

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

СӨТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

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

Энергетика кафедрасы

Жиенғали Саят Темірұлы

110/35/10 кВ «Қамысқөл» қосалқы станциясының релелік қорғанысын жобалау

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5В071800 – Электроэнергетика

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

СӨТБАЕВ 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

«8» 05 2019 ж.



ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «110/35/10 кВ «Қамысқөл» қосалқы станциясының релелік қорғанысын жобалау»

5B071800 – Электроэнергетика мамандығы бойынша

Орындаған

Жиенғали С.Т.

Пікір беруші

Ғылыми жетекші

АЭЖБУ « Электроэнергетика және робототехника» аға оқытушы, техн. ғыл.канд.

Лектор

Юсупова С.А.

Шакенов К.Б.

«08» 05 2019 ж.

«30» сәуір 2019 ж.



Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

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

Энергетика кафедрасы

5B071800 – Электроэнергетика

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі м.а.

PhD докторы, ассистент профессор

Е.А. Сарсенбаев

«28» 07 2019 ж.

**Дипломдық жұмысты орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы *Жиенғали Саят Темірұлы*

Тақырыбы *«110/35/10 кВ «Қамысқөл» қосалқы станциясының релелік қорғанысын жобалау»*

Университет ректорының 2018 ж. «30» қазандағы № 1210-а бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі *«30» сәуір 2019 ж.*

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістер: *Екі дана үш орамды трансформаторлар, желі параметрлері, жүйе параметрлері.*

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі

- а) «Қамысқөл» ҚС параметрлері;*
- б) ҚС үшін релелік қорғанысын есептеу;*
- в) Қамысқөл ҚС үшін қорғаныс құралдарын таңдау;*
- г) Экономикалық тиімділігін анықтау;*
- д) Электр қауіпсіздігі.*

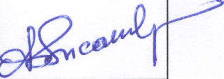
Сызбалық материалдар тізімі *Сызбалық материалдарды слайдпен дайындау*

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер *12 атау*

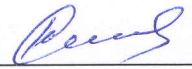
Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Релелік қорғаныс параметрлерін талдау	11.03.2019	НОК
110/35/10 кв ҚС-ның Релелік қорғанысын есептеу	18.03.2019	НОК
Қорғаныс жаблықтарын таңдау	12.04.2019	НОК
Экономикалық бөлімді есептеу	18.04.2019	НОК
Тіршілік қауіпсіздігі үшін есептер жүргізу	25.04.2019	НОК

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен
норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған
қолтаңбалары

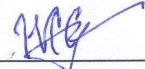
Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Негізгі бөлім	Шакенов К.Б., Лектор	08.05.2019	
Экономика бөлімі	Шакенов К.Б., Лектор	08.05.2019	
Норма бақылау	Бердибеков Ө.О., Сениор-лектор	08.05.2019	

Ғылыми жетекші



К.Б. Шакенов

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



С.Т. Жиенғали

Күні

« 5 » 03 2019 ж.

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: Жиенғали Саят Темірұлы

Название: 110_35_10 кВ «Қамысқөл» қосалқы станциясының релелік қорғанысын жобалау.doc

Координатор: Ерлан Сарсенбаев

Коэффициент подобия 1:1,2

Коэффициент подобия 2:0,2

Тревога:230

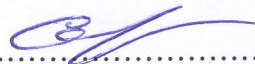
После анализа отчета подобия заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения констатирует следующее:

- ☒ 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:

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

8-05-2019г



Дата

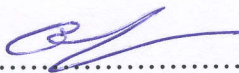
Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения

Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:

..... допустить к защите
.....
.....
.....

..... 8.05.2019 г.

..... 

Дата

Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения

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: Жиенғали Саят Темірұлы

Название: 110_35_10 кВ «Қамыскөл» қосалқы станциясының релелік қорғанысын жобалау.doc

Координатор: Ерлан Сарсенбаев

Коэффициент подобия 1: 1,2

Коэффициент подобия 2: 0,2

Тревога: 230

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.

Обоснование:

.....*отпускается к зачету*.....
.....
.....
.....
.....

.....*8.5.2019г.*.....

Дата

.....*[Подпись]*.....

Подпись Научного руководителя

Қазақстан Республикасы

«Сәтбаев университеті»

коммерциялық емес акционерлік қоғам

Электроэнергетика

(мамандығы)

бойынша оқитын

ЭЭб – 15 – 2к тобының студенті Жиенғали Саят

(тобы, аты-жөні)

110/35/10 кВ «Қамысқөл» қосалқы станциясының релелік қорғанысын

жобалау

(дипломдық жобаның тақырыбы)

Тақырыбындағы дипломдық жобасына пікірі

Өндірістік – технологиялық практиканы инженерлік компанияда өтіп, бағдарлама бойынша компанияның жұмыстарымен танысып, құжаттармен жұмыс жасап, бітіру жұмыстарына материалдар жинаған.

Бітіру жұмысын дайындау кезіндегі бітірушінің өз бетінше әрекеттенуі, жұмыс кезіндегі жобалау шығымы мен тәртіптілігі, әдеби материалды пайдалана алуы бітірушінің жеке ерекшелігі.

Бітіру жұмысына өз білімімен шешімдер қабылдап, озат әдістер қолданып, бітіру жұмысында тиімді нұсқаларды қолданған. Жиенғали Саят ЭЭб-15-2к тобының студенті, оқу бағдарламасына сәйкес барлық уақытта берілген тапсырманы дер кезінде орындай білді. Қоғамдық жұмыстарға қатысады. Бітіруші жұмысты жобалау барысында жоба жетекшісімен ақылдасып, қажетті нормативтік құжаттарды, арнайы әдебиеттерді және анықтамалықтарды дұрыс пайдалана білген.

Бітіруші жұмыстың еңбекті қорғау және техникалық қауіпсіздік және экономикалық бөлімдерін орындауда жауапкершілік танытып, мерзімінде бітірген. Сызбалары барлық МСТ сай автокад программасында орындалған.

Бітіруші жұмыстың мазмұны мен құрамы, көлемі оқу жоспары мен бағдарламасына сәйкес, арнайы оқулықтар, анықтамалықтарға сай дұрыс шешімдер қабылданған.

Бітіруші жұмыстың бөлімдері, экономика бөлімдерінің көрсеткіштері тиімді варианттардың қабылданғанын көрсетсе, еңбекті қорғау және техникалық қауіпсіздік шаралары толық қарастырылған.

Пікір жазған:

АЭЖБУ «Электроэнергетика және робототехника» аға оқытушы,

техн.ғыл.канд.



қолы

Юсупова С.А.

«30» сәуір 2019 ж

Қазақстан Республикасы

«Сәтбаев университеті»

коммерциялық емес акционерлік қоғам

Электроэнергетика

(мамандығы)

бойынша оқитын

ЭЭб – 15 – 2к тобының студенті Жиенғали Саят

(тобы, аты-жөні)

110/35/10 кВ «Қамысқөл» қосалқы станциясының релелік қорғанысын

жобалау

(дипломдық жобаның тақырыбы)

Тақырыбындағы дипломдық жобасына пікірі

Бітіруші жұмыстың тақырыбы, мазмұны, құрамы, көлемі оқу жоспары мен бағдарламасына сәйкес, арнайы нормативтер – ҚМЖЕ, БМБ, оқулықтар, анықтамалықтарға сай дұрыс шешімдер қабылданып орындалған.

Бітіруші жұмыстың бөлімдері - негізгі бөлімнен, экономикалық және тіршілік қауіпсіздік бөлімдерінен тұрады.

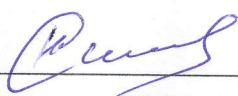
Негізгі бөлімінде Қамысқөл қосалқы станциясының релелік қорғанысы есептелінді. Ал экономикалық бөлімде қосалқы станцияның жабдықтары мен олардың таңдалуына байланысты экономикалық тиімділігін қарастыра алған. Қажетті бағдарламамен жұмыс жасап, ҚС қорғанысын тексере біліп және қажетті құрылғыларын таңдай білген. Керекті әдебиеттерді орнымен қолданған.

Жалпы бітіруші жұмыста ешбір айтарлықтай қателер жоқ. Қолданылған әдебиеттерге сілтеме көрсетілген. Сызбалар AutoCAD, АРМ бағдарламасында сызылған. Түсінік жазбасында компьютерлік қателер жоқ.

Бітіруші жұмыс жалпы өте жақсы орындалған, Жиенғали Саяттың білікті маман болып шығуына ешқандай кедергі жоқ. Жиенғали Саят жұмысын жақсы қорғаған жағдайда «өте жақсы» (95) деген бағаға ұсынамын.

Жетекші

Лектор _____



КОЛЫ

Шакенов К.Б.

«30» сәуір 2019жыл

АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста Атырау облысында орналасқан, кернеуі 110/35/10 кВ «Қамыскөл» қосалқы станциясының релелік қорғанысы және автоматикасы есептелген.

Әрбір кернеу жағы үшін тиісті тарату құрылғылары таңдап алынды. Симулятор-бағдарлама арқылы желінің орынбасу схемасы жасалып, сондай-ақ трансформатор мен желідегі өтетін қысқа тұйықталу тогы есептеліп, соған байланысты релелік қорғанысының коммутациялық құрылғылары таңдалды. Осы қосалқы станцияның электр бөлігінің тиісті сызбалары әзірленіп, негізгі коммутациялық электр жабдықтарын таңдау және тексеру орындалды.

Үш орамды трансформатордың резервті қорғанысының есебі және оның газдық қорғанысы ұсынылған. Ток және кернеу трансформаторлары таңдалды.

Дипломдық жұмыстың негізгі бағыттарын айқындайтын графикалық схемалар әзірленді. Арнайы бөлімде резервті автоматты қосуды есептеу және түсіндіру орындалды.

Тіршілік қауіпсіздігі үшін диспетчер бөлімінің жасанды жарықтандыру мен жерге қосу құрылғысының, нормаларға және стандарттарға сәйкес есептелу жүргізілді.

Экономикалық бөлімде өзін-өзі ақтайтын салымдардың тиімділігі ұсынылған.

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе были проведены расчеты релейной защиты и автоматики подстанции «Камысколь» на напряжение 110/35/10 кВ, находящийся в Атырауской области.

Для каждой стороны напряжения были выбраны соответствующие распределительные устройства. С помощью программы-симулятора выполнены схемы замещения сети, а также проделан расчет токов короткого замыкания трансформатора и линии для выбора коммутационных оборудования релейной защиты. Были разработаны соответствующие чертежи электрической части данной подстанции, выполнен выбор и проверка основного коммутационного электрооборудования.

Представлен расчет резервных защит трехобмоточного трансформатора и ее газовая защита. Были выбраны трансформаторы тока и напряжения.

Выработаны графические схемы, свидетельствующие об основных направлениях дипломной работы. Специальная часть заключалась в расчете и разьяснении автоматического включения резерва.

Для безопасности жизнедеятельности ввелся расчет искусственного освещения диспетчерского помещения, а также расчет заземляющего устройства, согласно требуемым нормам и стандартам.

Экономическая часть заключалась в расчете эффективности окупаемых вложений.

ANNOTATION

In this thesis was carried out the calculation of relay protection and automation of substations "Camisole" 110/35/10 kV voltage which is in the Atyrau region.

For each side of the voltage, the appropriate switchgear has been selected. With the help of the simulation programme, the network equivalent circuits were performed, as well as the calculation of short-circuit currents of the transformer and the line for the selection of switching really protection equipment. The corresponding drawings of the electrical part of this substation were developed, the selections and verification of the main switching electrical equipment were performed.

The calculation of backup protections of the three-winding transformer and its gas protection is presented. current and voltage transformers were selected.

Developed graphics schemes, indicating the main directions of the thesis. The main part was to calculate and explain the automatic inclusion of the reserve.

For the safety of life activity calculation of artificial lighting of the dispatching room, and also the calculation of the grounding device, according to the required norms and standards was entered.

The economic part was to calculate the efficiency of recouped investments.

МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	9
1	Дипломдық жұмыстың бастапқы параметрлері	10
1.1	110/35/10 кВ Қамыскөл қосалқы станциясының электр қосылысының бас сұлбасын тұрғызу	11
1.2	Қамыскөл қосалқы станциясы үшін тарату құрылғыларын (ТҚ) таңдауды жүргізу	12
2	Қысқа тұйықталу токтарын есептеу (ҚТ)	15
2.1	Есептеудің жалпы тәртібі	15
2.2	Есептеу бөлімі	16
3	Қамыскөл ҚС үшін электр жабдықтарын таңдау	24
4	Қосалқы станциялардың релелік қорғанысын жобалау	28
4.1	110/35/10 кВ үш орамды трансформаторды қорғау үшін параметрлерді есептеу, сондай-ақ RET 670 құрылғысының параметрлерін таңдау	28
4.2	Қамыскөл ҚС трансформаторының резервтік қорғанысы	38
5	Трансформатордың газды қорғанысы	41
6	REL 670 базасындағы Релелік қорғаныс	42
6.1	Терминал туралы жалпы мәліметтер мен функциялары	42
6.2	Желіні қашықтықтан қорғауды есептеу	46
6.3	Нөлдік тізбекті ток қорғанысы (НТТҚ)	47
6.4	Максималды ток қорғанысы (МТҚ)	48
7	Төменгі кернеудегі 10 кВ ТҚ электрлі принципті сұлбасын резервті автоматты түрде қосу	51
7.1	Резервті автоматты қосу сұлбасының негізгі талаптары мен мақсаты	51
8	Экономикалық бөлім	56
8.1	Қосалқы станция мен ЭБЖ техникалық-экономикалық көрсеткіштерін есептеу	56
8.2	Электр энергиясын берудің өзіндік құнын есептеу	58
9	Тіршілік қауіпсіздігі	60
9.1	Жерге қосу құрылғысын есептеу	60
	Қорытынды	67
	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	68

КІРІСПЕ

Қазіргі уақытта Қазақстандағы қосалқы станцияларды жобалау, модернизациялау және оларды құру аса қиындық тудыртпайды. Мемлекетімізде күннен-күнге қосалқы станцияларды құрастыру және жобалау жұмыстарын жүргізуге көптеген өзіндік қоғамдыстықтар мен мекемелер өз қол астына құрылыс жұмыстарын жүргізетіндей саны өсуде. Елімізде қосалқы станцияны тұрғызу және оны қажетті құрылғылармен жабдықтау қаражатты қажет етеді. Оған бөлінген қаражат белгілі бір уақыт ішінде қайта өз-өзін ақтау шарты бойынша жұмсалады. Сондықтан қосалқы станцияны жобалау үшін жеке кәсіпті мекемелерге немесе мемлекеттік мекемелерге аса үлкен жауапкершілік артады.

Қазақстандағы қосалқы станциялар үшін қажетті релелік қорғанысын жобалалануы және тұрғызылуы әр елді-мекен үшін өзгеше. Оған себеб ретінде бірнеше факторлар орын алады, яғни ҚС үшін оның геолокациясы, таңдалатын коммутациялық аппараттары, сол аппараттарының алынатын елі (шет елдерден алынуы мүмкін), жүктеме кернеуі және көптеген басқа факторлар әсер етеді.

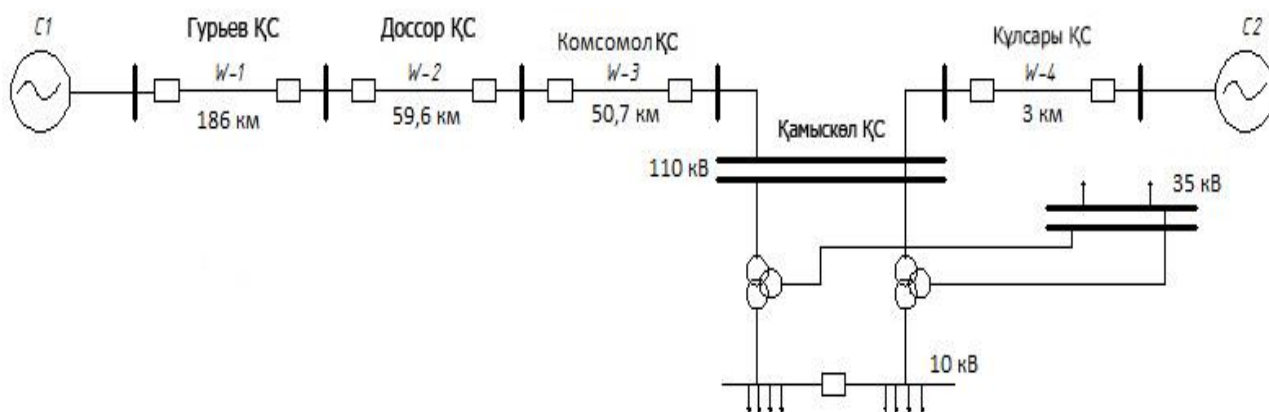
РҚЖА – қосалқы станциясы үшін негізгі сенімді жүйесі болғандықтан, оған қарапайым қарауға болмайды. Оны есептеу және жобалау барысында зейінділікті қалайды. Негізгі электр жабдықтарын таңдау жүзеге асырылып, қойылатын талаптарды қанағаттандыруы шарт.

Елімізде релелік қорғанысы және автоматикасы үшін қажетті коммутациялық жабдықтарды, трансформаторларды және т.б қажетті жабдықтарды өз жеріміздегі зауыттарынан таңдап алуға мүмкіншіліктеріміз баршылық, алайда барлық қосалқы станциясын жабдықтау құрылғылар кейбір түрлері елімізде жасалмайды және оларды шет елдерден сатып алуға тура келеді. Әрине олардың бағасы да, оны импорттау да экономикалық жағынан аздап келенсіз жағдайларды туғызады. Сондықтан релелік қорғаныстық жабдықтарын техно-экономикалық жағынан тиімдісі және сенімдісін таңдау мақсатымен іске асырылады.

Қосалқы станциясының электрлік қосылыстарының басты сұлбасын жобалау, басты электр қосалқы станциясын әзірлеу, қорғалатын қосалқы станцияда орнатылған негізгі коммутациялық жабдықты таңдау, ол өз кезегінде білікті мамандарды қажет етеді.

1 Дипломдық жұмыстың бастапқы параметрлері

110/35/10 кВ кернеулі «Қамыскөл» қосалқы станциясының бастапқы сұлбасы 1.1-суретте көрсетілген. Сондай-ақ, төменгі 1.1, 1.2, 1.3-кестелерде келесі мәліметтер берілген: желілердің параметрлері, трансформатордың номиналды параметрлері, жүйелердің бастапқы қуаттары.



1.1- сурет – Қамыскөл ҚС сұлбасы 110/35/10 кВ

1.1- кесте – Жүйелердің бастапқы қуаты

$S_{ж1}$, МВА	$S_{ж2}$, МВА
123,6	241,5

1.2- кесте – ТДТН-16000/110 типті трансформатордың параметрлері

Параметр атауы	Параметр белгіленуі	Өлшем бірлігі	Мәні
Жалғану схемасы	-	-	$Y_H / Y_H / D-0-11$
Номинал қуаты	$S_{НОМ}$	МВА	16
ЖК орамасының номинал кернеуі	$U_{НОМ,ЖК}$	кВ	115
ОК орамасының номиналды кернеуі	$U_{НОМ,ОК}$	кВ	37
ТК орамасының номиналды кернеуі	$U_{НОМ,ТК}$	кВ	10,5
Теріс жағдайы үшін ЖК жағынан кернеуді реттеу шамасы	$U_{(-КР)}$	%	$9 \times 1,87$
Оң жағдайы үшін ЖК жағынан кернеуді реттеу шамасы	$U_{(+КР)}$	%	$9 \times 1,87$

1.3- кесте – Желі параметрлері

ЭБЖ атауы	Ұзындығы, км	Сым маркасы	X ₀ , Ом/км	R ₀ , Ом/км
W-1	186	АС-85	0,39	0,31
W-2	59,6	АС-85	0,39	0,31
W-3	50,7	АС-65	0,42	0,425
W-4	3	АС-65	0,42	0,425

1.1 110/35/10 кВ Қамыскөл қосалқы станциясының электр қосылысының бас сұлбасын тұрғызу

Сұлбаларға қойылатын негізгі талаптар

Қосалқы станциясын әдетте тұрғызуға тарату құрылғыларына белгілі бір сұлбаларын қажеттілігі бойынша таңдау жүргізу, энерго жүйесінің электрмен қамтамасыз ету аймағы, электр қабылдаушылары, басқа да ҚС-ын модернизациялау жұмыстарын жүргізулері қанағаттандыруы шарт.

Жоғарғы кернелі желілер, трансформациялайтын құрылғылар мен автотрансформаторлардың, компенсациялау құрылғыларының берілген санын, ҚС дамыту алғышарттарын ескере отырып, коммутациялауды қамтамасыз етуі тиіс.

Электрмен қоректенуші құрылған санаттарына және энегожүйсіндегі магистральді байланыстары бойынша, қуаттың транзиттеу ағындарына сәйкес тұрақты режимде, сондай-ақ қалыпты қуатты шектемей және келеңсіз жағдайлардан кейінгі режиміндегі орынында, кейін тұрған жабдықтары үшін рұқсат етілген жүктемесін ескере отырып, ажыратылған бірнеше қосылулар кезінде тұтынушыларды электрмен жабдықтау жағдайларына сүйене отырып, ТҚ жұмысының қойылған мәмілемеле шарттарының сенімділігін қамтамасыз етуге ат салаысады.

Қысқа тұйықталу токтарының есептелген мәндерін алу барысында, ТҚ жұмысын қамтамасыз ету және желіні секцияға бөлу талаптарын ескере отыру қажет.

Сызбаның жекеше құрылымдар жөндеу және пайдалану іс-шараларын жүргізу мүмкіншілігі мен қауіпсіздендіруді қамтамасыз етуі тиіс.

Көрнектілік, жинақы, қарапайымдылық, пайдалану ыңғайлылығы және үнемділік талаптарын қамтамасыз етуге міндетті.

Басқа да аппараттарды және ТҚ сызбалары жеке ажырату элементтері жөндеу шараларын жасауға, яғни модернизациялауға мүмкіндік беруі тиіс.

Кернеуі 220 кВ-қа дейінгі ТҚ-ы үшін, жөндеу немесе қызмет көрсетуі үшін шығарылатын ажырату құрылғылары орнатылған жалғауларды уақытша ажыратушы жолдарымен, немесе егер бұл тұтынушылар үшін электрмен жабдықтау және жіберу транзиті қуат ағындарын қамтамасыз ету шарттары

бойынша рұқсат етілетіндей жағдай болса, және тізбекті ажыратып тастауға жол берілмейтін болса, тізбекті шиналардың айналмалы жүйесіне ауыстырып жалғау немесе бір ажыратқыш арқылы қосымшаларды жалғау арқылы жүргізіледі.

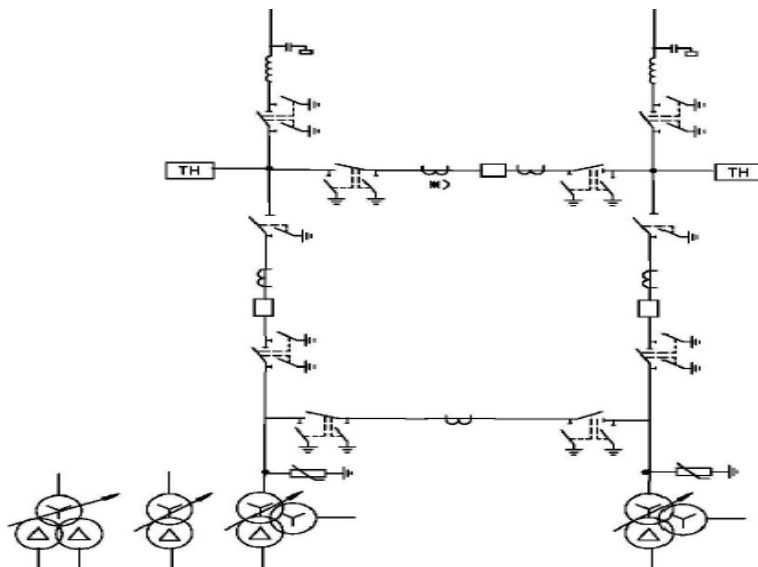
Қалпына келтіруге алынатын ауыспалы құрылғылар орнына қосылыстар жалғау үшін, тұтынушылармен келісімге келген уақытта жалғануларды ажырату жолымен жүргізіледі. Электр қосылыстарының басты сұлбасы – бұл негізгі электр техникалық жабдықтарын, коммутациялық аппаратураның және ток өткізу бөліктерінің жиынтығы, олардың өзара жалғану тәртібімен асырылады.

Аталған талаптар негізінде схемаларды тұрғызу нұсқаларын салыстыру және оларды түпкілікті таңдау, техникалық-экономикалық есептеулер негізінде жасалып жүргізіледі. Қажетті сенімділікті қамтамасыз ететін қажеттіліктер таңдалып, содан кейін ішінен тиімдісі таңдалады.

1.2 Қамыскөл қосалқы станциясы үшін тарату құрылғыларын (ТҚ) таңдауды жүргізу

ТҚ-110 кВ арнап электр сұлбасын таңдау

Қосалқы станциясындағы 110 кВ-ке арналған, 1.2-суретте бейнеленген көпірше сұлбасы таңдалды. Трансформатордағы ҚТ-ы кезінде, транзитті орындастыру қажеттілігі және 24 сағат ішінде трансформаторлардың бірін ажыратуды талап етсе, осындай қажеттілігі пайда болған жағдайда, екі жақтан қоректенетін, өтпелі екі трансформатор құрылғысынан тұратын ҚС үшін, осы 110-220 кВ кернеуге арналған сұлбасы қолданылады.

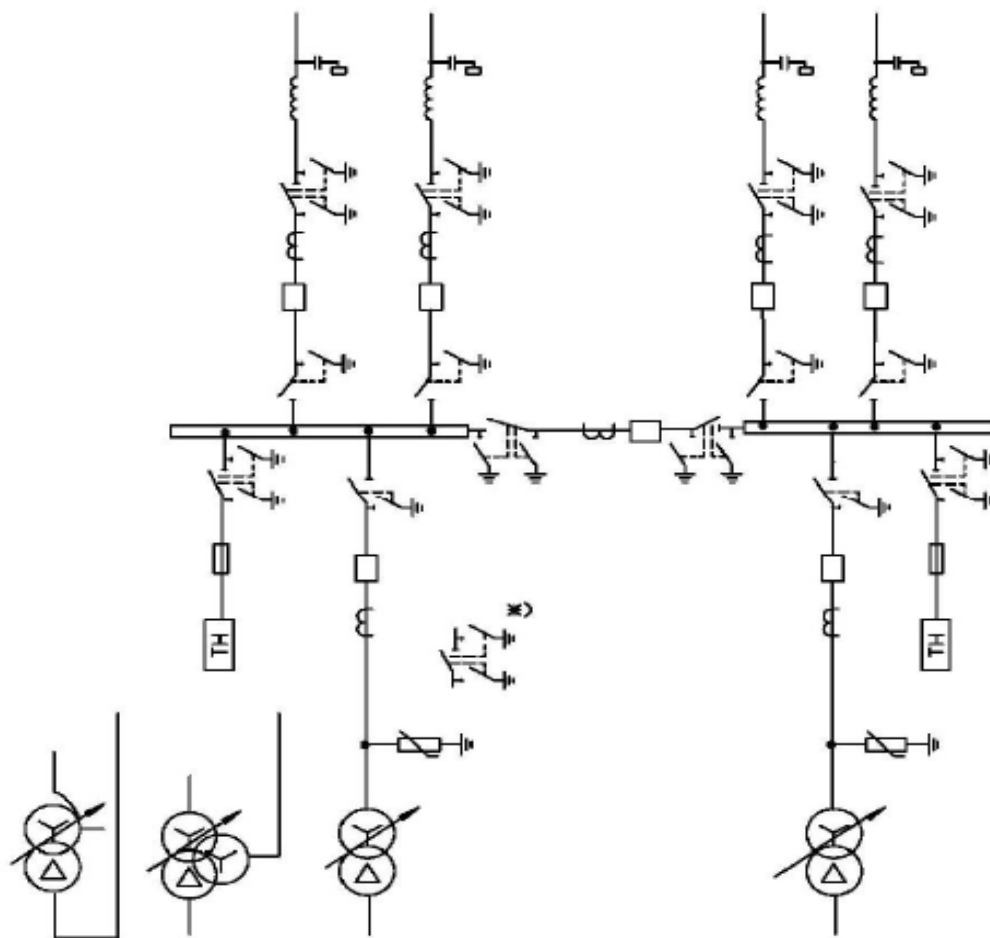


1.2-сурет – № 110-5 АН сызбасы (трансформаторлар тізбектеріндегі ажыратқыштары бар көпір және трансформаторлар жағынан жөндеу)

ТҚ 35 кВ электр сұлбасын таңдау

Бұл кернеу үшін төмендегі сұлбасын – бір жұмыс секциялық ажыратқышпен шиналардың жүйесін қолдандым, ол 1.3-суретте көрсетілген.

Секцияланыру, әдетте, шиналардың әрбір секциясындағы әртүрлі қоректену көздерінен қоректене алатындай етіп жүзеге асады. Шина секцияларындағы қосылулар саны және жүктеме саны мүмкіндігі бойынша тең болуы тиіс. Қалыпты режимде секциялық ажыратқыш жалғануы (шиналардағы секцияларының қарама-қарсы жұмысы) немесе ажыратылуы (шиналардағы секцияларының бөлек жұмысы) мүмкін. Өнеркәсіптік орындарында және қалалық жерлерде электрмен жабдықтау жүйелері үшін шина секцияларының бөлек жұмысы қарастырылады. Бұл сұлба қарапайым, көрнекті, үнемді, жеткілікті жоғары сенімділікке ие болып табылады. Бір секционды ажыратқыштың шина жүйе сұлбасындағы, шиналардың бір жүйесі бар сұлбада ішінара ажыратуға мүмкіншілік береді, яғни секциялық ажыратқыштарды бөлу нүктелерінде орнатыла отырып, шина жүйесін бөліктерге бөлу арқылы асады. 35 кВ дейінгі кернеуде кез келген санаттағы тұтынушыларды электрмен жабдықтау үшін өнеркәсіптік және қалалық желілерде кеңінен қолданылады.

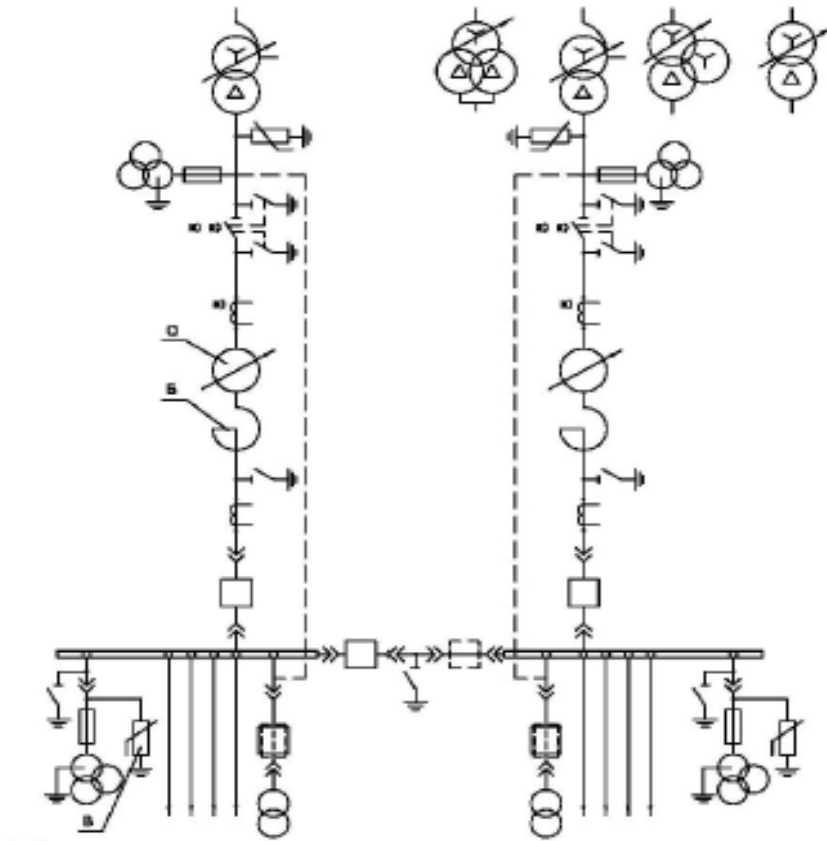


1.3-сурет – № 35-9 схемасы (бір жұмыс секциялық ажыратқышпен шиналардың жүйесі)

ТҚ - 10 кВ электр сұлбасын таңдау

10 кВ үшін жергілікті тұтынушылар мен өз қажеттіліктерін энерго жүйемен қамтамасыз ету үшін, 1.4-суретте көрсетілген сызбаны таңдасақ болады. 6-10 кВ ТҚ үшін бір, екі немесе үш секционды жүйелермен сұлбаларын қолдансақ болады.

Осы дипломдық жұмыстағы төменгі кернеуге – бір секциялы ажыратқышпен немесе екі ажыратқышпен шиналар жүйесі, сондай-ақ екі трансформатор қолданысқа ие болып, олардың әрқайсысы бір секцияға қосылды, алайда екі секцияға жалғауға да болады, ол 1.4-суретте көрсетілген.



1.4-сурет – № 10(6)-1 сызбасы (бір, секцияланған ажыратқыштармен, шиналар жүйесі)

Өз қажеттіліктеріне арналған трансформаторларды таңдау

Жеке қажеттіліктертеріндегі жүйеге, кейде зақымданулар орын алуына байланысты, қосалқы станцияның жалпы жұмысының бұзылуына және энергия жүйесіндегі апаттық жағдайынын дамуына бірнеше рет әкелуі мүмкін.

Әрбір орташа кернеудегі трансформаторы толық жүктемесі бойынша таңдалады, өйткені олардың біреуі зақымдалған кезде, қосылуылы тұрған қалған барлық тұтынушыларды лектр энергиямен қоректендіруді қамтамасыз етуі тиіс.

Трансформатордың өзіндік мұқтаждық трансформаторлары ретінде ТСЗ-160/10 типті $S_{НОМ} = 160$ кВА екі трансформаторды таңдадым.

2 Қысқа тұйықталу токтарын есептеу (ҚТ)

2.1 Есептеудің жалпы тәртібі

Келесі аспектілер бойынша автоматика және қорғау үшін қысқа тұйықталу тогының өшуі ескерілмейді:

- барлық генераторлар өзгермейтін қысқа тұйықталу тогын, сондай-ақ генератор шиналарындағы кернеуді сақтауға ұмтылатын автоматты реттеу құрылғыларымен жабдықталғанда;

- желілерде, қысқа тұйықталу нүктесі генератордан алынып тасталған, сол арқылы соңғылардың кедергісінің өзгеруі, қысқа тұйықталу орнына дейінгі нәтижелік кедергіге әсер етпейді;

- қысқа тұйықталу тогының өшуі 0,1 с қосылу уақыты бар желінің негізгі қорғанысына әсер етпейді.;

- баяу әрекет ететін қорғаныстар үшін ҚТ периодты қиғаштаушы тогының өшуі және ток іске қосылу тогынан ($K_{сез}=0,8-0,9$) аз ток кезінде реленің қайтарылуы, сондай-ақ жылдам өлшеу құрылғыларының болуымен және сезімталдық коэффициентінің мәнімен өтеледі.

Релелік қорғанысына жататын ҚТ тогын анықтау, негізінен симметриялық қосылыстар жүйесін пайдалана отырып, шамамен келтіру әдісі арқылы есептеу, шамалы келтіру бірлігінде жүргізіледі. Алдымен ҚТ-ның есептеу нүктелерінде бастапқы электр қорғаныс сұлбасын белгілейміз. Содан кейін ҚТ нүктелерін таңдау орындары таңдалуы мынадай тізбекте орындалады: барлық қарастырылатын қосалқы станцияларының әр түрлі кернеудегі құрама шиналарында, кез келген қарастырылатын желінің аяғында, басында немесе ортасында болуы мүмкін. Одан әрі алмастыру сұлбасын пайдалана отырып, ол өз кезегінде: тура (кері) және нөлдік тізбегінде ҚТ нүктелерінің орнын тағайындайды. Сонда да, қорғаныс қабілеттілігі үшін есептік режимін таңдау қажет, ол өз кезегінде қысқа тұйықталу нүктелеріндегі жалпы толық токтарды есептеу және сұлба тораптары бойынша токтың таралуын табуы тиіс.

РҚЖА үшін ҚТ тогын есептей отырып, жүйедегі генераторлардың ЭҚК шамасы мен фазасы бойынша бірдей деп жобаландыру арқылы, уақыт нөлге тең мезеті үшін, периодты ҚТ-ды анықтау шарты бойынша жүргіземіз. Өйткені оның әсері, оның тез өшуіне байланысты қарастырылмайды. Сондықтан уақыт төзімділігі ескеріледі (қорғау жұмысында көрсетілмейді).

Сонымен қатар, жылдам әрекет ететін қорғаныс периодсыз бөліктері әрекетінен қайта құру жасалады, яғни олар аралық коэффициентін енгізу $K_{аралық}=1,5-2,0$ және өлшеу органдарын орындау, оларға фильтрлер, тез қанығатын трансформаторлар және т.б. жатады.

Қысқа тұйықталу кезінде периодты ҚТ өшуі тек генератор-трансформатор блоктарының резервтегі қорғаныстары үшін және генератор кернеуінің шиналарында қысқа тұйықталу мезетінде, генераторлардың фазааралық зақымдануларынан ескеріледі, мұнда $I_{Қ(2)}$ мен $I_{Қ(3)}$ қатынасы,

турбогенераторлар үшін 1,5 және гидрогенераторлар үшін 1,1 қатынасына тең деп қабылдай аламыз.

2.2 Есептеу бөлімі

Бұл диплом жұмысында қысқа тұйықталу токтарын есептеу үшін CP3A АРМ симулятор бағдарламасын қолданамын. Бағдарлама арқылы тікелей желіні сызу процесінде монитордың экраны арқылы, ақпаратты кесте түрінде қоя отырып, желінің математикалық жасанды моделін жасауға мүмкіндік беретіндігі бағдарлама ыңғайлығын көрсетеді. Сонымен қатар, кез келген нүктеде тәуелсіз зақымдануларды анықтауға, желінің кез келген нүктесінде өлшеу есебін жүргізуге мүмкіндік береді.

Қысқа тұйықталу токтарын есептеу келесідей жүргізіледі:

1) Жүйенің кедергісін анықтау;

Трансформатордың активті кедергісі келесі формула арқылы есептелінді:

$$R_{TP} = \frac{\Delta P_{к.т.} \cdot U_{ном.орт}^2}{S_{AT.ном}^2}, \quad (2.1)$$

мұнда $\Delta P_{к.т.}$ – қысқа тұйықталу қуаты, Вт;

$U_{ном.орт}$ – орташа номиналды кернеу, кВ;

$S_{AT.ном}$ – автотрансформатордың номиналды қуаты, МВА.

$$R_{TP} = \frac{10 \cdot 10^4 \cdot (115 \cdot 10^3)^2}{(160 \cdot 10^5)^2} = 0,52 \text{ Ом},$$

$$R_{Ж} = R_O = 0,5 \cdot R_T = 0,5 \cdot 0,52 = 0,26 \text{ Ом},$$

$$R_T = R_{TP} = 0,52 \text{ Ом}.$$

Келесі формулалар арқылы трансформатордың реактивті кедергісі есептеледі:

$$X_{TЖ} = \frac{(U_{к ЖК} + U_{к ЖК} - U_{к ОК}) \cdot U_{ном.орт}^2}{2 \cdot 100 \cdot S_{ном. AT}}, \quad (2.2)$$

$$X_{ТО} = \frac{(U_{к ЖК} + U_{к ОК} - U_{к ЖК}) \cdot U_{ном.орт}^2}{2 \cdot 100 \cdot S_{ном. AT}}, \quad (2.3)$$

$$X_{\text{тг}} = \frac{(U_{\text{к ОК}} + U_{\text{к ЖК}} - U_{\text{к ЖК}}) \cdot U_{\text{ном.орт}}^2}{2 \cdot 100 \cdot S_{\text{ном. АТ}}} . \quad (2.4)$$

мұнда $U_{\text{к}}$ – автотрансформаторлардың әртүрлі орамалары арасындағы қысқа тұйықталу кернеуі, %.

$$X_{\text{тж}} = \frac{(10,5 + 16,5 - 6) \cdot 13225}{200 \cdot 16} = 89 \text{ Ом},$$

$$X_{\text{го}} = \frac{(10,5 + 6 - 16,5) \cdot 13225}{200 \cdot 16} \approx 0 \text{ Ом},$$

$$X_{\text{тг}} = \frac{(6 + 16,5 - 10,5) \cdot 13225}{200 \cdot 16} = 51,9 \text{ Ом}.$$

Кейін тік тізбектің кедергісін табу үшін арналған формула бойынша есептейміз:

$$Z_{\text{ж}} = (r_0 + jx_0) \cdot l_{\text{ж}} , \quad (2.5)$$

мұнда r_0 – желінің бір километрінің белсенді кедергісі, Ом/км;
 x_0 – бір километр желінің индуктивті кедергісі, Ом/км;
 $l_{\text{ж}}$ – желі ұзындығы, км.

$$Z_{\text{ж1}} = (r_0 + jx_0) \cdot l_{\text{ж1}} = (0,39 + j0,31) \cdot 186 = 61,4 + j79,81 \text{ Ом},$$

$$Z_{\text{ж2}} = (r_0 + jx_0) \cdot l_{\text{ж2}} = (0,039 + j0,31) \cdot 59,7 = 19,67 + j25,62 \text{ Ом},$$

$$Z_{\text{ж3}} = (r_0 + jx_0) \cdot l_{\text{ж3}} = (0,425 + j0,42) \cdot 50,7 = 22,81 + j22,3 \text{ Ом},$$

$$Z_{\text{ж4}} = (r_0 + jx_0) \cdot l_{\text{ж4}} = (0,425 + j0,442) \cdot 3 = 1,35 + j1,32 \text{ Ом}.$$

Нөлдік тізбектегі кедергісі:

$$Z_{\text{ж}} = (l_{\text{ж}} \cdot 0,15 + r_1) + jx_1 \cdot \frac{X_0}{X_1} , \quad (2.6)$$

мұнда X_0/X_1 әуе желілері үшін орташа мән қатынасы. Ол төмендегі 2.1-кестеде көрсетілген.

2.1-кесте – Желілер үшін X_0 и X_1 орташа мәні

Желі сипаттамасы	X_0/X_1 Қатынасы
Тростарсыз бір тізбекті желі	3,4
Болат арқандармен	3,1
Жақсы өткізгіш тростармен	2,2
Тростарсыз екі тізбекті желі	5,6
Сол сияқты болат арқандармен	4,7
Сол сияқты жақсы өткізгіш тростармен	3,4

$$Z_{0\text{ ж1}}=(186 \cdot 0.15+61,4)+j79,8 \cdot 3=89,28+j239,4 \text{ Ом,}$$

$$Z_{0\text{ ж2}}=(59,7 \cdot 0.15+19,68)+j25,6 \cdot 3=28,61+j76,72 \text{ Ом,}$$

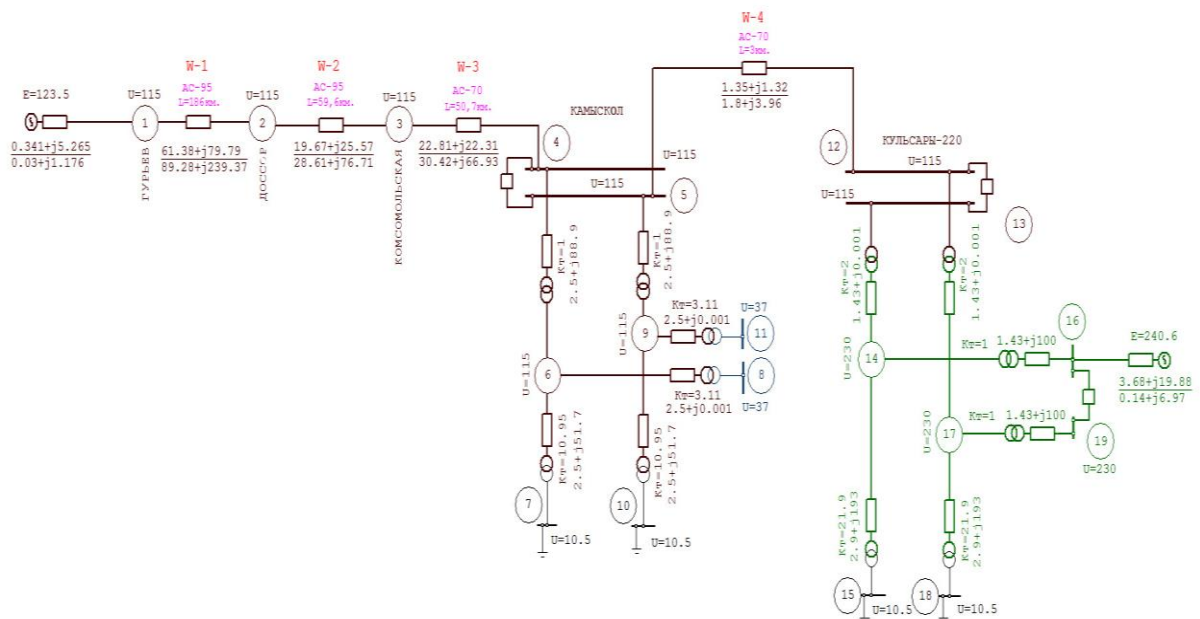
$$Z_{0\text{ ж3}}=(50,7 \cdot 0.15+22,811)+j22,3 \cdot 3=30,42+j66,9 \text{ Ом,}$$

$$Z_{0\text{ ж4}}=(3 \cdot 0.15+1,35)+j1,32 \cdot 3=1,8+j3,97 \text{ Ом.}$$

2) СРЗА АРМ бағдарламасында алмастыру схемасын қалыптастыру шарты:

Бірінші кезеңде бағдарламаны пайдаланып, АРМ СРЗА желісін құру. Бұл жағдайда симулятордың арнайы мониторлық режимін пайдалану керек.

Бұл дипломдық жұмыста берілген қосалқы станцияны толық сызумен желінің орнын алмастыру сұлбасын құрастырамыз, ол 2.1-сурет. Сонымен қатар, дипломдық жұмыста қорғалатын қосалқы станциядағы трансформаторларды, қоректендіргіштерді, сондай-ақ таралатын желілерді және жүйелердің мәнін ескеру қажет.



2.1-сурет – Құрылған алмастыру схемасы

Қысқа тұйықталу тогын талдауын есептеу әдісі (өте өтпелі токтың) мерзімді ҚТ толық тогының бастапқы мәндерін релелік қорғаныс және автоматика құрылғыларының параметрлерін таңдау үшін, негізгі есептеу шамасы ретінде таңдауға мүмкіндік береді. Есептеу екі режимде орындалады (есептеудің диалогтық бағдарламасы; ҚТТ-Д есебі). Бұл режимдерді қамтитын СРЗА АРМ бағдарламасы арқылы қысқа тұйықталу тогын сызбада белгілеп, сипаттамалық протокол (brain) түрінде алуға мүмкіндік береді.

СРЗА АРМ бағдарламасы келесідей функцияларын қамтиды:

- а) Қысқа тұйықталу токтарын есептеу;
- ә) Зақымданған жерін анақтау;
- б) Зақымдану орны бойынша ҚТТ функциясы арқылы талдауы.

ТКЗ-Д әдісі келесідей функцияларды атқара алады:

- электр шамаларының әртүрлі есептеулерін орындау және ауыстыру сұлбасында зақымдану орнын (ҚТ), сондай-ақ зақымдану түрін бағдарламадағы ұяшықта көрсетеді;

- жасалған есептеулердің хаттамасын құруға және нәтижесінде алынған мәліметтердің көлемі мен нысанын шығаруға;

- желі тораптарының шексіз санымен құрылған желілерде есеп жүргізуге;

- ең аз қателігі бар нөлдік кедергісі бар тармақтарды есепке алуға. Нөлдік кедергісі бар тармақтардағы токтарды есептеу екі кезеңде жүргізуге мүмкіндік. Бірінші кезеңде есеп айырғыштардың кедергілері нөлге тең болатындай етіп, негізгі желіде жүргізіледі. Ал екінші кезеңде, топқа кіретін барлық ажыратқыштардың қарсыласу теңдігі болжамында, ажыратқыштардан тұйықталған контур арқылы жеке есептеледі;

- үш тәсілмен есеп жүргізу, экваленттеу арқылы қадамдық есептеу ол әр есептеудің соңынан тоқтай отырып жүргізу;

- желінің зақымдануының барлық түрлерін есептеу, сондай-ақ жүктеме режимін ескере отырып жүргізу;

- векторлық диаграмманы көрсету және кешенді өлшемдерді есептеуді жүзеге асыру арқылы;

- тізбекте электр шамаларын, сондай-ақ формулалар енгізу арқылы. ҚТТ-мен жұмыс істеу үшін тапсырманы қалыптастырудың екі тәсілі арқылы тапсырманы диалогтық формасында және есептеу үшін тапсырманың кеңейтілген форматында жүргізу. Есептеу үшін тапсырманың диалогтық қалыптасуында, бұл мақсаттар үшін тек торабы, тармағы және сызбасы қолданылады.

Тапсырманың тереңдетілген көлемі

СРЗА АРМ симулятор бағдарламасында ТКЗ-Д әдісі арқылы тапсырманың тереңдетілген көлемі мәтін редакторының терезесінен және аспект функциясынан тұратын терезесі арқылы көруге мүмкіндік береді.

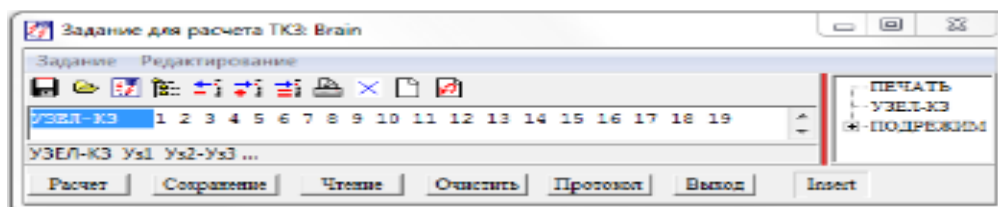
Жүйелердің нөлдік және тура тізбектерінің кедергілері келесідей:

$$Z_{ж1}=0,342+j5,26 \text{ Ом,}$$

$$Z_{0\text{ ж}1}=0,031+j1,171 \text{ Ом},$$

$$Z_{\text{ж}2}=3,68+j19,82 \text{ Ом},$$

$$Z_{0\text{ ж}2}=0,142+j6,98 \text{ Ом}.$$



2.2-сурет – ҚТ тораптарының тапсырмалары

Қысқа тұйықталу есептеулер қорытындылары 2.3 және 2.4-суреттерде көрсетілген.

ПРОТОКОЛ: Brain									
Протокол									
ЗАДАНИЕ-Brain СЕТЬ-Brain DATA-22.01.2019. ВРЕМЯ-10:30:05									
УЗЕЛ-КЗ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19									
РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА									
11-Полюс	Наименование Узла	3х-фазное КЗ I1 (мощ/фазы)	Одно-фазное КЗ (АО) I1 (мощ/фазы) I2 (мощ/фазы)		310 (м/ф)				
1-	U=123.4/-0	Z1=0.411+j5.132	22=0.411+j5.132	20=0.031+j1.173					
0	ГРУБЕВ	13840 95	6213 94	6213 94	18638 94				
2	Общая нейтраль	13514 94	6072 93	6063 93	18590 94				
	ДОССОР	384 126	167 126	177 126	52 114				
2-	U=121.7/0	Z1=26.082+j37.389	22=26.082+j37.389	20=36.124+j94.112					
1	ДОССОР	1541 125	369 118	369 118	1106 118				
	ГРУБЕВ	678 126	170 119	160 119	435 117				
3	КОМСОМЛЬСКАЯ	863 124	199 116	209 117	672 118				
3-	U=121.1/0	Z1=19.457+j39.021	22=19.457+j39.021	20=25.197+j62.833					
2	КОМСОМЛЬСКАЯ	1955 123	506 118	506 118	1517 118				
4	ДОССОР	519 126	142 121	132 121	302 116				
	КАМЫСКУЛЬ	1437 122	364 116	374 116	1215 118				
4-	U=120.6/0	Z1=3.266+j16.958	22=3.266+j16.958	20=1.590+j10.647					
3	КАМЫСКУЛЬ	4031 101	1537 100	1537 100	4611 100				
5	КОМСОМЛЬСКАЯ	422 128	167 127	157 128	121 113				
6		3661 98	1390 97	1399 97	4143 101				
		0 0	0 0	0 0	353 94				
5-	U=120.6/0	Z1=3.266+j16.958	22=3.266+j16.958	20=1.590+j10.647					
4	КАМЫСКУЛЬ	4031 101	1537 100	1537 100	4611 100				
9	КОМСОМЛЬСКАЯ	422 128	167 127	157 128	468 99				
12	КОЛЕСАРЫ-220	0 0	0 0	0 0	353 94				
		3661 98	1390 97	1399 97	3793 101				
6-	U=120.6/0	Z1=5.766+j105.858	22=5.766+j105.858	20=1.589+j34.128					
4	КАМЫСКУЛЬ	657 93	283 93	283 93	848 93				
7		657 93	283 93	283 93	289 93				
8		0 0	0 0	0 0	560 94				
		0 0	0 0	0 0	0 0				
7-	U=11.0/0	Z1=0.069+j1.314	22=0.069+j1.314	20=0.000-j-0.000					
0	Общая нейтраль	4832 93	0 0	0 0	0 0				
6		0 0	0 0	0 0	0 0				
		4832 93	0 0	0 0	0 0				
8-	U=38.8/0	Z1=0.855+j10.945	22=0.855+j10.945	20=0.423+j3.529					
6		2039 95	878 95	878 95	2633 95				
		2039 95	878 95	878 95	2633 95				
9-	U=120.6/0	Z1=5.766+j105.858	22=5.766+j105.858	20=1.589+j34.128					
5		657 93	283 93	283 93	848 93				
10		657 93	283 93	283 93	289 93				
21		0 0	0 0	0 0	560 94				
		0 0	0 0	0 0	0 0				
10-	U=11.0/0	Z1=0.069+j1.314	22=0.069+j1.314	20=0.000-j-0.000					
0	Общая нейтраль	4832 93	0 0	0 0	0 0				
9		0 0	0 0	0 0	0 0				
		4832 93	0 0	0 0	0 0				

2.3 -сурет – Қысқа тұйықталу токтарының есептелуі

ПРОТОКОЛ: Brain										
Протокол										
6			2039	95	878	95	878	95	2633	95
19-	U=120.6/0	Z1=5.766+j105.858	Z2=5.766+j105.858		Z0=1.589+j34.128					
5			657	93	283	93	283	93	848	93
10			657	93	283	93	283	93	289	93
11			0	0	0	0	0	0	560	94
			0	0	0	0	0	0	0	0
10-	U=11.0/0	Z1=0.069+j1.314	Z2=0.069+j1.314		Z0=0.000-j-0.000					
0	Общая нейтраль		6832	93	0	0	0	0	0	0
9			0	0	0	0	0	0	0	0
			6832	93	0	0	0	0	0	0
11-	U=38.5/0	Z1=0.855+j10.945	Z2=0.855+j10.945		Z0=0.423+j3.529					
9			2039	95	878	95	878	95	2633	95
			2039	95	878	95	878	95	2633	95
12-	U=120.6/0	Z1=2.023+j15.994	Z2=2.023+j15.994		Z0=0.343+j7.864					
5	КУЛЬСАРН-220		4318	97	1736	96	1736	96	5208	96
13			418	128	174	127	164	127	635	100
17			1983	94	795	93	799	93	2288	96
			1983	94	795	93	799	93	2288	96
13-	U=120.6/0	Z1=2.023+j15.994	Z2=2.023+j15.994		Z0=0.343+j7.864					
12	КУЛЬСАРН-220		4318	97	1736	96	1736	96	5208	96
14			2340	100	944	99	939	99	2921	97
			1983	94	795	93	799	93	2288	96
14-	U=241.1/0	Z1=8.206+j64.056	Z2=8.206+j64.056		Z0=1.547+j31.455					
13			2156	97	867	97	867	97	2600	97
15			1168	101	471	100	469	100	1457	98
16			0	0	0	0	0	0	425	95
			992	93	398	92	400	93	719	94
15-	U=11.0/0	Z1=0.023+j0.536	Z2=0.023+j0.536		Z0=0.000-j-0.000					
0	Общая нейтраль		11849	93	0	0	0	0	0	0
14			0	0	0	0	0	0	0	0
			11849	93	0	0	0	0	0	0
16-	U=240.8/0	Z1=3.815+j19.346	Z2=3.815+j19.346		Z0=0.136+j6.588					
0	Общая нейтраль		7049	101	3026	100	3026	100	9077	100
14			6871	100	2946	99	2951	99	8580	100
19			98	126	44	124	41	124	249	100
			98	126	44	124	41	124	249	100
17-	U=241.1/0	Z1=8.206+j64.056	Z2=8.206+j64.056		Z0=1.547+j31.455					
12	КУЛЬСАРН-220		2156	97	867	97	867	97	2600	97
18			1168	101	471	100	469	100	1457	98
19			0	0	0	0	0	0	425	95
			992	93	398	92	400	93	719	94
18-	U=11.0/0	Z1=0.023+j0.536	Z2=0.023+j0.536		Z0=0.000-j-0.000					
0	Общая нейтраль		11849	93	0	0	0	0	0	0
17			0	0	0	0	0	0	0	0
			11849	93	0	0	0	0	0	0
19-	U=240.8/0	Z1=3.815+j19.346	Z2=3.815+j19.346		Z0=0.136+j6.588					
16			7049	101	3026	100	3026	100	9077	100
17			6960	101	2986	99	2988	99	8828	100
			98	126	44	124	41	124	249	100

2.4 -сурет – Қысқа тұйықталу токтар мәндерінің жалғасы

3) Соққы токтарын мына формуламен:

$$i_{\text{соқ}} = \sqrt{2} \cdot k_{\text{соқ}} \cdot I_{\text{КТ}}, \quad (2.7)$$

мұнда $I_{КТ}$ – қорғаныс орнатылған жерде орналасқан, қысқа тұйықталу тогы;

$k_{соқ}$ – өшу уақытына байланысты, соққы коэффициенті:

$$k_{соқ}=1+e^{-\frac{0,01}{T}}, \quad (2.8)$$

T – қарастырылған қысқа тұйықталу тогының тұрақты уақыты, ЖК кернеудегі құрама шиналармен және әуе желілерімен байланысты, жүйе үшін 0,03-ке тең деп қабылданады.

$$k_{соқ}=1+e^{-\frac{0,01}{0,03}}=1,671,$$

$$i_{соқ110}=\sqrt{2} \cdot k_{соқ} \cdot I_{КТ110}=\sqrt{2} \cdot 1,671 \cdot 657=1,552 \text{ кА},$$

$$i_{соқ35}=\sqrt{2} \cdot k_{соқ} \cdot I_{КТ35}=\sqrt{2} \cdot 1,671 \cdot 2039=4,8041 \text{ кА},$$

$$i_{соқ10}=\sqrt{2} \cdot k_{соқ} \cdot I_{КТ10}=\sqrt{2} \cdot 1,671 \cdot 4832=11,3847 \text{ кА}.$$

НТ есептеуді жүргізу төмендегідей есептеледі:

$$I_{НОМ}=\frac{S_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot U_{орт.НОМ}}, \quad (2.9)$$

$$I_{ЖК,НОМ}=\frac{S_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot U_{ЖК,НОМ}}=\frac{16 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 115 \cdot 10^3}=0,0803 \cdot 10^3 \text{ А},$$

$$I_{ОК,НОМ}=\frac{S_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot U_{ОК,НОМ}}=\frac{16 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 37 \cdot 10^3}=0,2486 \cdot 10^3 \text{ А},$$

$$I_{ТК,НОМ}=\frac{S_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot U_{ТК,НОМ}}=\frac{16 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 10^3}=0,8797 \cdot 10^3 \text{ А}.$$

Трансформатордың жүктеме коэффициентін 75 % ретінде қабылдаймын. Демек, жұмыс тогы номиналды токтан 0,75 деп есептеледі.

$$I_{жұм}=\frac{0,75 \cdot S_{жүк}}{\sqrt{3} \cdot U_{орт.НОМ}}. \quad (2.10)$$

Трансформатордың жоғары, орташа және төмен жағы үшін жұмыс тогы:

$$I_{ЖК, орт} = \frac{S_{жүк}}{\sqrt{3} \cdot U_{ЖК, орт}} = \frac{0,75 \cdot 16000}{\sqrt{3} \cdot 115 \cdot 1000} = 0,0602 \cdot 10^3 \text{ A},$$

Қажетті қуатты ескере отырып, трансформатордың ОК және ТК жақтары үшін ток есебі де жүргізіледі, олар:

$$I_{ОК, орт} = \frac{S_{жүк}}{\sqrt{3} \cdot U_{ОК, орт}} = \frac{0,75 \cdot 8 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 37 \cdot 1000} = 0,093 \cdot 10^3 \text{ A},$$

$$I_{ТК, орт} = \frac{S_{жүк}}{\sqrt{3} \cdot U_{ТК, орт}} = \frac{0,75 \cdot 8 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 1000} = 0,329 \cdot 10^3 \text{ A}.$$

Құрылғыларды таңдау үшін $I_{жұм. max}$ (жұмыстық максимал тогы) қажет:

$$I_{жұм. max} = 2 \cdot I_{жұм}, \quad (2.11)$$

$$I_{жұм. max. ЖК} = 2 \cdot 60,25 = 0,1205 \cdot 10^3 \text{ A},$$

$$I_{жұм. max. ОК} = 2 \cdot 93,62 = 0,1872 \cdot 10^3 \text{ A},$$

$$I_{жұм. max. ТК} = 2 \cdot 329,9 = 0,659 \cdot 10^3 \text{ A}.$$

3 Қамыскөл ҚС үшін электр жабдықтарының таңдалуы

Қосалқы станцияның ажыратқыштарын таңдау

Қазіргі таңда ажыратқыш электр қондырғыларындағы базалық аппарат болып табылады. Артық жүктеме, бос жүріс, ҚТ, синхронды емес жұмыс сияқты барлық режимдерде, тізбекті қосу және ажырату үшін қолданылады.

Жоғарғы кернеулі ажыратқыштарға келесі талаптар қойылады:

- а) кез келген токтарды сенімді ажырату (ондаған амперден, номиналды тогына дейінгісін);
- ә) жылдам әрекет ету, яғни өшіру уақыты шапшаң;
- б) тез әрекет ететін АҚҚ үшін жарамдылығы, яғни ажыратқаннан кейін бірден ажыратқышты жылдам қосу;
- в) жоғары ажыратқыштар үшін фазалық басқару мүмкіндігі;
- г) контактілерді тексеру және байқау жеңілдігі;
- ғ) жарылыс және өрт қауіпсіздігі;

Ажыратқыштарды таңдау мына шарттар бойынша жүргізіледі:

$$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{кон}}, \text{ кВ}, \quad (3.1)$$

$$I_{\text{ном}} \geq I_{\text{жұм.мах}}, \text{ А}, \quad (3.2)$$

$$i_{\text{дин}}^{\text{қосу}} \geq i_{\text{соқ}}, \text{ кА}, \quad (3.3)$$

$$I_{\text{дин}}^{\text{өшіру}} \geq I_{\text{КТ}}, \text{ кА}, \quad (3.4)$$

$$I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{тер}} \geq B_{\text{к}}, \text{ кА}^2 \cdot \text{с}. \quad (3.5)$$

Төмендегі көрсетілген кестелер арқылы, ажыратқыштарды таңдау жүргізілді. Таңдалған ажыратқыштар параметрлерін 3.1, 3.2, 3.3-кестелерден байқасақ болады.

3.1- кесте – 110 кВ ТҚ үшін ажыратқыштардың параметрлері

Таңдау шарты	Бастапқы мәліметтер	ВБ-110 II-30/2000 Y1
$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{кон}} \text{ кВ}$	$U_{\text{кон}} = 110$	$U_{\text{ном}} = 110$
$I_{\text{ном}} \geq I_{\text{жұм.мах}} \text{ кА}$	$I_{\text{жұм.мах}} = 0,1205$	$I_{\text{ном}} = 2$
$i_{\text{дин}}^{\text{қосу}} \geq i_{\text{соқ}}, \text{ кА}$	$I_{\text{соқ}} = 1,552$	$i_{\text{дин}}^{\text{қосу}} = 12,5$
$I_{\text{дин}}^{\text{өшіру}} \geq I_{\text{КТ}}, \text{ кА}$	$I_{\text{КТ}} = 0,657$	$I_{\text{дин}}^{\text{өшіру}} = 30$
$I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{тер}} \geq B_{\text{к}}, \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_{\text{к}} = 0,657^2 \cdot (0,44 + 0,05) = 0,21$	$I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{тер}} = 50^2 \cdot 3 = 7,5$

3.2- кесте – 35 кВ ТҚ үшін ажыратқыштардың параметрлері

Таңдау шарты	Бастапқы мәліметтер	ВГБ-35-12,5/1000 Y1
$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{кон}} \text{ кВ}$	$U_{\text{кон}} = 35$	$U_{\text{ном}} = 35$
$I_{\text{ном}} \geq I_{\text{жұм max}} \text{ кА}$	$I_{\text{жұм max}} = 0,187$	$I_{\text{ном}} = 1$
$i_{\text{дин}}^{\text{қосу}} \geq i_{\text{соқ}} \text{ кА}$	$i_{\text{соқ}} = 4,804$	$i_{\text{дин}}^{\text{қосу}} = 35$
$I_{\text{дин}}^{\text{өшіру}} \geq I_{\text{кт}} \text{ кА}$	$I_{\text{кт}} = 2,04$	$I_{\text{дин}}^{\text{өшіру}} = 12,5$
$I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{тер}} \geq B_{\text{к}} \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_{\text{к}} = 2,04^2 \cdot (0,44 + 0,05) = 0,203$	$I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{тер}} = 12,5^2 \cdot 3 = 0,469$

3.3- кесте – 10кВ ТҚ үшін ажыратқыштардың параметрлері

Таңдау шарты	Бастапқы мәліметтер	ВВ/TEL-10-22/1600 Y2
$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{уст}} \text{ кВ}$	$U_{\text{кон}} = 10$	$U_{\text{ном}} = 10$
$I_{\text{ном}} \geq I_{\text{жұм max}} \text{ кА}$	$I_{\text{жұм max}} = 0,65983$	$I_{\text{ном}} = 1,6$
$i_{\text{дин}}^{\text{қосу}} \geq i_{\text{соқ}} \text{ кА}$	$i_{\text{соқ}} = 11,384$	$i_{\text{дин}}^{\text{қосу}} = 51$
$I_{\text{дин}}^{\text{өшіру}} \geq I_{\text{кз}} \text{ кА}$	$I_{\text{кт}} = 4,832$	$I_{\text{дин}}^{\text{өшіру}} = 22$
$I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{тер}} \geq B_{\text{к}} \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_{\text{к}} = 4,832^2 \cdot (0,44 + 0,05) = 1,14$	$I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{тер}} = 22^2 \cdot 3 = 1,452$

Келесі кернеулері үшін көрсетілген атаулы ажыратқыштарын таңдауға болады және таңдалуы қанағаттандырылады. Осы кестедегі мәліметтерге сүйіне отырып ажыратқыштарды таңдау және есептелу шарттарын қанағаттандыратындығы көрсетілді.

Қосалқы станция үшін айырғыштарды таңдауды жүргізу

Айырғыштар істен шыққан жабдықтарды кернеудегі ток өткізгіш бөліктерден ажырататын көзге көрінетін үзілісті жасау үшін қызмет етеді. Бұл, мәселен, жұмысты қауіпсіз жүргізу мақсатында, белгілі бір жабдықты жөндетуге шығару мезетінде қажет.

Айырғыштар таңдау мына шарттары арқылы:

$$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{кон. ном}}, \text{ кВ}, \quad (3.6)$$

$$I_{\text{ном.жұм}} \geq I_{\text{ном}}, \text{ А}, \quad (3.7)$$

$$I_{\text{дин}} \geq i_{\text{соқ}}, \text{ кА}, \quad (3.8)$$

$$I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{тер}} \geq B_{\text{к}}, \text{ кА}^2 \cdot \text{с}. \quad (3.9)$$

Содан кейін жоғарғы және орташа кернеудегі тарату құрылғыларының айырғыштарын таңдауға ауысып, жоғарыда аталған ажыратқыштарды таңдау шарттарын ұстанамыз.

ЖК және ОК кернеуге арналған айырғыштардың параметрлері және таңдалған әр кернеу шамасының айырғыш атаулары, келтірілген 3.4, 3.5-кестелерде көрсетілген.

3.4- кесте –110 кВ ТҚ үшін айырғыш параметрлері

Таңдау шарты	Бастапқы мәліметтер	РГ-110/1000 УХЛ1
$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{кон. ном}}, \text{ кВ}$	$U_{\text{кон. ном}} = 110$	$U_{\text{ном}} = 110$
$I_{\text{ном. жұм}} \geq I_{\text{ном}}, \text{ кА}$	$I_{\text{ном}} = 0,803$	$I_{\text{ном. жұм}} = 1$
$I_{\text{дин}} \geq i_{\text{соқ}}, \text{ кА}$	$i_{\text{соқ}} = 1,552$	$I_{\text{дин}} = 80$
$I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{тер}} \geq B_{\text{к}}, \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_{\text{к}} = 0,657^2 \cdot (0,44 + 0,05) = 211,5$	$I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{тер}} = 31,5^2 \cdot 3 = 2978,8$

3.5- кесте – 35 кВ ТҚ үшін айырғыш параметрлері

Таңдау шарты	Бастапқы мәліметтер	РГП-35/2000 УХЛ1
$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{кон. ном}}, \text{ кВ}$	$U_{\text{кон. ном}} = 35$	$U_{\text{ном}} = 35$
$I_{\text{ном. жұм}} \geq I_{\text{ном}}, \text{ кА}$	$I_{\text{ном}} = 0,249$	$I_{\text{ном. жұм}} = 2$
$I_{\text{дин}} \geq i_{\text{соқ}}, \text{ кА}$	$i_{\text{соқ}} = 4,804$	$I_{\text{дин}} = 80$
$I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{тер}} \geq B_{\text{к}}, \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_{\text{к}} = 2039^2 \cdot (0,44 + 0,05) = 2037,2$	$I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{тер}} = 31,5^2 \cdot 3 = 2976,75$

Токтың өлшеу трансформаторлары (ТТ) және кернеу трансформаторлары (КТ)

Ток трансформаторы бастапқы токты өлшеу аспаптары мен реле үшін неғұрлым ыңғайлы мәндерге дейін азайтуға, сондай-ақ өлшеу тізбектерін бөлу және жоғары кернеулі бастапқы тізбектерден қорғау үшін арналған құрылғы.

ТТ таңдау шарттары мынадай:

$$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{кон. ном}}, \text{ кВ}, \quad (3.10)$$

$$I_{\text{ном}} \geq I_{\text{ж}}, \text{ А}, \quad (3.11)$$

$$I_{\text{өтп}} \geq i_{\text{соқ}}, \text{ кА}, \quad (3.12)$$

$$I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}} \geq B_{\text{к}}, \text{ кА}^2 \cdot \text{с}, \quad (3.13)$$

$$r_{\text{ном ТА}} \geq r_{2 \text{ есеп}}, \text{ Ом}. \quad (3.14)$$

Екінші орамы үшін есептік кедергісін анықтау:

$$r_{2 \text{ есепт}} = r_{\text{құрылғы}} + r_{\text{сым}} + r_{\text{к}}, \text{ Ом}, \quad (3.15)$$

мұнда r_k – контактілер кедергісі, $r_k=0,05$ Ом;

$r_{\text{құрылғы}}$ – құрылғылардың тоқтық орамдарының кедергісі;

$r_{\text{сым}} = \rho \cdot \frac{l}{F}$ – сым кедергісі.

«ABB» компаниясының терминалдарының тұтынылатын қуаты:

$$S_{\text{терминал}} = 0,5 \text{ ВА},$$

Терминалдың кедергісін мына формула бойынша анықтаймыз:

$$r_{\text{құрылғы}} = \frac{S_{\text{терминал}}}{I_{2 \text{ Т.шығ}}^2} = \frac{0,5}{2,5} = 0,2 \text{ Ом},$$

мұнда $I_{2 \text{ Т.шығ}}^2 = 2,5 \text{ А}$ – ток трансформаторының шығыс тогы.

Сандық терминалмен байланыстырылған, ток трансформаторы (ТТ), сондай-ақ толық жұлдыз сұлбасы бойынша жалғанған. Қолданылатын кабельдің жалпы ұзындығын $L = 80 \text{ м}$, кабель қимасын $S = 4,5 \text{ мм}^2$, кабель мыстан жасалған және оның сәйкесінше меншікті кедергісі $\rho=0,0283 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{м}$ болып табылады.

Сымның кедергісін келесідей формуласы арқылы анықтаймыз:

$$r_{\text{сым}} = 0,0283 \cdot \frac{80}{4,5} = 0,503 \text{ Ом},$$

Бұдан әрі екінші есептік жүктемедегі кедергісін мына формула арқылы анықтаймыз:

$$r_{2 \text{ есеп.}} = 0,5 + 0,503 + 0,2 = 1,203 \text{ Ом}.$$

Алынған мәліметтер арқылы ТТ таңдаймыз, олар 3.6, 3.7, 3.8 – кестелерде көрсетілген.

3.6- кесте – 110 кВ ток өлшеуіш трансформаторлары

Таңдау шарты	Бастапқы мәліметтер	ТВТ-110-200/5
$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{кон. ном}}, \text{ кВ}$	$U_{\text{кон. ном}} = 110$	$U_{\text{ном}} = 110$
$I_{\text{ном}} \geq I_{\text{жұм}}, \text{ кА}$	$I_{\text{жұм}} = 0,0602$	$I_{\text{ном}} = 0,2$
$I_{\text{өтп}} \geq I_{\text{соқ}}, \text{ кА}$	$I_{\text{соқ}} = 1,552$	$I_{\text{өтп}} = 32,5$
$r_{\text{ном. ТА}} \geq r_{2 \text{ есеп}}, \text{ Ом}$	$r_{2 \text{ есеп}} = 1,203$	$r_{\text{ном. ТА}} = 1,65$

3.7- кесте – 35 кВ токты өлшеу трансформаторлары

Таңдау шарты	Бастапқы мәліметтер	ТБТ-35М-600/5
$U_{\text{НОМ}} \geq U_{\text{КОН. НОМ}}, \text{кВ}$	$U_{\text{КОН. НОМ}} = 35$	$U_{\text{НОМ}} = 35$
$I_{\text{НОМ}} \geq I_{\text{ЖҰМ}}, \text{кА}$	$I_{\text{ЖҰМ}} = 0,093$	$I_{\text{НОМ}} = 0,6$
$I_{\text{ӨТП}} \geq I_{\text{СОҚ}}, \text{кА}$	$I_{\text{СОҚ}} = 4,804$	$I_{\text{ӨТП}} = 32,5$
$r_{\text{НОМ. ТА}} \geq r_{2 \text{ есеп}}, \text{Ом}$	$r_{2 \text{ есеп}} = 1,203$	$r_{\text{НОМ. ТА}} = 1,65$

3.8- кесте – 10 кВ токты өлшеу трансформаторлары

Таңдау шарты	Бастапқы мәліметтер	ТОЛ-10-1000/5
$U_{\text{НОМ}} \geq U_{\text{КОН. НОМ}}, \text{кВ}$	$U_{\text{КОН. НОМ}} = 10$	$U_{\text{НОМ}} = 10$
$I_{\text{НОМ}} \geq I_{\text{ЖҰМ}}, \text{кА}$	$I_{\text{ЖҰМ}} = 0,329$	$I_{\text{НОМ}} = 1$
$I_{\text{ӨТП}} \geq I_{\text{СОҚ}}, \text{кА}$	$I_{\text{СОҚ}} = 11,384$	$I_{\text{ӨТП}} = 32,5$
$r_{\text{НОМ. ТА}} \geq r_{2 \text{ есеп}}, \text{Ом}$	$r_{2 \text{ есеп}} = 1,203$	$r_{\text{НОМ. ТА}} = 1,65$

Одан әрі «РҚЖА персонал анықтамалығы» бағдарламасының көмегімен ток трансформаторлары жүктеме қабілетіне тексеруден өтеді. Алынған нәтижелер суреттер түрінде ұсынылады.

Кернеудің өлшеуіш трансформаторларын таңдау.

КТ үшін арналған төмендетілген кернеуге дейін стандартты маңызы бар немесе бөлімшелері үшін тізбектерді өлшеу және релелік қорғау, бастапқы кіріс тізбектерін жоғары кернеудің қорғануы маңызды.

Кернеу трансформаторын мынадай таңдау шарттары арқылы таңдаймыз:

$$U_{\text{НОМ}} \geq U_{\text{КОН.НОМ}}, \text{кВ}, \quad (3.16)$$

$$S_{2 \text{ НОМ TV}} \geq S_{2 \text{ есеп}}, \text{Ом}, \quad (3.17)$$

Көрсетілген әрбір кернеу үшін тандалған кернеу трансформаторларының аталуы мынадай:

ЖКТҚ үшін: ЗНОГ-110 УХЛ1,

ОК ТҚ үшін: ЗНОЛ-35,

ТК ТҚ үшін: НАМИТ-10.

Асқын кернеулерді шектегіш (АКШ)

Асқын кернеулерді шектегіш электр аппарат болып табылады, ол өз кезегінде коммутациялық асқын кернеулерден де, найзағайдан да қорғау үшін арналған. АКШ жабдықты қорғаудың, нәтижелі құралдарының бірі болып табылады.

Трансформаторларды қорғау үшін 110 ЖК, 35 ОК және 10 кВ кернеудегі асқын кернеуліктің мына зауыттың шектегіштерін таңдауға болады: «Энергоқорғау құрылғыларының зауыты».

4 Қосалқы станциялардың релелік қорғанысын жобалау

4.1 110/35/10 кВ үш орамды трансформаторды қорғау үшін параметрлерді есептеу, сондай-ақ RET 670 құрылғысының параметрлерін таңдау

Бастапқы деректер

Осы жұмыста есептеу «АВВ күш және автоматтандырылған жүйелер» ЖШҚ шығарған қосалқы станциялар жабдықтарының РҚЖА құрылғыларының іске қосылу параметрлерін таңдау бойынша әдістемелік нұсқаулар көмегімен жүргізілді. Бұл дипломдық жобада 16 МВА ТДТН типті үшфазалы трансформаторды қорғау үшін аталған терминал көмегімен есептеулер жүргізіледі. Осы трансформатордың параметрлері 4.1-кестеде көрсетілген. Трансформатордың қорғаныштық сұлбасы 4.1-суретте көрсетілді.

4.1- Кесте – Үш орамды трансформатордың параметрлері

Параметр аталуы	Параметр белгіленуі	Өлшем бірлігі	Мәні
Қосылу схемасы	-	-	Y _н / Y _н / Д-0-11
Номиналды қуаты	S _{ном}	МВА	16
ЖК орамасының номиналды кернеуі	U _{ном,ЖК}	кВ	115
ОК орамасының номиналды кернеуі	U _{ном,ОК}	кВ	37
ТК орамасының номиналды кернеуі	U _{ном,ТК}	кВ	10,5
Шеткі теріс жағдайы үшін ЖК жағынан кернеуді реттеу шамасы	U _(-PO)	%	9×1,87
Шеткі оң жағдайы үшін ЖК жағынан кернеуді реттеу шамасы	U _(+PO)	%	9×1,87

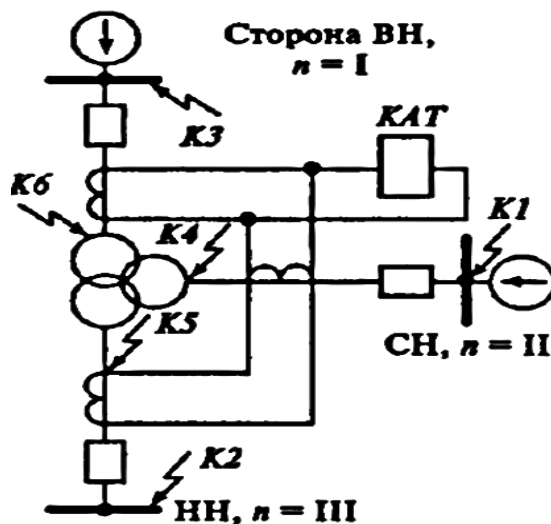
Иық токтарының сандық теңестірілуін қамтамасыз етуді тексеру үшін, қорғалуға қажетті трансформатордың номиналды жұмыс режимінде ЖК, ОК және ТК жақтарында ТТ екінші реттік токтарын есептейміз:

$$I_{\text{ном.2.ЖК}} = \frac{I_{\text{ном,ЖК}}}{K_{\text{ТТ,ЖК}}} = \frac{0,0803 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 10^3 / 5} = 4,01 \text{ А},$$

$$I_{\text{ном.2.ОК}} = \frac{I_{\text{ном,ОК}}}{K_{\text{ТТ,ОК}}} = \frac{0,249 \cdot 10^3}{0,4 \cdot 10^3 / 5} = 3,121 \text{ А},$$

$$I_{\text{ном.2.ТК}} = \frac{I_{\text{ном,ТК}}}{K_{\text{ТТ,ТК}}} = \frac{0,8797}{1 \cdot 10^3 / 5} = 4,391 \text{ А.}$$

Трансформатордың қорғаныштық сұлбасы 4.1-суретте көрсетілді.



4.1 - Сурет – Қорғалатын үш орамды трансформатордың қарапайым сұлбасы

Иық токтарының сандық теңестірілуін қамтамасыз етуді тексеру үшін, қорғалуға қажетті трансформатордың номиналды жұмыс режимінде ЖК, ОК және ТК жақтарында ТТ екінші реттік токтарын есептейміз:

$$I_{\text{ном.2.ЖК}} = \frac{I_{\text{ном,ЖК}}}{K_{\text{ТТ,ЖК}}} = \frac{0,0803 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 10^3 / 5} = 4,01 \text{ А,}$$

$$I_{\text{ном.2.ОК}} = \frac{I_{\text{ном,ОК}}}{K_{\text{ТТ,ОК}}} = \frac{0,249 \cdot 10^3}{0,4 \cdot 10^3 / 5} = 3,121 \text{ А,}$$

$$I_{\text{ном.2.ТК}} = \frac{I_{\text{ном,ТК}}}{K_{\text{ТТ,ТК}}} = \frac{0,8797}{1 \cdot 10^3 / 5} = 4,391 \text{ А.}$$

Үш орамды қорғалатын трансформатордың ЖК, ОК және ТК жақтарынан номиналды токтарын келесідей есептеледі:

$$I_{\text{ЖК,ном}} = \frac{S_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном,ЖК}}} = \frac{16 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 115 \cdot 10^3} = 0,0803 \text{ кА,}$$

$$I_{OK.ном} = \frac{S_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном,OK}} = \frac{16 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 37 \cdot 10^3} = 0,2496 \text{ кА},$$

$$I_{TK.ном} = \frac{S_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном,TK}} = \frac{116 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 10^3} = 0,8797 \text{ кА}.$$

Төменде берілген 4.2-кестеге сәйкес ЖК, ОК және ТК жақтарының қорғау иығына арналған құрылғы кірісінің номиналдық токтары 4 А тең деп қабылданады, ал теңестірудің салыстырмалы қателігі тиісті қаралып отырған тараптың ең жоғарғы мәніне тең деп қабылданады $g_{тең*} = 0,02$.

4.2 - кесте – Құрылғының ток кірісінің жұмыс тармақтарын таңдау

Номинал режиміндегі екіншілік тогы $I_{ном,екіншілік,п}$ А	Құрылғының номиналдық кіріс тогы $I_{ном,кіріс,п}$, А	Салыстырмалы теңестіру қателігі $\Delta g_{тең*}$
5÷20	5	0,03
1÷5	5	0,02
0,5÷1,0	1	0,02
0,125÷0,5	1	0,03
0,1÷0,125	1	0,05

Содан кейін трансформатордың барлық жақтары үшін шарттардың орындалуын тексерілуі жүргізіледі:

$$0,1 < \frac{I_{ном,екіншілік,ЖК}}{I_{ном,кіріс,ЖК}} = \frac{4,01}{4} = 1,02 < 4,$$

$$0,1 < \frac{I_{ном,екіншілік,ОК}}{I_{ном,кіріс,ОК}} = \frac{3,12}{4} = 0,78 < 4,$$

$$0,1 < \frac{I_{ном,екіншілік,ТК}}{I_{ном,кіріс,ТК}} = \frac{4,39}{4} = 0,1,09 < 4.$$

$$\text{мұндағы } I_{ном,кіріс,ЖК} = 4\text{А},$$

$$I_{ном,кіріс,ОК} = 4 \text{ А},$$

$I_{ном,кіріс,ТК} = 4 \text{ А}$ – ЖК, ОК және ТК жақтарын қорғау иығына арналған құрылғы кірісінің номиналдық токтары.

Кез-келген кернеу жақтары үшін шарттар орындалады, яғни иық токтарының тербелістерін (модульдерін) сандық теңестірілуін жасай аламыз.

Кіріс параметрлері жайлы деректерді белгілеу

ЖК жағынан ток трансформаторы қосылған үш фазаның аналогтық кірісі үшін жүргізілген параметрлерінің аралықтары, таңдалған мәні, параметр белгіленуі және жалпы ток кіріс тізімі жоғарғы кернеу үшін 4.3-кестеге сәйкес, ОК жағынан 4.4-кестеге сәйкес, ТК жағынан 4.5-кестеге сәйкес беріледі. Ескеріле кететін жай, бұл мысалда тек ток кірісі орын тапқан.

4.3- кесте – ЖК жағынан ТТ-дан ток кірісі үшін параметрлер тізімі

Параметрді белгілеу	Өлшем бірлігі	Аралығы	Қадам	Әдетті	Таңдалған мән
NAMECH	-	13 символ	-	-	ЖК А/ЖК В/ЖК С
CTStarPoint	A	From Object To Object	-	To Object	From Object
CTsec	A	1 – 10	1	1	5
CTprim	A	1 – 99999	1	3000	100

4.4- кесте – ОК жағынан ТТ-дан ток кірісі үшін параметрлер тізімі

Параметр белгіленуі	Өлшем бірлігі	Аралығы	Қадам	Әдетті	Таңдалған мән
NAMECH	-	13 символ	-	-	ОК А/ОК В/ОК С
CTStarPoint	A	From Object To Object	-	To Object	From Object
CTsec	A	1 – 10	1	1	5
CTprim	A	1 – 99999	1	3000	400

4.5- кесте – НН жағынан ТТ-дан ток кірулері үшін параметрлер тізімі

Параметр белгіленуі	Өлшем бірлігі	Аралығы	Қадам	Әдетті	Таңдалған мән
NAMECH	-	13 символ	-	-	ТК А/ТК В/ТК С
CTStarPoint	A	From Object To Object	-	To Object	From Object
CTsec	A	1 – 10	1	1	5
CTprim	A	1 – 99999	1	3000	1000

Барлық жақтарының номиналды кернеуі қорғалатын автотрансформатордың бастапқы деректеріне сәйкес терминалдағы белгіленуі, яғни мынаған тең деп есептей аламыз:

$$U_1 = U_{\text{ном, ЖК}} = 115000 \text{ В},$$

$$U_2 = U_{\text{ном, ОК}} = 37000 \text{ В},$$

$$U_3 = U_{\text{ном, ТК}} = 10500 \text{ В}.$$

ЖК, ОК және ТК орамаларының номиналды токтары тиісінше мына өрнектері бойынша есептеледі:

$$I_1 = \frac{S_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_1} = \frac{16000000}{\sqrt{3} \cdot 115 \cdot 10^3} = 0,0803 \text{ кА},$$

$$I_2 = \frac{S_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_2} = \frac{16000000}{\sqrt{3} \cdot 37 \cdot 10^3} = 0,2496 \text{ кА},$$

$$I_3 = \frac{S_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_3} = \frac{16000000}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 10^3} = 0,8797 \text{ кА}.$$

ЖК, ОК және ТК тараптары үшін автотрансформатордың (жұлдыз немесе үшбұрыш) орамдарын қосу схемалары мынадай түрде кестелерде белгіленеді:

ЖК үшін – «Wye (Y)»;

ОК үшін – «Delta (Y)»;

ТК үшін – «Delta (D)».

Қорғаныс алгоритмі ЖК және ОК жақтары үшін нөлдік тізбектегі токтарды шегерумен жұмыс істеуі тиіс, ал ТК жақтары үшін нөлдік тізбектегі токтарды шегеру пайдалануы қажетсіз. Сондықтан ток аралығын таңдау «оң» күйіне орнатамыз, ал ТК үшін параметрі «Теріс» күйіне орнатамыз.

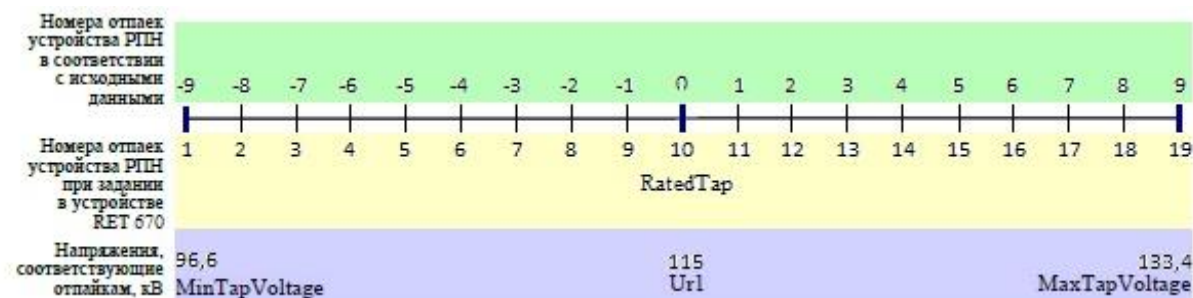
Ең төменгі (бірінші) және ең жоғарғы (соңғы) іздер үшін кернеулер мына өрнектер бойынша есептеледі:

$$U_{\min} = U_{\text{ЖК, ном}} \left(1 - \frac{U_{(-\text{PO})}}{100\%} \right) = 115 \left(1 - \frac{9 \times 1,87\%}{100\%} \right) = 96,6 \cdot 10^3 \text{ В},$$

$$U_{\max} = U_{\text{ЖК, ном}} \left(1 + \frac{U_{(-\text{PO})}}{100\%} \right) = 115 \left(1 + \frac{9 \times 1,87\%}{100\%} \right) = 133,4 \cdot 10^3 \text{ В}.$$

Терминал базасында дифференциалды ток қорғанысында, дифференциалды кесуді, сондай-ақ тежелу қорғанысын қамтиды.

Бұл қорғаныс сақтандырушы объектінің барлық жақтарының токтарын қолданады, фазаға тәуелді болады. Бір немесе екі фазалы ТТ тобын қорғауға мүмкіндік бере алады. Сондай-ақ базистік тарап жақтардың ЖК, ОК, ТК токтары келтіріледі, әрі қарай сандық релемен салыстырылады 4.2-суретте.



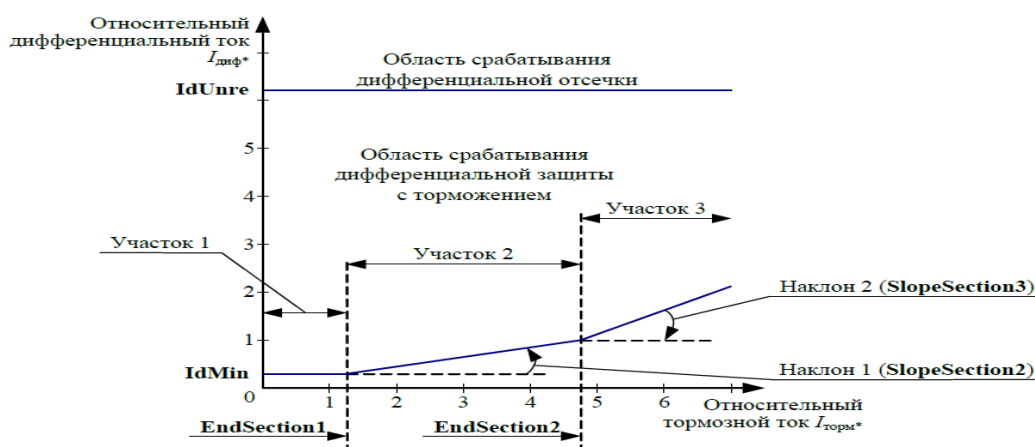
4.2-сурет – ЖР құрылғысы іздерінің санын есептеу

Терминал базасында дифференциалды ток қорғанысында, дифференциалды кесуді, сондай-ақ тежелу қорғанысын қамтиды.

Бұл қорғаныс сақтандырушы объектінің барлық жақтарының токтарын қолданады, фазаға тәуелді болады. Бір немесе екі фазалы ТТ тобын қорғауға мүмкіндік бере алады. Сондай-ақ базистік тарап жақтардың ЖК, ОК, ТК токтары келтіріледі, әрі қарай сандық релемен салыстырылады.

Схемасын ток трансформаторының бірінші кіруіне қосылған орам, жұлдызша жалғау сұлбасы ретінде, яғни жоғары кернеу жағы алынады.

Қорғаныс функциясына үш орамды трансформатордың жүктемемен реттеу жағдайын бекітумен әрекет етуі мүмкін, 4.3-суретте көрсетілген тежегіш сипаттамасының графигі тұрғызылды.



4.3 -сурет – Дифференциалды қорғаныс функциясының тежеу сипаттамасы

Дифференциалды токтарды есептеу кезінде фазалар мен ток модульдерінің жылжуын теңестіруі ескеріледі.

4.3-суретте көрсетілгендей, тежегіш сипаттамасы үш учаскіден тұрады:

- көлденең 1-учаскедегі бірінші секциясына тең тежегіш тогына дейін, ол дифференциал тогы, іске қосу параметрі бойынша;
- бірінші көлбеу 2-учаске екінші секциясы тежеу коэффициентін ескере отырып, 1-көлбеу болатын тежегіш тогына дейін;

- екінші көлбеу 3-учаске үшінші секциясы тежелу коэффициентін ескере отырып, 2-көлбеу болуы мүмкін тежеу тогынан ең жоғарғы мәніне дейін;
Тежеу коэффициенті мынадай формула бойынша болады:

$$K_{\text{тежеу}} = \frac{\Delta I_{\text{дифф}}}{\Delta I_{\text{тежеу}}} \cdot 100 \%, \quad (4.1)$$

мұнда $\Delta I_{\text{дифф}}$ – дифференциалды токтың іске қосылу шекарасында өсуі;
 $\Delta I_{\text{тежеу}}$ – жұмыс істеу шекарасында тежеу тогының өсуі.

Бастапқы дифференциалды $I_{\text{қосу}}$ іске қосу тогы

$I_{\text{дМин}}$ іске қосылуының бастапқы дифференциалды тогы шағын өтпелі токтар кезіндегі автотрансформатор жұмысының өтпелі режимдерінде баланссыздық токтарынан ажырату шарты арқылы есептеледі:

$$I_{\text{қосу}} = K_{\text{орнату}} \cdot K_{\text{ес.блз}} \cdot C1 = 1,2 \cdot 0,28 \cdot 1,15 = 0,38,$$

мұнда $K_{\text{орн}} = 1,2$ – орнату коэффициенті;

$K_{\text{блз,есеп}} = K'_{\text{өтп}} \cdot \varepsilon_{\text{ТТ}}^* + \Delta U_{\text{реттеу}}^* + \Delta g_{\text{тег}}^* = 1 \cdot 0,1 + 0,16 + 0,02 = 0,28$ – есептік баланссыздық коэффициенті;

$K'_{\text{өтп}} = 1$ – өтпелі процесті ескеретін коэффициент. Қуаты 40 МВА аспайтын күш беретін трансформаторлар үшін 4.8-кестеге сәйкес қабылданады;

$\varepsilon_{\text{ТТ}}^* = 0,1$ – орнатылған режимде ток трансформаторларының толық салыстырмалы қателігі;

$\Delta U_{\text{реттеу}}^* = \frac{\max(U_{(-\text{РО})}; U_{(+\text{РО})})}{100\%} = \frac{\max(16\%; 16\%)}{100\%} = 0,16$ – трансформатордың кернеуін реттеуден туындаған салыстырмалы қателік;

$\Delta g_{\text{тег}}^* = 0,02$ о.е. – иық тогын тегістеудің салыстырмалы қателігі.

$I_{\text{қосу}} = 0,38$ ретінде аламыз, себебі оның мәні иық тогының қателік салыстырмалығынан, яғни 0,2 мәнінен көп болғандықтан осы мәнді ала аламыз. 4.6-кестеде қоралатын объект түріне байланысты осы өтпелі режимдегі коэффициенттің мәнін бақыласақ болады.

Екінші (бірінші көлбеу) учаскесінің соңының тежеу тогы

Тежеу сипаттамасының 2-ші учаскесінің соңына сәйкес келетін тежеу тогын анықтайтын екінші секция параметрі 2-ге тең деп қабылданады.

Екінші көлбеу үшін қорғану объектісіне байланысты байланыс трансформаторлары және станцияларының блоктық трансформаторлары үшін өтпелі режим коэффициентінің мәні 4.7-кестеден көрсек болады.

4.6- кесте – Өтпелі режим коэффициентінің мәні $K'_{\text{өтпелі}}$

Қорғалатын объектінің түрі			$K'_{\text{өтпелі}}$
Жүктеме құрамында кернеуі 6 немесе 10 кВ қуатты қозғалтқыштары бар электр станцияларының орташа кернеулі және басқа да төмендететін трансформаторлар			1,5
Байланыс трансформаторлары және электр станцияларының блоктық трансформаторлары			1,7
Құрамында күшті қозғалтқыштар немесе синхронды компенсаторлар ТК жағынан жүктеме құрамында жоқ электр желілерінің трансформаторлары және автотрансформаторлар	Қуаты 40 МВА аспайтын қуатты трансформаторлар	ТК тарапынан қосылған ток шектейтін реакторлар жоқ	1,0
		ТК жағынан ток шектейтін реакторлар қосылған	1,2
	Қуаты 63 МВА және одан жоғары күш трансформаторлары мен автотрансформаторлары		1,5

Екінші (бірінші көлбеу) учаскенің тежеу коэффициенті

Тежегіш сипаттамасының бірінші көлбеу учаскесінің тежеу коэффициенті:

$$C_2 \geq \frac{I_{\text{диф,есептік}} - I_{\text{қосу}}}{C_2 - C_1} \cdot 100 \% = \frac{0,84 - 0,38}{2 - 1,15} = 54,7 \%,$$

мұнда $I_{\text{диф,есептік}}$ – есептік дифференциалды ток;

$K_{\text{орн}} = 1,1$ – орнату коэффициенті;

$K_{\text{бл,есеп}} = K_{\text{өтп}}'' \cdot \varepsilon_{\text{ТТ}} + \Delta U_{\text{рег}} + \Delta f_{\text{тер}} = 1 \cdot 0,1 + 0,16 + 0,02 = 0,28$ – баланстың есептік коэффициенті. Қуаты 40 МВА аспайтын күш беретін трансформаторлар үшін 5.9-кестеге сәйкес өтпелі режим коэффициенті $K_{\text{өтп}}'' = 2$;

$I_d = 0,38$ – ең төменгі дифференциалды ток бойынша таңдалған іске қосу параметрі;

$C_2 = 2$ – екінші учаске шетінің тежегіш тогын анықтап таңдалған параметр;

$C_1 = 1,15$ – бірінші учаске шетінің тежегіш тогын анықтап таңдалған параметр. Екінші секциясы 40 деп қабылданады.

Екінші көлбеу үшін қорғану объектісіне байланысты байланыс трансформаторлары және станцияларының блоктық трансформаторлары үшін өтпелі режим коэффициентінің мәні 4.7-кестеден көрсек болады.

4.7- кесте – Өтпелі режим коэффициентінің мәні $K''_{отп}$

Қорғалатын объектінің түрі			$K''_{отп}$
Жүктеме құрамында кернеуі 6 немесе 10 кВ қуатты қозғалтқыштары бар электр станцияларының ТСН және басқа да төмендететін трансформаторлар			2,5
Байланыс трансформаторлары және электр станцияларының блоктық трансформаторлары			3,0
Құрамында күшті қозғалтқыштар немесе синхронды компенсаторлар ТК жағынан жүктеме құрамында жоқ электр желілерінің трансформаторлары және автотрансформаторлар	Қуаты 40000 кВА аспайтын күштік трансформаторлар	ТК тарапынан қосылған ток шектейтін реакторлар жоқ	2,0
		ТК жағынан ток шектейтін реакторлар қосылған	2,5
	Қуаты 63000 кВА және одан жоғары күш трансформаторлары мен автотрансформаторлар		2,5

Үшінші секциясна арналған (екінші көлбеу) учаскенің тежеу коэффициенті

4.3-сурет 3-учаскідегі тежегіш сипаттамасының екінші көлбеу учаскесінің тежеу коэффициентін анықтайтын үшінші секцияның параметрі 80 % тең деп қабылданады.

Дифференциалды қорғаныс сезімталдығын тексеру. Сезімталдықты тексеру үшін шығыстарда ҚТ кезіндегі ең аз мүмкін болатын тежегіш тогы анықталады. Есептік реті ретінде қаралатын режимдері: ОК жағында ҚТ трансформаторының; ТК жағында ҚТ трансформаторының режимдері.

$I_{КТ}$ салыстырмалы бірліктерге келтіреміз:

$$I_{1КТ*} = \frac{I_{КТ}}{I_{ном}} = \frac{656}{81} = 8,09 \cdot 10^3 \text{ В},$$

$$I_{2КТ*} = \frac{I_{КТ}}{I_{ном}} = \frac{441}{81} = 5,44 \cdot 10^3 \text{ В}.$$

Бұл ретте сезімталдық коэффициенті тең:

1) Трансформатордың ОК жағында:

$$K_{сез} = \frac{I_{КТ*}}{I_{dMin}} = \frac{8,09}{0,38} = 21,29 \geq 2,$$

2) Трансформатордың ТК жағында:

$$K_{\text{сез}} = \frac{I_{\text{КТ}}^*}{I_{\text{қосу}}} = \frac{5,44}{0,38} = 14,31 \geq 2.$$

Алынған сезімталдық коэффициенті ең аз рұқсат етілген 2,0 мәнінен артық, яғни тежегіш сипаттамасының таңдалған параметрлері кезінде талап етілетін сезімталдық қамтамасыз етіледі.

Көлбеу учаскелер үшін сезімталдық сипаттаманың салыстырмалы бастапқы дифференциалды ток пен тежелудің басталу тогының қатынасы бойынша тексеріледі, ол 0,5-тен аспауы тиіс:

$$\frac{I_{\text{қосу}}}{C_1} = \frac{0,38}{1,15} = 0,33 < 0,5.$$

Бұл жағдайда қорғаныс сезімталдығы әрдайым қамтамасыз етіледі.

Есептік мәліметтер негізінде құралған дифференциалдық қорғаныс функциясының тежегіш сипаттамасын құрайық, ол 4.4-суретте.



4.4 -сурет – Тежеу сипаттамасы

I_d дифференциалды кесудің іске қосылу тогы

I_d дифференциалды кесудің ток органының іске қосылу параметрін есептеу және таңдау екі шартты ескере отырып орындалады:

- магниттеу тогын лақтыру режимінен құруды қамтамасыз ету;
- сыртқы ҚТ кезінде қорғалатын автотрансформатор арқылы ағымдағы ең жоғары ток режимінен құруды қамтамасыз ету.

Сыртқы зақымданулар кезінде қорғалатын автотрансформатор арқылы өтетін ең жоғары ток режимінен ауытқулар шарты бойынша іске қосылу параметрі мынадай мән бойынша есептеледі:

$$I_d \geq K_{\text{орнату}} \cdot K_{\text{блз}(1)} \cdot I_{\text{КТ,макс}}^* = 1,2 \cdot 0,65 \cdot 8,09 = 6,3.$$

мұнда $K_{\text{орн}} = 1,2$ – орнату коэффициенті;

$K_{\text{блз}(1)} = 0,65$ – сыртқы зақымдану кезінде қорғалатын автотрансформатор арқылы өтетін токтың периодты құраушы амплитудасына балансыздық тогының бірінші гармоникасының амплитудасының қатынасы. Екінші реттік номиналды тогы 5 А болатын ТТ барлық жағынан қолданғанда қабылданады;

$$I_{\text{КТ,мах}}^* = \frac{I_{\text{КТ,мах}}}{I_{\text{тірек,ном}}} = \frac{667}{82} = 8,13 \text{ А.}$$

$I_{\text{КТ,мах}} = 667 \text{ А}$ – сыртқы үшфазалы ҚТ кезінде екі жүйе қосылған және жұмыста тірек жағына келтірілген қорғалатын автотрансформатор ғана болады;

$I_{\text{ном,тірек}} = 82 \text{ А}$ – қорғалатын автотрансформатордың тірек жағының номиналды тогы.

Параметрдің алынған мәні магниттейтін токтың лақтыру режимінен ауытқудың жағдайын қанағаттандырады:

$$I_d = 6,31 \geq 5.$$

Жұмыс істеу параметрі $I_d = 6,31$ деп қабылданады.

4.2 Қамыскөл ҚС трансформаторының резервтік қорғанысы

Максималды ток қорғанысы (МТҚ)

Атқаратын органның іске қосылу параметрлері мен уақыт ұстау шамаларын есептеу кезінде ең жоғары токтық қорғаныс трансформатордың тек қана зақымданған орнын тікелей қоректендіретін орамының селективті ажыратылуын қамтамасыз етуі тиіс екенін ескеру қажет. Бұдан басқа, МТҚ селективтілігін қамтамасыз ету үшін, екі жақты және үш жақты қоректенуі бар трансформаторларда бағытталуы тиіс.

МТҚ іске қосу параметрлері келесі шарттар бойынша таңдалады:

а) жүктеменің ең жоғары тогынан ауытқуды қамтамасыз ету;
ә) желінің шығатын элементтерінің қорғаныстарымен келісу (мысалы, тиісті кернеулі ӘЖ);

б) жоғары тұрған элементтердің МТҚ келісімі бойынша. Бұл мүмкіндігінше жоғары кернеулі желі қорғанысының іске қосылу параметрлерін өзгертпеу үшін жасалады;

в) коэффициенті 1,5-тен төмен емес ең төменгі режимдегі трансформатордағы фаза аралық ҚТ сезімталдығы бойынша.

Негізгі трансформатордағы резервтеу және тарату құрылғы шиналарындағы ҚТ ажыратуды резервтеу үшін, кернеу бойынша құрастырылған іске қосу мүмкіндігімен ЖК жағынан ең жоғары ток қорғанысы қарастырылады. Қорғау үшін пайдаланатын токтар ток трансформаторы жағында және кернеу трансформаторы жағында төменгі кернеу, ал үш орамды трансформаторлар мен кернеу трансформаторы жағында орта кернеуде.

Орта кернеулі шиналарында ҚТ ажырату үшін және осы шиналарға жалғанған элементтердің қорғанысын резервтеу үшін, кернеу бойынша құрамдастырылған іске қосу мүмкіндігі бар МТҚ көзделеді. Трансформатордың ҚТ жағындағы ток тізбектері бойынша, кернеу тізбектері бойынша – орта кернеудегі кернеу трансформаторы, және трансформатордың ҚТ ажыратқышын ажыратуға әрекет етеді.

ТК шиналарындағы ҚТ ажырату үшін және осы шиналарға жалғанған элементтердің қорғанысын резервтеу үшін, кернеу бойынша құрастырылған іске қосу мүмкіндігі бар трансформатордың ТК ажыратқышына әрбір тармақталу тізбегінде МТҚ көзделеді. Трансформатордың төменгі жағындағы ток тізбектері бойынша трансформатордың төменгі жағындағы ТТ, кернеу тізбектері бойынша – кернеу трансформаторының ТК және трансформатордың жоғарғы жағындағы ажыратқышты ажыратуға әрекет етеді.

Кернеу бойынша құрастырылған іске қосылған МТҚ қозғалтқыш жүктемесі бар қосалқы станцияларда қолданылады. Бұл жағдайда кернеу бойынша іске қосылу параметрлері қозғалтқыштарды өздігінен іске қосу кезінде туындайтын кіші кернеудегі секцияларында кернеудің шөгуінен ажыратылуы тиіс. Бұл жағдайда қысқа мерзімді іске қосу токтарынан (өзін-өзі іске қосу токтарынан) ток атқару органның бұзылуы талап етілмейді. Осылайша таңдалған қорғаныс ҚТ секцияларына сезімтал болады.

Егер трансформатордың бейтарабы жерге тұйықталса, онда жоғары кернеу желісінде жерге қысқа тұйықталу кезінде МТҚ ЖК селективті емес әрекеті алынып тасталуы тиіс. Бұл «үшбұрыш» сұлбасы арқылы ТТ орамдарының қосылуын пайдаланумен қамтамасыз етіледі (қорғанысты желілік токтарға қосу).

Қайта тиеу

Трансформаторды шамадан тыс жүктемеден қорғау артық жүктеме жойылмаған кезде ғана әрекет етеді. Басқа жағдайларда сигналға әрекет етеді.

Қазіргі уақытта жұмысшы персоналдың карауындағы трансформаторларда номиналды мәннен 1,5-2 аралығында трансформатордың шамадан тыс жүктелуіне он минут ішінде жол берілуі мүмкін. Сондай-ақ, аса қуатты трансформаторлар үшін рұқсат етілген артық жүктеме уақыты аз екенін атап өткен жөн. Егер 6-10 кВ кернеуі бар қозғалтқыштарды өздігінен іске қосу кезінде, сондай-ақ қуатты жүктемені қосу кезінде қысқа мерзімді артық жүктеме пайда болса, трансформаторды ажырату талап етілмейді. Релелік автоматика құрылғылардан жүктемені қосу, сондай-ақ параллель жұмыс істейтін трансформаторды өшіру кезінде болатын ұзақ жүктелімдер он минут ішінде автоматикамен немесе персоналмен жойылуы тиіс 4.8-кестеде.

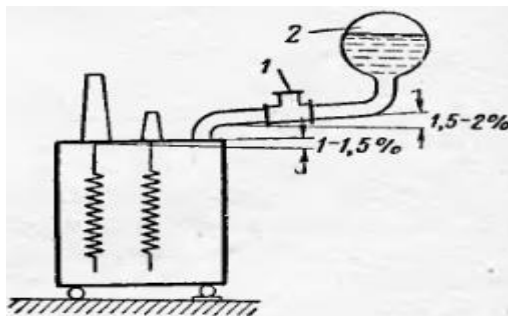
4.8- кесте – Трансформатордың резервтік қорғанысын есептеу

Аталуы	таңдау шарты	Бастапқы шама	Сезімталдық
ТК жағында трансформатордың максималды ток қорғанысы	10,5 кВ жағында номиналды токтан құрылысы	$I_{p.ik.} = K_{отс} \cdot K_{қай.т} / K_{к} \cdot I_{жұм.} \\ \text{max} = \\ = 1,2 \cdot 2,5 / 0,97 \cdot 1232 = \\ = 3,810 \text{ кА}$	$K_{сез} = I_{к.т.} \cdot K_{тт} / I_{к.ик.} = \\ = 441 \cdot 10,95 / 3810,3 \\ 1 = \\ 1,3 > 1,2 \\ \text{Шарт орындалады}$
	Жұмыс істеу уақыты	$t = 0.5c$	
ОК жағында трансформатордың максималды ток қорғанысы	37 кВ жағында номиналды токтан қайта құру	$I_{p.ик.} = K_{отс} \cdot K_{қай.т} / K_{к} \cdot I_{жұм.} \\ \text{max} = \\ = 1,2 \cdot 2,5 / 0,97 \cdot 350 = \\ = 1,082 \text{ кА}$	$K_{сез} = I_{к.т.} \cdot K_{тт} / I_{к.ик.} = \\ = 656 \cdot 3,11 / 1082,5 = \\ = 1,8 > 1,2 \\ \text{Шарт орындалады}$
	Жұмыс істеу уақыты	$t = 0.8c$	
ЖК жағында трансформатордың максималды ток қорғанысы	МТҚ тарапынан келісу	$I_{с.з.} = K_{отс} \cdot K_{ток} \cdot I_{с.з.пред.} = \\ = 1,1 \cdot 1 \cdot 347,9 = 0,3827 \text{ кА}$	$K_{сез} = I_{к.т} / I_{к.ик.} = \\ = 4034 / 382,69 = \\ = 10,5 > 1,2 \\ \text{Шарт орындалады}$
	Жұмыс істеу уақыты	$t = 1,1c$	
Аталуы	Қорғаныс іске қосылу тогын таңдау шарты	Бастапқы шама	
Шамадан тыс жүктемеден қорғау	10,5 кВ жағында қайта тиеу	$I_{p.ик.} = K_{отс} \cdot I_{ном.ТК} / K_{к} = 1,05 \cdot 880 / 0,95 = 972,6 \text{ А}$	
	115 кВ жағында қайта тиеу	$I_{p.ик.} = K_{отс} \cdot I_{ном.ЖК} / K_{к} = 1,05 \cdot 81 / 0,95 = 89,5 \text{ А}$	
Жерге тұйықталудан ток қорғанысы	Трансформатордың артындағы үшфазалы ҚТ кезінде баллансыздық тогынан қайта құру	$I_{p.ик.} = K_{отс} \cdot I_{блз} = 1,25 \cdot 22,05 = 27,6 \text{ А}$	
Салқындату	10,5 кВ ТК	$I_{p.ик.} = K_{н} \cdot I_{ном.ТК} = 0,8 \cdot 880 = 704 \text{ А}$	

5 Трансформатордың газды қорғанысы

Трансформатордың газды қорғанысы келенсіз жағдайлардың орын алмауы үшін, оның ішінде жұмысының зақымдануы және қалыпты емес режимде жұмыс істеп қалғанда, сондай-ақ трансформатордың қаптамасында ауа пайда болып, май аққанда, қаптамасында қажетсіз жағдайларға байланысты механикалық болымсыздар орын алдыртпауға бағытталатын қорғаныс түрі.

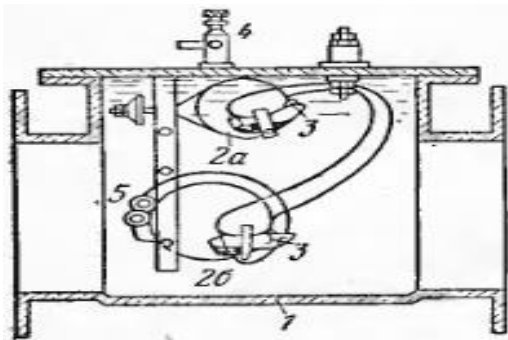
Газ қорғанысы трансформатордың ішкі зақымдануынан сезімтал қорғаныс ретінде 5.1-суретте көрсетілген. Трансформатордың қаптамасының ішінде зақымдану пайда болған кезде, электр доғасы және трансформатордың бөлшектерін қыздырулар пайда болуы мүмкін, осыған байланысты майдың окшаулағыш материалдың ыдырауы және ұшатын газдың пайда болуы орын алады. Сонымен, ұшатын газдар ағатын майдан жеңіл болғандықтан, ол трансформатордың жоғарғы бөлігінде орналасқан 2-кеңейткішіне көтеріледі, және ауамен байланысады.



5.1-сурет – Трансформаторда газ релесін орнату

Кейбір жағдайларда, тынымсыз қарқынды газдар пайда болу жағдайлары орын алған елеулі зақымдануынан, қарқынды кеңейтілетін газдарын туғызады. Күшті қысым әсерінен трансформатордағы май қозғалысқа ие болып, қозғалыс әсерінен қаптама кеңейткішіне қарай ұмтылып қозғалады.

Бұл дипломдық жұмыста 5.2-суретте көрсетілген қалқылымалы газ релесінің құрылғысын тиянақты қарастырайық.



5.2-сурет – Қалқыма газ релесінің құрылғысы

Қалқымылы газды реле шойын қаптамасынан құралып, ол үштік құбырымен кеңейткішке қосылуға арналған фланецтері бар түтікше түрінде көрсетіледі. Реле қаптамасының ішінде жіңішке қабырғалы қуысты цилиндрлер түрінде бейнеленген. Герметикалық дәнекерленген және майда жүзетін екі жылжымалы қалқа 5.2-суреттегі 2а және 2б сілтеме белгіленулерінде орналасқан. Әрқайсысы қалақша тірекке бекітілген және осьте еркін айналады.

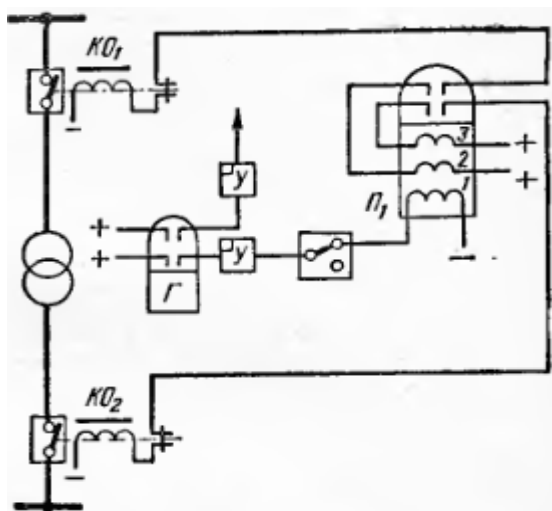
Сынап контактіні белгілі бір жағдайларда тұйықтайды. Контактілерден қаптаманың сыртындағы шығу қалақшалардың еркін айналуын шектемейтін иілгіш және оқшауланған өткізгіштердің көмегімен жасалады. Үстіндегі қалақтың түйіспелері - сигналға, ал төменгісі - трансформаторды өшіруге бағытталады. Жоғарғы түйіспесі қалытқыда орналасқан жоғарғы бөлігінің қаптама релесіне, ал төменгі деңгейде дәнекер құбырлар болатындай ағынына май әсер етеді.

Реленің жұмыс істеу принципі

Реле қаптамасы әрқашан майға толы, өйткені ол тікелей кеңейткіште май деңгейінен төмен орналасады. Қалта бетіне қарай, оське бекіту шарттарын бере алатын ең жоғарғы орынды алады. Сондай-ақ, бұл жағдайда қалта түйіспелері тұйықталғанын атап өту керек.

Газ тәріздес аз зақымданулар кезінде, газ баяу жүреді және газ шағын көпіршіктер арқылы трансформатордың кеңейткішіне көтеріледі. Газтәріздесуі трансформатор қаптамасының жоғарғы бөлігінде реле арқылы өтіп толтырылады, сонымен қатар сол жерден майды ығыстырады.

Төмен көрсетілген схемасында, газ релесін қамтамасыз ету ұзақ аралықта импульсі үшін, қажетті ажыратқыштың қамтамасыз ететін өзін ұстау шығыстық аралық реле К01, ол үшін ажыратқыштарының ағытуы жеткілікті болады. Мұндай схема 5.3-суретте көрсетілген. Трансформатордың қысқа мерзімде ток шунттаушы орамасынаң бірінше аралық реле К1-ге сигналды жібереді, соңғы іске қосылу және 2 және 3-орамалары арқылы ажыратқыштарының өшуіне дейін ұстап тұрады.



5.3 -сурет – Газды қорғаудың жедел тізбегінің принциптік схемасы

Газ релесінің жұмыс істеу принципі, қаралыстырған бұл реле трансформатордың өзінде зақымдану дәрежесін ажыратуы мүмкін. Аз зақымданулар кезегінде ол сигнал береді, ал үлкен келеңсіз жағдайлар болған кезде – оны болдыртпау орындалады. Кіші зақымданулар жайлы сигнал беру, ажыратудың орнына жүктемені басқа қуат жағында өзгертуге және тұтыну үшін, зияндылықты келтірместен трансформаторды өшіруге рұқсат береді.

Газ релесінің қорғанысы трансформатор ішіндегі май деңгейінің азаюына да әсер етеді. Бұл кезде алдымен сигналдық байланысы жүзеге асып, содан кейін май деңгейінің азаюына байланысты, трансформаторды қосып, ажыратушы байланысы іске қосылады. Соңғы әрекеті кезектегі трансформаторды тарату және ажырату шараларын қосуды үлгергенге дейін май шамасы трансформатор орамынан астыңғы бөлікке төмендеуіне қауіп төндіретін майы тез ағып кеткен жағдайда, сондай-ақ кезектері жоқ автоматтандырылған қосалқы станцияларда пайдалы.

Газ релелік қорғанысының артықшылықтары:

- қарапайымды көрнектілігі;
- сезімтал жоғарлығы;
- кішігірім зақымданулар кезіндегі аз уақыт ішіндегі іске қосылу;
- сигналға немесе ажыратуға әсер ету, зақымдану масштабқа байланысты.

Газдық қорғаныс трансформаторы оның орамаларының зақымдануынан және әсіресе орамдарының тұйықталу кезінде аса сезімтал қорғанысы ретінде саналады, оларға дифференциалды қорғаныс тек орамдардың үлкен санының тұйықталуынан ғана, ал ең жоғарғы зақымданулар мен ажыратуға дифференциалды қорғанысы мүлдем жауап бермейді.

Газ қорғанысы трансформатордың шығыстарындағы зақымдануларға әсер етпейді, сондай-ақ трансформатордың қаптамасында ауаның бөліну қаупі болғанда істен шығарылуы тиіс. Осы себепті газ қорғанысы ішкі зақымданудан екінші қорғаныспен толықтырылуы тиіс. Кіші қуатты трансформаторлар үшін мұндай қорғаныс ең жоғары ток қорғанысы және токты аралық болып табылады. Қуатты трансформаторлар үшін жетілдірілген дифференциалды қорғаныс қолданылады.

Газ қорғанысы трансформаторлар мен автотрансформаторларды қорғау үшін ғана қолданылмайды, сонымен қатар май толтырылған реакторлар мен доға сөндіретін орамдарын да қорғау міндеті болып саналады. Дипломдық жұмысымда, РГТ-140 типті газ реле қорғанысын таңдасақ болады.

6 REL 670 базасындағы Релелік қорғаныс

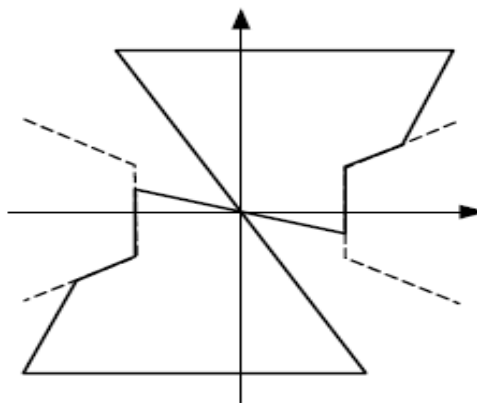
6.1 Терминал туралы жалпы мәліметтер мен функциялары

110 кВ желілерін қорғау үшін желінің негізгі және резервтік қорғанысы ретінде аталған (2 жиынтық) терминалдары орнатылады.

Әрбір аймақ үшін реактивті және белсенді кедергі бойынша тәуелсіз тағайыншамалары әртүрлі үлгідегі және әртүрлі ұзындықтағы электр берілісінің әуе және кабельдік желілерінде пайдаланудың икемділігін қамтамасыз етеді. Желінің дистанциондық қорғанысының фазааралық тұйықталудан қорғау үшін үш өлшеу контуры бар бес аймағы және әрбір аймақ үшін жерге тұйықталудан қорғау үшін үш өлшеу контуры бар.

Аралықты қорғаныста фазааралық ҚТ-дан желілерді қорғау үшін күрделі конфигурациялы желілерде қолданылады. Бұл қорғаныс желі кедергісін төмендету кезінде іске қосылады, яғни ең аз болып табылады. Сонымен қатар, трансформатордың дифференциалды қорғанысын есептеу кезінде келесі шарттар орындалады: - трансформатордың дифференциалды. Шектес желілер қорғанысының селективтілігі уақыттың сатылы ұстанымдарын енгізумен қамтамасыз етіледі: қорғаныс орнатылған жерге жақын I аймақ (саты) шегіндегі барлық ҚТ ең аз уақытпен ажыратылады; II аймақ (саты) шегіндегі ҚТ – үлкен уақытпен; соңғы, III аймақ (саты) шегіндегі ҚТ-ең көп уақытпен ажыратылады. Өлшеу органдары қорғау болып табылады бағытталған реле толық кедергісі деп аталатын ара қашықтық органдары (реле I және II сатыларының) және іске қосу органдары (реленің III сатысы).

Ол өте жүктелген линияларға үлкен өтпелі кедергі арқылы қысқа тұйықтауды анықтау мүмкіндігін арттырады, 6.1-сурет.



6.1-сурет – Жүктемені басып кетуден ажырату функциясы бар қашықтықтан қорғаудың типтік сипаттамасы

Фазаның сезімтал және сенімді сайлаушысымен бірге зақымданудың әрбір контуры үшін толық кедергіні тәуелсіз өлшеу бір фазалы АҚҚ қолдану жағдайында функцияны пайдалануға мүмкіндік береді.

Қашықтықтан қорғау аймақтары бір-біріне қарамастан бағытталған (тікелей немесе кері бағытта) немесе бағытталмаған режимде жұмыс істеуі мүмкін.

Жүктемені компенсациялаудың кіріктірілген адаптивті алгоритмі электр берілісінің қатты жүктелген желілерінде жерге бір фазалы тұйықталу кезінде қамту аймағын кеңейтуге кедергі жасайды.

Бұл күрделі конфигурациялы желілерде, мысалы, параллель желілерде, көпконциялы желілерде және т. б. электр берілісінің әуе және кабель желілерін қорғау үшін әртүрлі байланыс схемаларымен бірге оларды пайдалануға мүмкіндік береді.

Энергосистемадағы тербелістерді анықтау функциясы қуаттың тербелістерін жалаңаштандыру және дистанциондық қорғаныстың таңдалған аймақтарын бұғаттау үшін қолданылады. Қуаттың тербелуі кезінде жерге тұйықталу токтарының пайда болуы зақымданудың азаюын қамтамасыз ету үшін тербелістерді анықтау функциясын бұғаттай алады.

Қуаттың тербелісі үлкен жүктемелерді ажыратқаннан немесе қуатты электр станцияларын ажыратқаннан кейін энергия жүйесінде туындауы мүмкін.

Зақымдануға қосқан кезде автоматикалық логикасы өшіргішті зақымдануға қосқан кезде жылдам ажыратуды қамтамасыз ететін функция болып табылады. Желі ажыратылған кезде функцияны белсендіру үшін токтан ажыратылған желінің табылуын тексеру функциясы көзделеді.

Фазалық токпен кесудің өтпелі режимдегі іс-әрекет аймағының шамалы кеңеюі және іске қосылудың аз уақыты бар. Қорек көзінің ең аз кедергісі кезінде қорғалатын электр беру желісінің 80 %-дан аспайтын, өрескел тағайыншамамен және қысқартылған қамту аймағы бар қорғаныс құрамында пайдаланылады.

Төрт сатылы фазалы МТҚ әр саты үшін жеке-жеке уақыт төзімділігі тоғынан инверсиялық немесе тәуелсіз болуы мүмкін.

Әрбір саты үшін бағытталмаған немесе бағытталмаған әрекет тағайындалуы мүмкін.

Бір кіріспен максималды ток қорғанысы өтпелі режимде әрекет ету аймағының шамалы кеңеюі және іске қосылу уақытының аз болуы бар. Қорек көзінің ең аз кедергісі кезінде қорғалатын электр беру желісінің 80 % - дан аспайтын, өрескел тағайыншамамен және қысқартылған қамту аймағы бар қорғаныс ретінде пайдаланылады. Функция токтың үш фазалы кіріс арналары бойынша немесе жеке ток арнасы бойынша нөлдік реттілік тоғын (қалдық тоғы) өлшеуге тең болуы мүмкін.

Бір кірісімен төрт сатылы ең жоғары ток қорғанысының инверсиялық немесе токтан тәуелсіз жеке қажетті сатысына арналған уақыт ұстамалары болуы тиіс.

Әрбір саты үшін бағытталмаған немесе бағытталған әрекет тағайындалуы мүмкін.

Екінші гармоника бойынша блоктау әрбір сатыға жеке енгізілуі мүмкін.

6.2 Желіні қашықтықтан қорғауды есептеу

АС-65 және АС-85 маркалы желілердің кедергісін есептеу:

1) Желі АС-65 (50,7 км.)

$$Z_{ж1} = 22,81 + j22,31,$$

2) Желі АС-85 (59,6 км.)

$$Z_{ж2} = 19,67 + j25,57,$$

3) Желі АС-85 (168 км.)

$$Z_{ж3} = 61,38 + j79,79.$$

Одан әрі сатылардың кедергісін, сондай-ақ нәтижелері 6.1-кестеге енгізіліп олардың есебі жүргізіледі. Есептеу Mathcad бағдарламасында асырылды 6.2 сурет.

The screenshot shows the Mathcad interface with the following calculations:

- $j := \sqrt{-1}$
- $Z1sz := 0.85 \cdot 22.81 + j \cdot 22.31 = 19.388 + 22.31i$
- $|Z1sz| = 29.558 \quad \arg(Z1sz) \cdot \deg^{-1} = 49.008$
- $Z2sz := 0.85 \cdot 22.81 + j \cdot 22.31 + 0.78 \cdot (19.67 + j \cdot 25.57 \cdot 0.85) = 34.731 + 39.263i$
- $|Z2sz| = 52.42 \quad \arg(Z2sz) \cdot \deg^{-1} = 48.505$
- $52.42 \cdot e^{j \cdot 48.505 \cdot \deg} = 34.731 + 39.263i$
- $K4 := \frac{Z2sz}{22.81 + j \cdot 22.31} = 1.639 + 0.119i$
- $|K4| = 1.643 \quad \arg(K4) \cdot \deg^{-1} = 4.14$
- $Z3sz := 0.85 \cdot 22.81 + j \cdot 22.31 + 0.85 \cdot 19.67 + j \cdot 25.57 + 0.78 \cdot (0.85 \cdot 61.38 + j \cdot 79.79) = 76.803 + 110.116i$
- $|Z3sz| = 134.254 \quad \arg(Z3sz) \cdot \deg^{-1} = 55.105$
- $K42 := \frac{Z3sz}{22.81 + j \cdot 22.31 + 19.67 + j \cdot 25.57} = 2.083 + 0.244i$
- $|K42| = 2.097 \quad \arg(K42) \cdot \deg^{-1} = 6.685$

6.2-сурет – Желілерді қашықтықтан қорғаудың есептелуі

6.1- кесте – Желілерді қашықтықтан қорғаудың есептік мәліметтері

Аталуы	Қорғаныс іске қосылу тоғын таңдау шарты	Бастапқы шамасы	Сезімталдығы
I- саты	Қосалқы станцияға қарама-қарсы шиналарда 3-ф ҚТ-дан қайта құру	$Z_{\text{К}}^{\text{I}} = K_{\text{отс}} \cdot z_{\text{Л1}} = 29,558 \cdot e^{j49,008} \text{ Ом.}$	-
	Жұмыс істеу уақыты	$t = 0 \text{ с}$	
II- саты	Ж2 желілерінің аралас қосылыстарынан құрылыс	$Z_{\text{К}}^{\text{II}} = K_{\text{К}} \cdot z_{\text{Ж1}} + K' \cdot z_{\text{К, см}}^{\text{I}} / K_{\text{ТОК}} = 52,42 \cdot e^{j48,505} \text{ Ом.}$	$K_{\text{сез}} = Z_{\text{К}}^{\text{II}} / z_{\text{Ж1}} \geq 1,25$ $K_{\text{сез}} = 1,643 \cdot e^{j4,14} \geq 1,25$ Шарт орындалады
	Жұмыс істеу уақыты	$t = 0,5 \text{ с}$	
III- саты	Қайта құру II-сатысы	$Z_{\text{с.з.}}^{\text{III}} = K_{\text{К}} \cdot z_{\text{К1}} + K_{\text{К}} \cdot z_{\text{Ж2}} + K'' \cdot z_{\text{К, см}}^{\text{II}} / K_{\text{ТОК}} = 134,254 \cdot e^{j55,105} \text{ Ом.}$	$K_{\text{сез}} = Z_{\text{с.з.}}^{\text{III}} / (z_{\text{Л1}} + z_{\text{с.з. см}}^{\text{I}} / K_{\text{ТОК}}) \geq 1,25$ $K_{\text{сез}} = 2,097 \cdot e^{j6,685} \geq 1,2$ Шарт орындалады
	Жұмыс істеу уақыты	$t = 1,2 \text{ с}$	

6.3 Максималды ток қорғанысы (МТҚ)

Екі жақты қоректендіруі бар желілерге арналған бағытталмаған ток кескіштері

Іске қосылу тоғы кескіші есептеу келесі жағдайларда қорғаныстықпен өтетін ең жоғарғы токтан (6.3-сурет) тұрады:

а) қосалқы станциясының шиналарында қабылдану ҚТ кезінде желінің ең үлкен тоғынан бастап қайта құрау (6.3-сурет, а);

ә) орнатылған қорғау жерінде, қосалқы станция шиналарында ҚТ кезінде желінің ең жоғары тоғынан қайта құру (арқадан тыс ҚТ) (6.3-сурет, б);

б) қайтадан келтіру шамасы ең үлкен тербеліс тоғы (6.3-сурет, в), жанында жұмыс істейтін станциялардың ЭҚК алшақтығы кезінде туындайтын 180° және $E_{\phi} = 1,05 U_{\text{орташа.ном}} / \sqrt{3}$ (6.3 суретінде):

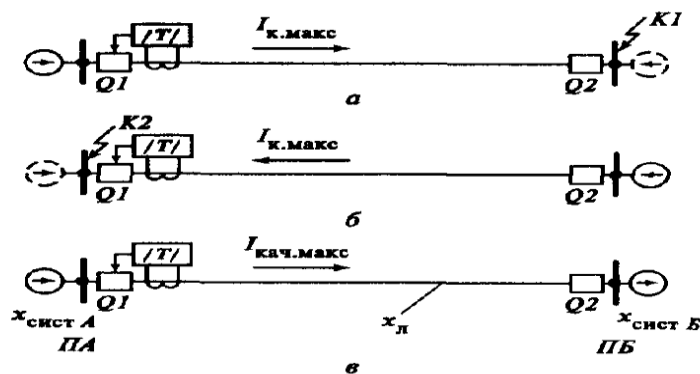
$$I_{\text{терб. max}} = \frac{2 \cdot 1,05 E_{\phi}}{x_{\text{ЭКВ. min}}} = \frac{2,1 U_{\text{орт. ном}}}{\sqrt{3} x_{\text{ЭКВ. min}}}, \quad 6.1$$

мұнда $X_{\text{экв.мин}}$ – байланыс желісінің кедергісін сондай-ақ генераторлардың аса өтпелі кедергісін қоса алғанда, бірігіп жұмыс істейтін станциялар арасындағы байланыстың баламалы ең төмен кедергісі;

$$X_{\text{экв.мин}} = X_{\text{систА}} + X_{\text{систВ}} + X_{\text{ж}}, \quad 6.2$$

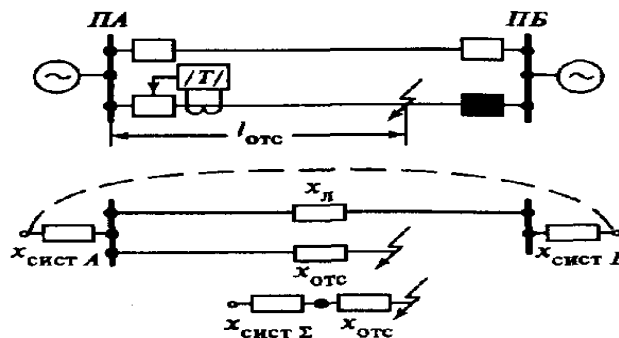
Алынған токтардың қиманың іске қосылу тогы ең үлкен мәндерінен таңдалады:

$$I_{\text{к.к}} = K_{\text{к}} \cdot I_{\text{мах}}, \quad 6.3$$



6.3-сурет – Екі жақты қоректендірумен желі бөліктерінің іске қосылу тогын таңдауға

ҚТ каскадты ажырату кезінде жүйенің нәтижелік кедергісін анықтау 6.4-суретте көрсетілген.



6.4 -сурет – ҚТ каскадты ажырату кезінде жүйенің нәтижелік кедергісін анықтау

(K1, K2) сыртқы ҚТ кезінде, сондай-ақ желінің жақтарында орын алған қорғаныспен тербелістер барысында бірдей токтар болатындықтан, ол жақтарда арналған қорғаныс іске қосылу құрылғысы бірдей болып қабылданады, яғни:

$$I_{\text{к. АБ}} = I_{\text{к. БА}}, \quad (6,4)$$

Каскадты ажырату режимінде, сондай-ақ ең үлкен және кішігірім режимдерде кесумен қорғалатын аудандар анықталады. Бірінші жағдайда қисық құлдырау, екіншісінде-өрнек қолданылады $x_{ap} = x_{кор} - x_{сист\Sigma}$, ал аралық аймағы $I_{*ap} = x_{ap}/x_{ж}$.

Желінің алғашқысында екі фазалы ҚТ барысында аралық сезімталдығын анықтау ұсынылады. Сілтемелі құрылғы қимасы қолданылу $K_{сез} \geq 1,2$ болған кезде қолданылуы мүмкін.

Қосалқы станциялардың шиналарындағы ҚТ барысында қалдық кернеулердің дәрежесі (қорғаныс құрылғысы орнында) аралық әрекет ету аймағының соңында осылайша анықталады:

$$U_{ap} = \frac{\sqrt{3} I_{к.к}^{I} x_{ap}}{U_{орт.ном}} \cdot 100 \quad (6.4)$$

Ең жоғары және ең төменгі режимдер үшін $x_{кк} = I_{*кк} x_{л}$, каскадты ажырату режимі үшін $x_{кк}$ бойынша $x_{кк} = x_{кор} - x_{сист\Sigma}$. Анықтамасы $x_{сист\Sigma}$ 6.3-суретте көрсетілген.

Аралақтың қолданылуы жайлы нәтиже жасалады. Мәселен кіші станция шиналарындағы кернеу төмен режимінде немесе каскадты ажырату режимінде $t=0$ -ден, 60 %-ға тең немесе үлкендеу болса, онда отсечкасы негізгі қорғаныс ретінде қолданылады. Егер қалдық кернеу 65 %-дан аз болса, ал отсечкасы 19-25 % желінің ең жоғары режимінде қорғайды, онда ол қосымша қорғаныс ретінде қолданылады. 6.3-кестеде желінің максималды ток қорғанысы көрсетіліп баяндалған.

6.3- кесте – Желінің максималды ток қорғанысы

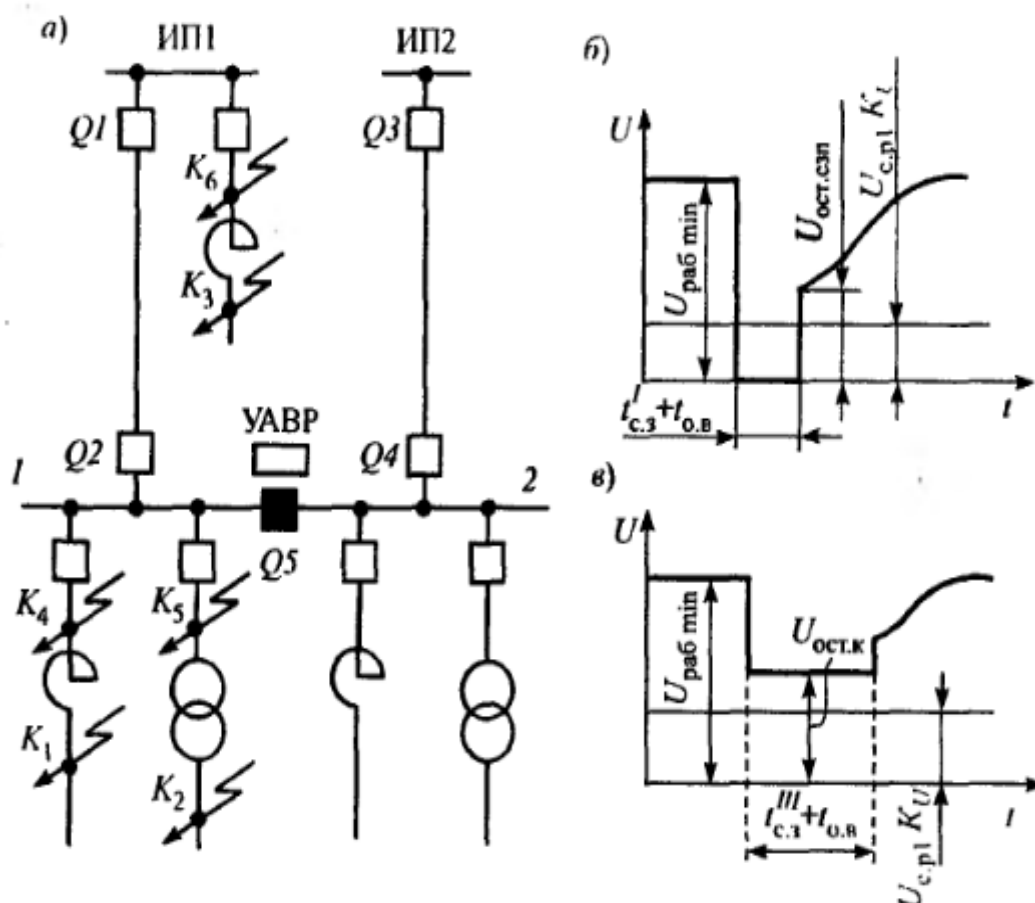
Аталуы	Қорғаныс іске қосылу тогын таңдау шарты	Бастапқы шама	Сезімталдығы
І-саты	ҚС қабылдау ҚТ кезіндегі токтан қайта құру	$I_K^I = K_K \cdot I_{KT, \max, cm} = 1,2 \cdot 1446 = 1735,2 \text{ А}$	Шарттардан ең көп мәнді таңдаймыз $I_K^I = 1735,2 \text{ А}$ $K_{сез} = I_{KT} / I_{KOC}^I \geq 1,5$ $K_{сез} = 3612 / 1735.2 = 2.08 \geq 1,5$ Шарт орындалады
	Қайта құру ҚТ-дан кейін	$I_K^I = K_K \cdot I_{KT, \max, cm} = 1,2 \cdot 422 = 506,4 \text{ А}$	
	Тербеліс тогынан қайта құру	$I_{терб} = 758,5 \text{ А}$ $I_K^I = K_K \cdot I_{терб} = 1,2 \cdot 758,6 = 910,2 \text{ А}$	
	Жұмыс істеу уақыты	t = 0 с.	
II-саты	Тербеліс тогынан қайта құру	$I_K^{II} = K_K \cdot I_{терб} = 1,2 \cdot 758,5 = 910,2 \text{ А}$	$K_{сез} = I_{K3} / I_{KOC}^{II} \geq 1,5$ $K_{сез} = 1437 / 910,2 = 1,6 \geq 1,5$ Шарт орындалады
	Жұмыс істеу уақыты	t = 1,5 с.	

7 Төменгі кернеудегі 10 кВ ТҚ электрлі принципті сұлбасын резервті автоматты түрде қосу

7.1 Резервті автоматты қосу сұлбасының негізгі талаптары, мақсаты

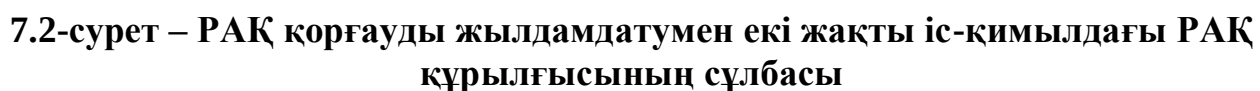
Екі жақтан қоректендіру кезінде, апаттық жағдайлар тиімсіз әрі қажетсіз жағдайларын тудыртпай бір элементті ғана өшіру жүргізіліп, қалған құрылғылар қалыпты режимде жұмысын тоқтатпай істей береді. Бірнеше жақтан қоректену релелік қорғанысқа біршама зардаптарын туғызады. ҚТ токтары көбейіп құрылғыларға зұлымды жағынан әсер ете бастайды. Осындай тұста резервті құрылғылар компоненттері қажет болады. Резервтегі электр жүйе элементтерін іске келтіру, резервті автоматты түрде қосу құрылғысы жүзеге асырады.

7.1-суретте көрсетілгендей секциялық ажыратқышта (а) АҚҚ құрылғысымен желі схемасы және ҚТ (б, в) кезінде шиналардың резервтелетін секциясында кернеудің өзгерулері бейнеленген.



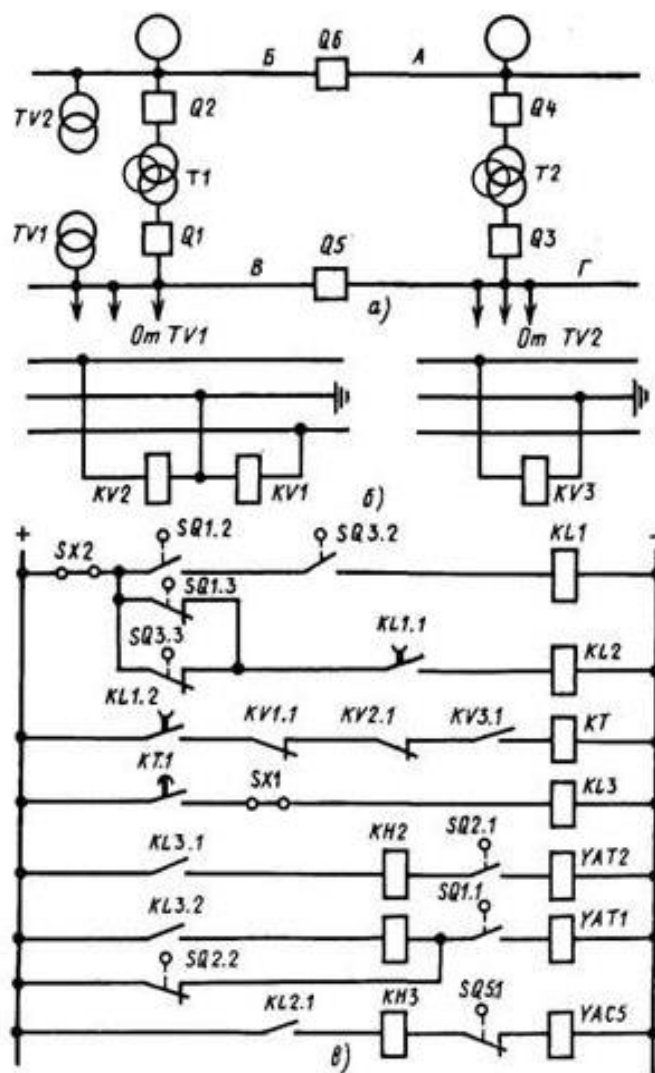
7.1-сурет – Секциялық ажыратқышта (а) АҚҚ құрылғысымен желі сұлбасы және ҚТ (б, в) кезінде шиналардың резервтелетін секциясында кернеудің өзгеру кестесі

Кейде қысқа тұйықталу жойылмайтын резервтік көз іске қосылса, резервтік көз қорғанысының неғұрлым жылдам (жылдамдатылған) іске қосылуы көзделеді. 7.2-суретте екі жақты РАҚ сұлбасы берілген.



Бірінші және екінші трансформаторлары дұрыс қосылған, тұтынушының электрмен қоректенуі төмен кернеулі шиналардың секциясынан жүзеге асырылады. Қосалқы станциядағы секциялық ажыратқыштың РАҚ сұлбасын

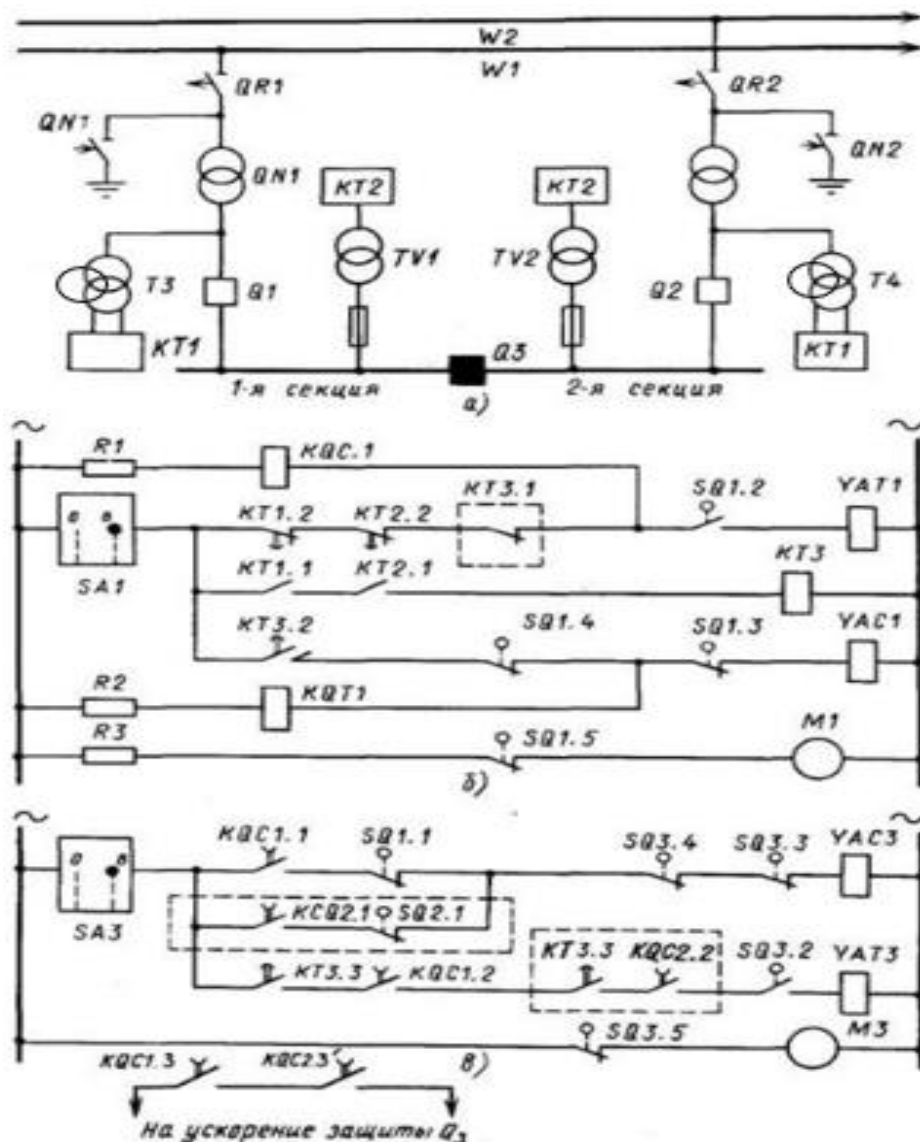
7.3-суретте көрсеттік. Суреттегі сұлбалар бойынша: *а* - бастапқы қосылыстар схемасы; *б* - айнымалы кернеу тізбегі; *в* - жедел ток тізбектері.



7.3-сурет – Қосалқы станциядағы секциялық ажыратқыштың РАҚ схемасы

Айнымалы тоқтағы РАҚ схемаларының ерекшеліктері

Төменде РАҚ күрделі сұлбасында көрсетілген айнымалы оперативті токтары үшін секциялық ажыратқыштың қосалқы станцияларында екі трансформаторы бар, келесідей сұлбадағы бөліктерден тұратындай етіп, қарастыруға болады: а) қосалқы станцияның сұлбасы; б) Q1 ажыратқышының РАҚ және басқару тізбектері; в) Q3 ажыратқышының РАҚ және басқару тізбектері (пунктирмен T2 трансформаторына жататын тізбектер қоршалған); г) - Q3 қорғауды жылдамдату тізбектері. ҚТ-да Q3 ажыратқышын қосу кезінде жылдам ажырату үшін схемада рақ кейін секциялық Ажыратқышты қорғауды жеделдету қарастырылған. Жеделдету жүзеге асырылады контакт релесі КҚС1 және КҚС2, шунттаушы байланыс реле қорғау секциялық ажыратқыштары 7.4-суретте орналасқан.



7.4-сурет – ажыратқыштарсыз электр беру желілеріне қосылған екі трансформаторы бар қосалқы станциялар үшін ауыспалы жедел тоқтағы секциялық ажыратқыштың АҚК схемалары

АҚК тағайыншамаларын есептеу

Бір реттік аралық реленің уақыт ұстанымы $t_{ОВ}$ оның орамынан кернеуді алып тастағаннан бастап контактіні ажыратқанға дейін кейбір қормен қоректендірудің резервтік көзінің ажыратқышын қосу уақытынан аспауы тиіс.

$$t_{БК} = t_{қосу} + t_{қор} = 0,4, \quad (7.1)$$

мұнда $t_{қосу}$ - резервтік қуат көзінің ажыратқышын қосу уақыты;

$t_{қор}$ - әртүрлі қабылданатын қор уақыты 0,3 – 0,5 с.

Ең аз кернеудің іске қосу органы. Іске қосу органын орындау кезінде кернеудің ең аз релесінің іске қосылу кернеуі іске қосу органы кернеу толық жоғалғанда ғана іске қосатындай және ҚТ немесе электр қозғалтқыштарының

өздігінен іске қосылуынан туындаған кернеудің төмендеуі кезінде іске қосылмайтындай етіп таңдалады. Осы шартты орындау үшін ең аз кернеу релесінің іске қосылу кернеуі тең болуы тиіс:

$$U_{P.K} = \frac{U_{\text{қал}}}{k_{\text{кк}} \cdot K_U} = 0,8-0,9,$$

$$U_{P.K} = \frac{U_{\text{өзд.қос}}}{k_{\text{кк}} \cdot K_U} = 0,7-0,9,$$

мұнда $U_{\text{қал}}$ – ҚТ кезіндегі қалдық кернеудің ең аз есептік мәні;
 $U_{\text{өзд}}$ – электр қозғалтқыштарын өздігінен іске қосу кезіндегі ең аз кернеу;
 $k_{\text{кк}}$ – 1,25 қабылданатын құрылыс коэффициенті; K_U - кернеу трансформаторының трансформация коэффициенті.

Ең аз қалдық кернеуді анықтау үшін реакторлар мен трансформаторлардың артында үшфазалы ҚТ кезінде есептеулер және электр қозғалтқыштардың са-жуығын есептеу жүргізіледі. Алынған формулалардан іске қосылу кернеуінің аз мәні қабылданады.

Көп жағдайларда екі жағдай да жұмыс істеу кернеуін қанағаттандырады, ол мынаған тең:

$$U_{P.K} = (0,25 \dots 0,4) \cdot U_{\text{НОМ}} \quad (7.2)$$

мұндағы $U_{\text{НОМ}}$ – электр қондырғысының номиналды кернеуі.

Мұндай аймақ реакторларға дейінгі және трансформаторларға дейінгі учаскелер болып табылады, осылайша ең аз кернеудің іске қосу органының уақытын ұстап тұру тең болуы тиіс.

$$t_{K.O} = t_1 + \Delta t = 1,1 + 0,5 = 1,6 \text{ с},$$

$$t_{K.O} = t_2 + \Delta t = 0,4 + 0,4 = 0,8 \text{ с}.$$

мұнда t_1 — қосалқы станциялардың жоғары кернеуінің шиналарынан шығатын қосылуларды қорғау уақытының барынша жоғары ұсталуы;

t_2 — қосалқы станцияның төменгі кернеуінің шиналарынан шығатын қосылымдарды қорғау уақытының барынша көп ұсталымы;

Δt - селективтілік сатысы, 0,4-0,5 с.

8 Экономикалық бөлім

8.1 Қосалқы станция мен ЭБЖ техникалық-экономикалық көрсеткіштерін есептеу

Қосалқы станцияны жобалауға арналған қаражат келесідей аспектілерінің жиынтығы негізінде жасалып, есептеледі:

- өтемдік құрылғылар мен реакторлар;
- шығындардың тұрақты бөлігі;
- трансформаторлар;
- кернеуі бар тарату құрылғылары.

Диплом жұмысында күрделі шығындар мен жабдықтар құрамын Қамыскөл қосалқы станциясындағы жобалауға арналып, есепке ала отырып жүргізіледі:

$$K_{\text{КШ}} = (\sum K_i \cdot n_i + K_{\text{тұрақты}}) \cdot \alpha_a \quad (8.1)$$

мұндағы K_i – тарату құрылғыларының, трансформаторлардың, ток шектейтін реакторлардың есептік қаражаты, сондай-ақ жоғары жиілікті байланыспен жабдықталған желілік ұяшықтардың қосымша қаражат салымдары;

n_i – аталған жабдықтар бірліктерінің саны;

$K_{\text{тұрақты}}$ – қосалқы станциядағы шығындар үшін тұрақты бөлігі, қосалқы станция қуатына шағын тәуелділігі бар;

α_a – ескеретін құрылыс ауданның коэффициенті.

Бүкіл күрделі салымдар осындай жиындық бөлшектері ретінде: ТҚ, күштік трансформаторлар, РҚЖА құрылғылары келесі төмендегі кестелерде нақты көрсетіліп баяндалған. Сондай-ақ байланыс құрылғысының шығындарын ескеру де шартты.

Диплом жұмысында келесідей аспектілері: қызметкерлер саны, олардың жалақысы және т.б. мәліметтер есепке алынған жоқ.

Трансформаторлардың құнын есептеу барысында, шина сымалдағыштар, жерге тұйықтау, релелік қорғаныс, құрылыс, монтаждау және т. б. шығындарды ескерген жөн.

Шығындарды есептеу кезінде ескеретін тағы бір бөліктерін: бөлінген аумақты, аккумуляторлық батареяларды, керекті инфрақұрылымды және басқа да ұқсас бөлімдерді дайындау мен абаттандыруға арналған шығындардың деңгейі есепке алынған жөн. Аталған тарату құрылғыларына бағытталған күрделі салымдар 8.1, 8.2 және 8.3 - кестелерде көрсетіліп, олардың саны мен бірлік үшін бағасы көрсетілген.

8.1- кесте – Тарату құрылғыларына бағытталған күрделі салымдар

Құрылғы атауы	Саны, дана.	Бірлік үшін бағасы, млн. теңге	Барлығы, млн. теңге
ЖК ажыратқыш	3	9	27
ОК ажыратқыш	5	2,8	14
ЖК айырғыш	10	1,21	12,1
ОК айырғыш	16	1,322	21,15
ЖК ток трансформаторлары	8	0,42	3,36
ОК ток трансформаторлары	6	0,32	1,818
ЖК кернеу трансформаторы	2	0,29	0,58
ОК кернеу трансформаторлары	2	0,22	0,44
ЖК асқын кернеуді шектегіштер	4	0,9	3,6
ОК асқын кернеуді шектегіштер	2	0,73	1,46
КТҚ 10 кВ	1	10,9	10,9
Жалпы баға			96,928

8.2- кесте – Қосалқы станцияға кететін күрделі салымдар (РҚЖА)

Шкаф атауы	Саны, дана.	Бірлік үшін бағасы, млн. теңге	Барлығы, млн. теңге
ЖК үшін релелік қорғаныс «ABB» фирмасынан	2	6,1	12,2
ОК үшін релелік қорғаныс «ABB» фирмасынан	4	6	24
ТК үшін релелік қорғаныс «ABB» фирмасынан	2	6	12
Жалпы бағасы			48,2

8.3- кесте – Күштік трансформаторға кететін күрделі салымдар

Трасформатор аталуы	Саны, дана.	Бірлік үшін бағасы, млн. теңге	Барлығы, млн. теңге
ТДТН трансформаторы – 630000 МВА 110/35/10 кВ үшін	2	35,255	70,51

Қосалқы станция үшін күрделі салымдар:

$$K_{KC}=96,928+48,2+70,5=215,638 \text{ млн. теңге.}$$

Күрделі салым салу желілерінің параметрі және олардың элементтері

Электр беріліс құрылысының бағасы оны мәліметтеу, оған жататын басты факторлар ретінде: сымдар маркасы, кернеуі, тіреуіш түрі және фазалық конструкциясын аламыз. Өуе желісіндегі шығындары:

$$K_{ЭБЖ}=K \cdot L, \quad (8.2)$$

мұнда K – ЭЖ құрылысына кететін үлестік күрделі шығыстар, сымға, тірекке, құрылыс-монтаж жұмыстарына арналған шығыстарды есепке алу;

L – ЭЖ ұзындығы.

Электр беру желілеріндегі күрделі салымдардың жалпы есептері 8.4-кестесіне біріктіріледі.

8.4- кесте – ЭБЖ-ге кететін күрделі салымдар қаражаты

Желі	Желінің жалпы ұзындығы, км	Бір км. желінің ұзындығының бағасы, млн. теңге	Желінің жалпы құны, млн. теңге (байланыс базалары мен желілерін жөндеуді ескере отырып)
110 кВ ауа желісі	22	14,5	319
35 кВ ауа желісі	11	8,5	93,5
Барлығы			412

Энергожүйенің жалпы инвестициялық құны:

$$K_{ЖҚ}=K_{KC}+K_{ЭБЖ}, \quad (8.3)$$

$$K_{ЖҚ}=215,638+412=627,638 \text{ млн. теңге.}$$

8.2 Электр энергиясын берудің өзіндік құнын есептеу

Қамыскөл ҚС-ның жұмыс істеу кезінде пайдалану шығындарын құраушылары пайда болады: қайта жөндеу, модернизациялау, техникалық өтеулерін өтеуге арналған энергия, пайдалануға арналған материалдар, шаруашылық өз қажеттіліктеріне арналған энергия, еңбекақы төлеуге арналған шығыстар, негізгі құралдарды қайта алу, іс-сапар шығыстары, аспаптарды тексеру, келеңсіз жағдайлардан сақтандыру, жұмысшыларды даярлау, экологияға бағытталған шығыстар, байланыс қызметтері, банк қызметтері, есептеу:

$$\text{Ш}_{\text{амр}} = \frac{\alpha_{\text{амрКС}}}{100\%} \cdot \text{К}_{\text{КС}} + \frac{\alpha_{\text{амрЭБЖ}}}{100\%} \cdot \text{К}_{\text{ЭБЖ}}, \quad (8.4)$$

мұнда $\alpha_{\text{амр}}$ – амортизацияға аударымдар нормалары, %.

$$\text{Ш}_{\text{амр}} = \frac{3\%}{100\%} \cdot 215,638 + \frac{2\%}{100\%} \cdot 412 = 14,64 \text{ млн. теңге.}$$

Электр энергиясын трансформациялау бойынша қызметтер көрсетудің өзіндік құны:

$$Q = \frac{\Sigma \text{Ш}}{\text{Э}} \quad (8.5)$$

мұнда $\Sigma \text{Ш}$ – жиынтық шығындар;

Э – жіберілген электр энергиясының көлемі.

$$\Sigma \text{Ш} = \text{Ш}_{\text{амр}} + \text{Ш}_{\text{басқа}} \quad (8.6)$$

мұнда $\text{Ш}_{\text{амр}}$ – жыл сайынғы амортизацияға кету шығындары (жалпы шығындардың 40 % -ын құрайды);

$\text{Ш}_{\text{басқа}}$ – басқа шығындар (жалпы шығындардың 60 %-ын құрайды).

$$\text{Ш}_{\text{басқа}} = \frac{14,64 \cdot 0,4}{0,6} = 9,76 \text{ млн. теңге,}$$

$$\Sigma \text{Ш} = 9,76 + 14,64 = 24,4 \text{ млн. теңге.}$$

Электр энергияның шығарылған көлемі:

$$\text{Э} = n \cdot P_{\text{тр}} \cdot \cos \varphi \cdot \text{К}_{\text{тисеу}} \cdot T_{\text{max}}, \quad (8.7)$$

мұнда $P_{\text{тр}}$ – трансформаторлардың қуаты;

$\text{К}_{\text{тисеу}}$ – трансформаторларды тисеу коэффициенті;

T_{max} – жүктеме сағаттарының саны.

$$\text{Э} = 2 \cdot 16 \cdot 10^3 \cdot 0,9 \cdot 0,7 \cdot \frac{4900}{1000} = 44,3 \text{ млн. кВт} \cdot \text{сағ,}$$

Онда өзіндік құны:

$$Q = \frac{24,4}{44,3} = 0,55 \frac{\text{теңге}}{\text{кВт}} \cdot \text{сағ.}$$

9 Тіршілік қауіпсіздігі

9.1 Жерге қосу құрылғысын есептеу

Дипломдық жұмысында, қосалқы станциясы үшін, орналасуы бойынша: үшінші климатты аумағында орналасып, кернеуілері 110/35/10 кВ екі трансформатор құрылғыдан және өз қажеттіліктері үшін екі 10/0,4 кВ типті трансформаторлары; 110 кВ, 35 кВ ашық, 10 кВ жабық тарату құрылғыларынан жабдықталған.

Төменгі кернеу жағында қысқа тұйықталу тогы $I_{\text{КТ}} = 4,83$ кА, бағдарлама-симуляторда есептеу жолымен алынған АРМ СР3А.

Қамыскөл қосалқы станциясының алаңы $S = 32,600$ км²

Екі қабатты топырақ: жоғарғы қабаттың салыстырмалы кедергісі $\rho_{1\text{есептік}} = 330$ Ом·м, төменгі - $\rho_{2\text{есептік}} = 130$ Ом·м.

Жерге тұйықтағыштың алдын ала схемасын құрайық, ол бойынша жерге тұйықтағыштың ауданы анықталады.

Жердің жоғарғы қабатының қалыңдығы $h_{1\text{қаб}} = 3$ м.

Электродты жерге батыру тереңдігі-бетінен қашықтық электродқа дейінгі жер $t_0 = 0,8$ м.

Контурдың периметрі бойынша топыраққа диаметрі $d = 0,04$ м және ұзындығы 10 м тік элементтер (өзектер) соғылды, қимасы 40×4 мм болат жолақпен жалғанған, контурдың ішіндегі көлденең тор қимасы 4×40 мм жолақтан тұрады.

Электродтардың санын есептей отырып, жабдық жоқ жерде тор желісін қоюлату және керісінше, жабдық орналасқан жерде бөлшектеу қажет. Салыстырмалы есптік едергісінің формуласы:

$$\rho_{1\text{есептік}} = \rho_1 \cdot \psi, \quad (9.1)$$

мұнда $\psi = 1,5$ – климаттық аймағы үшін көп қабатты жердегі маусымдық өзгерістер қабаты үшін маусымдық коэффициенті.

$$\rho_{1\text{есептік}} = 330 \cdot 1,5 = 495 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Үшінші климаттық аймақтағы маусымдық өзгерістер қабатының шартты қалыңдығы $h = 1,8$ м болғандықтан, бұл жердің жоғарғы қабатының қалыңдығынан аз $h_1 = 3$ м, онда оның мәні төменгідей:

$$\rho_{1\text{есептік}} = \rho, \quad (9.2)$$

$$\rho_{2\text{есептік}} = 130 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

μ қатынас коэффициентті ескере отырып:

$$\mu = \frac{\rho_{1\text{есептік}}}{\rho_{2\text{есептік}}} = \frac{\rho \cdot \psi}{\rho_{2\text{есептік}}} = \frac{330 \cdot 1,5}{130} = 3,8,$$

Электродтардың арасындағы қашықтықты $a=10$ м жерге тұйықтағыш моделінде аламыз:

$$n = \frac{4 \cdot \sqrt{S}}{a} = \frac{4 \cdot \sqrt{31500}}{10} = 71 \text{ дана.}$$

мұнда S – жерлендіруші алып жатқан аумақтың ауданы, м^2 ;
 n – тік электродтар саны.

Немесе келесі формула бойынша анықтауға болады:

$$n = \frac{P}{a}, \quad (9.3)$$

мұнда, P – жерге тұйықтағыш контурының периметрі.

Тік электродтың жоғарғы бөлігінің салыстырмалы ұзындығы, яғни жердің жоғарғы қабатындағы бөліктер, $l_{\text{сал}}$ мына өрнектен анықталады:

$$l_{\text{сал}} = \frac{h_1 - t_0}{l_b} = \frac{3 - 0,8}{10} = 0,223 \text{ м.}$$

Эквивалентті үлес кедергісі $\rho_{\text{экв}}$ тік электродтары бар көлденең тор түріндегі тұтас жерге тұйықтау үшін екі қабатты жер мынадай формула бойынша анықталуы мүмкін:

$$\rho_{\text{экв}} = \rho_2 \cdot \left(\frac{\rho_1}{\rho_2} \right)^k = 150 \cdot \left(\frac{600}{150} \right)^{0,05} = 159,85 \text{ Ом} \cdot \text{м},$$

дәреже көрсеткіші:

$$k = 0,43 \cdot \left(l_{\text{сал}} + 0,223 \cdot \ln \frac{a \cdot \sqrt{2}}{l_b} \right) = 0,43 \cdot \left(0,223 + 0,223 \cdot \ln \frac{5 \cdot \sqrt{2}}{10} \right) = 0,05,$$

Анықтаймыз кедергісі жаппай жерге тұратын контурдың тік жерге тұйықтағыштарды, америка құрама көлденең электродтар мен торлар, ол ішкі контур.

Жердің екі қабатты моделі 9.3-суретте көрсетілген.

Тордан және тік өткізгіштердің қатарынан тұратын күрделі жерге тұйықтағыштың кедергісі келесі өрнектен анықталуы мүмкін:

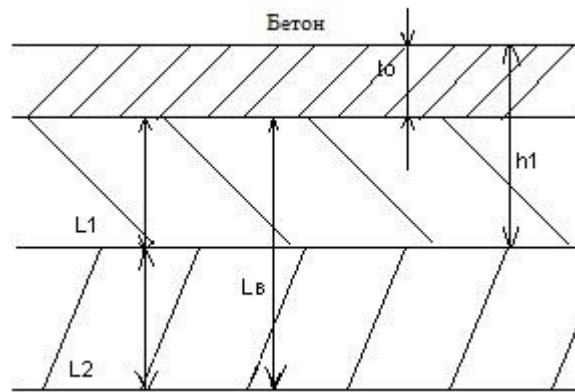
$$R_3 = 0.443 \cdot \frac{\rho_2}{\sqrt{S}} \cdot \left(\frac{\rho_1}{\rho_2} \right)^g + \frac{\rho_1}{L + n \cdot l_B}, \quad (9.4)$$

$$g = \frac{2 \cdot h_1}{\sqrt{S} + n \cdot l_e}, \quad (9.5)$$

$$l_e = l_1 + l_2 \cdot \frac{\rho_1}{\rho_2}, \quad (9.6)$$

мұнда n – тік өткізгіштердің саны;

L – өткізгіштердің жалпы ұзындығы.



9.1-сурет – Жердің екіқабатты моделі

$$l_e = 2,5 + 2,5 \cdot \frac{600}{150} = 12,5 \text{ м},$$

$$g = \frac{2 \cdot 3}{\sqrt{31500} + 71 \cdot 12,5} = 0,006,$$

$$L = 15 \cdot 150 + 21 \cdot 210 = 6660 \text{ м},$$

$$R_3 = 0.443 \cdot \frac{150}{\sqrt{31500}} \cdot \left(\frac{600}{150} \right)^{0,006} + \frac{600}{6660 + 71 \cdot 10} = 0,458 \text{ Ом}.$$

Жанасу кернеуінің коэффициенті өткізгіштердің біркелкі үлестіруімен және тік өткізгіштермен толықтырылған тор үлгісіндегі жерге тұйықтағыштар үшін келесі жақындау өрнегінен анықталуы мүмкін.

$$a_1 = M \cdot \left(\frac{a \cdot \sqrt{S}}{l_B \cdot L} \right)^{0,45} = 0,72 \cdot \left(\frac{10 \cdot \sqrt{31500}}{10 \cdot 6660} \right)^{0,45} = 0,14,$$

мұнда: $a = \frac{P}{n}$ – тік өткізгіштер арасындағы қашықтық, м;

P – тор периметрі, м;

$M = 0,72 - \rho_1 / \rho_2$ қатынас функциясы.

Жанасу кернеуінің төмендеу коэффициентін жердің үстінгі бетінің меншікті кедергісіне байланысты мына формуладан табамыз:

$$K_{\text{жанасу}} = \frac{R_h}{R_h + 1,5 \cdot \rho_{\text{жер}}} = \frac{1000}{1000 + 1,5 \cdot 600} = 0,52,$$

мұнда: R_h - адам денесінің кедергісі;

$\rho_{\text{жер}}$ - жердің үстіндегі бетінің меншікті кедергісі.

Жанасу кернеуі мына формула бойынша анықталады:

$$U_{\text{жанасу}} = I_{\text{КТ}} \cdot R_{\text{Жер}} \cdot a_1 \cdot a_2, \quad (9.7)$$

Ұсынылған уақыт кезінде рұқсат етілген кернеу $t=0,2$ с, жанасу кернеуін және қадамдық кернеуін есептеу үшін 400 В құрайды.

Жерге тұйықтағыштың әлеуеті мынадай формула бойынша анықталады:

$$\varphi_3 = I_{\text{КТ}} \cdot R_3 = 4832 \cdot 0,458 = 2213,1 \text{ В.}$$

Жанасудың максималды кернеуін табу былайша өрнектеледі:

$$U_{\text{ж.мах}} = \varphi_3 \cdot \alpha_1 = 2213,056 \cdot 0,14 = 310.$$

Жерге тұйықтау желісінде ЖТ тиімді аймағындағы жерге тұйықталған заттарға адамның жанасу қауіпсіздігі жағдайынан туады, ол келесідей өрнектеледі:

$$U_{\text{ж}} = U_{\text{ж.мах}} - I_h \cdot 1,5 \cdot \rho_c \leq U_{\text{қосымша}}, \quad (9.8)$$

мұнда I_h – адам арқылы өтетін ток.

$$I_h = \frac{U_{\text{жанасу.мах}}}{R_h + 1,5 \cdot \rho_1} = \frac{310}{1000 + 1,5 \cdot 600} = 0,16 \text{ А.}$$

Қауіпсіздік жағдайын тексереміз, мұнда $U_{ж}=400$ В, стандарт бойынша.

$$U_{ж}=310-0,28 \cdot 1,5 \cdot 600 \leq 400,$$

$$57,8 \text{ В} \leq 400 \text{ В}.$$

Шарт орындалады.

Жерге тұйықтағыштың түріне байланысты торлардан және тік өткізгіштер қатарынан тұратын күрделі жерге тұйықтағышқа арналған қадам кернеуінің коэффициенті анықталуы мүмкін, оны қабылдаймыз $\beta_1=0,15$ деп. Келесі коэффициентті анықтаймыз, β_2 – келесі формулаға сәйкес жердің жоғарғы қабатының үлестік кедергісіне байланысты қадам кернеуінің төмендеу коэффициенті ретінде:

$$\beta_2 = \frac{R_h}{R_h + 6 \cdot \rho_c} = \frac{1000}{1000 + 6 \cdot 600} = 0,217,$$

Келесі формула бойынша қадам кернеуін анықтаймыз:

$$U_{ж} = I_{кз} \cdot R_3 \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 = 4832 \cdot 0,458 \cdot 0,15 \cdot 0,217 = 72,03 \text{ В}.$$

Ток тарату аймағында адамның қадамына байланысты, адам үшін қауіпсіздік шарты:

$$U_{ж} = U_{1-2\max} - I_h \cdot 6 \cdot \rho_c \leq U_{\text{кос}}, \quad (9.9)$$

мұнда $U_{ж}=400$ В, ГОСТ стандартына сәйкес қысқа тұйықталу уақыты үшін $t=0,2$ с.

$$U_{1-2\max} = \varphi_3 \cdot \beta_1 = 3842,162 \cdot 0,2 = 442,6112 \text{ В}.$$

Адам арқылы өтетін ток мына формуламен табылады:

$$I_h = \frac{U_{1-2\max}}{R_h + 6 \cdot \rho_c} = \frac{442,6112}{1000 + 6 \cdot 600} = 0,096 \text{ А}.$$

Қауіпсіздікке байланысты кернеуін байқап көреміз:

$$U_{ж} = 442,6112 - 0,096 \cdot 6 \cdot 600 \leq 400,$$

$$97,0112 \text{ В} \leq 400 \text{ В}.$$

Осыдан шарт орындалғаның байқаймыз.

Ендігі кезекте жерге тұйықтағыш негізіндегі талаптар бойынша пайдалану мүмкіндігін қарастырайық $R_{ж}$:

$$R_{ж}^I = \frac{U_{ж.қос}}{I_{КТ} \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2} = \frac{400}{4,832 \cdot 0,14 \cdot 0,52 \cdot 10^3} = 1,14 \text{ Ом},$$

$$R_{ж}^{II} = \frac{U_{ш.қос}}{I_{кз} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2} = \frac{400}{4,832 \cdot 0,15 \cdot 0,217 \cdot 10^3} = 2,54 \text{ Ом}.$$

Есептеу нәтижесінде алынған жерге тұйықтау кедергісі $R_{ж}=0,418 \text{ Ом}$, барлық шарттарды қанағаттандырады.

Қарастырылатын пайдалану мүмкіндігі жерге қосу құрылғысының АТҚ-110 кВ ретінде шығарылатын орташа кернеуіндегі ТҚ үшін және 10/0,4 кВ кернеулі желілерге арнап бағытталады.

Жеке кабельдердің ұзындығы бір блокқа 80 м жетеді, сәйкесінше ұзындығы 3 есе артады. Өз қажеттілігінің жауапты тетіктерінің өзінің жеке кабельдері бойынша қоректенетін резервтік қозғалтқыштары бар екенін ескеру қажет, осыны ескере отырып, кабельдердің ұзындығына ие:

$$l_{\text{кабель}} = 3 \cdot (4 \cdot 0,04 + 0,08) = 0,72 \text{ км}.$$

Оқшауланған бейтарабы бар 1000 В жоғары электр қондырғыларында есептік ток ретінде мына формула бойынша жақын есептелген ток қабылдауға болады:

$$I_3 = \frac{\sqrt{3} \cdot U \cdot (35 \cdot I_{к} + I_{в})}{350} = \frac{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot (35 \cdot 0,72 + 0)}{350} = 1,247 \text{ А},$$

мұнда: U – желінің фазалық кернеуі, кВ;

$I_{каб}$ – желіге қосылған кабель желілерінің жалпы ұзындығы, км;

$I_{әуе}$ – желіге қосылған әуе желілерінің жалпы ұзындығы, км.

Жерге тұйықтауды шығару кезінде, жерге тұйықталатын құралдардан алшақтықта кейбір қашықтықтағы жерге тұйықтағыштар болуы мүмкін. Сондықтан жерге тұйықталған сыртқы жанасу алаңынан басқа жерінде, және сыртқы корпусына тиюі әбден мүмкін, ал егер де α_2 коэффициенттің ескермей, сондай-ақ жерге қатысты толық жанасу кернеуімен көрсетіледі. $U_{жанасу} = U_{ж.т}$, жанасу және жерге тұйықтау кернеулері тең кезегінде $\alpha_1 = 1$ болғандықтан, адам бойынан өтетін ток күшінің мәнін табуға келесі формула арқылы жүйегі асады:

$$I_h = I_3 \cdot \frac{R_3}{R_h} = 1,247 \cdot \frac{0,458}{1000} = 57 \cdot 10^{-3} \text{ А},$$

Ал жанасу $U_{\text{жанасу}}$ кернеуі үшін:

$$U_{\text{жанасу}} = I_3 \cdot R_3 \cdot a_1 \cdot a_2 = 1,247 \cdot 0,458 \cdot 0,14 \cdot 0,52 = 0,04 \text{ В},$$

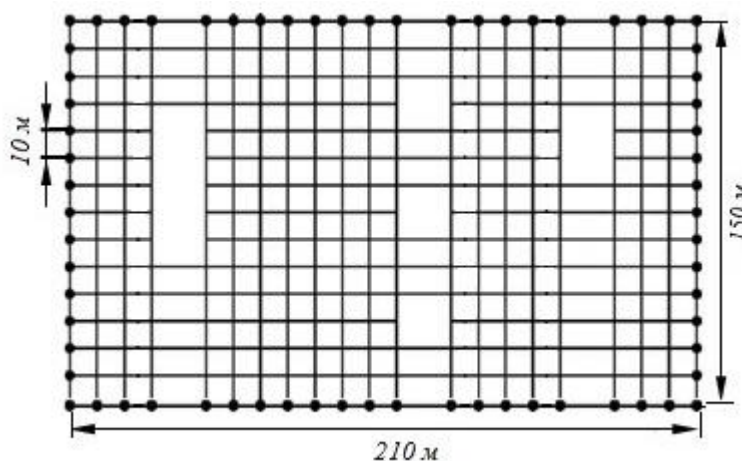
$U_{\text{ш}}$ кренеуін табамыз:

$$U_{\text{ш}} = I_3 \cdot R_3 \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 = 1,247 \cdot 0,458 \cdot 0,15 \cdot 0,217 = 0,0185 \text{ В},$$

Коэффициентті есеру кезіндегі адам арқылы өтетін ток:

$$I_h = I_3 \cdot \frac{R_3}{R_H} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 = 1,247 \cdot \frac{0,458}{1000} \cdot 0,15 \cdot 0,217 = 1,85 \text{ мА}.$$

Жердің есептік моделі 9.4 суретте көрсетілген.



9.2 -сурет – Жердің есептік мәні

$U_{\text{ж}}$ жанасу кернеуінің және $t=1\text{с}$ және одан жоғары оқшауланған бейтарабы бар 1 кВ жоғары желі үшін адам арқылы өтетін токтың рұқсат етілген мәндері $U_{\text{ж}}=36 \text{ В}$ және $I_h=6 \text{ мА}$, яғни қауіпсіздік шарттары орындалды және пайдалану мүмкіндігі бар. 10/0,4 кВ желілері үшін жерге қосу құрылғысының АТҚ-110 кВ ретінде, ал шығарылымдық үшін ТҚ төмегі 10/0,4 кВ үшін.

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жұмыс барысында Қамыскөл ҚС 110/35/10 кВ кернеудегі релелік қорғаныс орындалды геолокациясы - Атырау облысы. Негізгі электр жабдықтарын таңдау жүзеге асырылды және қойылатын талаптарға сай келетін қорғаныс аппараттарының таңдалуы жүргізілді.

Қамыскөл 110/35/10 кВ қосалқы станциясының электрлік қосылыстарының басты сұлбасын жобалау бөлімінде, басты электр қосалқы станциясын әзірленуін қамтиды және қорғалатын қосалқы станциядағы орнатылған негізгі коммутациялық жабдықтырын таңдау жүргізіледі, ол өз кезегінде: ТДТН типті екі дана үш орамды трансформаторлары, ажыратқыштар, айырғыштар, асқын кернеуді шектегіштер, сақтандырғыштар және ток және кернеу трансформаторлары.

Сондай-ақ, дипломдық жұмыста желінің және трансформатордың релелік қорғанысы есептелген. Трансформатордың қорғанысы негізгі және резервтік қорғанысты қамтыды. Негізгі қорғанысқа: трансформатордың дифференциалды ток қорғанысы және газ қорғанысын жатқыздым. Резервтік қорғанысқа: МТҚ, асқын жүктемеден қорғау, жерге тұйықталудан ток қорғанысы және салқындату бөлімдері ретінде қарастырдым. Есептеу кезінде, АBB өндірісінің есептелген қосалқы станция үшін, жабдықтарының РҚ құрылғыларының іске қосылу параметрлерін таңдау бойынша әдістемелік нұсқаулардың көмегімен жүргізілді. АBB терминалдары негізгі қорғаныс түрінде пайдаланылды, ЖК, ОК және ТК резервтік қорғанысына трансформатор жағынан көрсетілген терминалы таңдалды.

Сондай-ақ желілерді қорғауға резервтік және негізгі қорғаныс орындалды.

Негізгі қорғаныс: нөлдік тізбекті ток қорғанысы, дистанциялық қорғаныс. Резервтік қорғаныс: желінің максималды ток қорғанысы. REL 670 терминалы пайдаланылды.

Арнайы бөлімде АҚК есептеуі және анақтамасы жайлы ол құрылғының пайдалануын қарастырдым.

Тіршілік қауіпсіздік бөлімінде жасанды жарықтандыру жобаланып, диспетчерлік бөлменің адам өміріне қауіпсіздігі үшін арнайы қондырғылар таңдалды, сондай-ақ жерге қосу құрылғысының нормаларға және стандарттарға сәйкес қорғаныс есептеулері жүргізілді.

Экономикалық бөлімде өзін-өзі ақтайтын салымдардың тиімділігі есептелді. Ал электр қауіпсіздік бөлімінде жерге тұйықтағыштың қауіпсіздік шарттарының орындалуы және пайдалану мүмкіндігін қарастырдым.

ПАЙДАЛАНЫЛҖАН ӘДЭБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 СТО 56947007-29.240.30.010-2008 Схемы принципиальные электрические распределительных устройств подстанций 35-750 кВ.
- 2 Кокин, С.Е. К59 Схемы электрических соединений подстанций: учебное пособие / С. Е. Кокин, С.А. Дмитриев, А.И. Хальясмаа. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. 100 с.
- 3 Васильев А.А., Крючков И.П. Электрическая часть станций и подстанций. – М.: Энергия, 1980. 608с.
- 4 Дьяков А.Ф., Платонов В.В. Основы проектирования релейной защиты электроэнергетических систем: Учебное пособие. – М.: Издательство МЭИ, 2000. – 248 с., ил.
- 5 СТО 56947007-29.120.70.098-2011 Методические указания по выбору параметров срабатывания устройств РЗА оборудования подстанций производства ООО «АББ Силовые и Автоматизированные Системы» (с изменениями от 14.12.2016
- 6 Чернобровов Н.В. Релейная защита. Учебное пособие для техникумов. Изд. 4-е, перераб. и доп. М., Энергия, 1971. 624 с. с илл.
- 7 АБВ. Интеллектуальное электронное устройство дистанционной защиты линии REL670*1.0
- 9 <http://electrical.agroserver.ru/transformatorное-oborudovanie.htm>
- 10 Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д.Л. Файбисовича. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: ЭНАС, 2012. – 376 с. ил.
- 11 Князевский Б.А. Охрана труда в электроустановках. – 3 изд., перераб. и доп. – Энергоатомиздат, 1983. – 336 с.
- 12 СНиП 12.1.038-82 (Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов)