 + 0,121 = 4,593 \text{ kA}.$$

Токтың соққы мәнін анықтаймыз.

Соққы токты анықтау үшін соққы коэффициентін білу қажет:

$$K_{y\partial} = 1 + e^{-\frac{0,01}{T_a}}. \quad (2.57)$$

мұндағы  $T_a$  – тұрақты уақыт, сек;

$T_a = 0,01$ с – РК шиналарындағы кабель үшін;

$T_a = 0,05$ с – ҚС ЖК және ОК шиналарында.

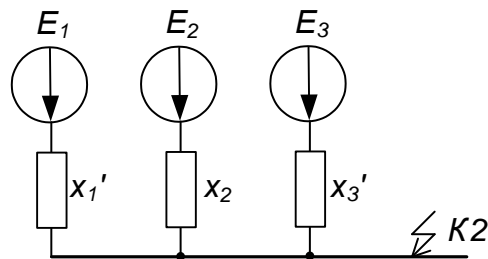
$$K_{y\partial} = 1 + e^{-\frac{0,01}{0,05}} = 1 + 0,8187 = 1,8187.$$

ЖК шиналарындағы үш фазалы тұйықталу кезіндегі қысқа тұйықталудың соққы тогы:

$$i_{уд1} = \sqrt{2} \cdot K_{y\partial} \cdot I_{п.о.К-1}, \quad (2.58)$$

$$i_{уд1} = \sqrt{2} \cdot 1,8187 \cdot 4,593 = 11,813 \text{ кА}.$$

Мерзімдік құраушы мәнді және ОК шиналарындағы үш фазалы тұйықталу кезіндегі қысқа тұйықталу тогының соққы мәнін есептейміз:



## 2.10 – сурет - Алмастырудың есептік сұлбасы

$$X_{1(\bar{o})}' = X_{1(\bar{o})} + X_{ТВ(\bar{o})}, \quad (2.59)$$

$$X_{1(\bar{o})}' = 0,684 + 0,289 = 0,973 \text{ с.б.},$$

$$X_{3(\bar{o})}' = X_{ТН(\bar{o})} + X_{3(\bar{o})}, \quad (2.60)$$

$$X_{3(\bar{o})}' = 0,513 + 14,875 = 15,388 \text{ с.б.},$$

$$I_{n.o.2} = \frac{E_{2(\bar{o})}}{X_{2(\bar{o})}} \cdot I_{(\bar{o})2}, \quad (2.61)$$

$$I_{n.o.2} = \frac{0,85}{2,329} \cdot 5,02 = 1,832 \text{ кА},$$

$$I_{n.o.3} = \frac{E_{3(\bar{\sigma})}}{X_{3(\bar{\sigma})}} \cdot I_{(\bar{\sigma})2} = \text{кА}, \quad (2.62)$$

$$I_{n.o.3} = \frac{0,85}{15,388} \cdot 5,02 = 0,277 \text{ кА},$$

$$I_{n.o.K-2} = I_{n.o.1} + I_{n.o.2} + I_{n.o.3}, \quad (2.63)$$

$$I_{n.o.K-2} = 5,159 + 1,832 + 0,277 = 7,268 \text{ кА}.$$

Токтың соққы мәнін анықтаймыз.

Соққы токты анықтау үшін соққы коэффициентті білу қажет:

$$K_{y\bar{\sigma}} = 1 + e^{-\frac{0,01}{T_a}} \quad (2.64)$$

мұндағы  $T_a$  – тұрақты уақыт, сек;

$T_a = 0,01 \text{ с}$  – РК шиналарындағы кабель үшін;

$T_a = 0,05 \text{ с}$  – ҚС ЖК мен ОК шиналарында.

$$K_{y\bar{\sigma}} = 1 + e^{-\frac{0,01}{0,05}} = 1 + 0,8187 = 1,8187.$$

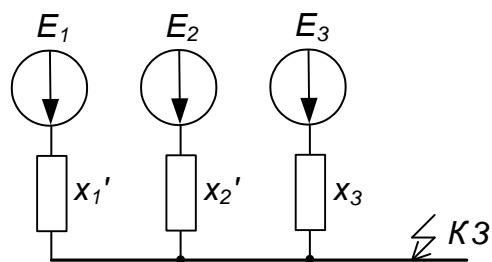
ОК шиналарындағы үш фазалы тұйықталу кезіндегі қысқа тұйықтардың соққы тогы:

$$i_{y\bar{\sigma}2} = \sqrt{2} \cdot K_{y\bar{\sigma}} \cdot I_{n.o.K-2}, \quad (2.65)$$

$$i_{y\bar{\sigma}2} = \sqrt{2} \cdot 1,8187 \cdot 7,268 = 18,694 \text{ кА}.$$

Мерзімдік құраушы мәнді және ТК шинасындағы үш фазалы тұйықтау кезіндегі қысқа тұйықталу тогының соққы мәнін есептейміз:

$$X_{рез1(\bar{\sigma})} = \frac{X_{2(\bar{\sigma})} \cdot (X_{1(\bar{\sigma})} + X_{TB(\bar{\sigma})})}{X_{2(\bar{\sigma})} + X_{1(\bar{\sigma})} + X_{TB(\bar{\sigma})}}, \quad (2.66)$$



2.11 – сурет - Алмастырудың есептік сұлбасы

$$X_{pez1(\bar{\sigma})} = \frac{X_{2(\bar{\sigma})} \cdot (X_{1(\bar{\sigma})} + X_{TB(\bar{\sigma})})}{X_{2(\bar{\sigma})} + X_{1(\bar{\sigma})} + X_{TB(\bar{\sigma})}}, \quad (2.66)$$

$$X_{pez1(\bar{\sigma})} = \frac{2,329 \cdot (0,684 + 0,289)}{2,329 + 0,684 + 0,289} = 0,686 \text{ c.}\bar{\sigma},$$

$$X_{pez2(\bar{\sigma})} = X_{TH(\bar{\sigma})} + X_{pez1(\bar{\sigma})}, \quad (2.67)$$

$$X_{pez2(\bar{\sigma})} = 0,513 + 0,686 = 1,199 \text{ c.}\bar{\sigma},$$

$$C_{E1(\bar{\sigma})} = \frac{X_{pez1(\bar{\sigma})}}{X_{1(\bar{\sigma})} + X_{TB(\bar{\sigma})}}, \quad (2.68)$$

$$C_{E1(\bar{\sigma})} = \frac{0,686}{0,684 + 0,289} = 0,705 \text{ c.}\bar{\sigma},$$

$$C_{E2(\bar{\sigma})} = \frac{X_{pez1(\bar{\sigma})}}{X_{2(\bar{\sigma})}}, \quad (2.69)$$

$$C_{E2(\bar{\sigma})} = \frac{0,686}{2,329} = 0,295 \text{ c.}\bar{\sigma},$$

$$X_{1(\bar{\sigma})}' = \frac{X_{pez2(\bar{\sigma})}}{C_{E1(\bar{\sigma})}}, \quad (2.70)$$

$$X_{1(\bar{\sigma})}' = \frac{1,199}{0,705} = 1,701 \text{ c.}\bar{\sigma},$$

$$X_{2(\bar{\sigma})}' = \frac{X_{\text{pez}2(\bar{\sigma})}}{C_{E2(\bar{\sigma})}}, \quad (2.71)$$

$$X_{2(\bar{\sigma})}' = \frac{1,199}{0,295} = 4,064 \text{ c.б.},$$

$$I_{n.o.1} = \frac{E_{1(\bar{\sigma})}}{X_{1(\bar{\sigma})}'} \cdot I_{(\bar{\sigma})3}, \quad (2.72)$$

$$I_{n.o.1} = \frac{1}{1,701} \cdot 54,987 = 32,326 \text{ кА},$$

$$I_{n.o.2} = \frac{E_{2(\bar{\sigma})}}{X_{2(\bar{\sigma})}'} \cdot I_{(\bar{\sigma})3}, \quad (2.73)$$

$$I_{n.o.2} = \frac{0,85}{4,064} \cdot 54,987 = 11,501 \text{ кА},$$

$$I_{n.o.3} = \frac{E_{3(\bar{\sigma})}}{X_{3(\bar{\sigma})}'} \cdot I_{(\bar{\sigma})3}, \quad (2.74)$$

$$I_{n.o.3} = \frac{0,85}{14,875} \cdot 54,987 = 3,142 \text{ кА},$$

$$I_{n.o.K-3} = I_{n.o.1} + I_{n.o.2} + I_{n.o.3}, \quad (2.75)$$

$$I_{n.o.K-3} = 32,326 + 11,501 + 3,142 = 46,969 \text{ кА}.$$

Токтың соққы мәнін анықтаймыз.

Соққы токты анықтау үшін соққы коэффициентті білу қажет:

$$K_{y\partial} = 1 + e^{-\frac{0,01}{T_a}}. \quad (2.76)$$

мұндағы  $T_a$  – тұрақты уақыт, сек;

$T_a = 0,01 \text{ с}$  – РҚ шиналарындағы кабель үшін;

$T_a = 0,05 \text{ с}$  – ҚС ЖК және ОК шиналарында.

$$K_{y\partial} = 1 + e^{\frac{0,01}{0,06}} = 1 + 0,8465 = 1,8465.$$

ТК шинасындағы үш фазалы тұйықталу кезіндегі қысқа тұйықталудың соққы тогы:

$$i_{y\partial 2} = \sqrt{2} \cdot K_{y\partial} \cdot I_{п.о.К-3} = \sqrt{2} \cdot 1,8465 \cdot 46,969 = 122,63 \text{ кА}.$$

## 2.5 Жүктеменің кабельдік желісінің есебі

Желілік реакторларды таңдау үшін кететін кабельдердің термиялық беріктік тогын білу қажет. 10 кВ тарату желісі кабельдік қимасын таңдаймыз.

ТК желісі бойынша қуатты тұтынудың тәуліктік кестесі бойынша (4, б сурет)  $T_{\max}$  ең жоғарғы шығын уақытын анықтаймыз:

$$T_{\max} = \frac{\sum (S_i \cdot t_i) \cdot N_3 + \sum (S_j \cdot t_j) \cdot N_{\text{л}}}{S_{\max}}. \quad (2.77)$$

мұндағы  $S_i, t_i$  – ТК желісі бойынша жүктеме кестесінің сатылары бойынша тиісінше қуат пен уақыт;

1  $S_{\max}$  – ТК желісі бойынша ең жоғарғы қуат.

$$T_{\max} = \frac{200 \cdot (11,77 \cdot 6 + 16,47 \cdot 16 + 23,53 \cdot 2) + 165 \cdot 6,59 \cdot 24}{23,53} = 4349,19 \text{ сағ}.$$

Қағаздық оқшаулауы мен алюминий сымдары бар кабельдер үшін  $T_{\max} < 5000$  сағат кезіндегі токтың экономикалық тығыздығы:  $J_{\text{эк}} = 1,4 \text{ А/мм}^2$ .

### 2.5.1 РҚ1 және РҚ2 тұтынушылары үшін кабельдік желілерді таңдау

Екі РҚ-ны қуаттау қалыпты режимде екі кабель бойынша, ал апатты режимде ажыратқышы бар қосқыш арқылы бір кабель бойынша жүзеге асырылады.

Екі РҚ жиынтық жүктемесі:

$$P_{\Sigma} = 2,5 + 3,5 = 6 \text{ МВт}.$$

Қалыпты жұмыс режиміндегі токты анықтаймыз:

$$I_{\text{норм}} = \frac{P_{\max}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi}, \quad (2.78)$$

$$I_{\text{норм}} = \frac{3500}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,85} = 237,74 \text{ А}.$$

Жұмыстан кабельдің бірінен шыққан кездегі апатты режимдегі токты анықтаймыз:

$$I_{\text{авар}} = \frac{P_{\Sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi}. \quad (2.79)$$

мұндағы  $U_{\text{ном}}$ ,  $\cos \varphi$  - тиісінше ТК желісі бойынша номиналдық кернеу мен қуат коэффициенті.

$$I_{\text{авар}} = \frac{6000}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,85} = 407,55 \text{ A}.$$

Экономикалық қима:

$$F_{\text{ЭК}} = \frac{I_{\text{норм}}}{J_{\text{ЭК}}}, \quad (2.80)$$

$$F_{\text{ЭК}} = \frac{237,74}{1,4} = 169,81 \text{ мм}^2.$$

Желіге төселген алюминий сымы, май-канифоль сіңірілген қағаз оқшаулағышы бар 10 кВ кернеудің үш сымды кабелінің жақын стандарттық қимасын қабылдаймыз:  $I_{\text{доп.Т}} = 355 \text{ A}$  кезіндегі ААГ- 3х240 кабелі.

Қыздыру шарты бойынша тексереміз:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{норм}}. \quad (2.81)$$

$$I_{\text{доп}} = I_{\text{доп.Т}} \cdot k_{\text{ав}} \cdot k_{\tau} \cdot k_{\text{N}}. \quad (2.82)$$

мұндағы  $k_{\text{ав}}$  – жерге төселген ең жоғары ұзақтығы 8 сағат 0,6 алдын-ала жүктемесінің коэффициенті кезіндегі апаттық жүктеменің коэффициенті;

$k_{\tau}$  – ортаның  $15^{\circ}\text{C}$  температурасы мен сымның  $80^{\circ}\text{C}$  қалыпты температурасы кезіндегі температуралық коэффициенті;

$k_{\text{N}}$  - шұңқырдағы кабельдер саны үшін түзету коэффициенті ( $\text{N}=2$ ).

$$I_{\text{доп}} = 355 \cdot 1,15 \cdot 1,12 \cdot 0,9 = 411,52 \text{ A}; > 407,55 \text{ A}.$$

2.5.2 РҚ1 мен РҚ2 арасындағы қосқыштар үшін кабель таңдау.

Апаттық режим кезіндегі қосқыш арқылы ең жоғары ток РҚ2 қалыпты жұмыс режиміндегі токқа тең, яғни 237,74 А:



$I_{доп.Г} = 240А$  кезінде ААГ- 3х120 кабелін таңдаймыз.  
Қыздыру шарты бойынша тексереміз:

$$I_{доп} \geq I_{норм}. \quad (2.83)$$

$$I_{доп} = I_{доп.Г} \cdot k_{ав} \cdot k_{\tau} \cdot k_N, \quad (2.84)$$

$$I_{доп} = 240 \cdot 1,15 \cdot 1,11 \cdot 1 = 306,36А; > 237,74 А.$$

### 2.5.3 РПЗ тұтынушылары үшін кабель желісін таңдау

РПЗ екі кабель бойынша қалыпты режимде ГРУ-мен қосылады. РПЗ жиынтық жүктемесі:  $P_{\Sigma} = 6МВт$ .

Қалыпты жұмыс режимінің тогын анықтаймыз:

$$I_{норм} = \frac{P_{пих}}{2\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos\varphi}, \quad (2.85)$$

$$I_{норм} = \frac{6000}{2\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,85} = 203,78А.$$

Кабельдердің бірінің жұмыстан шыққан кезіндегі апаттық режимдегі тогын анықтаймыз:

$$I_{авар} = \frac{P_{\Sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos\varphi}. \quad (2.86)$$

мұндағы  $U_{ном}$ ,  $\cos\varphi$  - тиісінше ТК желісі бойынша номиналдыщ кернеу мен қуат коэффициенті.

$$I_{авар} = \frac{6000}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,85} = 407,55А.$$

Экономикалық қима:

$$F_{эк} = \frac{I_{норм}}{J_{эк}}, \quad (2.87)$$

$$F_{эк} = \frac{203,78}{1,4} = 145,56мм^2.$$

Желіге төселген алюминий сымы, май-канифоль сіңірілген қағаз оқшаулағышы бар 10 кВ кернеудің үш сымды кабелінің жақын стандарттық қимасын қабылдаймыз:  $I_{доп.Т} = 355\text{А}$  кезіндегі ААГ- 3х240 кабелі.

Қыздыру шарты бойынша тексереміз:

$$I_{доп} \geq I_{норм}. \quad (2.88)$$

$$I_{доп} = I_{доп.Т} \cdot k_{ав} \cdot k_{\tau} \cdot k_N, \quad (2.89)$$

$$I_{доп} = 355 \cdot 1,15 \cdot 1,12 \cdot 0,9 = 411,52\text{А}; > 407,55 \text{ А}.$$

#### 2.5.4 Кабельдің термиялық беріктігінің тогын анықтаймыз

$$I_{терм} = \frac{C \cdot F}{\sqrt{t_{р.з.} + t_{о.в.} + T_a}}, \quad (2.90)$$

мұндағы  $t_{р.з.}$  – релелік қорғаныстың іске қосылу уақыты ( $t_{р.з.} = 0,8 \text{ с}$ );

$t_{о.в.}$  – ажыратқышты айыру уақыты (ВВЭ-10 ажырату үшін:  $t_{о.в.} = 0,075$ );

$T_a = 0,23$  ( $I_{ном} = 1000 \text{ А}$  және жоғары реактормен қорғалған тармақ);

$C$  – термиялық беріктік коэффициенті (қағазды оқшаулағышы мен АМ сымдары бар кабельдер үшін  $90 \text{ А} \cdot \text{с}^{-1/2}/\text{мм}^2$  тең);

$F$  – сым қиылысы,  $\text{мм}^2$ .

ААГ - 3х240 кабелі үшін:

$$I_{терм} = \frac{90 \cdot 240}{\sqrt{0,8 + 0,075 + 0,23}} = 20,548\text{кА}.$$

ААГ - 3х120 кабелі үшін:

$$I_{терм} = \frac{90 \cdot 120}{\sqrt{0,8 + 0,075 + 0,23}} = 10,274\text{кА}.$$

Желілік реакторды орнату талап етіледі, өйткені ток к.з. тогынан аз ( $I_{п.о.к-з} = 65,598 \text{ кА}$ ).

## 2.6 Желілік реакторды таңдау

Үш РҚ-ның жиынтық жүктемесі 12 МВт құрайды.

Қосарланған реактордағы әрбір тармаққа орташа жүктеме тиесілі:

$$I_{\text{раб.мах}} = \frac{P_{\text{НГНн}}}{2 \cdot N_p \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi}, \quad (2.91)$$

мұндағы  $P_{\text{НГНн}}$  - ТК желісі бойынша қуат;

$N_p$  - реакторлар саны;

$U_{\text{ном}}$  - ТК желісінің номиналдық кернеуі.

$$I_{\text{раб.мах}} = \frac{20000}{2 \cdot 6 \cdot \sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,85} = 113,21 \text{ А.}$$

РБСГ – 10-2х630-0,4У3/ Л-4 типіндегі реакторды таңдаймыз,  $5.15/ I_{\text{н}} = 630 \text{ А}$ ;  $P_{\text{к}} = 6,3 \text{ кВт}$ ;  $\kappa_{\text{св}} = 0,5$ ;  $I_{\text{терм.}} = 13 \text{ кА}$ ;  $I_{\text{эл.лин.}} = 33 \text{ кА}$  кесте.

Кабельге дейінгі талап етілетін тізбек қарсылығын анықтаймыз:

$$X_{\text{треб}} = \frac{U_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{терм}}}, \quad (2.92)$$

мұндағы  $I_{\text{терм.}}$  - кабель термиялық беріктігінің тогы (20,548 кА).

$$X_{\text{треб}} = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 20,548} = 0,281 \text{ Ом.}$$

Тізбектің реакторға дейінгі салдарлы қарсылығы:

$$X_{\text{рез}} = \frac{U_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{п.о.К-3}}}. \quad (2.93)$$

мұндағы  $I_{\text{п.о.К-3}}$  - К-3 (46,969 кА) нүктесіндегі к.з. тогының мерзімдік құраушысының мәні.

$$X_{\text{рез}} = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 46,969} = 0,123 \text{ Ом.}$$

Реактордың талап етілетін қарсылығы:

$$X_p = X_{\text{треб}} - X_{\text{рез}}, \quad (2.94)$$

$$X_p = 0,281 - 0,123 = 0,158 \text{ Ом.}$$

Таңдалған реактор шартты қанағаттандырады:

$$X_{p.\text{табл.}} \geq X_{p.\text{расч.}} \quad (2.95)$$

Реактор үшін мерзімдік құрауыштың нақты мәнін анықтаймыз:

$$I_{n.o.} = \frac{U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot X_{рез}'} \quad (2.96)$$

Мұндағы:

$$X_{рез}' = X_{p.\text{табл.}} + X_{рез}, \quad (2.97)$$

$$X_{рез} = 0,4 + 0,123 = 0,523 \text{ Ом.}$$

Сонда:

$$I_{n.o.} = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 0,523} = 11,04 \text{ кА.}$$

Реакторды үш фазалық қысқа тұйықталу режиміндегі электрдинамикалық беріктігін тексереміз:

$$i_{уд}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot K_{y\delta} \cdot I_{n.o.}, \quad (2.98)$$

$$i_{уд}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,904 \cdot 11,04 = 29,73 \text{ кА.}$$

мұндағы.  $K_{y\delta} = 1,904$  – реактормен қорғалған тармақтар үшін.

Таңдалған реактор электрдинамикалық беріктік шарты бойынша қолайлы, өйткені  $i_{уд}^{(3)} \geq i_{эл.дин.}$

Реакторды үш фазалы қысқа тұйықталу режиміндегі термиялық тұрақтығын тексереміз:

$$B_k = \left( \frac{i_{\max}}{2,54} \right)^2 \cdot t_T, \quad (2.99)$$

$$B_k = \left( \frac{33}{2,54} \right)^2 \cdot 8 = 1350,36 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

мұндағы  $t_T = 8$  сек. – термиялық ток әсерінің рұқсат берілетін уақыты (Л-4);

$$i_{\max} = i_{\text{дин.}} = 33 \text{ кА} - \text{термиялық беріктіктің шекті тогы};$$

$$B_{\text{к.расч.}} = I_{\text{п.о.}}^2 \cdot (t_{\text{откл}} + T_a) = (11,04)^2 \cdot (4 + 0,23) = 515,56 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Таңдалған реактор термиялық беріктік шарты бойынша қолайлы, өйткені  $i^{(3)}_{\text{уд.}} \geq i_{\text{эл.дин.}}$ , яғни  $1350,36 > 515,56$ .

РПН ( $x_{o(t=15^\circ \text{C})} = 0,081$  Ом/км,  $r_{o(t=15^\circ \text{C})} = 0,258$  Ом/км) дейін кабель қарсылығын ескере отырып, РПН үшін кабельдің термиялық беріктігін тексереміз:

$$x_{\text{КЛ}} = 0,081 \cdot 2,5 / 2 = 0,101 \text{ Ом},$$

$$r_{\text{КЛ}} = 0,258 \cdot 2,5 / 2 = 0,323 \text{ Ом},$$

$$X_{\text{рез}}'' = X_{\text{рез}} + X_p + X_{\text{КЛ}}, \quad (2.100)$$

$$X_{\text{рез}}'' = 0,123 + 0,4 + 0,101 = 0,624 \text{ Ом},$$

$$I_{\text{n.o.}} = \frac{U_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{X_{\text{рез}}''^2 + r_{\text{КЛ}}^2}} < I_{\text{терм.}} \quad (2.101)$$

$$I_{\text{n.o.}} = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(0,624)^2 + (0,323)^2}} = 8,22 \text{ кА} < I_{\text{терм.}} \quad (2.102)$$

Кабель РПН үшін термиялық беріктігі бойынша қолайлы.  
Реактор үшін КЗ кезіндегі ТК ТҚ шиналарындағы қалдықты кернеу:

$$U_{\text{ост.}\%} = X_p \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot I_{\text{п.о.}} \cdot 100}{U_{\text{ном}}}, \quad (2.103)$$

$$U_{\text{ост.}\%} = 0,4 \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot 11,04 \cdot 100}{10} = 76,49\% < 100\%$$

Қалыпты режимде  $I_{раб.мах}$  өткен кездегі кернеу шығыны:

$$\Delta U_{p\%} = X_p \cdot (1 - k_{св}) \frac{\sqrt{3} \cdot I_{раб.мах} \cdot 100}{U_{НОМ}} \cdot \sin \varphi < 2 \%,$$

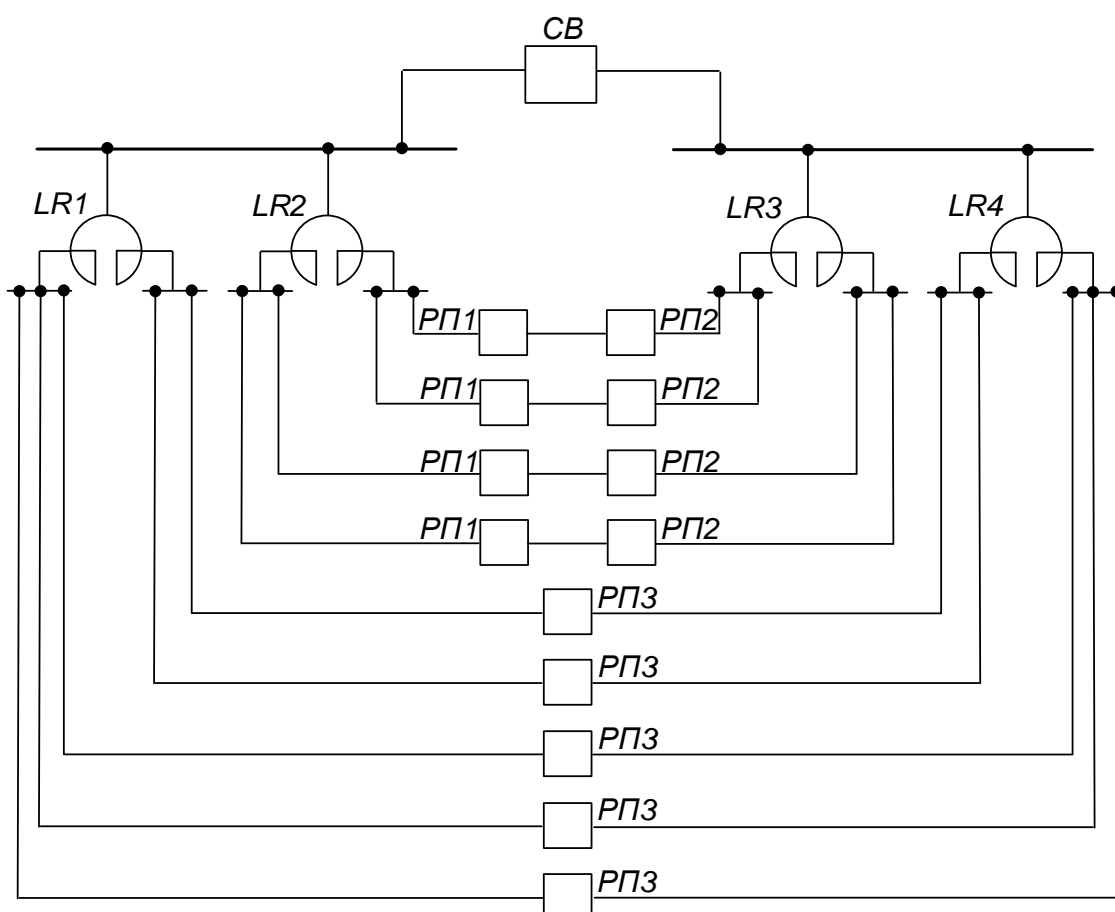
мұндағы  $K_{св} = 0,5$  – байланыс коэффициенті;

$I_{раб.мах} = 113,21$  А – ең жоғарғы жұмыс тогы.

$\cos \varphi = 0,85 \Rightarrow \sin \varphi = 0,527$

$$\Delta U_{p\%} = 0,4 \cdot (1 - 0,5) \frac{\sqrt{3} \cdot 113,21 \cdot 100}{10000} \cdot 0,527 = 0,2067\% < 2 \%$$

Реактор дұрыс таңдалды.



2.12 – сурет - 10 кВ тораптағы реактивті желілің сұлбасы

## 2.7 Сұлба мен өзіндік қажеттілік трансформаторын таңдау

Электрлі қосалқы станциялардағы өзіндік қажеттілік (ӨҚ) көздері қайталама қондырғыларда қуаттау үшін қызмет етеді. Оларға қорғаныстың, автоматика мен телемеханиканың, қашықтықтан басқару аппаратурасының, апаттық және ескерту сигнализациясының жедел тізбегі жатады. Станцияның қалыпты жұмысы бұзылған кезде жеке қажеттіліктер көзі, сондай-ақ апаттық жарықтандыру, жедел байланыс пен аса жауапты ЖҚ механизмдері үшін қолданылады, мысалы, жұмысқа қабілетті күйде қондырғының сақталуын қамтамасыз ететін реттеу, майлау және синхронды компенсаторлар жүйесінің апаттық май сорғылары үшін.

Өзіндік қажеттілік көздерінен көтеріңкі сенімділік талап етіледі, олардың қуаты ең ауыр апаттар кезінде қайталама қондырғылар жұмысы үшін жеткілікті болуы тиіс, ал кернеу жоғары тұрақтылықпен ерекшеленуі қажет. Көтеріңкі сенімділік талаптары өзіндік қажеттілік пен тарату желілерінің көздерін резервтеу қажеттігіне алып келеді.

Кернеуі 35 – 750 кВ барлық екі трансформаторлық ҚС-та екі ТСН қолданылады: біреуі жұмыс, екіншісі резервтік.

ТСН қуатын анықтаймыз:

$$S_{ТСН} = \frac{P_{ТСН}}{\cos \varphi \cdot K_{п}}. \quad (2.104)$$

мұндағы  $P_{ТСН} = 320$  кВт – өзіндік қажеттіліктің ең жоғарғы қуаты (бастапқы мәліметтерден).

$$S_{ТСН} = \frac{320}{0,85 \cdot 1,4} = 268,91 \text{кВ} \cdot \text{А}.$$

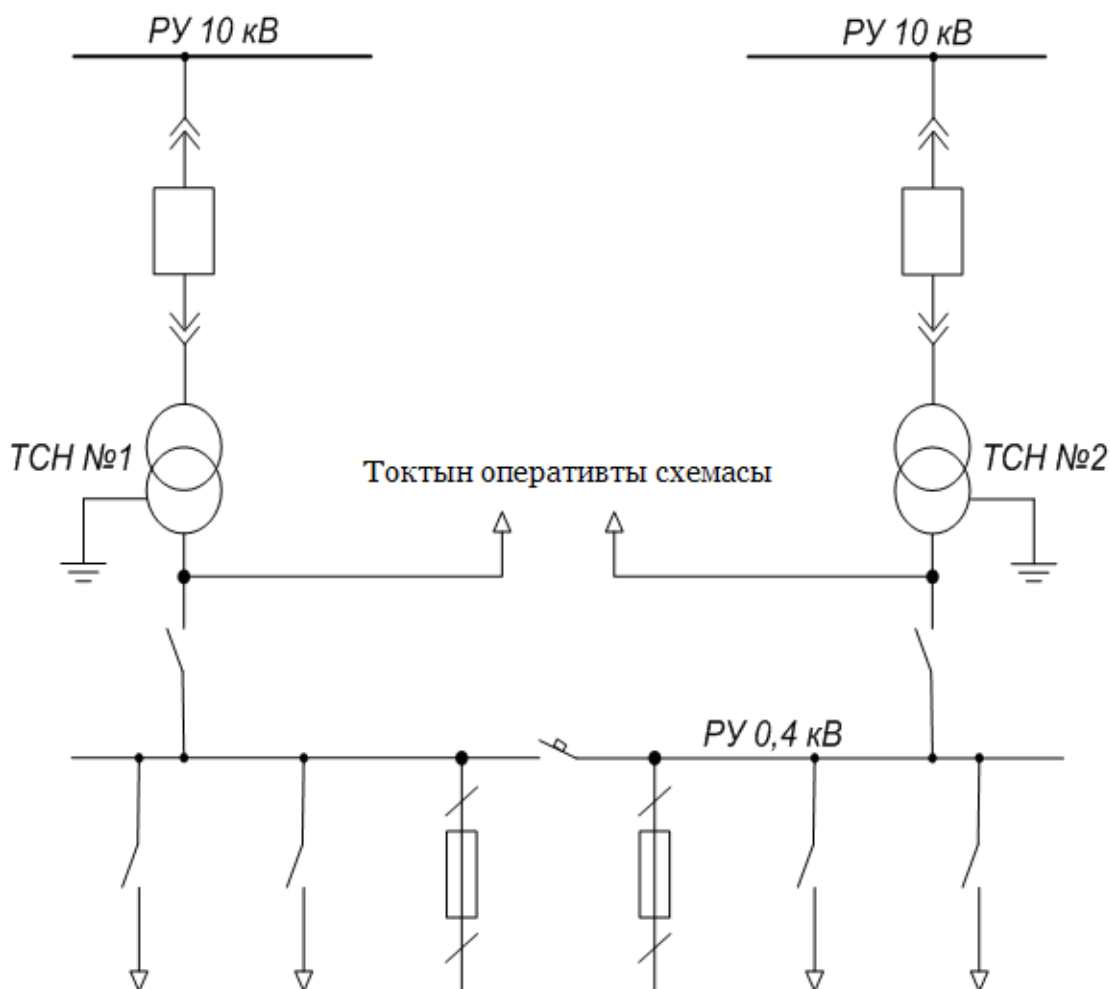
Алынған мәліметтер бойынша ТМ-400/10 типіндегі өзіндік қажеттіліктегі 2 трансформаторды таңдаймыз:

### 2.2 – кесте – ОК трансформаторының техникалық мәліметтері

Типі	$S_{ном},$ кВ·А	Кернеу, кВ		ШЫҒЫН, кВт		$U_k, \%$	$I_x, \%$
		ВН	НН	$P_x$	$P_k$		
ТМ-400/10	400	10	0,4	1,08	5,9	4,5	3,0

ТМ-400/10 – үш фазалы трансформатор, салқындату жүйесі – ауа мен майдың табиғи циркуляциясы бар, екі орамды, номиналдық қуаты - 400 кВ·А, ЖҚ орамы кернеуінің класы – 10 кВ.

Қосалқы станциялардың өзіндік қажеттілігінің сұлбасы 13-суретте берілген.



2.13 – сурет - Өзіндік қажеттілік сұлбасы

## 2.8 Тарату құрылғыларының сұлбасын таңдау

ТҚ сұлба таңдау кезінде оның мынадай параметрлері ескеріледі:

- электр сұлбасының жұмыс шарттары мен күтілетін нәтижелерге сәйкестігі;

- сұлбалардың қарапайымдылығы мен көрнекілігі; режим өзгерісімен байланысты қайта қосылулардың ең аз саны; қондырғы режимін бұзбай, жөндеусіз электр қондырғысының қолжетімділігі;

- электр бөлігі ғимаратының ыңғайлылығы мен автоматтандыру мүмкіндігі;

- сенімділіктің жеткілікті экономикалық ақталған деңгейі.

Тарату құрылғыларының сұлбасы төменде берілген.

ЖК ТҚ үшін төртбұрышты сұлбасы таңдаймыз.

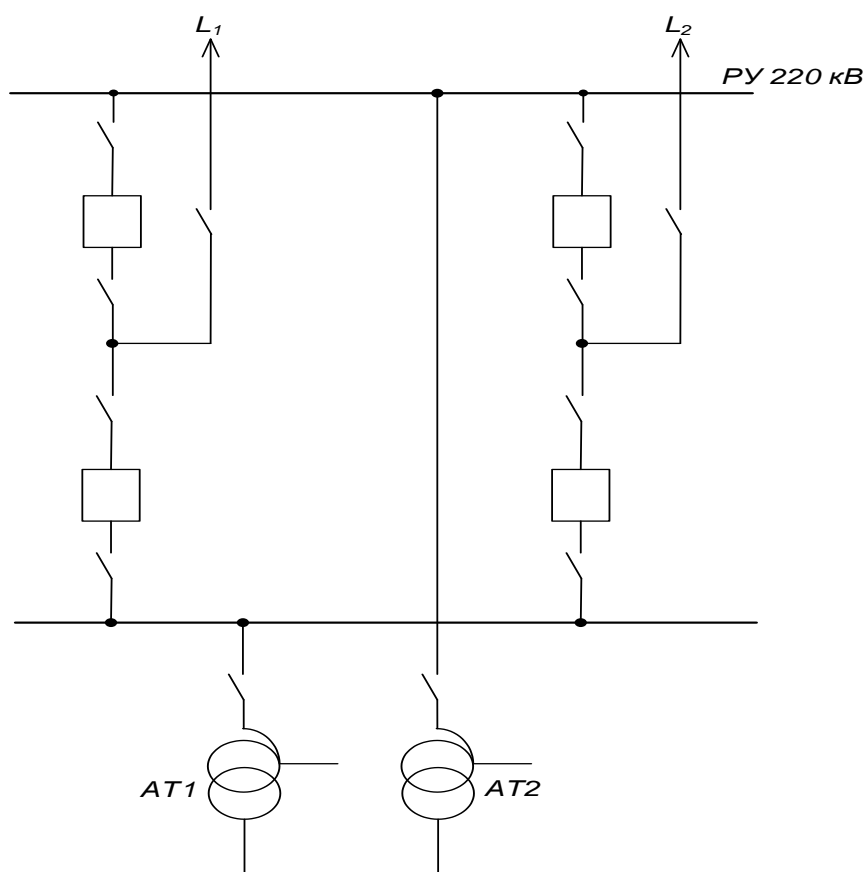
Сұлбаның артықшылықтары:



- 1) үнемділік;
- 2) оның элементтерінің жұмысын бұзбай, кез-келген ажыратқышқа сынақ пен тексеріс жүргізуге мүмкіндік береді;
- 3) жоғары сенімділік, алайда ол бүгілген шеңберде азаяды, сондықтан желідегі немесе трансформатордағы резервтік қорғанысты ажыратқаннан кейін осы тізбектегі айырғыш пен ажыратқышты айыру қажет;
- 4) сонымен қатар сұлбада, егер бұл техникалық-экономикалық көрсеткіштерге негізделсе, айырғыштарды орнату ықтимал;
- 5) ажыратқыштардың жоғары сенімділігімен пайдаланылуы тек жөндеу жұмыстарында ғана ықтимал.

Сұлбаның кемшілігі:

- 1) шеңберді тұйықтау, мысалы ажыратқышты жөндеу кезінде сыртқы тұйықталу зақымдалған тармақпен бірге көрші зақымдалмаған тармақты ажыратуға алып келуі мүмкін.



**2.14 – сурет - ЖК ТҚ сұлбасы – төртбұрыш**

ОК ТҚ үшін екі жұмыс сұлбасы мен шинаның бір қарау жүйесі мен қарау ажыратқышы бар сұлбаны таңдаймыз.

Екі жұмыс және бір қарау жүйесі бар шина сұлбасының артықшылықтары:

- 1) Шина қосатын ажыратқыштардың болуы шиналар жүйелері арасында қайта қосуларды еркін бөлуді жүргізуге мүмкіндік береді, сонымен қатар пайдаланудың әртүрлі нұсқалары жасалады;

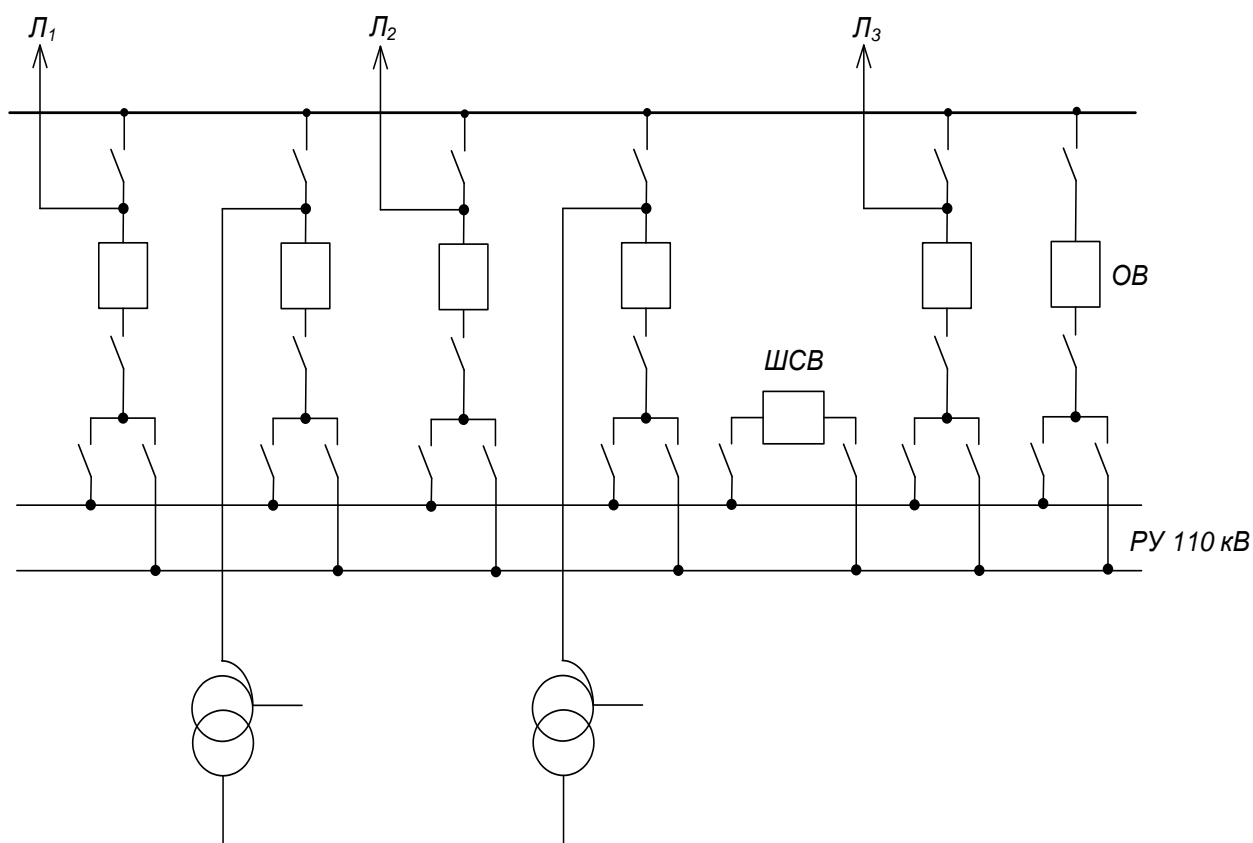
2) шинаның зақымдалмаған жүйесіне қайта қосу арқылы секциялардың бірінде қысқа тұйықталу кезінде қайта қосу қуат көзін жедел қалпына келтіру мүмкіндігі;

3) шинаның жөнделуін жеңілдету.

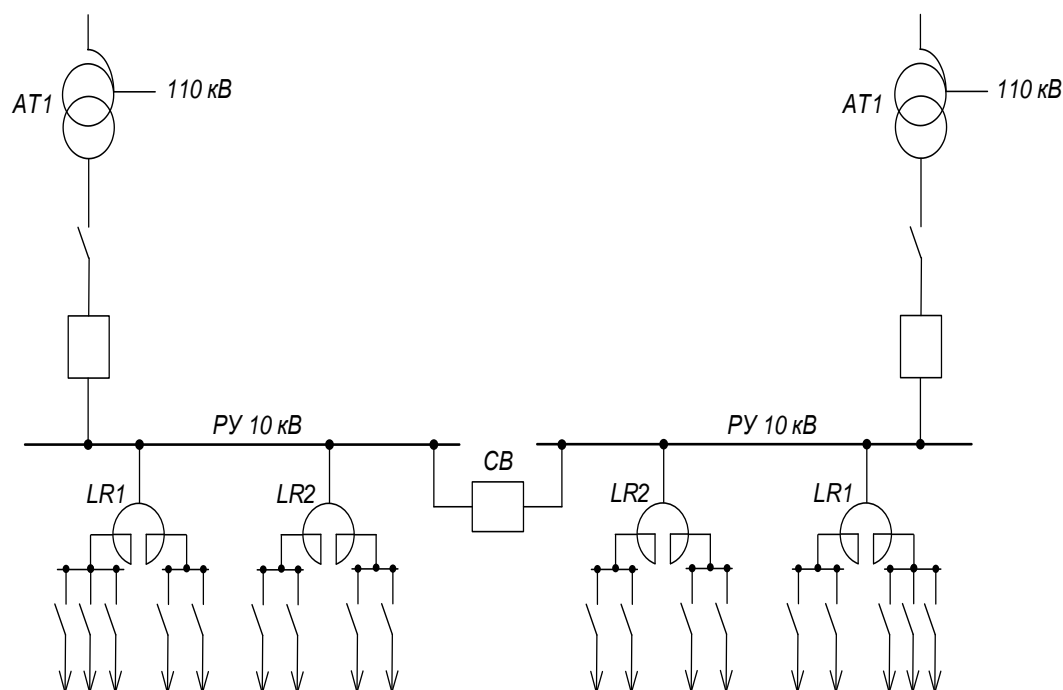
Сұлбаның кемшілігі:

1) шиналар жүйесінің біріндегі жөндеу кезінде қондырғының қалыпты жұмысы екі жүйеде де бұзылады, тиісінше осы уақытта оның сенімділігі төмендейді;

2) шинаны қосу ажыратқышындағы тұйықталу кезінде шинаның екі жүйесі де ажыратылады.



**2.15 – сурет - ОК ТҚ сұлбасы – шинаның екі жұмыс және бір қарау жүйесі және екі қарау ажыратқышы бар**



2.16 – сурет - ТК ТК сұлбасы

## 2.9 Аппараттар мен ток жүретін бөліктерді таңдау

Аппараттарды, шиналарды, кабельдер мен ТК басқа элементтерін таңдаған кезде олардың параметрлерінің ұзақ жұмысқа және пайдалануда туындайтын қысқа мерзімді апаттық режимдерге сәйкестігіне тексеріс жүргізу аса маңызды.

Сонымен қатар ТК жұмысының сыртқы жағдайларын (ылғалдылық, ауаның, қоршаған ортаның ластануы, теңіз деңгейінен биіктігі және т.б.) ескерген жөн, өйткені осы жағдайлар жоғары сенімділікке ие арнайы орындалған қондырғыны орнатуды талап етуі мүмкін.

Жұмыс (ұзақ) режимінің шарттарына сәйкес келуі тиіс қондырғының негізгі параметрлері номиналдық ток пен кернеу болып табылады.

Аппараттардың, шиналардың, кабельдердің номиналдық кернеуі қондырғы кернеуіне сәйкес болуы тиіс олардың оқшаулану деңгейін анықтайды.

Аппараттың ток жүретін бөліктері мен ТК басқа элементтерінің қимасы  $j_s$  тогының экономикалық тығыздығы және жұмыс режиміндегі қыздыру бойынша таңдалады.

Қысқа тұйықталудың есептеу түрі үшін термиялық және динамикалық беріктікке ТК аппараттары мен ток жүру бөліктерін тексеру кезінде үш фазалы қысқа тұйықталу қабылдайды.

### 2.9.1 ЖК торабындағы ажыратқыштар мен айырғыштарды таңдау.

Ажыратқыш – бұл желі тогындағы жалпы коммутацияны ажыратуға арналған коммутациялық аппарат.

Ажыратқыш электр қондырғыларындағы негізгі аппарат болып табылады, ол кез-келген режимдегі тізбекті ажырату мен қосу үшін қызмет етеді: ұзақ жүктеме, артық жүктеме, қысқа тұйықталу, бос жүру, үйлесімсіз жұмыс.

Ең ауыр және жауапты операция орын алған қысқа тұйықталудағы КЗ токтарын ажырату мен қосу болып табылады.

1) Ең жоғары токты анықтаймыз:

$$I_{\max} = \frac{S_{\max}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ВН}}}, \quad (2.105)$$

$$I_{\max} = \frac{181470}{\sqrt{3} \cdot 220} = 476,25 \text{ A.}$$

мұндағы  $S_{\max}$  – жұмыстың апаттық және қалыпты режимінде ТҚ 220 кВ (біздің мысалда бұл автотрансформатор) қатты жүктелген қосылыстың толық қуаты.

$I_{\text{ном}} \geq I_{\max}$  шарты бойынша параметрі  $I_{\text{ном}} = 2500 \text{ A}$ ;  $I_{\text{ном.откл}} = 40 \text{ кА}$ ;  $i_{\text{дин}} = 52 \text{ кА}$ ;  $t_{\text{откл}} = 0,08 \text{ сек}$ ;  $I_{\text{T}} = 20 \text{ кА}$  ВГТ-220-40/2500-УХЛ1 типіндегі ажыратқышты таңдаймыз.

Қалған есептік параметрлер 2.3-кестеде көрсетілген.

**2.3 – кесте – ЖК торабындағы ажыратқыштар мен айырғыштардың техникалық сипаттамасы.**

Есептік мәліметтер	Каталогтік мәліметтер	
	Ажыратқыш ВГТ-220-40/2500	Айырғыш РНДЗ.1-220/1000У1
$U_{\text{уст}} = 220 \text{ кВ}$	$U_{\text{н}} = 220 \text{ КВ}$	$U_{\text{н}} = 220 \text{ кВ}$
$I_{\max} = 476,25 \text{ A}$	$I_{\text{н}} = 2500 \text{ A}$	$I_{\text{н}} = 1000 \text{ A}$
$I_{\text{нт}} = 4,593 \text{ кА}$	$I_{\text{отк.ном}} = 40 \text{ Ка}$	—
$i_{\text{ат}} = 1,31 \text{ кА}$	$i_{\text{а.ном}} = \sqrt{2} \cdot \beta_{\text{н}} \cdot I_{\text{отк.ном}} = 5,66 \text{ кА}$	—
$\sqrt{2} \cdot I_{\text{нт}} + i_{\text{ат}} = 7,8 \text{ кА}$	$\sqrt{2} \cdot I_{\text{отк.ном}} (1 + \beta_{\text{н}}) = 33,94 \text{ кА}$	—
$I_{\text{но}} = 4,593 \text{ кА}$	$I_{\text{пр.с.}} = 20 \text{ кА}$	—
$i_{\text{у}} = 11,813 \text{ кА}$	$i_{\text{пр.с.}} = 52 \text{ кА}$	$i_{\text{пр.с.}} = 100 \text{ кА}$
$B_{\text{к}} = 19,62 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{\text{T}}^2 \cdot t = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{\text{T}}^2 \cdot t = 4800 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

6-кестеден көрініп тұрғандай, барлық шарттар тиісінше сақталды, ажыратқыш пен айырғыш дұрыс таңдалды.

ВГТ-220-40/2500УХЛ1 – ішкі қондырғының ажыратқышы, ауалық, қауғалық, номиналдық кернеуі 220 кВ, Б оқшаулау санатындағы, номиналдық тогы 2500А, номиналдық ажырату тогы 40 кА, ашық ауадағы қалыпты және суық климатты аудандардағы жұмысқа арналған.

РНДЗ.1-220/1000У1 – сыртқы қондырғы айырғышы, екі бағанды, жерге тұйықтау пышақтарының саны – 1, номиналдық кернеуі 220 кВ, номиналдық тогы 1000А, ашық ауадағы қалыпты климаттағы аудандардағы жұмысқа арналған.

2.9.2 ОК торабындағы ажыратқыштар мен айырғыштарды таңдау.

1) Ең жоғары токты анықтаймыз:

$$I_{\max} = \frac{S_{\max}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ВН}}}; \quad (2.106)$$

$$I_{\max} = \frac{165000}{\sqrt{3} \cdot 110} = 866,05 \text{ А}.$$

$I_{\text{ном}} \geq I_{\max}$  шарты бойынша параметрі  $I_{\text{ном}} = 1250 \text{ А}$ ;  $I_{\text{ном.откл}} = 25 \text{ кА}$ ;  $i_{\text{дин}} = 65 \text{ кА}$ ;  $t_{\text{откл}} = 0,06 \text{ сек}$ ;  $I_{\text{T}} = 25 \text{ кА}$  ЛТВ-145D1/В типіндегі ажыратқышты таңдаймыз.

Қалған есептеу параметрлері 2.4-кестеде көрсетілген.

#### 2.4 – кесте – ОК торабындағы ажыратқыштар мен айырғыштардың техникалық сипаттамасы

Есептік мәліметтер	Каталогтік мәліметтер	
	Ажыратқыш ВМТ-110Б-25/1250УХЛ1	Айырғыш РНДЗ.1-110/1000У1
$U_{\text{уст}} = 110 \text{ кВ}$	$U_{\text{н}} = 110 \text{ кВ}$	$U_{\text{н}} = 110 \text{ кВ}$
$I_{\max} = 866,05 \text{ А}$	$I_{\text{н}} = 3150 \text{ А}$	$I_{\text{н}} = 1000 \text{ А}$
$I_{\text{нт}} = 7,268 \text{ кА}$	$I_{\text{отк.ном}} = 31,5 \text{ кА}$	—
$i_{\text{ат}} = 3,10 \text{ кА}$	$i_{\text{а.ном}} = \sqrt{2} \cdot \beta_{\text{н}} \cdot I_{\text{отк.ном}} = 7,07 \text{ кА}$	—
$\sqrt{2} \cdot I_{\text{нт}} + i_{\text{ат}} = 10,37 \text{ кА}$	$\sqrt{2} \cdot I_{\text{отк.ном}} (1 + \beta_{\text{н}}) = 42,43 \text{ кА}$	—
$I_{\text{но}} = 7,268 \text{ кА}$	$I_{\text{пр.с.}} = 25 \text{ кА}$	—
$i_{\text{y}} = 18,694 \text{ кА}$	$i_{\text{пр.с.}} = 65 \text{ кА}$	$i_{\text{пр.с.}} = 80 \text{ кА}$
$B_{\text{к}} = 48,07 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{\text{T}}^2 \cdot t = 1875 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{\text{T}}^2 \cdot t = 2976,75 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

7-кестеден көрініп тұрғандай, барлық шарттар тиісінше сақталды, ажыратқыш пен айырғыш дұрыс таңдалды.

ЛТВ-145D1/В – вакумды элегазды, үш полюсті ажыратқыш, номиналдық кернеуі 110 кВ, Б оқшаулау санатындағы, номиналдық тогы 3150А,

номиналдық ажырату тогы 31,5 кА, ашық ауадағы қалыпты және суық климатты аудандардағы жұмысқа арналған.

РНДЗ.1-110/1000У1 – сыртқы қондырғы айырғышы, екі бағанды, жерге тұйықтау пышақтарының саны – 1, номиналдық кернеуі 110 кВ, номиналдық тогы 1000А, ашық ауадағы қалыпты климаттағы аудандардағы жұмысқа арналған.

2.9.3 ТК торабындағы ажыратқыштар мен айырғыштарды таңдау.

1) Ең жоғарғы токты анықтаймыз:

$$I_{\max} = \frac{S_{\max}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ВН}}}, \quad (2.107)$$

$$I_{\max} = \frac{23530}{\sqrt{3} \cdot 10} = 1358,55 \text{ А.}$$

$I_{\text{НОМ}} \geq I_{\max}$  шарты бойынша параметрі  $I_{\text{НОМ}} = 5000 \text{ А}$ ;  $I_{\text{НОМ.ОТКЛ}} = 58 \text{ кА}$ ;  $i_{\text{ДИН}} = 170 \text{ кА}$ ;  $t_{\text{ОТКЛ}} = 0,15 \text{ сек}$ ;  $I_{\text{T}} = 64 \text{ кА}$  ВВ/TEL-10-25/1600У2 типіндегі ажыратқышты таңдаймыз.

Қалған есептік параметрлер 2.5-кестеде көрсетілген.

## 2.5 – кесте – ТК торабындағы ажыратқыштар мен айырғыштардың техникалық сипаттамасы

Есептік мәліметтер	Каталогтік мәліметтер	
	Ажыратқыш ВВ/TEL-10-25/1600У2	Айырғыш РВРЗ-2-10/2500У3
$U_{\text{уст}} = 10 \text{ КВ}$	$U_{\text{н}} = 10 \text{ КВ}$	$U_{\text{н}} = 10 \text{ КВ}$
$I_{\max} = 1358,55 \text{ А}$	$I_{\text{н}} = 1600 \text{ А}$	$I_{\text{н}} = 2500 \text{ А}$
$i_{\text{ат}} = 5,45 \text{ кА}$	$i_{\text{а.НОМ}} = \sqrt{2} \cdot \beta_{\text{н}} \cdot I_{\text{ОТК.НОМ}} = 16,40 \text{ кА}$	—
$\sqrt{2} \cdot I_{\text{нт}} + i_{\text{ат}} = 71,87 \text{ кА}$	$\sqrt{2} \cdot I_{\text{ОТК.НОМ}} (1 + \beta_{\text{н}}) = 98,43 \text{ кА}$	—
$I_{\text{по}} = 46,969 \text{ кА}$	$I_{\text{пр.с.}} = 58 \text{ кА}$	—
$i_{\text{y}} = 122,63 \text{ кА}$	$i_{\text{пр.с.}} = 170 \text{ кА}$	$i_{\text{пр.с.}} = 125 \text{ кА}$
$B_{\text{к}} = 1125,10 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{\text{T}}^2 \cdot t = 16384 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{\text{T}}^2 \cdot t = 2025 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

8-кестеден көрініп тұрғандай, барлық шарттар тиісінше сақталды, ажыратқыш пен айырғыш дұрыс таңдалды.

ВВ/TEL-10-25/1600У2 – майлы, үш фазалы ажыратқыш, номиналдық кернеуі 110 кВ, Б оқшаулау санатындағы, номиналдық тогы 1600А, номиналдық ажырату тогы 25 кА, ашық ауадағы қалыпты және суық климатты аудандардағы жұмысқа арналған.

РВРЗ-2-10/2500УЗ – сыртқы қондырғы айырғышы, екі бағаналы, жерге тұйықтау пышақтарының саны – 2, номиналдық кернеуі 10 кВ, номиналдық тогы 2500А, ауаның табиғи циркуляциясы бар жабық жайдағы қалыпты климаттағы аудандардағы жұмысқа арналған.

## 2.10 Тарату құрылғыларының шиналарын таңдау

Қалыпты режим тогы ең қолайсыз пайдалану режимі кезінде шиналар бойынша токтың бөлінуін ескере отырып анықталады. Әдетте құрама шиналар секциялық және шина қосатын ажыратқыштар бойынша өтетін ток осы шиналарға қосылған ең қуатты  $I_{\max}$  трансформатордан аспайды.

Өткізгіштің термиялық беріктігінің өлшемі КЗ токтары мен оны қыздырудың жол берілетін температурасы немесе өткізгіштің ең төменгі қиылысы болып табылады. Сондықтан өткізгіш пен аппаратты, егер оның температурасы КЗ процесінде жол берілетін шамалардан аспаса, термиялық тұрақты болып саналады. Шина қиылысын таңдау қыздыру (жол берілетін ток бойынша) бойынша жүргізіледі. Шиналардың термиялық беріктігі тексеріледі. Өткізгіштердің термиялық беріктігін талдауды оңайлату үшін  $q_{\min}$  өткізгіштің ең төменгі қимасының түсінігі жиі пайдаланылады.

Өткізгіштің қысқа тұйықталуы кезінде оның термиялық беріктігінің талаптарына жауап беретін ең төменгі қимасы, өйткені осындай қиылыс КЗ тогы берілген кезде қысқа мерзімді жол берілген температураға дейін қыздыруды тудырады.

### 2.10.1 ЖК ТҚ шиналарын таңдау.

Қысқа тұйықталудан ерекшеленетін апаттық режимде ЖК ТҚ шиналары бойынша өтетін ең жоғары ток:  $I_{\max} = 476,25A$ .

ТӘЖ, АС-240/32 ( $d_{\text{нар.}} = 21,6$  мм;  $I_{\text{доп.}} = 605$  А) маркалы өткізгіш шарты бойынша жол берілетінде қабылдаймыз. Шиналардың айқастырмасына тексеру жүргізілмейді, өйткені:

$$S_{\text{п.о.}} = I_{\text{п.о.К-1}} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ср}}, \quad (2.108)$$

$$S_{\text{п.о.}} = 4,593 \cdot \sqrt{3} \cdot 230 = 1829,72 \text{ МВ} \cdot \text{А} < 8000 \text{ МВ} \cdot \text{А}.$$

### 2.10.2 ОК ТҚ шиналарын таңдау.

Қысқа тұйықталудан ерекшеленетін апаттық режимде ОК ТҚ шиналары бойынша өтетін ең жоғары ток:  $I_{\max} = 866,05A$ .

ТӘЖ, АС-500/27 ( $d_{\text{нар.}} = 29,4$  мм;  $I_{\text{доп.}} = 960$  А) маркалы өткізгіш шарты бойынша жол берілетінде қабылдаймыз. Шиналардың айқастырмасына тексеру жүргізілмейді, өйткені:

$$S_{\text{п.о.}} = I_{\text{п.о.К-1}} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ср}}, \quad (2.109)$$

$$S_{\text{п.о.}} = 7,268 \cdot \sqrt{3} \cdot 115 = 1447,68 \text{ MB} \cdot A < 8000 \text{ MB} \cdot A.$$

### 2.10.3 ТК ТК шиналарын таңдау.

Қысқа тұйықталудан ерекшеленетін апаттық режимде ТК ТК шиналары бойынша өтетін ең жоғары ток:  $I_{\text{max}} = 1358,55 \text{ A}$ .

Қорапты қимасындағы алюминий  $2 \cdot (75 \times 35 \times 5,5)$  биіктігі  $h=75$  мм, сөресінің ені  $a = 35$  мм, сөресінің ұзындығы  $b = 5,5$  мм,  $W_{Y_0-Y_0} = 30,1 \text{ см}^3$ ;  $W_{Y-Y} = 3,17 \text{ см}^3$ ;  $W_{X-X} = 14,1 \text{ см}^3$ ;  $I_{\text{доп.}} = 2670 \text{ A}$ ;  $I_{\text{max}} = 1358,55 < I_{\text{доп.}} = 2670$  шинаны қабылдаймыз.

а) Шинаның термиялық беріктігін тексереміз:

8-кесте мәліметтері бойынша:  $B_K = 1125,10 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ .

КЗ дейінгі шина температурасын анықтаймыз:

$$\theta_n = \theta_0 + (\theta_{\text{доп}} - \theta_{0,\text{ном}}) \cdot \left( \frac{I_{\text{max}}}{I_{\text{доп}}} \right)^2, \quad (2.110)$$

$$\theta_n = 30 + (70 - 25) \cdot \left( \frac{1358,55}{2670} \right)^2 = 41,65^\circ \text{ C}.$$

Қисық бойынша табамыз  $f_n = 70^\circ \text{ C}$ .

$$f_K = f_n + k \cdot \frac{B_K}{q^2}, \quad (2.111)$$

$$f_K = 70 + 1,054 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1125,10 \cdot 10^6}{(2 \cdot 695)^2} = 76,14^\circ \text{ C}.$$

мұндағы  $k = 1,054 \cdot 10^{-2}$ ,  $\theta_n = 100^\circ \text{ C}$ , бұл А1 шинасы  $200^\circ \text{ C}$  үшін жол берілетін температурадан едәуір аз.

б) Механикалық беріктікке тексеру:

Көлбеу жазықтағы шина конструкцияларының ықпалдастығы кезінде конструкциялардың жеке ауытқуларының жиілігін анықтаймыз (құрама шиналардың  $ax = ay = 0,8$  м фазалары мен  $\lambda = 1,5$  м ойығының арасындағы қашықтықта тікбұрышты үшбұрыштың төбесінде орналасатындығын болжаймыз):



$$f_0 = \frac{173,2}{\lambda^2} \cdot \sqrt{\frac{J}{q}}, \quad (2.112)$$

$$f_0 = \frac{173,2}{(1,5)^2} \cdot \sqrt{\frac{113}{2 \cdot 6,95}} = 219,5 \text{ Гц.}$$

мұндағы  $J$  – июші күштің перпендикуляр бағытындағы оське қатысты шинаның көлденең қиылысы инерциясының сәті, ( $113 \text{ см}^4$ ).

Өйткені  $f_0 > 200 \text{ Гц}$ , онда есептік шина конструкциясындағы ауытқу процесін ескермей жүргізуге болады.

$i_{y.K-3} = 122,63 \text{ кА ГРУ}$  шиналарындағы соққы ток, онда:

$$\sigma_{\phi.\max} = 2,2 \cdot \frac{i_y^2 \cdot \lambda^2}{a \cdot W_{y_0-y_0}}, \quad (2.113)$$

$$\sigma_{\phi.\max} = 2,2 \cdot \frac{(122,63)^2 \cdot (1,5)^2 \cdot 10^{-2}}{0,8 \cdot 30,1} = 30,91 \text{ МПа.}$$

Швеллерлер арасындағы әрекеттескіш күш:

$$f_k = 0,5 \cdot \frac{i_y^2}{h} \cdot 10^{-7}, \quad (2.114)$$

$$f_k = 0,5 \cdot \frac{(122630)^2}{0,075} \cdot 10^{-7} = 10025 \text{ Н / м.}$$

$W_n = W_{y-y} = 3,17 \text{ см}^3$  и  $\sigma_{дон} = 82,3 \text{ МПа}$  қабылдай отырып /Л-4, 7.6-кесте/, швеллерлер дәнекерленген орындар арасындағы ең жоғары қашықтықты анықтаймыз:

$$\lambda_{\max} = \sqrt{\frac{12 \cdot (\sigma_{дон} - \sigma_{\phi}) \cdot W_{II}}{f_{II}}}, \quad (2.115)$$

$$\lambda_{\max} = \sqrt{\frac{12 \cdot (82,3 - 30,91) \cdot 3,17}{10025}} = 0,442 \text{ м.}$$

$\lambda_{II} = 0,45 \text{ м}$  қабылдаймыз, яғни қорапты шина швеллерлері ойықтағы әрбір 45 см арқылы оқшаулағышты бекітетін жерде дәнекерленуі тиіс.

## 2.11 Ток пен кернеуді өлшеу трансформаторларын таңдау

Токты өлшеу трансформаторлары бастапқы токты өлшеу аспаптары мен реле үшін ең ыңғайлы мәндерге дейін азайтуға, сондай-ақ өлшеу және қорғау тізбектерін жоғары кернеудегі бастапқы тізбектерден ажыратуға арналған.

Кернеуді өлшеу трансформаторлары – бұл өлшеу аспаптары, құрылғылар, релелік қорғаныс пен автоматика үшін бастапқы тізбектер кернеуінің стандарттарына өзгерту аппараты. Трансформатор кернеуі қайталама ораудың бос жүріс режиміне жақын режимде қалыпты жұмыс істейді.

### 2.11.1 ЖК кернеуіндегі трансформаторды таңдау.

#### 1) Қондырғы кернеуі бойынша:

$$U_{уст} \leq U_{ном}. \quad (2.116)$$

Параметрі  $U_{ВН} = 220 / \sqrt{3}кВ; U_{НН} = 100В$  НКФ-220-58У1 типіндегі кернеу трансформаторын таңдаймыз.

#### 2) Конструкциялар мен орамдарды қосу сұлбасы бойынша:

«1/1/1-0-0» сұлбасы бойынша орындалған үш орамды трансформатор;

#### 3) Дәлдік класы бойынша: 0,5

#### 4) Қайталама жүктемесі бойынша:

$$S_{2\Sigma} \leq S_{ном} \quad (2.117)$$

мұндағы  $S_{ном}$  – дәлдіктің таңдалған класындағы номиналдық қуат;

$S_{2\Sigma}$  - кернеу трансформаторына қосылған барлық өлшеу аспаптары мен реле жүктемесі мына формула бойынша анықталады.

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{P_{приб}^2 + Q_{приб}^2}. \quad (2.118)$$

мұндағы  $P_{приб}$  және  $Q_{приб}$  – аспаптардың активті және реактивті жүктемесі.

Кернеу трансформаторының екінші тізбегіне қосылғанда:

- Э-350 (дәлдік кл. - 1,5;  $S_{ном}=3 В \cdot А$ ) типіндегі үш фазалы кернеуді өлшеуге арналған вольтметр;

- (дәлдік кл. - 1,5;  $S_{ном}=2В \cdot А$ ) Н-393 типіндегі тіркеуші вольтметр

Сонда

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{(3+2)^2} = 5В \cdot А \leq 400В \cdot А.$$

0,5  $S_{ном} = 400 В \cdot А$  дәлдік класындағы таңдалған трансформатор үшін, яғни өлшеу трансформаторы дәлдіктің таңдалған класында жұмыс істейтін болады.

### 2.11.2 ЖК тогы трансформаторын таңдау.

1) Кернеу бойынша:

$$U_{уст} \leq U_{ном} \quad (2.119)$$

ТФЗМ-220Б-IV У1 типіндегі ток трансформаторын таңдаймыз /Л-4, 5.9-кесте/ ( $k_{эд} = 35$ ;  $k_m = 20$ ;  $I_{тер} = 9,8кА$ ;  $t_{тер} = 3 с$ ;  $I_{1ном} = 500 А$ ;  $I_{2ном} = 5 А$ ; дәлдік класы 1,5;  $z_{2ном} = 1,2 Ом$ ), яғни  $220кВ \leq U_{ном} = 220кВ$ ;

ТФЗМ-220Б-IV У1 – фарфорлық оқшаулағышы, буындық типтегі орамасы бар, май толтырылған, номиналдық кернеуі 220 кВ, Б – ағу жолының ұзындығы бойынша сыртқы оқшаулау категориясы, IV – конструкциялық нұсқасы немесе габариттік белгілеу ашық ауадағы қалыпты климаттағы аудандардағы жұмысқа арналған.

2) Ток бойынша:

$$I_{норм} \leq I_{ном} \quad (2.120)$$

$$I_{max} \leq I_{ном} \quad (2.121)$$

$$I_{max} = k_{эд} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{1ном}, \quad (2.122)$$

$$I_{max} = 35 \cdot \sqrt{2} \cdot 500 = 24,75кА,$$

$$(k_T \cdot I_{1ном})^2 \cdot t_T = (20 \cdot 500)^2 \cdot 3 = 300кА^2 \cdot с.$$

Өлшеу трансформаторының номиналдық тогы қондырғының жұмыс тогына (ең жоғары токқа) барынша жақын болуы тиіс, өйткені бастапқы орамның аз жүктемесі ақаулардың артуына алып келеді, яғни  $124А \leq I_{ном} = 600 А$  және  $248,3 \leq I_{ном} = 600 А$  - шарттар орындалады.

3) Термиялық беріктігі бойынша:

$$B_k \leq I_{тер}^2 \cdot t_{тер} \quad (2.123)$$

мұндағы  $B_k$  – есептеу бойынша жылу импульсы;

$I_{тер}$  - анықтамалық бойынша термиялық беріктік тогы;

$t_{тер}$  - анықтамалық бойынша термиялық беріктік уақыты.

$$B_k \leq (9,8)^2 \cdot 3 = 288,12кА^2 \cdot с.$$

4) Қайталама жүктеме шамасы бойынша:

$$z_2 \leq z_{ном} \quad (2.124)$$

мұндағы  $Z_2$  – ток трансформаторының қайталама жүктемесі;  
 $Z_{НОМ}$  – дәлдіктің таңдалған класындағы ток трансформаторының номиналдық жол берілетін жүктемесі.

Ток тізбектерінің индуктивтік қарсылығы үлкен емес, сондықтан  $z_2 \approx r_2$  қабылдауға болады.  $r_2$  қайталама жүктемесі  $r_{приб}$  аспаптар қарсылығынан,  $r_{пр}$  қосу өткізгіштері мен  $r_k$  өтпелі байланыс қарсылығынан тұрады:

$$r_2 = r_{приб} + r_{пр} + r_k. \quad (2.125)$$

мұндағы  $r_k$  - байланыстар қарсылығы, 2-3 аспап кезінде 0,05 Ом және аспаптардың үлкен саны кезінде 0,1 Ом қабылданады.

Аспаптардың қарсылығы мына тұжырым бойынша анықталады:

$$r_{приб} = \frac{S_{приб}}{I_2^2}, \quad (2.126)$$

$$r_{приб} = \frac{0,1}{5^2} = 0,004 \text{ Ом.}$$

мұндағы  $S_{приб}$  - аспаптар тұтынатын қуат (номиналдық қуаты  $0,1 \text{ В} \cdot \text{А}$  бар, дәлдік класы – 1,5 Д-365 типіндегі ваттметр қосылған);

$I_2$  - аспаптың қайталама тогы ( $I_2 = 5 \text{ А}$ ).

Қосу өткізгіштерінің қарсылығы олардың ұзындығы мен қимасына байланысты. Ток трансформаторының дәлдіктің таңдалған класында жұмыс істеуі үшін мына шартты ұстау қажет:

$$r_{приб} + r_{пр} + r_k \leq Z_{2НОМ}. \quad (2.127)$$

осыдан

$$r_{пр} = Z_{2НОМ} - r_{приб} - r_k, \quad (2.128)$$

$$r_{пр} = 1,2 - 0,04 - 0,05 = 1,146 \text{ Ом.}$$

$r_{пр}$  біле отырып, қосу өткізгіштерінің қимасын анықтаймыз:

$$g = \frac{\rho \cdot l_{расч}}{r_{пр}}, \quad (2.129)$$

мұндағы  $\rho$  - өткізгіштің шекті қарсылығы;  
 $l_{расч}$  - трансформатордан бастап аспаптарға дейінгі қосу өткізгіштерінің ұзындығы (бір ұшына).

$$g = \frac{0,0175 \cdot 150}{1,146} = 2,29 \text{ мм}^2.$$

Қимасы  $2,5 \text{ мм}^2$  КВВГ типіндегі бақылау кабелін қабылдаймыз.

2.11.3 ОК кернеу трансформаторын таңдау.

1) Қондырғы кернеуі бойынша:

$$U_{уст} \leq U_{ном} \quad (2.130)$$

Параметрі  $U_{ВН} = 110/\sqrt{3} \text{ кВ}; U_{НН} = 100\sqrt{3} \text{ В}$  НКФ-110-83У1 типіндегі кернеу трансформаторын таңдаймыз.

2) Конструкция мен орамды қосу сұлбасы бойынша:

«1/1/1-0-0» сұлбасы бойынша орындалған үш орамды трансформатор;

3) Дәлдік класы бойынша: 0,5;

4) Қайталама жүктеме бойынша:

$$S_{2Z} \leq S_{ном} \quad (2.131)$$

мұндағы  $S_{ном}$  – дәлдіктің таңдалған класындағы номиналдық қуат;

$S_{2Z}$  - кернеу трансформаторына қосылған барлық өлшеу аспаптары мен реле жүктемесі мына формула бойынша анықталады.

$$S_{2Z} = \sqrt{P_{приб}^2 + Q_{приб}^2} \quad (2.132)$$

мұндағы  $P_{приб}$  және  $Q_{приб}$  – аспаптардың активті және реактивті жүктемесі.

Кернеу трансформаторының екінші тізбегіне қосылғанда:

- Э-350 (дәлдік кл. - 1,5;  $S_{ном}=3 \text{ В} \cdot \text{А}$ ) типіндегі үш фазалы кернеуді өлшеуге арналған вольтметр;

- (дәлдік кл. - 1,5;  $S_{ном}=2 \text{ В} \cdot \text{А}$ ) Н-393 типіндегі тіркеуші вольтметр

Сонда

$$S_{2Z} = \sqrt{(3+2)^2} = 5 \text{ В} \cdot \text{А} \leq 400 \text{ В} \cdot \text{А}.$$

0,5  $S_{ном} = 400 \text{ В} \cdot \text{А}$  дәлдік класындағы таңдалған трансформатор үшін, яғни өлшеу трансформаторы дәлдіктің таңдалған класында жұмыс істейтін болады.

#### 2.11.4 ОК тогы трансформаторын таңдау.

1) Кернеу бойынша:

$$U_{уст} \leq U_{ном}. \quad (2.133)$$

ТФЗМ-110Б-III У1 типіндегі ток трансформаторын таңдаймыз ( $i_{оин} = 212 \text{кА}$ ;  $I_{тер} = 68 \text{кА}$ ;  $t_{тер} = 3 \text{ с}$ ;  $I_{ном} = 1000 \text{ А}$ ;  $I_{2ном} = 5 \text{ А}$ ; дәлдік класы 0,5;  $z_{2ном} = 0,8 \text{ Ом}$ ), яғни  $110 \text{кВ} \leq U_{ном} = 110 \text{кВ}$ ;

ТФЗМ-110Б-III У1 – фарфорлық оқшаулағышы, буындық типтегі орамасы бар, май толтырылған, номиналдық кернеуі 110 кВ, Б – ағу жолының ұзындығы бойынша сыртқы оқшаулау категориясы, IV – конструкциялық нұсқасы немесе габариттік белгілеу ашық ауадағы қалыпты климаттағы аудандардағы жұмысқа арналған.

2) Термиялық беріктігі бойынша:

$$B_k \leq I_{тер}^2 \cdot t_{тер}, \quad (2.134)$$

мұндағы  $B_k$  – есептеу бойынша жылу импульсы;

$I_{тер}$  - анықтама бойынша термиялық беріктік тогы;

$t_{тер}$  - анықтама бойынша термиялық беріктік уақыты.

$$B_k \leq (68)^2 \cdot 3 = 13872 \text{кА}^2 \cdot \text{с}.$$

3) Қайталама жүктеме шамасы бойынша:

$$z_2 \leq z_{ном} \quad (2.135)$$

мұндағы  $Z_2$  – ток трансформаторының қайталама жүктемесі;

$Z_{ном}$  – дәлдіктің таңдалған класындағы ток трансформаторының номиналдық жол берілетін жүктемесі.

Ток тізбектерінің индуктивтік қарсылығы үлкен емес, сондықтан  $z_2 \approx r_2$  қабылдауға болады.  $r_2$  қайталама жүктемесі  $r_{приб}$  аспаптар қарсылығынан,  $r_{пр}$  қосу өткізгіштері мен  $r_k$  өтпелі байланыс қарсылығынан тұрады:

$$r_2 = r_{приб} + r_{пр} + r_k \quad (2.136)$$

мұндағы  $r_k$  - байланыстар қарсылығы, 2-3 аспап кезінде 0,05 Ом және аспаптардың үлкен саны кезінде 0,1 Ом қабылданады.

Аспаптардың қарсылығы мына тұжырым бойынша анықталады:

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2}, \quad (2.137)$$

$$r_{\text{приб}} = \frac{0,1}{5^2} = 0,004 \text{ Ом.}$$

мұндағы  $S_{\text{приб}}$  - аспаптар тұтынатын қуат (номиналдық қуаты 0,1 В·А бар, дәлдік класы – 1,5 Д-365 типіндегі ваттметр қосылған);  
 $I_2$  - аспаптың қайталама тогы ( $I_2 = 5 \text{ А}$ ).

Қосу өткізгіштерінің қарсылығы олардың ұзындығы мен қимасына байланысты. Ток трансформаторының дәлдіктің таңдалған класында жұмыс істеуі үшін мына шартты ұстау қажет:

$$r_{\text{приб}} + r_{\text{пр}} + r_k \leq Z_{\text{2нно}}. \quad (2.138)$$

Осыдан:

$$r_{\text{пр}} = Z_{\text{2нно}} - r_{\text{приб}} - r_k, \quad (2.139)$$

$$r_{\text{пр}} = 0,8 - 0,004 - 0,05 = 0,746 \text{ Ом.}$$

$r_{\text{пр}}$  біле отырып, қосу өткізгіштерінің қимасын анықтаймыз:

$$g = \frac{\rho \cdot l_{\text{расч}}}{r_{\text{пр}}}. \quad (2.140)$$

мұндағы  $\rho$  - өткізгіштің шекті қарсылығы;  
 $l_{\text{расч}}$  - трансформатордан бастап аспаптарға дейінгі қосу өткізгіштерінің ұзындығы (бір ұшына)

$$g = \frac{0,0175 \cdot 150}{0,746} = 3,52 \text{ мм}^2.$$

Қимасы 4 мм<sup>2</sup> КВВГ типіндегі бақылау кабелін қабылдаймыз.

2.11.5 ТК кернеудегі трансформаторды таңдау.

1) Қондырғы кернеуі бойынша:

$$U_{уст} \leq U_{номю}. \quad (2.141)$$

Параметрі  $U_{вн} = 10кВ; U_{нн} = 100В$ . НТМК-10-71У3 типіндегі кернеу трансформаторын таңдаймыз.

НТМК-10-71 У3 – үш фазалы, табиғи майлы салқындатқышы, бұрышының кемшілігін азайту үшін өтеуші орамы бар, кернеу класы 10 кВ, конструкциясы 1971 жылы әзірленген кернеу трансформаторы табиғи желдеткіші бар жабық жайлардағы қалыпты климатты аудандардағы жұмысқа арналған.

2) Конструкция мен орам қосылыстарының сұлбасы бойынша:

«У/У<sub>0</sub>-0» сұлбасы бойынша орындалған үш орамды трансформатор;

3) Дәлдік класы бойынша: 0,5;

4) Қайталама жүктемесі бойынша (9-кестені қараңыз):

**2.6 - кесте – Кернеу трансформаторына қосылған аспаптардың қуаты**

Аспаптар	Типі	Бір орамды S	Орамдар саны	cosφ	Sinφ	Аспаптар саны	Жүктеме	
							P, Вт	Q, Вар
Вольтметр	Д-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	-
Активті энергия есептегіші	И-680	2	2	0,38	0,925	2	8	7,4
Тіркеуші ваттметр	Н-344	10	1	1	0	1	-	-
Жиілік өлшегіші	Э-372	3	1	1	0	1	3	-
Барлығы							9	7,4

Қайталама жүктеме:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}, \quad (2.142)$$

$$S = \sqrt{19^2 + (7,4)^2} = 20,39В \cdot А.$$



НТМК-10-71 У3 таңдалған трансформаторының 120 В·А есептегіштерге қосу үшін қажет, 0,5 дәлдігіндегі сыныптағы номиналдық қуаты бар.

Сөйтіп,  $S_{2\Sigma} = 20,39 < S_{\text{ном}} = 120\text{В} \cdot \text{А}$ , трансформатор дәлдіктің таңдалған класында жұмыс істейтін болады.

2.11.6 ТК тогының трансформаторын таңдау.

1) Кернеу бойынша:

$$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}} \quad (2.143).$$

ТПЛК-10 У3 типіндегі ток трансформаторын таңдаймыз /Л-4, 2.7-кесте/ ( $i_{\text{дин}} = 74,5\text{кА}$ ;  $I_{\text{тер}} = 70,8\text{кА}$ ;  $t_{\text{тер}} = 3 \text{ с}$ ;  $I_{\text{ном}} = 1500 \text{ А}$ ;  $I_{2\text{ном}} = 5 \text{ А}$ ; дәлдік класы 0,5;  $z_{2\text{ном}} = 0,8 \text{ Ом}$ ), яғни  $10\text{кВ} \leq U_{\text{ном}} = 10\text{кВ}$ ;

ТПЛК-10 У3 – өтпелі, КРУ үшін оқшаулау литасы бар, номиналдық кернеуі 10 кВ, ток трансформаторы, табиғи желдеткіші бар, жабық жағдайдағы, қалыпты климатты аудандардағы жұмысқа арналған ток трансформаторы.

1) Ток бойынша:

$$1358,55 \text{ А} \leq I_{\text{ном}} = 1500 \text{ А} \text{ – шарт орындалады.}$$

4) Термиялық беріктігі бойынша:

$$B_{\text{к}} \leq I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}}, \quad (2.144)$$

мұндағы  $B_{\text{к}}$  – есептеме бойынша жылу импульсы;

$I_{\text{тер}}$  - анықтама бойынша термиялық беріктік тогы;

$t_{\text{тер}}$  - анықтама бойынша термиялық беріктік уақыты.

$$B_{\text{к}} \leq (70,8)^2 \cdot 3 = 15037,92\text{кА}^2 \cdot \text{с}.$$

2) Қайталама жүктеме шамасы бойынша (2.7-кесте):

## 2.7 - кесте – Ток трансформаторына қосылған аспаптар қуаты

Аспаптар	Типі	В·А фазаларының жүктемесі		
		А	В	С
Ваттметр	Д-335	0,5	-	0,5
Варметр	Д-335	0,5	-	0,5
Активті энергия есептегіші	САЗ-4680	2,5	-	2,5
Тіркеуші ваттметр	Д-335	0,5	-	0,5
Барлығы		4,0		4,0

0,5 дәлдік класындағы ток трансформаторының қайталама номиналдық жүктемесі 0,4 Ом құрайды.

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2}, \quad (2.145)$$

$$r_{\text{приб}} = \frac{4}{5^2} = 0,16 \text{ Ом}. \quad (2.146)$$

мұндағы:  $S_{\text{приб}}$  - аспаптар тұтынатын қуат;

$I_2$  - аспаптың қайталама номиналдық тогы ( $I_2 = 5 \text{ А}$ ).

Қосу өткізгіштерінің қарсылығы:

$$r_{\text{пр}} = Z_{2\text{ном}} - r_{\text{приб}} - r_{\kappa}, \quad (2.147)$$

$$r_{\text{пр}} = 0,4 - 0,16 - 0,1 = 0,14 \text{ Ом}.$$

$r_{\text{пр}}$  біле отырып, қосу өткізгіштерінің қимасын анықтаймыз:

$$g = \frac{\rho \cdot l_{\text{расч}}}{r_{\text{пр}}}. \quad (2.148)$$

мұндағы  $\rho$  - өткізгіштің шекті қарсылығы;

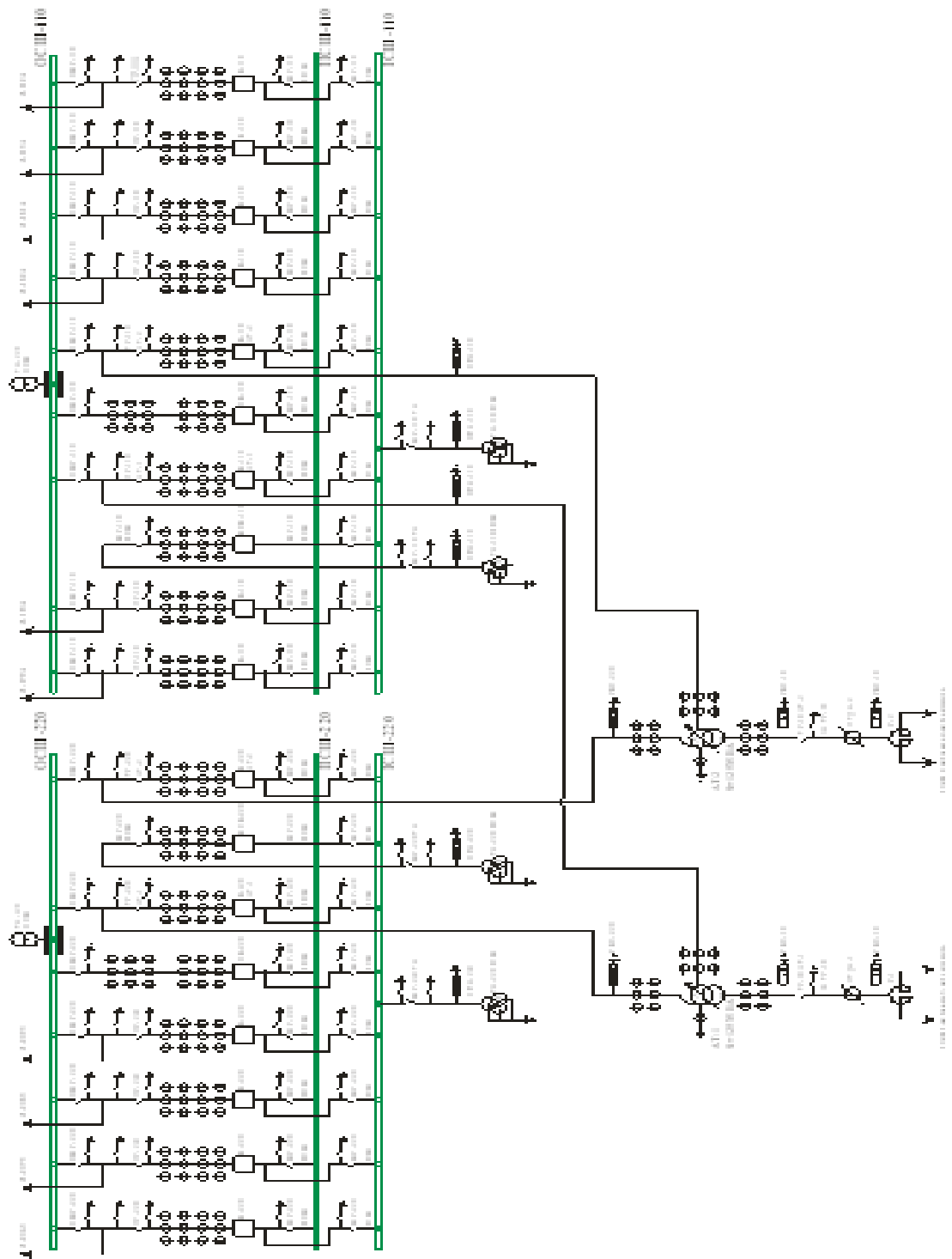
$l_{\text{расч}}$  - ток трансформаторынан бастап аспаптарға дейінгі қосу өткізгіштерінің ұзындығы (бір ұшына).

$$g = \frac{0,0283 \cdot 50}{0,14} = 10,107 \text{ мм}^2.$$

Қимасы  $(2,5 \times 5) \text{ мм}^2$  АКВРГ типіндегі бақылау кабелін қабылдаймыз.

Екінші бөлім есептеулері бойынша құрылған «Таугуль қосалқы станциясының принципіалды элекрлік схемасы 17-суретте келтірілген

**КЕРНЕУІ 220/110/10КВ №147 «ТАУГУЛ» ҚОСАЛҚЫ СТАНЦИЯСЫ**



**2.17 – сурет - Кернеуі 220/110/10кВ «Таугұл» қосалқы станциясы**

### 3 Экономика бөлімі

#### 3.1 Негізгі өндірістік қорды есептеу

Негізгі өндірістік қордың мөлшері, құрамындағы элементтердің шамалары анықталады. Өндірісте жабдықтар екі топқа бөлінеді: негізгі(технологиялық) және көмекші жабдықтар.

1) Технологиялық жабдықтар:

$T_{ж1}$  жабдықтар саны берілген, 38. Енді, жабдықтар, станоктар жұмысының сағатпен берілген уақытының жылдық қорын есептейміз:

$$U_{ж1} = J_k \cdot K_y \cdot K_c \cdot (1-L/100) \quad (3.1)$$

мұндағы,  $U_{ж1}$ —жабдықтар, станоктар жұмысының сағатпен берілген уақытының жылдық қоры, сағат;

$J_k$ —жыл ішіндегі жұмыс күнінің саны;

$K_y$ —кезең уақытының шамасы, сағат;

$K_c$ —тәуліктегі кезеңнің саны;

$L$ —жұмыс істеп тұрған жабдықтарының ақауларын жоюға, жөндеу жұмыстарын атқаруға жалдық уақыт қорынан бөлінетін уақыттың мөлшері, пайызбен.

Бір жылда 299 жұмыс күні бар. 1 кезең уақыты 8 сағат. Жұмыс істеп тұрған жабдықтардың жылына жылдық жұмыс уақыт қорынан 3 – 5% уақыты жабдықтардың ақауларын жоюға, жөндеу жұмыстарын атқаруға бөлінеді.

Сонда жабдықтардың жылдық уақыт қорының шамасы тәулігіне бір кезең ғана жұмыс істесе, мынаған тең:

$$U_{ж1} = 299 \cdot 8 \cdot 1 \cdot (1-5/100) = 2272 \text{ сағат}$$

Ал үш кезең жұмыс істесе мынаған тең:

$$U_{ж3} = 299 \cdot 8 \cdot 3 \cdot (1-5/100) = 6817 \text{ сағат}$$

2) Көмекші жабдықтар:

Технологиялық жабдықтардың жұмысы дұрыс жүріп тұруына қызымет жасау қажет, осы қызыметтер көмекші көмекші жабдықтар арқылы орындалады. Мысалы істен шыққан аспапты қайта іске қосу үшін қажет жөндеу қажетпа, былайша айтқанда, осындай жұмысты атқару үшін жабдықтар қажет, бұндай жабдықтарды көмекші жабдықтар деп атайды. Оларды негізгі (технологиялық) жабдықтардан екі пайыз алу керек.

Негізгі өндірістік қор дегеніміз бұл өндірістік құралдардың ақша арқылы көрсетілген құны, сондықтан жабдықтарға жұмсалған қаржының есебін шығару қажет.

Жабдықтарға жұмсалған қаржыны оның сату бағасына, тасымалдау мен монтаждауға жұмсалатын шығындарды қосып есептейді. Экономикада бұны жабдықтардың алғашқы құны деп атайды. Орта есеппен жабдықтарды сатып алған пункіден орнатылған кәсіпорынға дейін тасымалдауға жұмсалатын шығынның шамасын сатып алынған бағасынан 3% мөлшерінде алуға болады.

Орта есеппен жабдықтардың алғашқы құнының мәнін төмендегідей формуламен есептейді:

$$A_k = C_k + 0,03 C_k + 0,07 C_k = 1,10 C_k, \quad (3.2)$$

$$A_k = 1,10 C_k = 1,1 \cdot 600000 = 660 \text{ мың теңге}$$

мұндағы,  $A_k$ —жабдықтардың алғашқы құны, теңге;

$C_k$ —жабдықтардың сату құны, теңге;

Сонымен тасымалдау мен монтаждауға жұмсалатын шығынның құны орта есеппен сату құнынан 10% мөлшерінде алынады.

### 3.2 Энергиялар шығыны

Өндірісте энергиялардың құрамына электр энергиясы, су, бу (жылыту), тығыз ауа жатады.

1) Электр энергия – кәсіпорынның электр энергияға қажеті екі түрге бөлінеді, өндірістік мақсатта және жарық түсіру үшін:

Өндірістік мақсатта жұмсалатын электр энергияның жылдық шығынын мына формула бойынша есептеуге болады:

$$\Delta_T = U_{жк} \cdot P \cdot K_{ж} \cdot K_c \cdot B_э, \quad (3.3)$$

$$\Delta_T = 6817 \cdot 10 \cdot 0,8 \cdot 0,5 \cdot 10,5 = 286,314 \text{ мың теңге,}$$

мұндағы  $U_{жк}$ —жабдықтар жұмысының сағатпен берілген жылдық уақытының қоры;

$P$ —барлық орнатылған жабдықтардың қосынды қуатының мөлшері, кВт;

$K_{ж}$ —жабдықтардың уақыт мерзімінде пайдалануын сипаттайтын жүктеу коэффициенті, орта есеппен бұл коэффициенттің мөлшері 0,8 – 0,9 шамасында алуға болады;

$K_c$ —сұраныс коэффициенті, бұл жабдықтардың қуатын пайдаланудағы кем жүктелулерін есепке алатын коэффициент, оның шамасын орта есеппен 0,4 – 0,6 мөлшерінде алуға болады;

$B_э$ —электр энергияның 1кВт бағасы, теңге.

Жарық түсіру үшін жұмсалатын электр энергияның жылдық шығыны бойынша есептеледі:

– Өндірістік аудандарда, тұрмыстық бөлмелерде  $1\text{м}^3$  жерге 1 сағаттың ішінде 30Вт электр энергия жұмсалады;

– Жарық әлеуетінің жылдық мөлшері бір кезеңде 800 сағат, екі кезеңде 2400 сағат, үш кезеңде 4700 сағат.

Сонда, жалпы ауданы өндіріс үйінде үш кезең бойынша жұмыс істейтін қосалқы станция өндіріс үйіне қажетті электр энергияның жарық түсіру үшін жұмсалатын шығынның мөлшері:

$$\mathcal{E}_{\text{жт1}} = S \cdot 4700 \cdot (N/1000) \quad (3.4)$$

$$\mathcal{E}_{\text{жт1}} = 756 \cdot 4700 \cdot (30/1000) = 1065,960 \text{ кВт}$$

Электр энергияның 1кВт бағасы 10,5 теңге болса, онда электр энергияның шығынын ақшамен есептегенде:

$$\mathcal{E}_{\text{жт}} = \mathcal{E}_{\text{жт1}} \cdot 10,5 \quad (3.5)$$

$$\mathcal{E}_{\text{жт}} = 1065,960 \cdot 10,5 = 11,19 \text{ мың теңге}$$

Сонда өндіріс үйіне кетеін жалпы электр энергия шығыны:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_T + \mathcal{E}_{\text{жт}} = 286,314 + 11,19 = 297,504 \text{ мың теңге}$$

2)Бу (өндіріс үйін жылытуға кететін жылу) шығыны:

Бу шығыны тұрмыстық қажеттілікте ғана есептеледі, оны келесі формула бойынша анықтауға болады:

$$Q = 0,5 \cdot V \cdot B_b \quad (3.6)$$

$$Q = 0,5 \cdot 3628,8 \cdot 50 = 90,720 \text{ мың теңге}$$

мұндағы  $V$ —өндірістік үйдің көлемі,  $\text{м}^3$ ;

$B_b$  —будың бағасы, теңге.

1) Судың шығыны

Суға қажеттілік кәсіпорынның технологиялық процессімен байланысты, жалпы суға қажеттілік екіге бөлінеді: өндірістік және тұрмыстық қажеттілік. Бірақ біздің кәсіпорын қосалқы станция болғандықтан қондырғыларға, станоктарға су қолданылмайды. Тек қана жұмысшылар қолданатын тұрмыстық су шығыны есептелінеді.

Орта есеппен санитарлық норма әрбір жұмысшы 1 кезең ішінде 20 литр мөлшерінде болады(бұл жерде тазалық жасауға кеткен суда кіреді, яғни, өндіріс

үйінің ішін тазалау үшін кеткен су мөлшеріде бар). Сонда өндіріс орны бойынша суға қажеттілік мына формуламен есептелінеді:

$$Ш_c = Ж \cdot Н_c \cdot 3 \cdot Ж_{кк} \cdot Б_c \quad (3.7)$$

$$Ш_c = 16 \cdot 20 \cdot 3 \cdot 299 \cdot 40 = 11481,600 \text{ мың теңге}$$

мұндағы Ж–жұмысшылардың саны;

$Н_c$  –әрбір жұмысшыға судың нормасы, литр;

$Ж_{кк}$ –бір жылдағы календарлық күндер саны (299 күн);

$Б_c$ –судың бағасы, теңге.

2) Тығыз ауа шығыны

Тығыз ауаға қажеттілік кәсіпорындағы технологиялық проуесспен байланысты. Электр энергетика саласында қосалқы станциялардығы жабдықтарды, қондырғыларды, трансформаторларды желдетіп салқындату үшін тығыз ауаны қолданады.

Орташа есеппен тығыз ауа шығыны норма бойынша 1 сағаттағы нормасы  $1 \text{ м}^3$ .

$$Ш_{та} = Ж_c \cdot У_{жк} \cdot Н_{та} \cdot Б_{та} \quad (3.8)$$

$$Ш_{та} = 38 \cdot 6817 \cdot 1 \cdot 50 = 12952,3 \text{ мың теңге}$$

мұндағы  $Ж_c$  – қондырғылар саны;

$У_{жк}$  – жұмыс уақытының жылдық қоры;

$Н_{та}$  – тығыз ауаның бір сағаттағы нормасы,  $\text{м}^3$

$Б_{та}$  – тығыз ауаның  $1 \text{ м}^3$  ның бағасы, теңге.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Осы дипломдық жұмыс «АҚ «АЖҚ» қарасты қосалқы станцияның релелік қорғаныс және автоматикасын жобалау» тақырыбы бойынша жасалған.

Қазіргі уақытта Алматы облысын электрмен жабдықтау «Алатау Жарық Компаниясы» АҚ-ға тиесілі электр станциялардан кернеуі 35-110-220кВ «ТАТЭК» АҚ электр желілері бойынша және Қазақстанның ЕЭО Солтүстік аймағынан ВЛ 220-500кВ бойынша жүзеге асырылады.

Шығатын және келетін жерлерді таңдау ең жоғары жүктеменің сынау ұзақтығы арқылы, сондай-ақ жалғасатын токтың жол берілетін мәні бойынша тексеруде токтың экономикалық тығыздығын анықтадым.



## ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Электрооборудование станций и подстанций Л.Д. Рожкова, В.С. Козулин 2-е издание – М.: Энергия, 2007-236б.
2. Электрическая часть электростанций и подстанций Б.Н. Неклепаев 2-е издание – М.: Энергоатомиздат, 2000-270б.
3. Электрическая часть электростанций и подстанций Б.Н. Неклепаев, И.П. Крючков М.: Энергоатомиздат, 1989.
4. Справочник по проектированию электроснабжения / под ред. Ю.Г.Барыбина и др.-М.: Энергоатомиздат, 1990,- 576с.
5. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию -: В 2т. / под ред. А.А.Федорова.-М.: Энергоатомиздат, 1986,-568с.
6. Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий: Уч. пособие для вузов. - М.: Энергоатомиздат, 1987,-368с.
7. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. Учеб. пособие для энергоэнергетических специальностей вузов / Под ред. Б.Н. Неклепаева - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергия, 1978, - 456с.
8. Инструкция по проектированию силового и осветительного оборудования промышленных предприятий. СН РК 4.04-19-2003 - Астана, 2004год.
9. Заводские каталоги на типовое оборудование
10. Прейскуранты заводов - изготовителей оборудования
11. Укрупненные показатели стоимости элементов электроснабжения промышленных предприятий (УП-ЭС) «Электропромпроект»
12. Справочник по электроустановкам промышленных предприятий / под ред. Я.М.Болыпмана-М.: Госэнергоиздат, 1963год, -719с.
13. Экономика труда и социально-трудовые отношения / под ред. Г.Г. Меликьяна, Р.П. Колосовой.-М.: Издательство МГУ
14. Справочник по проектированию электроснабжения / под ред. Ю.Г.Барыбина и др. - М.: Энергоатомиздат, 1991,- 464с.
15. «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений» СН РК 2.04-29-2005

