

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Т.Бәсенов атындағы Сәулет, құрылыс және энергетика институты

«Энергетика» кафедрасы



SATBAYEV
UNIVERSITY

Қошақан Мағжан Қанатұлы

110/10кВ кернеулі «6,3 МВА 2хТМН6300-110/10кВ» қосалқы станцияның
релелік қорғанысы және 10 кВ кернеу желілерінің ток қорғаныстарын тәуелді
сипаттамалармен байланыстыру

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5B071800 - Электр энергетикасы мамандығы

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Т.Бәсенов атындағы Сәулет, құрылыс және энергетика институты

«Энергетика» кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

«Энергетика»

кафедрасының меңгерушісі м.а.,

ассистент профессор, PhD докторы

 Е.А. Сарсенбаев

« 20 » 05 2019 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: 110/10кВ кернеулі «6,3 МВА 2хТМН6300-110/10кВ» қосалқы станцияның релелік қорғанысы және 10 кВ кернеу желілерінің ток қорғаныстарын тәуелді сипаттамалармен байланыстыру

5B071800 - Электр энергетикасы мамандығы бойынша

Орындаған



Қошақан М.Қ

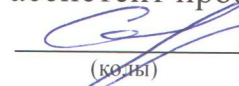
Пікір беруші

АЭЖБУ «Электр машиналары және электр жетегі» кафедрасының
доценті, техн. ғыл.канд.

 Н.К. Алмуратова
(колы)

Ғылыми жетекші

ассистент профессор, PhD докторы

 Е.А. Сарсенбаев
(колы)

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Т.Бәсенов атындағы Сәулет, құрылыс және энергетика институты

«Энергетика» кафедрасы

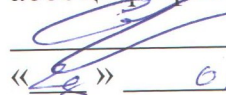
5B071800 - Электр энергетикасы

БЕКІТЕМІН

«Энергетика»

кафедрасының меңгерушісі м.а.,

ассоц.профессор, PhD

 Е.А.Сарсенбаев

«22» 01 2019 ж.

**Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Қошақан Мағжан Қанатұлы

Тақырыбы: 110/10кВ кернеулі «6,3 МВА 2хТМН6300-110/10кВ» қосалқы станцияның релелік қорғанысы және 10 кВ кернеу желілерінің ток қорғаныстарын тәуелді сипаттамалармен байланыстыру

Университет проректорының 30.10.2018ж. №1210-б бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі 2019 жыл 6- мамыр.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: Трансформатор түрі 6,3 МВА 2хТМН6300-110/10кВ номиналды қуаты 16 МВА, Орам кернеуі 115 кВ.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

- 1) Қосалқы станцияның электрлік бөлігін жасау
- 2) Қосалқы станциядағы трансформатордың релелік қорғанысы;
- 3) Экономикалық бөлімі
- 4) Электр қауіпсіздік бөлімі

Сызбалық материалдар тізімі: Сызбалық материалдарды слайдпен дайындау

Ұсынылатын негізгі әдебиет: 18 атау

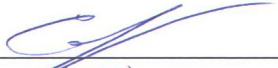
Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге көрсету мерзімдері	Ескерту
1) Қосалқы станцияның электрлік бөлігін жасау	26-30 наурыз 2019ж.	МҚБ
2) Қосалқы станциядағы трансформатордың релелік қорғанысы;	9-11 сәуір 2019ж.	МҚБ
3) Экономикалық бөлімі	15-18 сәуір 2019ж.	МҚБ
4) Электрлік қауіпсіздік бөлімі	23-28 сәуір 2019 ж.	МҚБ

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 бөлімі	ассистент профессор, PhD докторы Е.А. Сарсенбаев	30.03.19	
Электр қауіпсіздігі бөлімі	ассистент профессор, PhD докторы Е.А. Сарсенбаев	11.04.19	
Экономикалық бөлімі	ассистент профессор, PhD докторы Е.А. Сарсенбаев	28.04.19	
Норма бақылаушы	Н.Е Балғаев, PhD докторы, сениор-лектор	20.05.2019ж	

Ғылыми жетекші


(қолы)

Е.А. Сарсенбаев

Тапсырманы орындауға алған білім алушы


(қолы)

М.Қ. Қошақан

Күні

" 3 " 03 2019 ж.

РЕЦЕНЗИЯ

Дипломдық жұмыс (жұмыс түрінің атауы)

Қошақан Мағжан Қанатұлы
(білім алушының Т.А.Ә.)

5B071800 – Электр энергетика мамандығы

Тақырыбы: **110/10кВ кернеулі «6,3 МВА 2хТМН6300-110/10кВ» қосалқы станцияның релелік қорғанысы және 10 кВ кернеу желілерінің ток қорғаныстарын тәуелді сипаттамалармен байланыстыру**

Орындалды:

- а) графикалық бөлім 8 парак
б) түсініктеме 63 бет

Дипломдық жұмыста қосалқы станциясының электр бөлігі жасалған.

Дипломдық жұмыстың негізгі бөлімінде қосалқы станцияларға трансформаторлар таңдалған, есептемелер жүргізілген. Электр қауіпсіздігі бөлімінде электр қондырғыларына қызмет көрсетудегі электр және өрт қауіпсіздік шаралары қарастырылған.

Арнайы бөлімде 10 кВ желінің 7SJ62 қосымша қорғаныс құрылғысының функциялары қарастырылған.

ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

Дипломдық жұмыс «жақсы» (80 %) бағаға орындалған, ал оның авторы 5B071800 – «Электр энергетикасы» мамандығы бойынша «бакалавр» академиялық дәрежесін иеленуге лайық деп санаймын.

Рецензент
АЭЖБУ аға оқытушысы
тех. ғыл. канд.

 Н.К. Алмуратова

« » 2019 ж.

Ғылыми жетекшінің пікірі

Дипломдық жұмыс

(жұмыс түрлерінің атауы)

Қошақан Мағжан Қанатұлы

(оқушының аты жөні)

5B071800 – Электр энергетикасы

(мамандық атауы мен шифрі)

Тақырыбы: 110/10кВ кернеулі «6,3 МВА 2хТМН6300-110/10кВ» қосалқы станцияның релелік қорғанысы және 10 кВ кернеу желілерінің ток қорғаныстарын тәуелді сипаттамалармен байланыстыру

Бұл дипломдық жұмыста кернеуі 110/10 кВ-ты қосалқы станциясының релелік қорғанысы қарастырылған. Жобалау барысында бастапқы берілген жүктеме графигінің негізінде қазіргі заман талаптарына сай негізгі электр жабдықтары таңдалынып, соларға тиісті релелік қорғаныс есебі мен уақыт ұстанымдары таңдалынып, соларға тиісті релелік қорғаныс есебі мен уақыт ұстанымдары есептелді. Сонымен қатар, негізгі бөлімде ажыратқыштың жұмыс істемеу кезіндегі резервті іске қосу құрылғысы қарастырылған. Жобада қосалқы стансаның принципиялдық сұлбасы, күштік қондырғылар және коммутациялық құрылғылар таңдалған. Қосалқы стансаның элементтері мен 110кВ шығу жолдарына релелік қорғаныс есептеулер жүргізілген.

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

Жалпы дипломдық жұмысты 80% «жақсы» бағалауға, ал диплом қорғаушы Қошақан Мағжан 5B071800 мамандығы бойынша техника және технологиялар бакалавры академиялық дәрежесіне лайық деп санауға болады.

Ғылыми жетекші

PhD докторы, ассистент профессор

(қызметі, ғыл. дәрежесі, атағы)

Сарсенбаев Е.А.

(қолы)

«20»

05

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: Кошакан Мағжан Қанатұлы

Название: 110_10кВ кернеулі 6.3 МВА 2хТМН6300-110_10 ҚС релелік қорғанысы және 10 кВ кернеу желілерінің ток қорғаныстарын тәуелді сипаттамалармен байланыстыру.doc

Координатор: Ерлан Сарсенбаев

Коэффициент подобия 1:25,6

Коэффициент подобия 2:7

Тревога:246

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:

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

20.05.2019

Дата

Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения

Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:

допустить к защите

20.05.23

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: Қошақан Мағжан Қанатұлы

Название: 110_10кВ кернеулі 6.3 МВА 2хТМН6300-110_10 ҚС релелік қорғанысы және 10 кВ кернеу желілерінің ток қорғаныстарын тәуелді сипаттамалармен байланыстыру.doc

Координатор: Ерлан Сарсенбаев

Коэффициент подобия 1: 25,6

Коэффициент подобия 2: 7

Тревога: 246

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:

.....

.....

.....

.....

.....

20.05.15

Дата

.....

Подпись Научного руководителя

АНДАТПА

Берілген дипломдық жұмыс 110/10кВ кернеулі «6.3 МВА 2хТМН6300-110/10 кВ қосалқы станцияның релелік қорғанысы және 10 кВ кернеу желілерінің ток қорғаныстарын тәуелді сипаттамалармен байланыстыру» тақырыбы бойынша орындалған. Дипломдық жұмыста қосалқы станцияның принципиялдық сұлбасы, күштік қондырғылар және коммутациялық құрылғылар таңдалған. Қосалқы станцияның элементтері мен 110 кВ шығу жолдарына релелік қорғаныс есептеулері жүргізілген және 10 кВ кернеу жағындағы фидерларға максималды ток қорғанысы қарастырылған.

Еңбек қорғау бөлімінде қосалқы станциядағы еңбек жағдайын талдау, қорғаныстық жерге қосуды есептеу қарастырылған.

Берілген дипломдық жұмыстың экономикалық бөлімінде нарық жағдайындағы энергетикалық кәсіпорындар қызметінің тиімділігі қарастырылған.

АННОТАЦИЯ

Данная дипломная работа выполнена на тему “Релейная защита подстанции 6,3МВА 2хТМН6300-110/10 кВ и согласование токовых защит линий 10 кВ с зависимыми характеристиками”. В дипломной работе произведен выбор принципиальной схемы подстанции, выбор силового оборудования и выбор коммутационной аппаратуры. Произведен расчет релейной защиты элементов подстанций и отходящих линий 110 кВ и максимальная токовая защита на фидерах стороне 10 кВ.

В разделе охрана труда рассмотрен анализ условия труда на подстанций, расчет заземляющего устройство.

В экономической части дипломной работы произведен расчет эффективности деятельности региональных энергопредприятий в условиях рынка.

ANNOTATION

The given final work is executed on a theme “ Relay protection of substation 6,3MVA 2хТМН6300-110/10 кV and the coordination токовых protection of lines 10 кV with dependent characteristics ”. In the project the choice of the basic scheme of substation, a choice of the power equipment and a choice of the switching equipment is made. Calculation of relay protection of elements of substations and departing lines 110 кV and maximal electric protection on feeders to the party 10 кV is made.

In section of safety of ability to live the analysis of a working condition on substations, calculation grounded the device is considered.

In an economic part final works calculation of efficiency of activity regional energy the enterprises in conditions of the market is made.

МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	
1	Станцияның электрлік бөлігін жасау	8
1.1	Станцияның бас электрлік сұлбасы	8
1.2	Жүйе элементтерінің кедергілерін анықтау	9
1.3	Қажетті нүктелердегі ҚТ токтарын анықта	12
1.4	Жабдықтар мен коммутациялық аппараттарды таңдау	14
1.4.1	Шиналарды таңдау	14
1.4.2	Желідегі сымдарды таңдау	16
1.4.3	Ажыратқыштарды таңдау	17
1.4.4	Жоғарғы кернеуге айырғышты таңдау	25
1.4.5	Тоқ трансформаторларын таңдау	26
1.4.6	Кернеу трансформаторларын таңдау	29
2	Қосалқы станциядағы трансформатордың релелік қорғанысы	31
2.1	Трансформатордың дифференциалды қорғанысы	31
2.2	Максималды тоқ қорғанысы (МТҚ)	39
2.3	Дистанционды қорғаныс	41
2.4	110 кВ-қа клтірілген 10 кВ желілер соңындағы ҚТ тоқтарын анықтау	46
2.5	10 кВ желінің 7SJ62 қосымша қорғаныс құрылғысының функциялары	49
3	Электр қауіпсіздік бөлімі	50
3.1	Қосалқы станциядағы еңбек шарттарын талдау	50
3.1.1	Трансформатордың дұрыс жұмыс жасау шарттары	51
3.1.2	Электрмагниттік өрістің әсері	52
3.1.3	Электр қондырғыларына қызмет көрсетудегі электр және өрт қауіпсіздік шаралары	53
3.2	Қорғаныстық жерге қосуды есептеу	55
	Қорытынды	62
	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	63

КІРІСПЕ

Электрмен жабдықтаудың қазіргі заманғы процестері күрделі өндірістік кешендердің есебінен іске асырылады, онда физикалық құбылыстар ерекше жылдамдылықпен сипатталады, нәтижесінде авариялық сипаттағы зақымданулардың пайда болуына әкеп соғады. Трансформаторлық қосалқы станциялардың сенімді және үнемді жұмысын автоматты басқару принциптерін қолданған жағдайда ғана қамтамасыз етуге болады, олар қосалқы станциядағы релелік қорғаныс сияқты автоматика құрылғыларында толық көлемде іске асырылған.

Қазіргі таңда цифрлық әмбебап және арнайы ЭЕМ базасында автоматтандырылған басқару жүйесін құру үрдісі анық байқалуда. Дегенмен, қарапайым қорғаныс құралдары трансформаторлық қосалқы станцияларда кеңінен қолданылуда. Олардың арасында автоматты ажыратқыштарды, токтың магниттік трансформаторларын, балқығыш сақтандырғыштарды, тікелей әсер ететін релелерді, ауыспалы оперативті ток құрылғыларын және т. б. бөліп көрсетуге болады.

Қосалқы станциядағы релелік қорғаныстың ең көп таралғандары

- ток қорғанысы;
- резервті автоматты түрде қосу;
- автоматты қайта қосу құрылғылары;
- автоматты жиілік түсіру.

Электр энергиясын қабылдауға, беруге және таратуға арналған жүйенің әрбір элементі әдетте негізгі және резервтік қорғаныспен жабдықталады. Негізгі қорғаныс қысқа тұйықталу тогы пайда болған кезде, ал резервтегі – негізгі қорғаныс жұмысы істен шыққан немесе бұзылған жағдайда ғана қосылады. Сондай-ақ, резервтік қорғаныс, егер олардың өз қорғанысы қажетті функцияларды орындай алмаса, көрші элементтерде қандай да бір зақым келген жағдайда да өз функцияларын орындауы тиіс.

1 Қосалқы станцияның электрлік бөлігін жасау

1.1 Станцияның бас электрлік сұлбасы

Дипломдық жобаға берілгені:

Трансформаторлардың (автотрансформатордың) параметрлері:

Екі орамды трансформатор (Т5) : ТМ-2500/110/10 [1]

$S_{ном}=2,5\text{МВА}$; $U_{вн}=121\text{кВ}$; $U_{нн}=10,5\text{кВ}$; $u_k=11\%$; $\Delta U_{рез} = \pm 16\%$

Екі орамды трансформатор (Т3,Т4) : ТМ-6300/110/10 [1]

$S_{ном}=6,3\text{МВА}$ $U_{вн}=121\text{кВ}$ $U_{нн}=10,5\text{кВ}$ $u_k=11\%$ $\Delta U_{рез} = \pm 16\%$

Екі орамды трансформатор (Т10) : ТДН–10000/110/10 [1]

$S_{ном}=10\text{МВА}$; $U_{вн}=115\text{кВ}$ $U_{нн}=11\text{кВ}$ $u_k=10,5\%$ $\Delta U_{рез} = \pm 16\%$

Екі орамды трансформатор (Т6,Т7,Т8,Т9) : ТДН–16000/110/10 [1]

$S_{ном}=16\text{МВА}$; $U_{вн}=115\text{кВ}$ $U_{нн}=11\text{кВ}$ $u_k=10,5\%$ $\Delta U_{рез} = \pm 16\%$

Үш орамды трансформатор (Т1,Т2,Т11,Т12) : ТДТН-40000/110/35/10, [1]

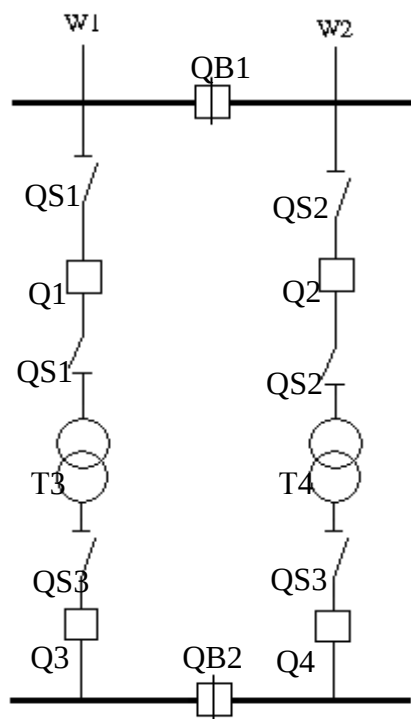
$S_{ном}=40\text{МВА}$ $U_{вн}=115\text{кВ}$ $U_{сн}=38,5\text{кВ}$ $U_{нн}=11\text{кВ}$ $u_{кв}=10,5\%$ $u_{кс}=17,5\%$ $u_{кн}=6,5\%$

1.1-кесте - Желі параметрлері

КЖ №		КЖ ұзындығы, км	Худ, Ом/км
1	Екі тізбекті	42	0,4
2	Бір тізбекті	8	0,4
3	Бір тізбекті	8	0,4
4	Бір тізбекті	2	0,4
5	Бір тізбекті	15	0,4
6	Бір тізбекті	8	0,4
7	Бір тізбекті	5	0,4
8	Бір тізбекті	3	0,4
9	Бір тізбекті	7	0,4
10	Бір тізбекті	12	0,4
11	Бір тізбекті	9	0,4

Қосалқы станцияның бас электрлік сұлбасы

35-220 кВ жағында элементтер аз жалғанған болса, онда құрама пиналарсыз, ажыратқыштардың саны азайтылған жеңілдетілген сұлбалар қолданылады. Кейбір сұлбаларда жоғары кернеу жағында ажыратқыш орнатылмауы да мүмкін. Жеңілдетілген сұлбалар электр қондырғыларының, құрылыс материалдарының шығынын азайтуға, тарату құрылғысының құнын төмендетіп, оның монтажын тездетуге септігін тигізеді. Мұндай сұлбалар қосалқы станцияларында кең тараған.



1.1 – сурет-Қосалқы станцияның құрылымдық сұлбасы

Мұндай сұлбалар ревизия уақытының неғұрлым көп болғанынан соғұрлым апаттың пайда болу ықтималдығының жоғарлауы салдарынан қазіргі кезде қолданылмайды.

1.2 Кернеуі 110 кВ кернеуіне келтірілген жүйе элементтерінің кедергілерін анықтау

Желілердің кедергілері келесі формуламен анықталады:

$$X = x_{y\partial} \cdot L \cdot \frac{U_{\delta}^2}{U_{cp}^2}, \text{Ом.} \quad (1.1)$$

1.2–кесте - Желі кедергілері

Желі №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X _ж , Ом	16,8	3,2	3,2	0,8	6	3,2	2	1,2	2,8	4,8

Екі орамалы трансформатордың кедергісі келесі формуламен анықталады:

$$X_{mp} = \frac{U_{k\%}}{100} \cdot \frac{U_{cp}^2}{S_{ном\ mp}}. \quad (1.2)$$

Үш орамалы трансформатордың кедергісі келесі формуламен анықталады:

$$X_{mp}^B = \frac{(U_{k\%}^{BC} + U_{k\%}^{BH} - U_{k\%}^{CH})}{100} \cdot \frac{U_{cp}^2}{S_{ном\ mp}}, \quad (1.3)$$

$$X_{mp}^C = \frac{(U_{k\%}^{BC} + U_{k\%}^{CH} - U_{k\%}^{BH})}{100} \cdot \frac{U_{cp}^2}{S_{ном\ mp}}, \quad (1.4)$$

$$X_{mp}^A = \frac{(U_{k\%}^{BH} + U_{k\%}^{CH} - U_{k\%}^{BC})}{100} \cdot \frac{U_{cp}^2}{S_{ном\ mp}}. \quad (1.5)$$

1.3-кесте - Екі орамды трансформаторлар кедергілері

Трансформатордың түрі	Трансформатор кедергісі X _{тр} , Ом
Екі орамды трансформатор (Т5): ТМ-2500/110/10 [1] S _{ном} =2,5МВА; U _{ВН} =121кВ; U _{НН} =10.5кВ; u _к =11%; ΔU _{рег} = ±16%	581,9
Екі орамды трансформатор (Т3,Т4): ТМ-6300/110/10 [1] S _{ном} =6,3МВА U _{ВН} =121кВ U _{НН} =10.5кВ u _к =11% ΔU _{рег} = ±16%	230,913
Екі орамды трансформатор (Т10):ТДН–10000/110/10 [1] S _{ном} =10МВА; U _{ВН} =115кВ U _{НН} =11кВ u _к =10,5% ΔU _{рег} = ±16%	138,862
Екі орамды трансформатор (Т6,Т7,Т8,Т9): ТДН–16000/110/10 [1] S _{ном} =16МВА; U _{ВН} =115кВ U _{НН} =11кВ u _к =10,5% ΔU _{рег} = ±16%	86,789

1.4- кесте-Үш орамды трансформаторларлар кедергілері

Трансформатордың түрі		
Үш орамды трансформатор (Т1,Т2,Т11,Т12) : ТДТН-40000/110/35/10, [1] $S_{\text{НОМ}}=40\text{MBA}$ $U_{\text{ВН}}=115\text{кВ}$ $U_{\text{СН}}=38,5\text{кВ}$ $U_{\text{НН}}=11\text{кВ}$ $u_{\text{кВ}}=10,5\%$ $u_{\text{кС}}=17,5\%$ $u_{\text{кН}}=6,5\%$		
Трансформатор кедергісі $X_{\text{тр}}$, Ом		
$X_{\text{тр}}^{\text{В}}$	$X_{\text{тр}}^{\text{С}}$	$X_{\text{тр}}^{\text{Н}}$
35,542	-0,827	22,317

Жүйе кедергілері келесідей анықталады:

$$S_{\text{КЗ max}} = 3500 \text{ MBA}, S_{\text{КЗ min}} = 3200 \text{ MBA}, U_{\phi} = 115 \text{ кВ},$$

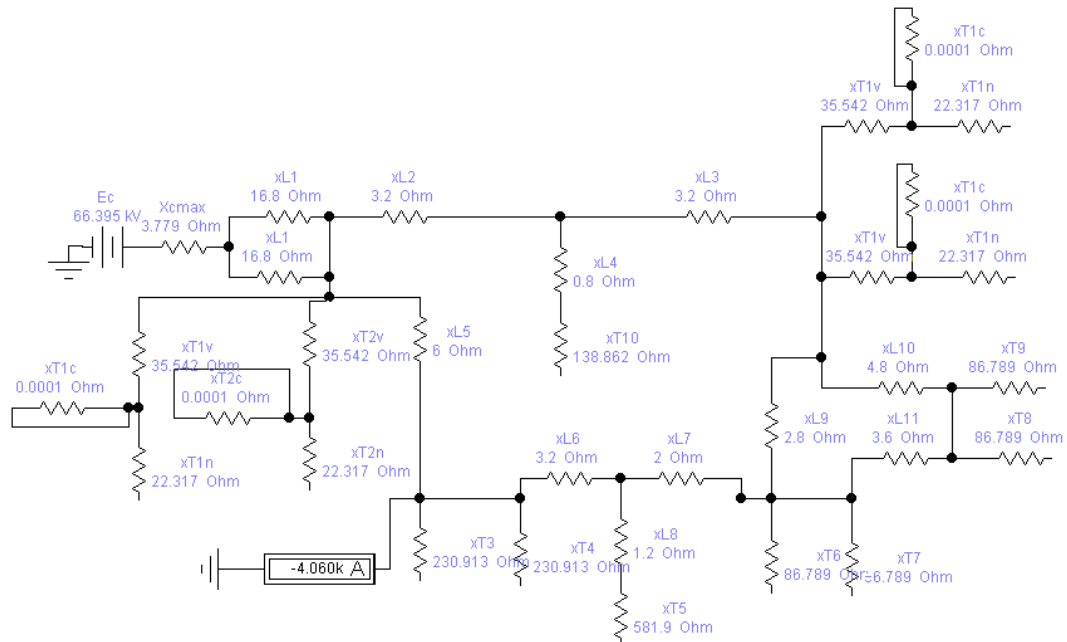
$$X_{\text{С max}} = \frac{U_{\text{Ср}}^2}{S_{\text{КЗ}}} = \frac{115^2}{3500} = 3,779 \text{ Ом},$$

$$X_{\text{С min}} = \frac{U_{\text{Ср}}^2}{S_{\text{КЗ}}} = \frac{115^2}{3200} = 4,133 \text{ Ом},$$

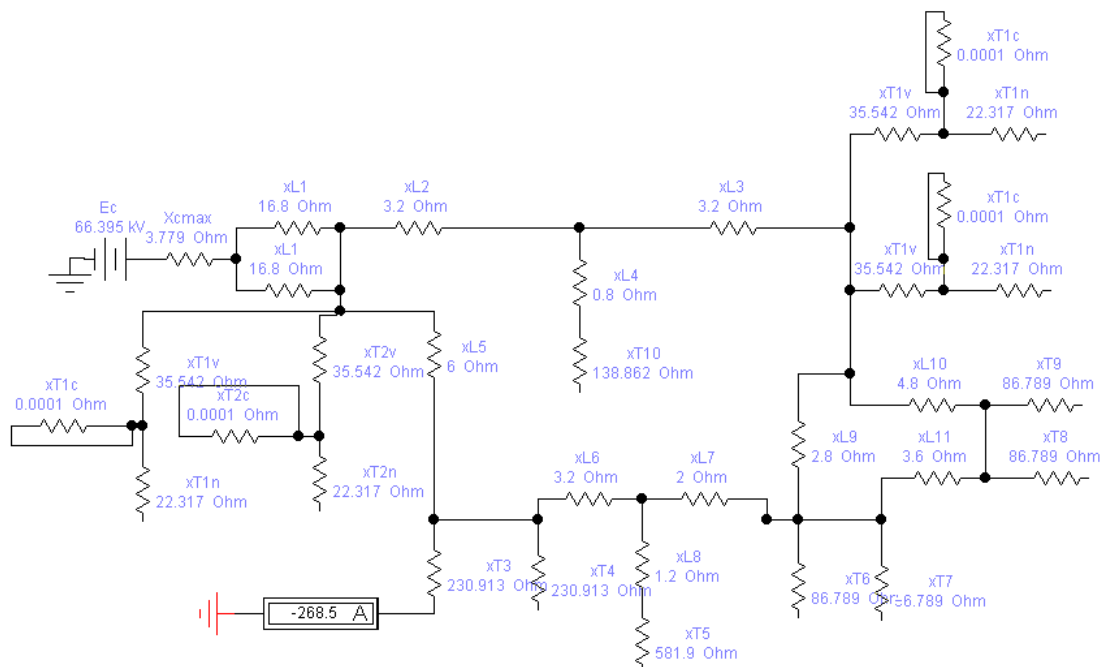
$$E_{\text{С}} = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{3}} = \frac{115}{\sqrt{3}} = 66,39 \text{ кВ}.$$

1.3 ҚТ тоқтарын анықтау

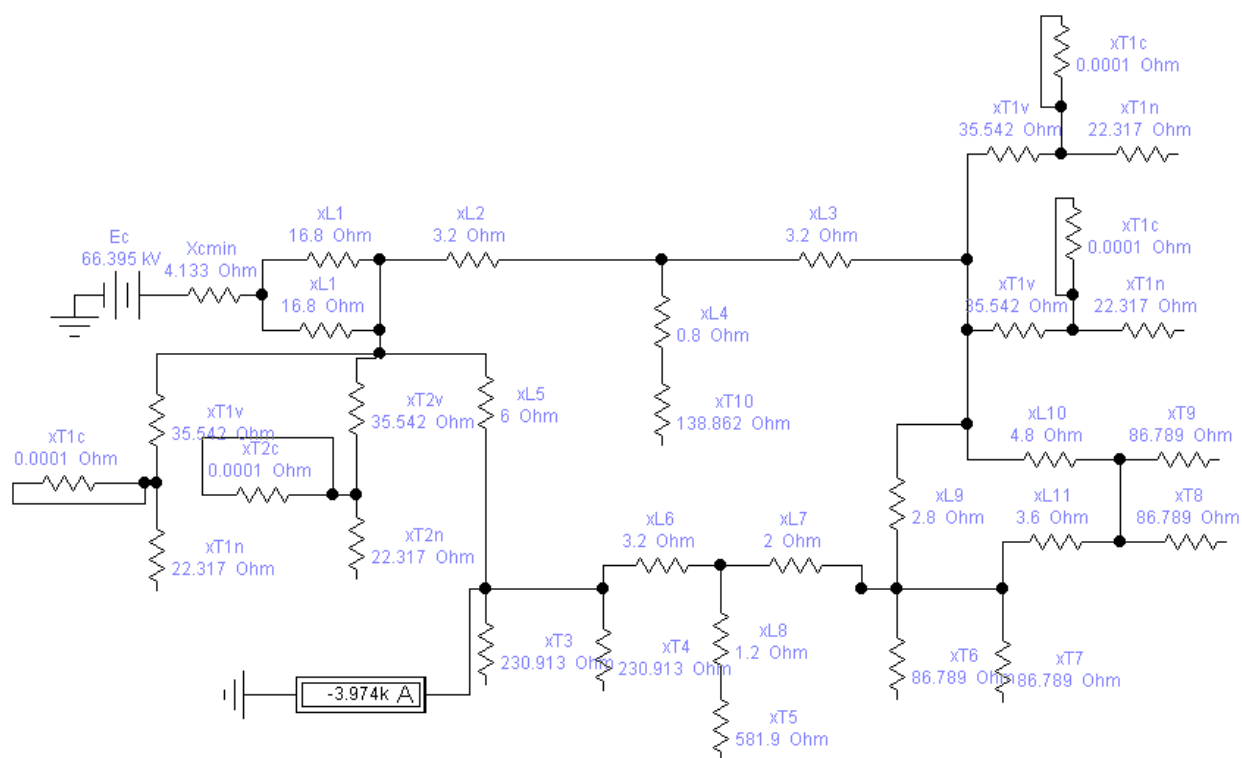
ҚТ тоқтарын есептеу үшін орынбасу сұлбасын құрастырамыз және "Electronics Workbench" бағдарламасының көмегімен тоқтарды анықтаймыз.



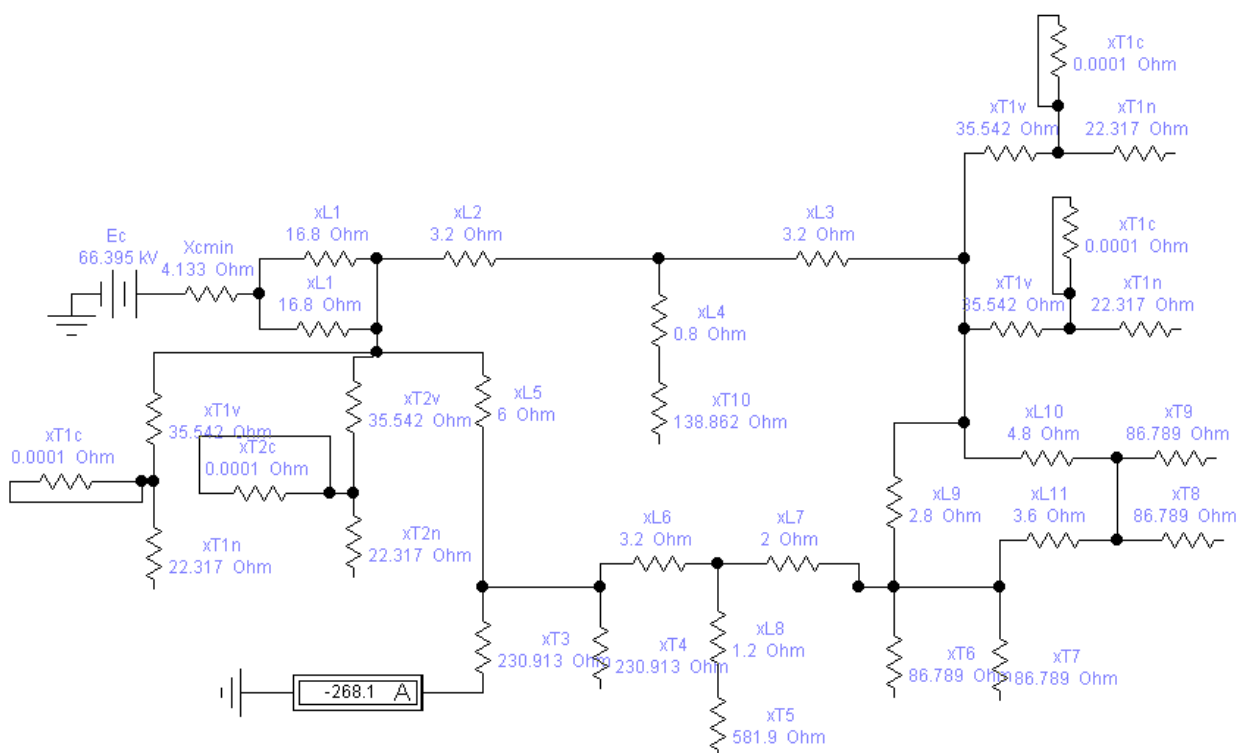
1.2 – сурет - Электр сұлбаның максимал режиміндегі 110кВ-тағы ҚТ тоғы



1.3 – сурет - Электр сұлбаның максимал режиміндегі 10кВ-тағы ҚТ тоғы



**1.4 – сурет - Электр сұлбаның минимал режиміндегі 110кВ-тағы ҚТ
ТОҒЫ**



**1.5 – сурет - Электр сұлбаның минимал режиміндегі 10кВ-тағы ҚТ
ТОҒЫ**

1.4 Жабдықтар мен коммутациялық аппараттарды таңдау

1.4.1 Шиналарды таңдау

Генератор жалғанған 10,5 кВ шиналарын таңдау

ПУЭ бойынша ТҚ шиналары токтың экономикалық тығыздығы бойынша таңдалмайды, сондықтан рұқсат етілген ток бойынша анықтаймыз.

Генератор мен құрама шиналар тізбегінде ең үлкен ток

$$I_{\max} = \frac{S_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot 0,95} = \frac{6300}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 0,95} = 364,642 \text{ А.} \quad (1.6)$$

$1(80 \times 5) \text{ мм}^2$, $I_{\text{доп.ном}} = 630 \text{ А}$ $S = 400 \text{ мм}^2$ -қорап тәріздес қималы ШРА-73 маркалы алюминий шиналарын қабылдаймыз. Температураға түзету коэффициентін 0,94 ескерсек $I_{\text{доп.}} = 630 \cdot 0,94 = 592,2 \text{ А} > I_{\max} = 364,642 \text{ А}$.

Термиялық төзімділікке тексереміз. ҚТ тогының жылулық импульсі

$$B_k = I_{\text{кзВН}}^2 (t_{\text{отк}} + T_a), \quad (1.7)$$

мұндағы $t_{\text{отк}} = 0,18 \text{ с}$; $T_a = 0,06 \text{ с}$.

$$B_k = I_{\text{П.О}}^2 [t_{\text{откл}} + T_a] = 3,151^2 \cdot [0,18 + 0,06] = 756 \text{ кА}^2 \cdot \text{с},$$

мұндағы $I_{\text{П.О}}^2 = I_{\text{кзмах}}^{10\text{кВ}} \cdot \frac{110}{10} = 268,5 \cdot \frac{110}{10} = 3,151 \text{ кА}$ - 10кВ төменгі кернеуге келтірілген қ.т. тоғы.

Термиялық төзімділік бойынша минималды қима

$$q_{\min} = \frac{\sqrt{B_k}}{C}, \quad (1.8)$$

мұндағы $C = 91 \text{ А} \cdot \text{с}^{1/2} / \text{мм}^2$ – тұрақты функция.

$$q_{\min} = \frac{\sqrt{756 \cdot 10^3}}{91} = 9,555 \text{ мм}^2 < 400 \text{ мм}^2.$$

Механикалық төзімділікке тексереміз. Соққы тогы

$$i_{y.\partial} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{кз}} \cdot k_{y.\partial}, \quad (1.9)$$

мұндағы $k_{y,d}=1,935$ – соққы коэффициенті.

$$i_{y,d} = \sqrt{2} \cdot 3,151 \cdot 1,935 = 8,623 \text{ кА.}$$

Кедергі моменті $W_{y0-y0}=23,7 \text{ см}^3$. Фазалардың өзара әсерлесуінен шиналар материалындағы қысым

$$\sigma_{ф.мах} = 2,2 \cdot \frac{i_y^2 \cdot l^2}{a \cdot W_{y0-y0}} \cdot 10^{-8}, \quad (1.10)$$

мұндағы $a=0,8 \text{ м}$ – фазалар арасындағы қашықтық; $l=2 \text{ м}$ – шиналық құрылыс окшауламаларының тіреулерінің арасындағы ұзындық.

Сонда,

$$\sigma_{ф.мах} = 2,2 \cdot \frac{8,623^2 \cdot 2^2}{0,8 \cdot 23,7} \cdot 10^{-8} = 34,511 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{расч} = \sigma_{ф.мах} < \sigma_{доп}, \quad (1.11)$$

$$\sigma_{расч} = 34,511 \text{ МПа} < \sigma_{доп} = 40 \text{ МПа}.$$

110 кВ құрама шиналарын таңдау

$$I_{норм} = \frac{S_{ном.нагр.}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} \text{ А}, \quad (1.12)$$

$$I_{норм} = \frac{2 \cdot 6300 \cdot 0,7}{\sqrt{3} \cdot 115} = 44,28 \text{ А},$$

$$I_{max} = 2 \cdot I_{норм} = 88,56 \text{ А}.$$

Келесідей параметрлі шинаны таңдаймын:

$$\text{АС-150/24, } q=150 \text{ мм}^2, d=17.1 \text{ мм, } I_{доп}=450 \text{ А}.$$

Термиялық әсерге тексерілмейді, себебі шиналар ашық ауада жалаңаш сыммен орындалған.

Тәждік шарттарға тексеру. Бастапқы критикалық кернеулік, кВ/см,

$$E_o = 30,3 \cdot m \cdot \left(1 + \frac{0,299}{\sqrt{r_o}} \right), \quad (1.13)$$

мұндағы $m=0,82$ – сым бетінің кедір-бұдырлығын есепке алушы коэффициент; r_o – сым радиусы.

$$E_o = 30,3 \cdot 0,82 \cdot \left(1 + \frac{0,299}{\sqrt{0,855}} \right) = 32,88 \text{ кВ/см.}$$

Сымның айналасындағы кернеулік

$$E = \frac{0,354 \cdot U}{r_o \cdot \lg \frac{D_{cp}}{r_o}}, \quad (1.14)$$

мұндағы $D_{cp}=1,26D$ – фаза сымдарының арасындағы орташа геометриялық қашықтық.

$$E = \frac{0,354 \cdot 115}{0,855 \cdot \lg \frac{1,26 \cdot 150}{0,855}} = 20,309 \text{ кВ/см.}$$

Тексеру шарты

$$1,07E \leq 0,9E_o, \quad (1.15)$$

$$1,07 \cdot 20,309 = 21,73 \leq 0,9 \cdot 32,88 = 29,532.$$

Сонымен АС-150/24 сымы тәж шарттары бойынша өтеді.

1.4.2 Желі сымдарын таңдау

Қорғалынатын 110 кВ желі бойынша өтетін толық қуаттың мәні:

$$S_{ж110} = S_{тр} \cdot 0,7 = 6,3 \cdot 0,7 \cdot 2 = 8,82 \text{ МВА.}$$

Желімен ағатын ток:

$$I_p = \frac{S_{ж}}{\sqrt{3} \cdot U_H}, \quad (1.16)$$

$$I_p = \frac{6300 \cdot 0,7 \cdot 2}{\sqrt{3} \cdot 115} = 44,28 \text{ А.}$$

Аппаттық режимдегі тоғы:

$$I_a = 2 \times I_p = 2 \times 44,28 = 88,56 \text{ А.}$$

Токтың экономикалық тығыздығы бойынша сымның қимасын анықтаймыз:

$$F = \frac{I_p}{j}, \quad (1.17)$$

мұндағы $j=1,4 \text{ А/мм}^2$ токтың экономикалық тығыздығы $T_m=3000-5000\text{с}$ кезіндегі

$$F = \frac{88,56}{1,4} = 63,257 \text{ мм}^2.$$

АС–70/11 $I_{\text{доп}}=265 \text{ А}$ сымын таңдаймыз. Таңдалған сымды рұқсат етілген ток бойынша тексереміз.

Есептелген ток бойынша: $I_{\text{доп}}=265 \text{ А} > I_p=44,28 \text{ А}$

Аппаттық режимдегі ток: $I_{\text{доп ав}}=1,3 \times I_{\text{доп}}=1,3 \times 265=344,5 \text{ А} > I_{\text{ав}}=88,56 \text{ А}$

1.4.3 Ажыратқыштарды таңдау

МЕМСТ 687-78 –қа сәйкес ажыратқыштар мына шарттар бойынша таңдалады.

$$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{сети.ном}},$$

$$I_{\text{ном}} \geq I_{\text{ном.расч}}, \quad (1.18)$$

$$k_n \cdot I_{\text{ном}} \geq I_{\text{прод.расч}} = I_{\text{раб.нб}},$$

мұндағы $U_{\text{ном}}$ – ажыратқыштың номинал кернеуі;

$U_{\text{сети.ном}}$ – желінің номинал кернеуі;

$I_{\text{ном}}$ – ажыратқыштың номинал тоғы;

$I_{\text{ном.расч}}$ – номинал режимдегі есептік ток;

k_n – ажыратқыштың мүмкін болатын жүктеменің нормаланған коэффициенті;

$I_{\text{прод.расч}}$ – ағымдық режимдегі есептелетін ток.

Осыдан кейін ажыратқыштың өшіру қабілеті мына шарт бойынша тексеріледі.

$$\begin{aligned} I_{\text{вкл}} &\geq I_{\text{кз}}, \\ i_{\text{вкл}} &\geq i_{\text{уд}} = k_{\text{уд}} \cdot I_{\text{кз}} \cdot \sqrt{2}, \end{aligned} \quad (1.19)$$

мұндағы $I_{\text{вкл}}$ – ажыратқыштың номинал қосылу тоғының периодты құраушысының бастапқы әсерлік мәні (номинал қосылу тоғын ҚТ ең үлкен мәнінде ажыратқыштың сенімді өшіру қабілеті деп түсіну керек);

$i_{\text{вкл}}$ – номинал қосылу тоғының ең шыңы.

Содан соң өшірілудің симметриялық тоғы тексеріледі:

$$I_{откл.ном} \geq I_{П.т}, \quad (1.20)$$

мұндағы $I_{откл.ном}$ – ажыратқыштың номинал сөндіру тоғы;

$I_{П.т}$ – ҚТ тоғының периодты құраушысы, (ҚТ-ң бастапқы кезінде ажыратқыш түйіспелерінің тарау тоғы).

ҚТ-ң аperiodты құраушы тоғының мүмкін болу ажыратылуы келесі қатынаспен анықталады:

$$\begin{aligned} i_{a.ном} &\geq i_{a.т}, \\ i_{a.ном} &= \sqrt{2} \cdot I_{откл.ном} \cdot \frac{\beta_{норм}}{100}, \end{aligned} \quad (1.21)$$

мұндағы $i_{a.ном}$ – ажыратылудың аperiodты құраушы тоғының номинал мәні;

$\beta_{норм}$ – ажыратылу тоғындағы аperiodты құраушының нормаланған пайыздық бөлігі;

$i_{a.т}$ – ҚТ тоғының аperiodты құраушысы (ҚТ-ң бастапқы кезінде ажыратқыш доғасөндіргіш түйіспелерінің тарау тоғы).

Егер $I_{откл.ном} \geq I_{П.т}$, ал $i_{a.ном} < i_{a.т}$, болса, онда толық тоқтардың шартты мәндерін салыстыру керек.

$$\sqrt{2} \cdot I_{откл.ном} \cdot \left(1 + \frac{\beta_{норм}}{100}\right) \geq \sqrt{2} \cdot I_{П.т} + i_{a.т}, \quad (1.22)$$

Сөндірудің есептік уақыты τ немесе $t_{откл}$ өзіндік өшірілу уақытының қосындысынан құралады: ажыратқыштың өзіндік өшірілу уақыты $t_{с.в.откл}$ мен негізгі қорғаныстың 0,01-ге тең болатын мүмкін минимал әсер ету уақыты:

$$\begin{aligned} \tau &:= t_{CB} + t_{3min}, \\ t_{откл} &:= t_{P3} + t_{с.в.откл}, \end{aligned} \quad (1.23)$$

Ажыратқыштың электродинамикалық тұрақтылығы ҚТ-ң шектік өтпе тоғымен тексеріледі:

$$\begin{aligned} I_{пр.скв} &\geq I_{кз}, \\ i_{пр.скв} &\geq i_{y0}, \end{aligned} \quad (1.24)$$

мұндағы $I_{пр.скв}$ – шектік өтпе тоғының периодты құраушысының бастапқы әсерлік мәні;

$i_{пр.скв}$ – шектік өтпе тоғының ең шыңы.

Термиялық тұрақтылыққа тексеру келесі түрде болады: Егер $t_{откл} \leq t_{тер}$ (көп кездесетін жағдай), онда тексеру шарты:

$$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} \geq B_k, \quad (1.25)$$

мұндағы $I_{тер}$ – ажыратқыштың термиялық тұрақтылығының номинал тоғы;

$t_{тер}$ – термиялық тұрақтылығының нормаланған тоғының шектеулі рұқсат етілетін уақыты;

B_k – есептеу бойынша ҚТ тоғының жылулық импульсі.

Әдетте, ажыратқыштың қайта қалпына келу параметрлері бойынша тексеру жүргізілмейді, өйткені энергожүйелердің көпшілігінде ажыратқыштың түйіспелеріндегі қайта қалпына келу кернеуі сынақ шарттарына сәйкес келеді. Қайта қалпына келу кернеуінің жылдамдығын кВ/мкс тексеру қажеттілігі туындайтын болса, онда ол тек әуелік ажыратқыштар үшін іске асырылады.

Трансформатордың ЖК (110 кВ) жағындағы ажыратқыштарды таңдау

Трансформатордың ЖК жағындағы ток

$$I_p = \frac{S_{тр}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{6,3 \cdot 10^3 \cdot 0,7}{\sqrt{3} \cdot 115} = 22,14 \text{ А.}$$

Берілген мәндерге қарап «Siemens» компаниясының зауыттары шығаратын ЗАР1DT типті элегазды ажыратқыштарын таңдаймыз.

Ажыратқыштың негізгі параметрлері:

1.5-кесте - Ажыратқыш параметрлері

Атауы	ЗАР1DT
Номинал кернеу, кВ	123
Номинал ток, А	2000
Қ.т. кезіндегі номинал ажырату тогы, кА	40
Номинал қосу тогы, кА	100
Қ.т. номинал ұзақтығы, с	3
Өшіру уақыты, мс	≤ 57

$$i_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot \kappa_{y\partial} \cdot I_{\kappa 3},$$

мұндағы $\kappa_{y\partial}=1,935$ – соқтық коэффициенті;

$I_{\kappa 3}=4,06$ кА – ЖК жағындағы үшфазалы ҚТ тоғы.

$$i_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot 1,935 \cdot 4,06 = 11,11 \text{ кА}$$

τ кезіндегі ҚТ тоғының апериодты құраушысы:

$$\tau := \tau_{с.в.} + \tau_{з.мин} = 0,057 + 0,01 = 0,067 \text{ с}; \quad I_{п0вн} = 4,06 \text{ кА}; \quad T_a := 0,06 \text{ с};$$

$$i_{a\tau.вн} = \sqrt{2} \cdot I_{п0 вн} \cdot e^{\frac{-\tau}{T_a}} = \sqrt{2} \cdot 4,06 \cdot e^{\frac{-0,067}{0,06}} = 1,88 \text{ кА}$$

$I_{откл.ном} > I_{п.т.вн}$, $i_{a,ном} > i_{a,\tau.вн}$ болғандықтан, ажыратқышты сөндіру қабілетіне тексеру ҚТ толық тоғы бойынша жүзеге асады. Сөндірудің толық тоғы:

$$I_{п.т.вн} := I_{п.0.вн},$$

$$I_{откл.ном} = 40 \text{ кА} > I_{п.т.вн} = 4,06 \text{ кА},$$

$$i_{a,ном} \geq i_{a,\tau}$$

$$i_{a,ном} = \frac{\sqrt{2} \cdot \beta_H \cdot I_{откл.ном}}{100} = \frac{\sqrt{2} \cdot 20\% \cdot 40}{100} = 11,313 \text{ кА}$$

$t_{откл} = 0,1 + 0,08 = 0,18 \text{ с}$ $t_{тер} = 3 \text{ с}$ болғандықтан, жылулық тұрақтылыққа тексеру мына шартпен орындалады:

$$T_a := 0,06 \text{ с}; \quad t_{откл} := 0,18 \text{ с}; \quad I_{п0вн} = 4,06 \text{ кА}; \quad I_{тер} := 40 \text{ кА};$$

$$B_K = I^2_{п.0.вн} [t_{откл} + T_a] = 4,06^2 [0,18 + 0,06] = 3956 \text{ кА}^2 \cdot \text{с},$$

$$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} \geq B_K$$

$$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 40^2 \cdot 3 = 4800 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} > B_K = 3956 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

1.6-кесте - ЗАР1DT типті элегазды ажыратқыштың параметрлері

Ажыратқыштың параметрлері		Есептелген мәндері	
U _{ном} , кВ	123	U _{уст.ном} , кВ	110
I _{ном} , А	2000	I _{раб.мах} , А	44,28
i _{дин} , кА	40	i _{уд} , кА	11,11
i _{вкл} , кА	100	i _{уд} , кА	11,11
I _{ном.отк} , кА	40	I _{нт} , I _к ⁽³⁾ , кА	4,06
I _{тер} ² * t _{тер} , кА ² * с	4800	Вк, кА ² * с	3956
i _{а,ном} , кА	11,313	i _{а,т} , кА	1,88

110 кВ шинадағы секциялық ажыратқышты таңдау

Желімен ағатын ток

$$I_p = \frac{S_{жс}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{6,3 \cdot 10^3 \cdot 0,7 \cdot 2}{\sqrt{3} \cdot 115} = 44,28 \text{ А.}$$

Аппаттық режимдегі ток

$$I_a = 2 \times I_p = 2 \times 44,28 = 88,56 \text{ А}$$

Берілген мәндерге қарап «Siemens» компаниясының зауыттары шығаратын ЗАР1DT типті элегазды ажыратқыштарын таңдаймыз.

1.7-кесте - Ажыратқыш параметрлері

Атауы	ЗАН5
Номинал кернеу, кВ	12
Номинал ток, А	1250
Қ.т. кезіндегі номинал ажырату тогы, кА	40
Номинал қосу тогы, кА	52
Қ.т. номинал ұзақтығы,с	3
Өшіру уақыты,мс	≤ 45

$$i_{y0} = \sqrt{2} \cdot \kappa_{y0} \cdot I_{кз},$$

мұндағы $\kappa_{уд}$ = 1,935 – соқтық коэффициенті;

$I_{кз}$ = 3,151 кА – ТК жағындағы үшфазалы ҚТ тоғы.

$$i_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot 1,935 \cdot 3,151 = 8,623 \text{ кА}.$$

τ кезіндегі ҚТ тоғының апериодты құраушысы:

$$\tau := \tau_{с.в.} + \tau_{з.мин} = 0,05 + 0,01 = 0,06 \text{ с}; I_{п0вн} = 3,151 \text{ кА}; T_a := 0,06 \text{ с};$$

$$i_{a\tau.вн} = \sqrt{2} \cdot I_{п0вн} \cdot e^{\frac{-\tau}{T_a}} = \sqrt{2} \cdot 3,151 \cdot e^{\frac{-0,06}{0,06}} = 1,639 \text{ кА}.$$

$I_{откл.ном} > I_{п.т.вн}$, $i_{a,ном} > i_{a,\tau.вн}$ болғандықтан, ажыратқышты сөндіру қабілетіне тексеру ҚТ толық тоғы бойынша жүзеге асады. Сөндірудің толық тоғы:

$$I_{п.т.вн} := I_{п.0.вн},$$

$$I_{откл.ном} = 20 \text{ кА} > I_{п.т.вн} = 3,151 \text{ кА},$$

$$i_{a,ном} \geq i_{a,\tau}$$

$$i_{a,ном} = \frac{\sqrt{2} \cdot \beta_H \cdot I_{откл.ном}}{100} = \frac{\sqrt{2} \cdot 20\% \cdot 40}{100} = 11,314 \text{ кА}$$

$t_{откл} = 0,1 + 0,05 = 0,15 \text{ с}$ $t_{тер} = 3 \text{ с}$ болғандықтан, жылулық тұрақтылыққа тексеру мына шартпен орындалады:

$$T_a := 0,06 \text{ с}; t_{откл} := 0,15 \text{ с}; I_{п0вн} = 4,06 \text{ кА}; I_{тер} := 20 \text{ кА};$$

$$B_K = I_{п.0.вн}^2 [t_{откл} + T_a] = 3,151^2 \cdot [0,15 + 0,06] = 2085 \text{ кА}^2 \cdot \text{с},$$

$$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 40^2 \cdot 3 = 4800 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} > B_K = 2085 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

1.8-кесте - 3AP1DT типті элегазды ажыратқыштың параметрлері

Ажыратқыштың параметрлері		Есептелген мәндері	
$U_{ном}$, кВ	10	$U_{уст.ном}$, кВ	12
$I_{ном}$, А	1250	$I_{раб.мах}$, А	242,487
$i_{дин}$, кА	40	$i_{уд}$, кА	8,623
$i_{вкл}$, кА	52	$i_{уд}$, кА	8,623
$I_{ном.отк}$, кА	40	$I_{пт}, I_K^{(3)}$, кА	3,151
$I_{тер}^2 \cdot t_{тер}$, кА ² * с	4800	B_K , кА ² * с	2085
$i_{a,ном}$, кА	11,314	$i_{a,\tau}$, кА	1,639

Ажыратқыш барлық шарттарды қанағаттандырады.

10 кВ шинадағы секциялық ажыратқышты таңдау
Желімен ағатын ток

$$I_p = \frac{S_{жс}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{6,3 \cdot 10^3 \cdot 0,7}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 242,487 \text{ А.}$$

Аппаттық режимдегі ток

$$I_a = 2 \times I_p = 2 \times 242,784 = 484,974 \text{ А.}$$

1.9-кесте - Ажыратқыш параметрлері

Атауы	ВБКЭ-10
Номинал кернеу, кВ	10
Номинал ток, А	630
Қ.т. кезіндегі номинал ажырату тогы, кА	31,5
Номинал қосу тогы, кА	52
Қ.т. номинал ұзақтығы,с	3
Өшіру уақыты,мс	≤ 60

$$i_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot \kappa_{y\partial} \cdot I_{кз},$$

мұндағы $\kappa_{y\partial} = 1,935$ – соқтық коэффициенті;

$I_{кз} = 3,151$ кА – ЖК жағындағы үшфазалы ҚТ тогы.

$$i_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot 1,935 \cdot 3,151 = 8,623 \text{ кА.}$$

τ кезіндегі ҚТ тогының апериодты құраушысы:

$$\tau := \tau_{с.в.} + \tau_{з.мин} = 0,06 + 0,01 = 0,07 \text{ с; } I_{по вн} = 8,623 \text{ кА; } T_a := 0,06 \text{ с;}$$

$$i_{a\tau.вн} = \sqrt{2} \cdot I_{по вн} \cdot e^{\frac{-\tau}{T_a}} = \sqrt{2} \cdot 3,151 \cdot e^{\frac{-0,07}{0,06}} = 1,388 \text{ кА}$$

$I_{\text{откл.ном}} \succ I_{\text{п.т.вв}}$, $i_{a, \text{ном}} \succ i_{a, \text{т.вн}}$ болғандықтан, ажыратқышты сөндіру қабілетіне тексеру ҚТ толық тоғы бойынша жүзеге асады. Сөндірудің толық тоғы:

$$I_{\text{п.т.вн}} := I_{\text{п.0.вн}},$$

$$I_{\text{откл.ном}} = 31,5 \text{ кА} > I_{\text{п.т.вн}} = 3,151 \text{ кА},$$

$$i_{a, \text{ном}} \geq i_{a, \tau} \quad i_{a, \text{ном}} = \frac{\sqrt{2} \cdot \beta_H \cdot I_{\text{откл.ном}}}{100} = \frac{\sqrt{2} \cdot 20\% \cdot 31,5}{100} = 8,91 \text{ кА}.$$

$t_{\text{откл}} = 0,1 + 0,08 = 0,18 \text{ с}$ $t_{\text{тер}} = 3 \text{ с}$ болғандықтан, жылулық тұрақтылыққа тексеру мына шартпен орындалады:

$$T_a := 0,15 \text{ с}; \quad t_{\text{откл}} := 0,18 \text{ с}; \quad I_{\text{п0вн}} = 3,151 \text{ кА}; \quad I_{\text{тер}} := 31,5 \text{ кА};$$

$$B_K = I_{\text{п.0.вн}}^2 [t_{\text{откл}} + T_a] = 3,151^2 \cdot [0,18 + 0,06] = 2383 \text{ кА}^2 \cdot \text{с},$$

$$I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}} \geq B_K \quad I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}} = 31,5^2 \cdot 3 = 2977 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} > B_K = 2383 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

1.10-кесте - ЗАР1ДТ типті элегазды ажыратқыштың параметрлері

Ажыратқыштың параметрлері		Есептелген мәндері	
U _{ном} , кВ	10	U _{уст.ном} , кВ	10
I _{ном} , А	630	I _{раб.мах} , А	484,974
i _{дин} , кА	31,5	i _{уд} , кА	8,623
i _{вкл} , кА	52	i _{уд} , кА	8,623
Ажыратқыштың параметрлері		Есептелген мәндері	
I _{ном.отк} , кА	31,5	I _{пт} , I _к ⁽³⁾ , кА	3,151
I _{тер} ² * t _{тер} , кА ² * с	2977	B _к , кА ² * с	2383
i _{a, ном} , кА	8,91	i _{a, τ} , кА	1,388

Ажыратқыш барлық шарттарды қанағаттандырады.

1.4.4 Жоғарғы кернеуге айырғышты таңдау

Айырғыштар мына шарттар бойынша таңдалады:

$$\begin{aligned}
 U_{ном} &\geq U_{ном.сети}, \\
 I_{ном} &\geq I_{ном.расч}, \\
 K_{II} \cdot I_{ном} &\geq I_{прод.расч} = I_{раб.ном}, \\
 i_{дин} &\geq i_{уд}, \\
 I_{тер}^2 \cdot t_{тер} &\geq B_k \text{ при } t_{откл} \geq t_{тер} \text{ и } I_{тер}^2 \cdot t_{откл} \geq B_k \text{ при } t_{откл} \leq t_{тер},
 \end{aligned}
 \tag{1.26}$$

Әрбір кернеу сатысына сәйкес айырғыштарды таңдаймыз:

- 110кВ жоғары кернеуге РГ-110/1000УХЛ1 типті;
- 10кВ төменгі кернеуге РЛНД-1-10/1000-II-УХЛ1 типті.

Есептелген шарттарға байланысты әрбір кернеуге таңдалған айырғыштар кестеде келтірілген

1.11-кесте - 110кВ жоғарғы кернеуге РГ-110/1000УХЛ1 типті айырғыштың параметрлері

Айырғыштың параметрлері		Есептелген мәндері	
U _{ном} , кВ	110	U _{уст.ном} , кВ	110
I _{ном} , А	1000	I _{раб.нб} , А	44,28
i _{дин} , кА	80	i _{уд} , кА	11,11
I _{тер} ² * t _{тер} , кА ² * с	2976	B, кА ² * с	2085

Қосалқы станция трансформаторын сыртқы және ішкі асқын кернеулерден қорғау мақсатында ОПН орнатамыз.

Номиналдық кернеу бойынша

ЖК (110 кВ) жағы: ОПН-II-110/77 УХЛ1;

ТК (10 кВ) жағы: ОПН-II-10/56 УХЛ1.

1.4.5 Тоқ трансформаторларын таңдау

Келесі шарттар бойынша тоқ трансформаторларын таңдаймыз.

$$\begin{aligned}U_{ном} &\geq U_{сети.ном} \\I_{ном} &\geq I_{ном.расч} \\k_n \cdot I_{ном} &\geq I_{продрасч} = I_{раб.нб}\end{aligned}\quad (1.27)$$

$$i_{дин} \geq i_{уд} \text{ немесе } \sqrt{2} \cdot I_{1ном} \cdot k_{дин} \geq i_{уд} \quad (1.28)$$

$$I_{тер}^2 \cdot t_{откл} \geq B_k, \text{ немесе } (I_{1ном} \cdot k_{тер})^2 \cdot t_{тер} \geq B_k \quad (1.29)$$

$$Z_{2ном} \geq Z_{2расч} \quad (1.30)$$

мұндағы $k_{дин}$ и $k_{тер}$ – термиялық және динамикалық тұрақтылыққа сәйкес еселігі тоғы; $Z_{2ном}$ – ТТ-ның екіншілік тізбегіндегі номинал кедергісі, берілген дәлділік классына сәйкес жұмыспен қамтамасыз етеді, Ом; $Z_{2расч}$ — екіншілік тізбектің есептік кедергісі, Ом.

ТТ дәлдік классын тағайындалуына сәйкес таңдалады. Егер ТТ-на электр энергиясының есептемелік счетчиктер орнатылса, онда оның дәлдік классы 0,5-тен кем болмау керек. Ал тек щитты өлшегіш құрал қосылатын болса, онда дәлдік классы 1 болса жеткілікті.

Дәлдік классымен алынған мән бойынша ТТ жұмыс істеуі үшін, екіншілік тізбектегі жүктеме номиналдық мәннен аспауы керек, яғни $I_{2ном}=5$ А

$$S_2 \approx I_{2ном}^2 \cdot Z_2 \approx 25 \cdot Z_2 \leq S_{2ном}$$

ТТ есептемелік жүктемесі $Z_{2расч}$ түйіспелер мен сымдардағы қуат шығынынан, өлшеуіш құралдардың жүктемелерінен құралады трансформатордың екіншілік тізбегіне тізбектей қосылған құрал орамдарының қосынды кедергісі $Z_{\Sigma приб}$, фаза бойынша таралуы және қосылу сұлбесіне сәйкес есептейді. Өлшеуіш құралдардың үшсызықты қосылу сұлбесін құрастыру кезінде құралдың жалғану сұлбесін есепке алу қажет.

Екіншілік тізбек сымның кедергісі жолға орнатылған сымның $L_{тр}$ ұзындығынан, қимасынан және ТТ-ң қосылу сұлбесінен тәуелді

№41 Қосалқы станциясының екіншілік тізбегінде мыс кабель қолданылады ($p=0,0175$ Ом-мм²/м).

1. Сымның қимасын өлшеу дәлдік талаптарына сәйкес таңдайды.

ТТ-ның дәлдік классының жұмысын қамтамасыз ету үшін рұқсат етілген жүктеме шартына қарап сымның кедергісі мынадай болады:

$$Z_{пров} \leq Z_{2ном} - Z_{\Sigma приб} - Z_{конт}$$

мұндағы $Z_{конт}$ – түйіспелер кедергісі.

$Z_{\text{пров}} \approx \Gamma_{\text{пров}}$. теңсіздігін тексерсек, онда сымның рұқсат етілген қимасы төмендегі өрнектен кем болмау керек, мм²,

$$S = \frac{p \cdot L_{\text{расч}}}{r_{\text{пров}}} \quad (1.31)$$

мұндағы p – сымның материалының меншікті кедергісі;

$L_{\text{расч}}$ - ТТ –ның қосылу сұлбесінен тәуелді сымның есептік ұзындығы.

№41 Қосалқы санциясының 110 кВ желісінің өлшеуіш құралдарына ТТ таңдау

$$S_{\text{приб}} = 1,5 \text{ В} \cdot \text{А} \quad I_2 := 5 \text{ А}$$

1.12-кесте-ТТ-ның жүктелуі

Құрал	ҚҰРАЛ ТҮРІ	Ток өлшегіш құралдардағы жүктеме, В*А, фаза бойынша		
		А	В	С
Амперметр	Э-379	0,5	0,5	0,5
Ваттметр	Д-350	0,5	-	0,5
Варметр	Д-345	0,5	-	0,5
Барлығы		1,5	0,5	1,5

$$R_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} = \frac{1,5}{5^2} = 0,06 \text{ Ом}$$

5Р;10Р класс дәлдігінде номиналды екіншілік жүктемесі:

$$R_{2\text{НОМ}} = \frac{S_{2\text{НОМ.Т.Т.}}}{I_2^2} = \frac{30}{5^2} = 1,2 \text{ Ом}$$

Түйіспелердің кедергісін 0,1 Ом деп қабылдап, онда сымның кедергісі:

$$R_{\text{пров}} = R_{2\text{НОМ}} - R_{\text{приб}} - R_{\text{конт}} = 1,2 - 0,06 - 0,1 = 1,04 \text{ Ом}$$

ТТ-мен өлшегіш құралдарды қосатын кабельдің ұзындығын $L_{\text{расч}} = 75 \text{ м}$ деп аламыз:

$$S_{\text{ПРОВ.}} = \frac{p \cdot L_{\text{расч}}}{R_{\text{пров}}} = \frac{0,0175 \cdot 75}{1,04} = 1,262 \text{ мм}^2$$

2,5 мм² қимасымен ККВГ маркалы бақылау кабелін таңдаймыз.

$$R_{\text{ПРОВ.}} = \frac{\rho \cdot L_{\text{расч}}}{S_{\text{пров}}} = \frac{0,0175 \cdot 75}{2,5} = 0,525 \text{ Ом}$$

$$U_{\text{НОМ}} = 110 \text{ кВ} = U_{\text{сети.НОМ}} = 110 \text{ кВ}$$

$$I_{\text{НОМ}} = 400 \text{ А} \succ I_{\text{прод.расч.}} = 175,715 \text{ А}$$

$$i_{\text{ДИН}} = 62 \text{ кА} \succ i_{\text{уд}} = 8,641 \text{ кА}$$

$$I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{откл.}} = 588 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \succ B_{\text{к}} = 3,291 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

$$Z_{2\text{НОМ}} = 1,2 \text{ Ом} \geq Z_{2\text{РАСЧ}} = 0,685 \text{ Ом}$$

$$Z_{\text{РАСЧ}} = Z_{\text{ПРОВ.}} + Z_{\Sigma \text{приб}} + Z_{\text{конт}} = 0,06 + 0,525 + 0,1 = 0,685 \text{ Ом}$$

ТФЗМ-110-У1 типті ТТ-ы алынады

110 кВ трансформаторларының өлшеуіш құралдарына ТТ таңдау

$$S_{\text{приб}} = 0,5 \text{ В} \cdot \text{А} \quad I_2 = 5 \text{ А}$$

1.13-кесте -ТТ-ның жүктелуі

Құрал	Құрал түрі	Тоқ өлшегіш құралдардағы жүктеме, В*А, фаза бойынша		
		А	В	С
Амперметр	Э-379	0,5	0,5	0,5
Барлығы		0,5	0,5	0,5

$$R_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} = \frac{0,5}{5^2} = 0,02 \text{ Ом}$$

5Р;10Р класс дәлдігінде номиналды екіншілік жүктемесі:

$$R_{2\text{НОМ}} = \frac{S_{2\text{НОМ.Т.Т.}}}{I_2^2} = \frac{30}{5^2} = 1,2 \text{ Ом}$$

Түйіспелердің кедергісін 0,1 Ом деп қабылдап, онда сымның кедергісі:

$$R_{\text{пров}} = R_{2\text{НОМ}} - R_{\text{приб}} - R_{\text{конт}} = 1,2 - 0,02 - 0,1 = 1,08 \text{ Ом}$$

ТТ-мен өлшегіш құралдарды қосатын кабельдің ұзындығын $L_{расч} = 75м$ деп аламыз:

$$S_{ПРОВ.} = \frac{p \cdot L_{расч}}{R_{пров}} = \frac{0,0175 \cdot 75}{1.08} = 1,215 мм^2$$

2,5 мм² қимасымен ККВГ маркалы бақылау кабелін таңдаймыз.

$$R_{ПРОВ.} = \frac{p \cdot L_{расч}}{S_{пров}} = \frac{0,0175 \cdot 75}{2.5} = 0.525 Ом$$

$$U_{ном} = 110кВ = U_{сети.ном} = 110кВ$$

$$I_{ном} = 200А \succ I_{прод.расч.} = 87,857 А$$

$$i_{ДПН} = 62кА \succ i_{уд} = 8.641кА$$

$$I_{тер}^2 \cdot t_{откл.} = 588кА^2 \cdot c \succ B_k = 3.291кА^2 \cdot c$$

$$Z_{2НОМ} = 1.2Ом \geq Z_{2РАСЧ} = 0.11Ом$$

$$Z_{РАСЧ} = Z_{ПРОВ.} + Z_{\Sigma приоб} + Z_{конт} = 0,02 + 0,525 + 0,1 = 0,11Ом$$

ТФЗМ-110-У1 типті ТТ-ы алынады

1.4.7 Кернеулік трансформаторларды таңдау

$$\begin{aligned} U_{1НОМ} &\geq U_{сети.ном} \\ S_{2НОМ} &\geq S_{2расч} \end{aligned} \quad (1.32)$$

мұндағы $S_{2НОМ}$ – берілген дәлдік классының жұмысына сәйкес және КТ-ң екіншілік тізбегінде пайдаланылатын номинал толық қуат; $S_{2расч}$ - екіншілік тізбегінде пайдаланылатын есептік толық қуат.

КТ-ң тізбегіндегі сымның қимасы механикалық беріктік және рұқсат етілетін кернеу шығынынан анықталады. Бұндайда мыс сымның қимасы механикалық беріктік шарты бойынша 2,5 мм² аспауы керек.

КТ типі оның тағайындамасымен таңдалынады. Егер КТ-нан есептік счетчиктер қорек көзін алатын болса, онда екі бірфазалық НАМИ сериялы КТ-н қолдану тиімді. Жалғыз үшфазалы КТ-на қарағанда, екі бірфазалық КТ қуатты болып келеді, және де бағалары шамалас. 110 кВ және одан жоғары кернеуде НКФ сериялы каскадты КТ қолданады. Есептегіш санауыш ретінде А1R-4-AL-C8-T типті Альфа санауышы қолданылды.

№41 Қосалқы станциясының 10кВ-қы құрама шиналарындағы фмдерлардың өлшеуіш құралдарына КТ таңдау.

1.14-кесте - КТ-ның жүктелуі

Құрал	ҚҰРАЛ ТҮРІ	S, ВА	Орама саны	$\cos \varphi$	$\sin \varphi$	Құрал саны	Жалпы тұтынатын қуат	
							Р,Вт	Q,Вар
Ватметр	Д-350	2	2	1	0	1	4	-
Варметр	Д-345	2	2	1	0	1	4	-
Санауыш	A1R-4-AL-C8-T	3.6	2	0.56	0.82	8	16	2.952
Жиілік өлшегіш		3	1	1	0	2	6	-
Барлығы тұтынатын қуат							30	2.952
							$S_{2\Sigma \text{ПРИС.}} = 32,952 \text{ ВА}$	

$$U_{1\text{н.ом}} = 10\text{кВ} = U_{\text{сети.ном}} = 10\text{кВ}$$

$$S_{2\text{н.ом}} = 75\text{ВА} > S_{2\text{расч}} = 12,952\text{ВА}$$

3 НОЛ.06 типті кернеу трансформаторын таңдаймыз. 0,5 класс дәлдігінде номиналды екіншілік жүктемесі 75 В-А құрайды., ол есептік жүктемеден жоғары.

1.15-кесте - КТ-ның жүктелуі

Құрал	ҚҰРАЛ ТҮРІ	S, ВА	Орама саны	$\cos \varphi$	$\sin \varphi$	Құрал саны	Жалпы тұтынатын қуат	
							Р,Вт	Q,Вар
Ватметр	Д-350	2	2	1	0	1	4	-
Варметр	Д-345	2	2	1	0	1	4	-
Санауыш	A1R-4-AL-C8-T	3.6	2	0.56	0.82	1	2	2.952
Барлығы тұтынатын қуат							8	2.952
							$S_{2\Sigma \text{ПРИС.}} = 10,426 \text{ ВА}$	

$$U_{1\text{н.ом}} = 110\text{кВ} = U_{\text{сети.ном}} = 110\text{кВ}$$

$$S_{2\text{н.ом}} = 400\text{ВА} > S_{2\text{расч}} = 10.426\text{ВА}$$

2 Қосалқы станциядағы трансформатордың релелік қорғанысы

2.1 Трансформатордың дифференциалды қорғанысы

Екі орамды тарамдалған $Y/\Delta/\Delta$ -топты төмендеткіш трансформаторларында дифференциалды қорғанысты екі релелі етіп орындайды, себебі Δ -жағындағы екі фазалы ҚТ-ға қорғаныстың сезімталдығы, үш релелі сұлбалардағы сияқты.

РПН-ды трансформатордың дифференциалды қорғанысы сыртқы ҚТ-ың максималды тоқтары кезінде селективті әрекетті және қорғаныс аумағындағы ҚТ және минималды ҚТ тоқтары кезінде ПУЭ бойынша қажетті сезімталдық коэффициентін қамтамасыз етуі керек.

Жоғары қуатты трансформаторлар үшін жартылай өткізгішті сезімталды ДЗТ-типті дифференциалды қорғанысты пайдаланған дұрыс [Б Қосымшасы].

РНТ және ДЗТ типті релелі дифференциалды қорғаныстың сезімталдығын жоғарлату үшін, яғни РПН-ді трансформатордың қорғанысындағы балансталмаған тоқтарды төмендету үшін, НТТ орамдарын есептеу орташа емес, оптималды кернеу бойынша жүргізіледі.

$$S_{н.тр}=6,3 \text{ МВА}; \quad U_{к.макс}=11,72 \%; \quad U_{к.мин}=10,58 \%; \\ P_x=25 \text{ кВт}; \quad P_k=120 \text{ кВт};$$

Дифференциалды қорғаныстың екі релелі сұлбасын қабылдаймын. Номиналды біріншілік тоқтарды есептейміз:

$$I_{110.ном} = \frac{S_{н.тр}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{6300}{\sqrt{3} \cdot 110} = 33,066 \text{ А}, \quad (2.1)$$

$$I_{10.ном} = \frac{S_{н.тр}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{6300}{\sqrt{3} \cdot 10} = 363,731 \text{ А}. \quad (2.2)$$

Трансформатор орамдарының жалғану сұлбасы – Y/Δ , екіншілік тоқтарын фаза бойынша тегістеу үшін тоқ трансформаторының жоғарғы кернеу жағынан жалғану сұлбасын – Δ , ал төменгі кернеу жағынан – Y деп қабылдаймыз, сонда:

$$n_{m110.расч} = \frac{I_{110.ном} \cdot k_{сх110}}{5} = \frac{33,066 \cdot \sqrt{3}}{5} = \frac{57,272}{5}, \quad (2.3)$$

$$n_{m10.расч} = \frac{I_{10.ном} \cdot k_{сх10}}{5} = \frac{363,731 \cdot 1}{5} = \frac{363,731}{5}. \quad (2.4)$$

мұндағы: $K_{сх}$ – схема коэффициенті, ЖК үшін $\sqrt{3}$, ал ТК үшін 1-ге тең.

Қорғаныстың сенімділігін жоғарлату мақсатында ТТ-ың қателігін төмендету үшін n_T -дан жоғары етіп таңдаймыз, осылайша ҚТ тоқтарының қатынасын төмендетеміз және трансформатордың рұқсат етілетін асқын жүктемесін шектемейміз. МЕМСТ 7746-95 бойынша ТТ-ы номиналдыдан жоғары үлкен тоқтардың ағуын рұқсат етпейді.

Келесідей қабылдаймыз: $n_{T,110}=100/5$; $n_{T,10}=600/5$;

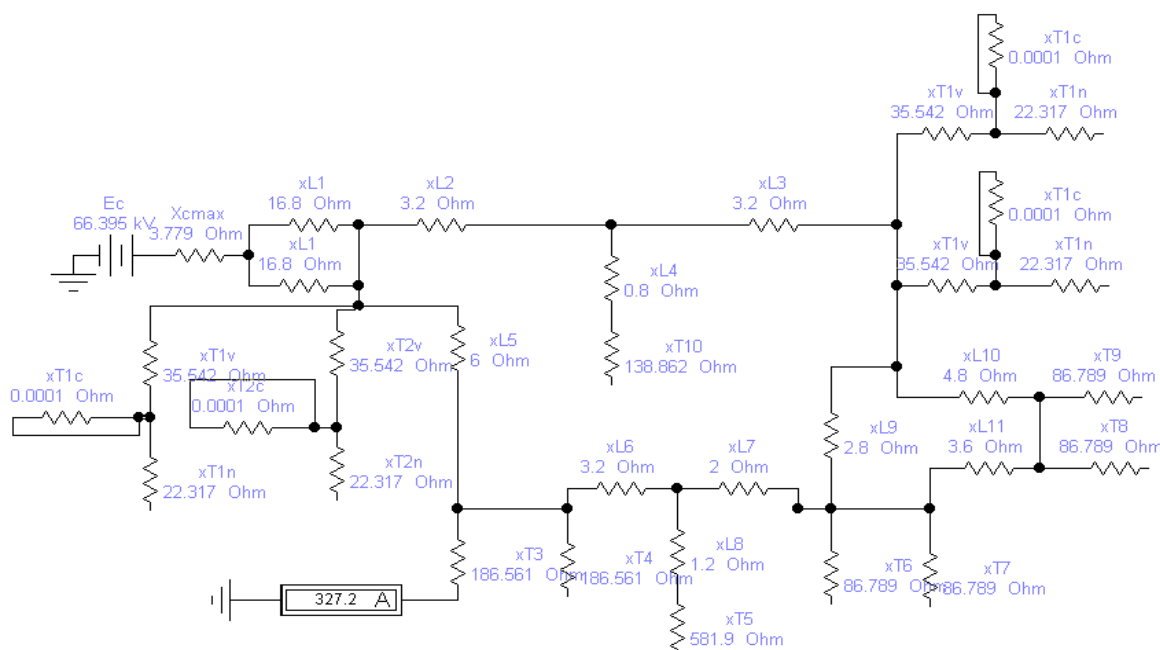
Қалыпты режимде дифференциалды қорғаныстың балансталмаған тоқтарын анықтау үшін, сыртқы ҚТ кезіндегі трансформатор арқылы өтетін максималды тоқты анықтау керек. Бұл тоқ, жүйенің максималды режимі кезіндегі тоқ. Қорғаныстың сезімталдық коэффициентін анықтаған кезде 10 кВ жағындағы минималды ҚТ тоғын есептеу керек. Бұл тоқ, жүйенің минималды режимі кезіндегі тоқ.

Трансформатордың көрсетілген кедергілері 110кВ кернеуіне келтірілген.

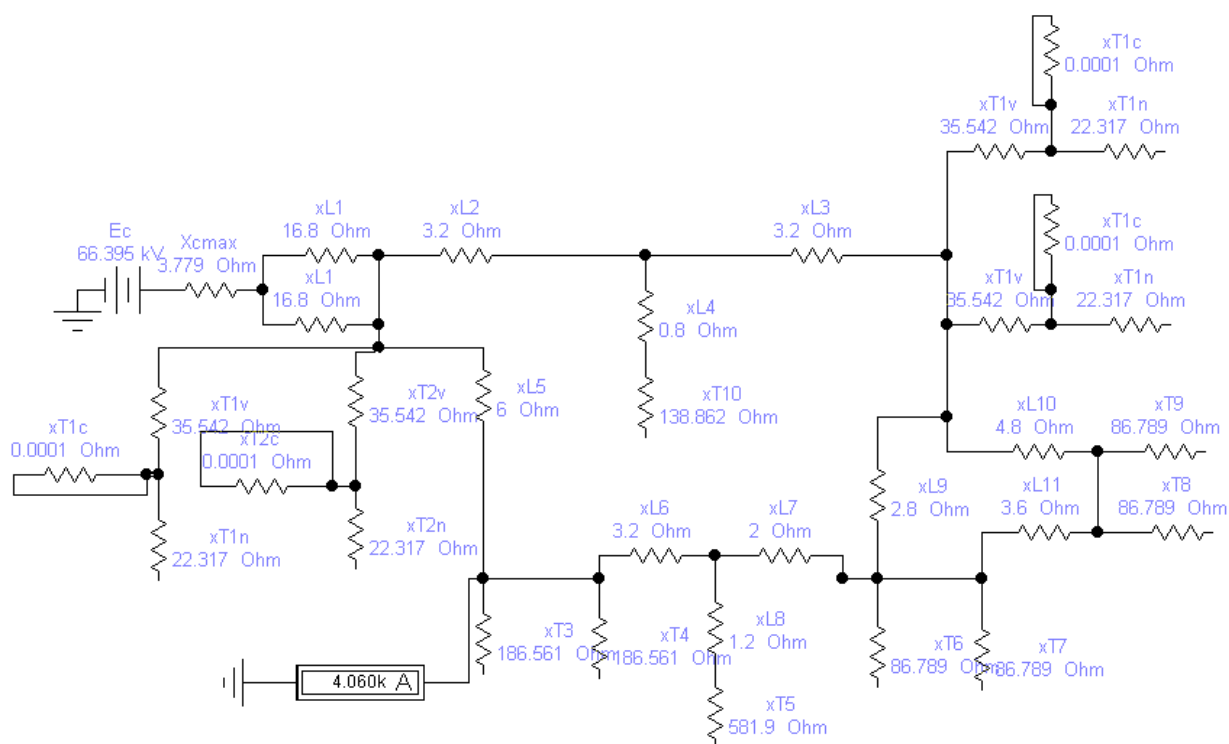
$$\alpha = 1 \pm \Delta U_{рег} = 1 \pm 0,16; \quad \alpha_{макс} = 1 + 0,16 = 1,16; \quad \alpha_{мин} = 1 - 0,16 = 0,84;$$

мұнда $\Delta U_{рег}$ – РПН құрылғысы орнатылған кездегі кернеудің номиналдыдан максималды ауытқуы.

Жүйе максималды режимде, ал трансформаторлар кедергісі минималды болғандағы орынбасу сұлбалары

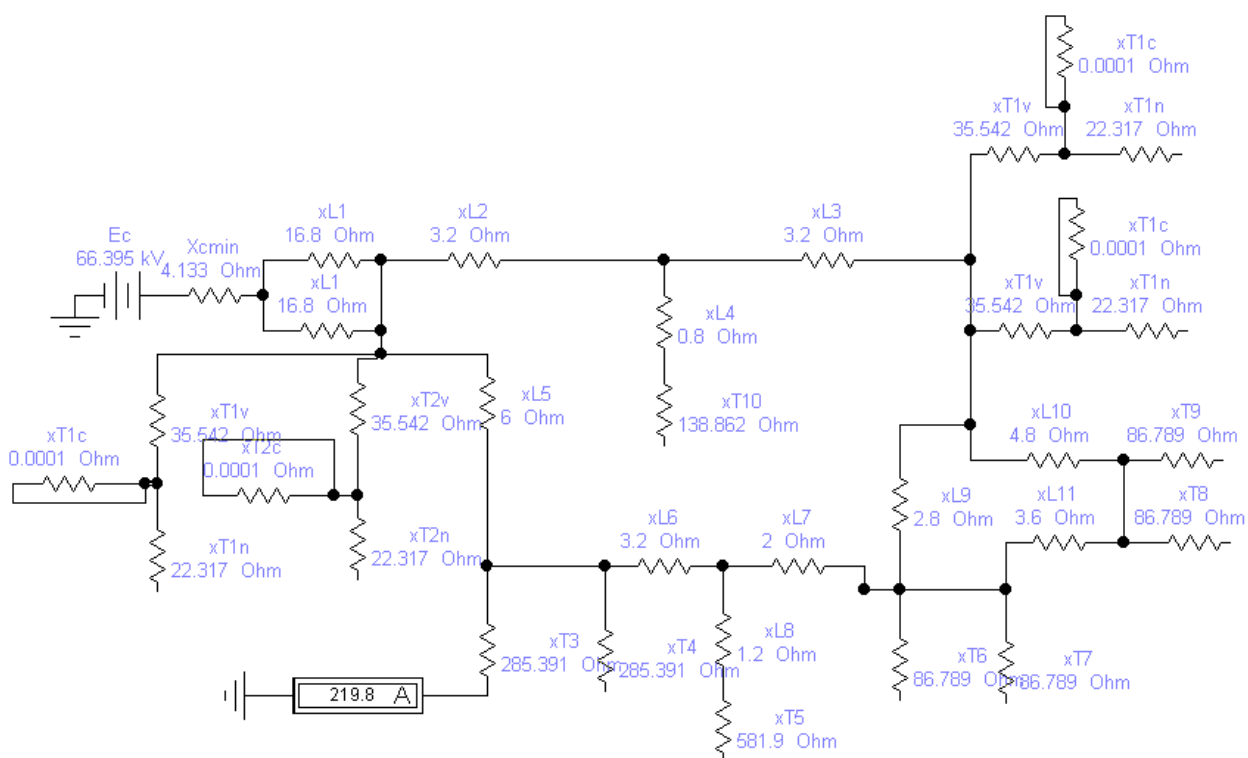


2.1-сурет - 1-ші нүкте 10 кВ жақтағы максималды ҚТ тоғы

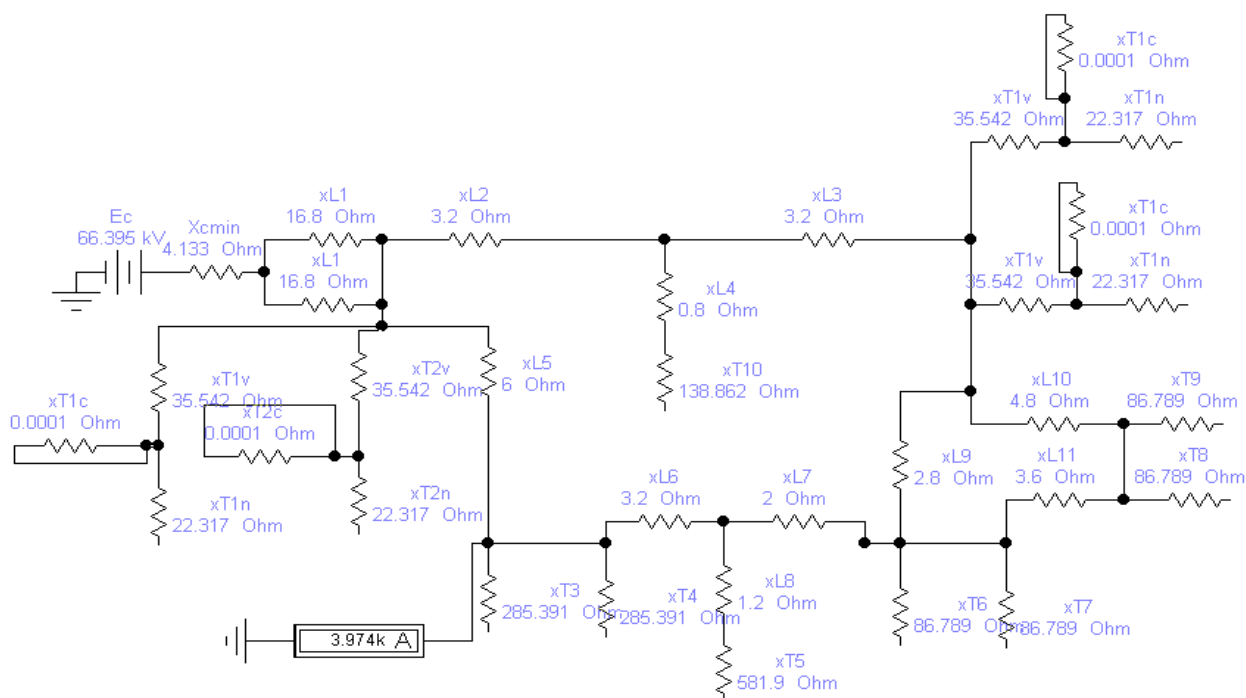


2.2-сурет - 110 кВ жақтағы максималды ҚТ тоғы

Жүйе минималды режимде орынбасу сұлбалары



2.3-сурет - 10 кВ жақтағы минималды ҚТ тоғы



2.4 – сурет - 110 кВ жақтағы минималды ҚТ тоғы

ҚТ тоқтары: 110 кВ-жағында

$$I_{кз.макс} = 4,060 \text{ кА},$$

$$I_{кз.мин} = 3,974 \text{ кА}.$$

10 кВ-жағында

$$I_{кз.макс} = 327,2 \cdot 110 / 10 = 3,599 \text{ кА},$$

$$I_{кз.мин} = 110 / 10 = 2,418 \text{ кА}.$$

Алдымен тежеусіз РНТ-560 типті релелі қарапайым қорғанысты пайдаланудың мүмкіндігін тексереміз. Егер де оның сезімталдық коэффициенті екіден төмен болса, онда тежелуі бар ДЗТ сериялы релесі бар дифференциалды қорғанысты қолданамыз.

Номиналды екіншілік тоқтар:

$$i_{ном}^B = \frac{I_{110 \text{ ном}} \cdot K_{cx}}{n_{n \ 110}}, \quad (2.5)$$

$$i_{ном}^B = \frac{33,066 \cdot \sqrt{3}}{20} = 2,864,$$

$$i_{ном}^H = \frac{I_{10 \text{ ном}} \cdot K_{cx}}{n_{n \ 10}}, \quad (2.6)$$

$$i_{ном}^H = \frac{363,731 \cdot 1}{120} = 3.031.$$

Екіншілік тоқтық тізбектердің негізгі жағын таңдаймыз: номиналды тоғының үлкені негізгісі болады, төменгі кернеу – негізгі жағы болып саналады, $3,031 > 2,864$.

ДЗТ-11 ресінің қолданысымен дифференциалды қорғаныстың есептелуі

Қорғаныстың іске қосылу тоғы трансформатордың магниттелу тоғының лақтырысынан құрылым шарты бойынша алынады

$$I_{C3} = K_H \cdot I_{НОМ}^{осн}, \quad (2.7)$$

$$I_{C3} = 1,5 \cdot 363,731 = 545,596 \text{ А.}$$

Реленің іске қосылу тоғы

$$I_{с.р.} = \frac{I_{C3} \cdot K_{CX}^{осн}}{n_m^{осн}} = \frac{545,596 \cdot 1}{120} = 4,547 \text{ А.} \quad (2.8)$$

Қорғаныстың негізгі жағына қосылған ораманың орам санының есептелінген мәні

$$W_{осн.расч} = \frac{F_{cp}}{i_{cp}} = \frac{100}{4,547} = 21,993 \text{ орам.} \quad (2.9)$$

Қорғаныстың негізгі жағына жалғанған ораманың орам манының қабылданған мәні

$$W_{осн.} = 22 \text{ орам.}$$

Қорғаныстың негізгі емес жағына жалғанған ораманың орам манының есептелінген мәні

$$W_{неосн.расч} = W_{осн.} \cdot \frac{i_{НОМ}^{осн}}{i_{НОМ}^{неосн}} = 22 \cdot \frac{3,031}{2,864} = 23,283 \text{ орам.} \quad (2.10)$$

Қорғаныстың негізгі жағына жалғанған ораманың орам манының қабылданған мәні

$$W_{неосн.} = 23 \text{ орам.}$$

Теңсіздік тоғын есептеу

$$I_{HB} = I'_{HB} + I''_{HB}. \quad (2.11)$$

мұндағы I'_{HB} – тоқ трансформаторының қателігі бойынша теңсіздік тоғының құраушысы;

I''_{HB} – РПН жұмысы бойынша теңсіздік тоғының құраушысы.

$$I'_{HB} = \varepsilon \cdot K_A \cdot K_{ОДН} \cdot I_{КЗ\ max}^{осн}, \quad (2.12)$$

$$I'_{HB} = 0,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 3,599 = 0,36 \text{ кА}.$$

мұндағы $\varepsilon = 0,1$ – тоқ трансформаторының қателігі,

$K_A = 1$ – апериодикалық құраушысының коэффициенті,

$K_{ОДН} = 1$ – тоқ трансформаторының біртиптілік коэффи,

$I_{КЗ\ max}^{осн} = I_{КЗ}^{10}$ – негізгі жағына келтірілген қ.т. тоғы.

$$I''_{HB} = \Delta U_{РПН} \cdot I_{КЗ\ max}^{осн}. \quad (2.13)$$

мұндағы $\Delta U_{РПН} = 0,16$ – РПН-ді реттеудегі жарты диапазон.

$$I''_{HB} = 0,16 \cdot 3,599 = 0,576 \text{ кА},$$

$$I_{HB} = I'_{HB} + I''_{HB} = 0,36 + 0,576 = 0,936 \text{ кА}. \quad (2.14)$$

Реле орама орам сандарының есптелінген және қабылданған сандарының айырмасы бойнша теңсіздік тоғының құраушысы

$$I_{нб.расч}^{III} = \frac{W_{неосн.расч} - W_{неосн}}{W_{неосн.расч}} \cdot I_{КЗ\ max}^{осн}, \quad (2.15)$$

$$I_{нб.расч}^{III} = \frac{23,283 - 23}{23,283} \cdot 3,599 = 44 \text{ А}.$$

Теңсіздік тоғының толық мәні

$$I_{HB} = I'_{HB} + I''_{HB} + I'''_{HB} = 360 + 576 + 44 = 980 \text{ А}. \quad (2.16)$$

Тежеу орамасының орам саны

$$W_T = \frac{K_H \cdot I_{HB}^{торм} \cdot W^{торм}}{I_{КЗ\ торм}^{торм} \cdot tg\alpha}, \quad (2.17)$$

мұндағы $K_H = 1,5$ – сенімділік коэффициенті,

$tg\alpha = 0,75$ – ДЗТ-11 релеснің тежеу сипаттама қисығының

бұрыш тангенсі,

$I_{HB}^{торм}$ и $I_{КЗ\ max}^{торм}$ – Қорғаныстың тежеу орамы жалғанатын жағына

келтірілген теңсіздік және қ.т. тоқтары,

$W^{торм}$ – қорғаныстың тежеу орамасы жалғанған жұмыс орамасының орам саны.

Қорғалатын трансформатор екі орамды және бәжақты қоректенген болғандықтан тежеу орамасы ТК иініне жалғанады, яғни тоқ төменгі кернеу жағынан ағады, бұдан шығатыны:

$I_{HB}^{торм} = I_{HB}^{HH}$ – бұл төменгі кернеуге келтірілген теңсіздік тоғы, егер негізгі жағы ЖК болса, онда

$$I_{HB}^{торм} = I_{HB} \cdot \frac{U_{BH}}{U_{HH}}. \quad (2.18)$$

егер негізгі жағы ТК болса, онда

$$I_{HB}^{торм} = I_{HB}, \quad (2.19)$$

мұндағы I_{HB} – жоғарыда есептелінген теңсіздік тоғы;

$I_{K3\ max}^{торм} = I_{K3\ max}^{10\ кВ}$ – бұл төменгі кернеуге келтірілген қ.т. тоғы;

$W^{торм} = W^{HH}$ – бұл реленің төменгі кернеу иініне қосылған жұмыс орамы,

егер негізгі жағы ЖК болса, онда

$$W^{торм} = W^{HH} = W_{неосн.расч} - \text{орамның есептелінген мәні,} \quad (2.20)$$

егер негізгі жағы ТК болса, онда

$$W^{торм} = W^{HH} = W_{неосн.} \text{ орамның қбылданған мәні.} \quad (2.21)$$

Бұл есептеуде олар келесідей болады

$$\begin{aligned} I_{HB}^{торм} &= I_{HB} = 980 \text{ А,} \\ I_{K3\ max}^{торм} &= I_{K3\ max}^{10\ кВ} = 3599 \text{ А,} \\ W^{торм} &= W^{HH} = W_{неосн.} = 23 \text{ орам,} \\ W_T &= \frac{K_H \cdot I_{HB}^{торм} \cdot W^{торм}}{I_{K3\ торм}^{торм} \cdot \operatorname{tg} \alpha} = \frac{1,5 \cdot 980 \cdot 23}{3599 \cdot 0,75} = 12,526 \text{ орам.} \end{aligned}$$

Алынған мәнді жақын мәніне дейін жуықтаймыз

$$W_T = 12 \text{ орам.}$$

Қорғаныстың сезімталдылығын тексеру
Сезімталдық коэффициенті:

$$K_{\text{т}} = \frac{i_{\text{р.мин}}}{i_{\text{с.р.}}} . \quad (2.22)$$

мұндағы $i_{\text{р.мин}}$ – трансформатордың арғы жағында, минималды
режиміндегі екі фазалы к.т. кезіндегі реле тоғы,
 $i_{\text{с.р.}}$ – реленің іске қосылу тоғы.

$$i_{\text{р.мин}} = \frac{0,87 \cdot I_{\text{КЗ мин}}^{\text{осн}} \cdot K_{\text{СХ}}^{\text{осн}}}{n_m^{\text{осн}}} . \quad (2.23)$$

мұндағы $I_{\text{КЗ мин}}^{\text{осн}}$ – негізгі жағына келтірілген минималды қ.т. тоғы.

$$i_{\text{р.мин}} = \frac{0,87 \cdot 2418 \cdot 1}{120} = 17,53 \text{ А} ,$$

$$I_{\text{с.р.}} = \frac{F_{\text{с.р.}}}{W_{\text{осн.}}} , \quad (2.24)$$

$$I_{\text{с.р.}} = \frac{100}{22} = 4,545 \text{ А} ,$$

$$K_{\text{т}} = \frac{i_{\text{р.мин}}}{i_{\text{с.р.}}} = \frac{17,53}{4,545} = 3,857 ,$$

$$K_{\text{т}} = 3,857 > 2 .$$

Сезімталдығы қанағатанарлықтай.

ДЗТ-11 релесінің дифференциалды және теңестіруші орамдарның
есптелуі

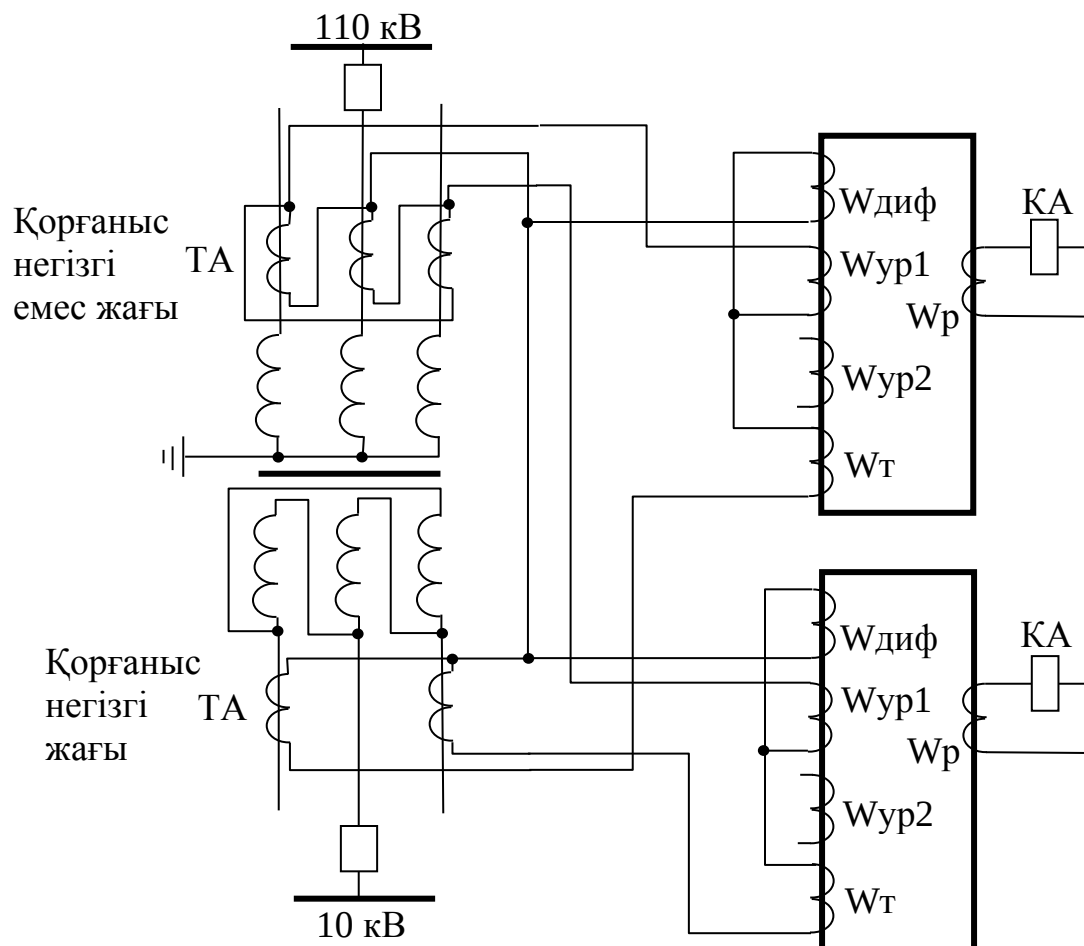
Дифференциалды орамасының орам саны

$$W_{\text{диф}} = W_{\text{осн.}} = 22 \text{ орам.} \quad (2.25)$$

Теңестіруші орамасының орам саны

$$W_{\text{ур}} = W_{\text{неосн.}} - W_{\text{осн.}} = 23 - 22 = 1 \text{ орам.}$$

ДЗТ-11 релесінің жалғану сұлбасы А қосымшасында көрсетілген.



2.5 - сурет - ДЗТ-11 релесінің қосылу сұлбасы; негізгі жағы – ТК; тежеу орамы ТК жағына жалғанған

2.2 Максималды ток қорғанысы (МТҚ)

МТҚ трансформатордың жоғарғы жағына қойылады, қосымша қорғаныс болып табылады және ҚТ кезінде уақыт ұстанымымен әрекет етеді.

МТҚ іске қосылу тоғы асқын жүктемеден (іске қосылмау) келтірілген шарт бойынша таңдалынады .

$$I_{110\text{н.ом}} = \frac{S_{\text{т.ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{110\text{н.ом}}} = \frac{6300}{(\sqrt{3} \cdot 110)} = 33,066 \text{ А.} \quad (2.26)$$

ТТ-ың бұрыштық ығысуын өтемдеу үшін 110 кВ жағын үшбұрышқа қосамыз, ал 10 кВ жағын-толық емес жұлдызшаға қосамыз, сонда:

$$n_{m110\text{расч}} = I_{110\text{н.ом}} \cdot \kappa_{cx110}^{(3)} / 5 = 33,066 \cdot 1 / 5 = 33,066 / 5. \quad (2.27)$$

Келесідей қабылдаймыз:

$$n_{m110pacч} = 100/5,$$

$$I_{\text{раб.мак.}} = \frac{S_{\text{нагр}}}{\sqrt{3} \cdot U_{110\text{НОМ}}} = \frac{6300}{\sqrt{3} \cdot 110} = 33,066 \text{ A}, \quad (2.28)$$

$$I_{C3} = \frac{k_{\text{отс}} \cdot k_{c.3}}{k_{\text{воз}}} \cdot I_{\text{раб.макс}} = \frac{1,25 \cdot 2,5}{0,85} \cdot 33,066 = 121,566 \text{ A}, \quad (2.29)$$

мұндағы $K_{c.3} = 2,5$ – жалпы жүктеменің өзіндік іске қосылу коэффициенті;

$K_{\text{воз}} = 0,85$ – реленің қайту коэффициенті.

Реленің істеу тоғы келесі өрнектен анықталады:

$$I_{cp} = \frac{k_{CX} \cdot I_{C3}}{k_T} = \frac{1 \cdot 121,566}{20} = 6,078 \text{ A}, \quad (2.30)$$

мұндағы $K_{CX} = 1$ – сұлба коэффициенті;

$K_{\text{та}} = \text{ТТ коэффициенті} = 100/5 = 20$.

Қорғаныс зона соңындағы екі фазалық ҚТ кезіндегі қорғаныс сезімталдығын тексеремін:

$$k_{\text{Ч}} = \frac{I_K^{(2)}}{I_{C3}} = \frac{0,87 \cdot 2418}{121,566} = 4,38 > 1,5,$$

мұндағы $I_{K.\text{мин}}$ – қорғаныс зона соңындағы екі фазалық ҚТ

Уақыт ұстанымы: $\Delta t = 0,7 \text{ сек}$; $t = \Delta t + 1,5 = 0,7 + 1,5 = 2,2 \text{ сек}$;

2.3 Дистанционды қорғаныс

Дистанционды қорғаныстың есептелуі жалпы келесідей анықтамаға келтірілген:

1. Қорғаныстың уақыт ұстанымының және жеке сатыларының сезімталдығының іске қосылу кедергілері.

2. Қосу органдарының типі мен сезімталдығының іске қосылу параметрлері.

3. Энергожүйеде тербеліс болған кездегі қорғаныстың тыйым салу құрылғысының типі және сезімталдығының іске қосылу параметрлері.

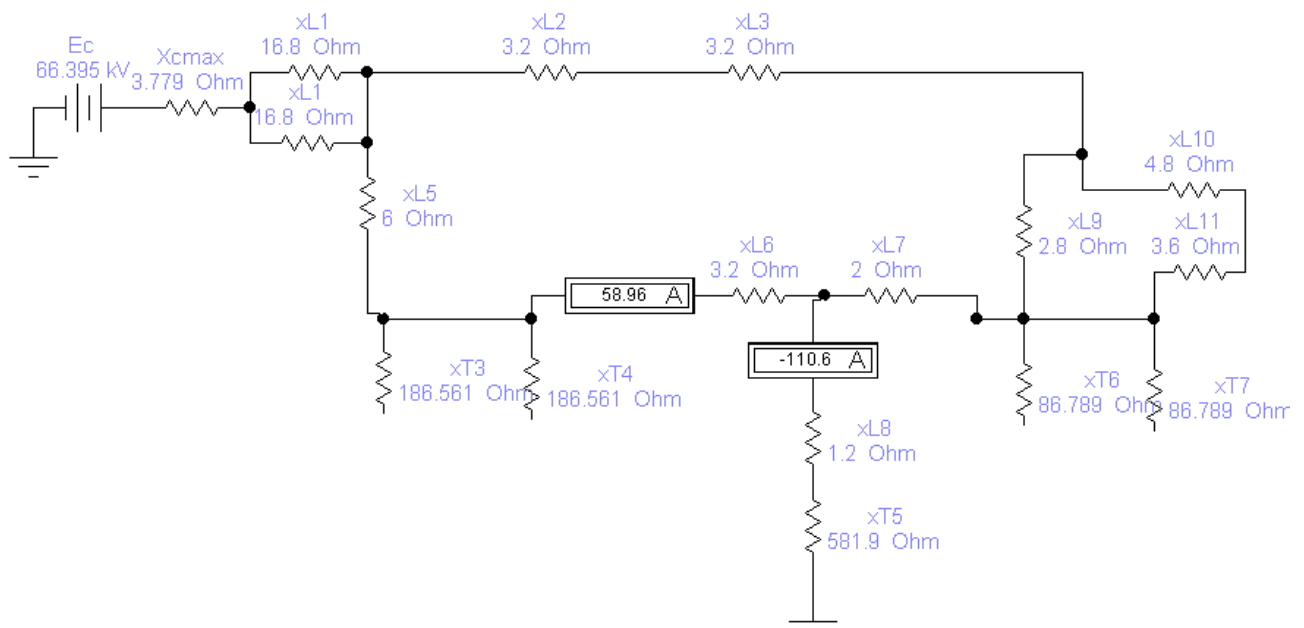
ҚТ тоқтарын есептеу үшін орынбасу сұлбасын құрастырамыз және "Electronics Workbench" бағдарламасының көмегімен тоқтарды анықтаймыз.

1 – ші саты. Қорғаныстың бірінші аумағының іске қосылуының бірінші ретті уақыт ұстанымысыз кедергісі келесі өрнек бойынша желінің қарама-қарсы соңындағы маталдық ҚТ-дан орнатылады:

$$а) Z_{сз.Л(6-7)}^I = 0,85 \cdot Z_{Л(6-7)} = 0,85 \cdot 5,2 = 4,42 \text{ Ом};$$

$$б) Z_{сз.Л(6-7)}^I = 0,85 \cdot (Z_{Л(6-7)}(61,5,5\%) + \frac{Z_{Л8} + Z_{Т5}}{K_{m.mp}}) = 0,85 \cdot (3,2 + \frac{1,2 + 581,9}{0,533}) = 877,757 \text{ Ом};$$

$$K_{m.mp} = \frac{I_{Л(6-7)}}{I_{mp5}} = \frac{58,96}{110,6} = 0,533.$$



2.6-сурет - ҚТ нүктесіндегі орынбасу сұлбасы және максималды режимдегі тоқтары.

11-ші желіде орнатылған қорғаныстың 1-ші саты.

$$1.a) \quad Z_{сз..Л11}^I = 0,85 \cdot Z_{Л11} = 0,85 \cdot 3,6 = 3,06 Ом;$$

$$1.б) \quad Z_{сз..Л11}^I = 0,85 \cdot Z_{Л(6-7)} + 0,66 Z_{Л11} = 0,85 \cdot 5,2 + 0,66 \cdot 3,6 = 6,796 Ом;$$

9-ші желіде орнатылған қорғаныстың 1-ші саты.

$$1.a) \quad Z_{сз..Л9}^I = 0,85 \cdot Z_{Л9} = 0,85 \cdot 2,8 = 2,38 Ом;$$

$$1.б) \quad Z_{сз..Л9}^I = 0,85 \cdot Z_{Л(6-7)} + 0,66 Z_{Л9} = 0,85 \cdot 5,2 + 0,66 \cdot 2,8 = 6,268 Ом;$$

2-ші саты. Екі шарт бойынша орындалады.

1) Бірінші қорғаныстың екінші сатысының бірінші ретті іске қосылу кедергісі $Z_{сз1}^{II}$ сезімталдық бойынша екінші қорғаныстың бірінші сатысымен $Z_{сз2}^I$ келісімді болуы керек. Ол екі шарт бойынша орындалады, сол екі шарттың қайсысы аз болса соны аламыз: Олар а) 11-ші және 9-шы желінің бірінші сатысы бойынша $Z_{сз..Л11}^I$;

2) Бірінші қорғаныстың екінші сатысының бірінші ретті іске қосылу кедергісі $Z_{сз1}^{II}$ сезімталдық бойынша сегізінші трансформатормен келісімді болуы керек

$$Z_{сз.}^{II} = 0,85 \cdot Z_{Л(6-7)} + \frac{0,78}{k_{m.мр.}} Z_{сз..Л11}^I = 0,85 \cdot 5,2 + \frac{0,78}{0,735} \cdot 3,06 = 7,667 Ом.,$$

$$k_{m.мр.} = \frac{I_{Л(6-7)}}{I_{Л11.}} = \frac{1393}{1895} = 0,735,$$

$$Z_{сз.}^{II} = 0,85 \cdot Z_{Л(6-7)} + \frac{0,78}{k_{m.мр.}} Z_{сз..Л9}^I = 0,85 \cdot 5,2 + \frac{0,78}{1,333} \cdot 2,38 = 6,58 Ом.,$$

$$k_{m.мр.} = \frac{I_{Л(6-7)}}{I_{Л9}} = \frac{1307}{980,3} = 1,333,$$

$$Z_{сз.}^{II} = 0,85 \cdot (Z_{Л(6-7)} + \frac{Z_{мр.6}}{k_{m.мр.}}) = 0,85 \cdot (5,2 + \frac{86,7890}{0,432}) = 175,185 Ом.,$$

$$k_{m.мр.} = \frac{I_{Л(6-7)}}{I_{мр6.}} = \frac{276}{639,6} = 0,432.$$

Сезімталдық коэффициенті

$$k_{ч.3}^{II} = \frac{Z_{сз.}^{II}}{Z_{Л(6-7)}} = \frac{6,58}{5,2} = 1,265.$$

Қабылданған Z^{II} сз1 үшін $k_{ч.3}^{II} > 1.25$.

ПУЭ бойынша бұл коэффициент 1,25-тен аз болмауы қажет. Екінші сатының уақыт ұстанымын селективтілік сатысына тең деп қабылдаймыз, яғни

$$t_{сз1}^{II} = \Delta t. \quad \Delta t = 0,5 \text{ сек.}$$

3-ші саты. Қорғаныстың үшінші сатысын іске асыратын қосқыш релелері жүктеменің жұмыс режиміндегі минималды кедергіден келтірілуі керек, яғни эксплуатацияда мүмкін болатын шарттардағы максималды жұмыс тоғы $I_{раб.макс.}$ және минималды кернеу $U_{раб.мин.} = (0.9 - 0.95) U_{ном.}$

Тежелген қозғалтқыштардың өзіндік іске қосылу коэффициентін $k_3 = 1.5$, сенімділік $k_n = 1.2$ және қайтымдылық коэффициенттерін $k_v = 1.05 - 1.1$ ескеріп, реленің бірінші ретті іске қосу кедергісін келесідей анықтаймыз:, [3]

$$Z_{сз1}^{III} = \frac{Z_{раб.мин}}{k_n k_3 k_v} = \frac{U_{раб.мин}}{\sqrt{3} \cdot k_n k_3 k_v \cdot I_{раб.макс} \cos(\varphi_{м.ч} - \varphi_{раб})}.$$

мұндағы $\varphi_{м.ч} = 75^0$ – сипаттамалары комплекстік жазықтықта координата басы арқылы өтетін шеңбер түрінде болып келетін, бұл қорғаныстың барлық сатыларының бағытталған кедергі релесінің максималды сезімталдық бұрышы.

$I_{раб.макс}$ тогын жоғары кернеудегі ТТ-ң номинал тогына тең деп аламын
Берілген өлшемдерді орнына қоя отырып келесіні анықтаймыз:

$$\begin{aligned} Z_{сз.Л(6-7)}^{III} &= \frac{Z_{раб.мин}}{k_n k_3 k_v} = \frac{U_{раб.мин}}{\sqrt{3} \cdot 1.2 \cdot 1.5 \cdot 1.1 \cdot I_{раб.макс} \cdot \cos(75^0 - 31^0)} = \\ &= \frac{0.9 \cdot 110000}{\sqrt{3} \cdot 1.2 \cdot 1.5 \cdot 1.1 \cdot 300 \cdot \cos(75^0 - 31^0)} = 406,58 \text{ Ом.} \end{aligned}$$

Аралас желінің соңындағы ҚТ кезіндегі сезімталдық коэффициенті:

$$k_{ч.3}^{III} = \frac{Z_{сз.Л(6-7)}^{III}}{Z_{Л(6-7)}} = \frac{406,58}{5,2} = 78,18;$$

Резервтеу аймағының соңындағы ҚТ кезінде, яғни ток таратуды ескере отырып сезімталдық коэффициенті келесідей анықталады:

$$k_{т.мин} = \frac{I_{Л(6-7)}}{I_{Л9}} = \frac{1280}{959,7} = 1,334 - \text{ток тарату коэффициенті.}$$

$$k_{ч.3}^{III} = \frac{Z_{сз.1}^{III}}{Z_{сз.макс}} = \frac{Z_{сз.1}^{III}}{[Z_{Л(6-7)} + (\frac{Z_{Л9}}{k_{т.мин}})]} = \frac{406,58}{[5,2 + (\frac{2,8}{1,334})]} = 55,704;$$

ПУЭ бойынша $k_{ч.3}^{III}$ коэффициенттері сәйекесінше 1,5 және 1,2 шамадан үлкен болуы керек.

Үшінші сатының уақыт ұстанымын қарсы сатылық принцип бойынша екінші қорғанысқа ұқсас уақыт ұстанымы селективтілік сатысына көбірек болады деп аламыз

$$t_{зл3}^{III} = t_{зл2}^{II} + \Delta t = 0,5 + 0,5 = 1 \text{ сек;}$$

$$t_{зл2} = 1,5 \text{ сек;}$$

Реленің іске қосылу кедергісі келесі формуламен анықталады

$$Z_{с.р} = Z_{с.з} * n_T / n_H \quad (2.31)$$

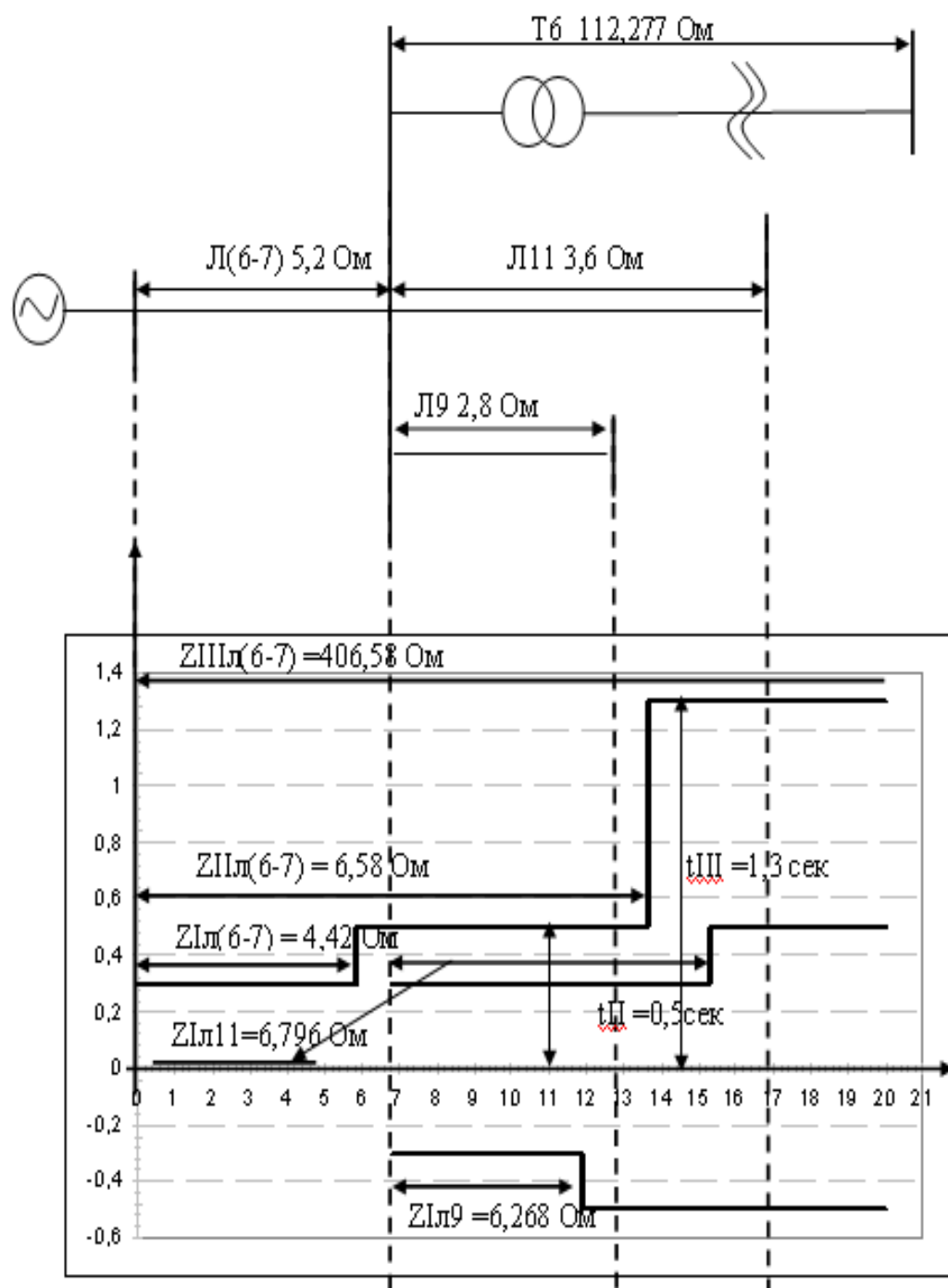
$Z_{с.р}$ мәніне қарап каталогтық мәліметтер бойынша реленің қойылымы таңдалынады.

Барлық сатылар үшін $n_T = 300/5$, $n_H = 110/0,1 = 1100$ деп қабылдап $Z_{с.р}$ есептейміз

$$Z_{ср1}^I = 4,42 \cdot \frac{60}{1100} = 0,24 \text{ Ом,}$$

$$Z_{ср1}^{II} = 6,58 \cdot \frac{60}{1100} = 0,359 \text{ Ом,}$$

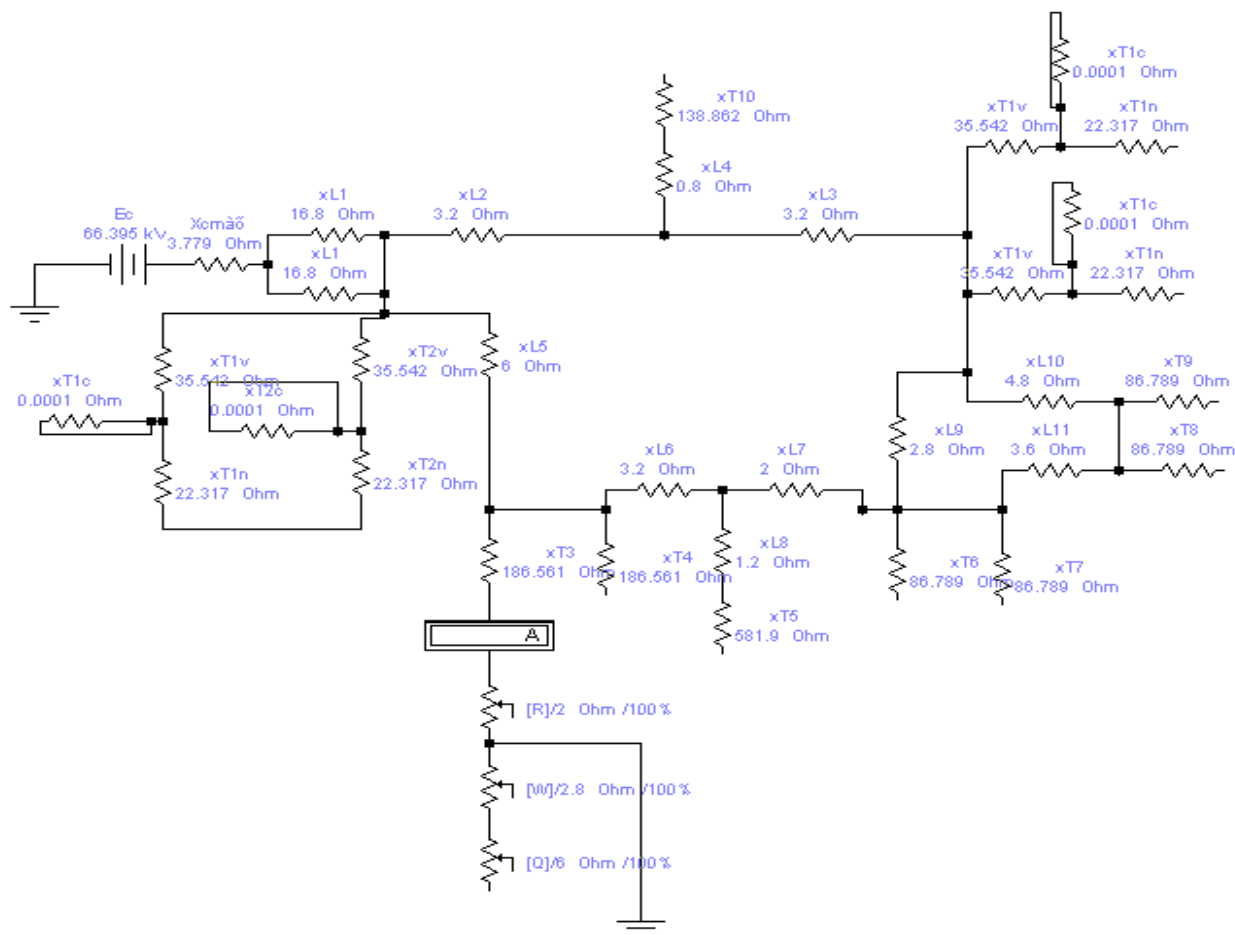
$$Z_{ср1}^{III} = 406,58 \cdot \frac{60}{1100} = 22,17 \text{ Ом.}$$



2.7 – сурет - Дистанционды қорғаныстың селективтілік картасы

2.4 110 кВ-қа келтірілген 10 кВ желілер соңындағы ҚТ тоқтарын анықтау

ҚТ тоқтарын есептеу үшін орынбасу сұлбасын құрастырамыз және "Electronics Workbench" бағдарламасының көмегімен тоқтарды анықтаймыз.



2.8 – сурет - ҚТ тоқтарын анықтау

$$I_{кзЛ1} = 324 \text{ A}; I_{кзЛ2} = 319,6 \text{ A}; I_{кзЛ3} = 310,7 \text{ A}.$$

ҚТ тоқтарын 10 кВ кернеуге келтіреміз

$$I_{кзЛ1} = 324 \cdot \frac{110}{10} = 3,564 \text{ кА},$$

$$I_{кзЛ2} = 319,6 \cdot \frac{110}{10} = 3,5156 \text{ кА},$$

$$I_{кзЛ3} = 310,7 \cdot \frac{110}{10} = 3,4177 \text{ кА}.$$

ЛЗ-ші желінің МТҚ санау

Қорғаныстың іске қосылу тоғы

$$I_{c3} = \frac{K_H \cdot K_3}{K_6} \cdot I_{pab.max} = \frac{1,2 \cdot 1,25}{0,8} \cdot 100 = 187,5 \text{ А}.$$

Реленің іске қосылу тоғы

$$I_{cp} = \frac{K_{cx}}{K_T} \cdot I_{c3} = \frac{1}{40} \cdot 187,5 = 4,68 \text{ А}.$$

мұнда $K_T = \frac{200}{5} = 40$,

$I_{cp} = 5 \text{ А}$ деп қабылдаймыз.

$$I_{c3} = \frac{K_T}{K_{cx}} \cdot I_{cp} = \frac{40}{1} \cdot 5 = 200 \text{ А}.$$

Қорғаныс сезімталдығын тексеремін:

$$K_{\eta} = \frac{I_K^{(3)}}{I_{C3}} = \frac{3417,7}{200} = 17,088 > 1,5.$$

Қорғаныстың уақыт қойылымын анықтау

$$\Delta t = 0,5 \text{ с};$$

$$t_{y/l3} = t_{\min} + \Delta t = 1 + 0,5 = 1,5 \text{ с}.$$

Л2-ші желінің МТҚ санау

Қорғаныстың іске қосылу тоғы

$$I_{c3} = \frac{K_H \cdot K_3}{K_6} \cdot I_{pab.max} = \frac{1,2 \cdot 1,25}{0,8} \cdot 200 = 375 \text{ А}.$$

Реленің іске қосылу тоғы

$$I_{cp} = \frac{K_{cx}}{K_T} \cdot I_{c3} = \frac{1}{60} \cdot 375 = 6,25 \text{ А}.$$

мұнда $K_T = \frac{300}{5} = 60$,

$I_{cp} = 6 \text{ А}$ деп қабылдаймыз.

$$I_{c3} = \frac{K_T}{K_{cx}} \cdot I_{cp} = \frac{60}{1} \cdot 6 = 360 \text{ А}.$$

Қорғаныс сезімталдығын тексеремін:

$$K_{\text{Ч}} = \frac{I_K^{(3)}}{I_{\text{СЗ}}} = \frac{3515.6}{360} = 9.766 > 1.5.$$

Қорғаныстың уақыт қойылымын анықтау

$$\Delta t = 0.5 \text{ с};$$

$$t_{\text{yЛ2}} = t_{\text{yЛ3}} + \Delta t = 1.5 + 0.5 = 2 \text{ с}.$$

Л1-ші желінің МТҚ санау

Қорғаныстың іске қосылу тоғы

$$I_{\text{СЗ}} = \frac{K_{\text{н}} \cdot K_{\text{з}}}{K_{\text{б}}} \cdot I_{\text{раб.мах}} = \frac{1.2 \cdot 1.25}{0.8} \cdot 300 = 562.5 \text{ А}.$$

Реленің іске қосылу тоғы

$$I_{\text{ср}} = \frac{K_{\text{сх}}}{K_{\text{Т}}} \cdot I_{\text{СЗ}} = \frac{1}{120} \cdot 562.5 = 4.68 \text{ А}.$$

мұнда $K_{\text{Т}} = \frac{600}{5} = 120$,

$I_{\text{ср}} = 5 \text{ А}$ деп қабылдаймыз.

$$I_{\text{СЗ}} = \frac{K_{\text{Т}}}{K_{\text{сх}}} \cdot I_{\text{ср}} = \frac{120}{1} \cdot 5 = 600 \text{ А}.$$

Қорғаныс сезімталдығын тексеремін:

$$K_{\text{Ч}} = \frac{I_K^{(3)}}{I_{\text{СЗ}}} = \frac{3564}{600} = 5.94 > 1.5.$$

Қорғаныстың уақыт қойылымын анықтау

$$\Delta t = 0.5 \text{ с};$$

$$t_{\text{yЛ1}} = t_{\text{yЛ2}} + \Delta t = 2 + 0.5 = 2.5 \text{ с}.$$

2.5 10 кВ желінің 7SJ62 қосымша қорғаныс құрылғысының функциялары

50,51 – Максималды ток қорғанысы, қорғалатын зонадағы фаза аралық ҚТ кезінде ток бойынша іске қосылатын үш сатысы бар.

Әрбір сатысы белгілі уақыт ұстанымымен істейді:

Ажыратқышты сөндіру, АПВ қосу және УРОВ қосу.

50N, 51N, 67N. – бағытталған ноль ретті ток қорғанысы, қорғалатын зонадағы жерге ҚТ кезінде ток бойынша іске қосылатын төрт сатысы бар.

Үшінші немесе төртінші қорғаныс сатысы ажыратқыш қосылғаннан кейін берілген уақыт аралығында автоматты түрде іске қосылуы жылдамдатылады.

Әрбір сатысы тәуелсіз уақыт ұстанымымен ажыратқышты сөндіруге, АПВ қосуға және УРОВ қосуға іске асады.

46 – кері ретті ток қорғанысы, қорғалатын зонадағы симметриялы емес ҚТ кезінде ток бойынша екі сатысы бар, автотрансформатордың негізгі қорғанысына қосымша ретінде және жоғарғы мен төменгі кернеу жағындағы симметриялы емес ҚТ сөндіруге қосымша болуға арналған.

Бірінші уақыт ұстанымы 110 кВ шина аралық ажыратқышты сөндіруге, екіншісі – автотрансформатордың 110 кВ ажыратқышын және үшіншісі – АТ барлық ажыратқышын сөндіруге жұмыс істейді.

27 – кернеудің түсуінен қорғайтын қорғаныс, 220 кВ желісіндегі симметриялы кернеудің түсуінен іске қосылатын екі сатысы бар. Тәуелсіз уақыт ұстанымымен 10 кВ ажыратқышын қосуға жұмыс істейді.

59 – кернеудің жоғарлауынан қорғайтын қорғаныс, 220 кВ желісіндегі симметриялы кернеудің жоғарлауынан іске қосылатын бір сатысы бар. Тәуелсіз уақыт ұстанымымен 10 кВ ажыратқышын қосуға жұмыс істейді.

FR - апаттық жағдайларды тіркейді, құрылғының дисплейінде көрсетеді және мәліметті дистанционды жібереді.

– фазалық ток, ноль ретті ток;

– фазалық кернеу, ноль ретті кернеу.

ER - құрылғының дисплейіндегі көрсететінді сақтау үшін ішкі жағдайды тіркеуші. Сонымен бірге ішкі қызметіндегі ақаулықтарды және іске қосылу жағдайларын дистанционды жібереді.

Қорғаныстың қойылым уақыттарын төмендету мақсатында 7SJ62 қосымша қорғаныс құрылғысын пайдаланамыз.[В Қосымшасы]

ХЭК стандарттары бойынша оның келесідей формулалары тәуелді сиппатамалар құруға арналған.

3 Электр қауіпсіздік бөлімі

3.1 Қосалқы станциядағы еңбек шарттарын талдау

Ең алдымен қосалқы стансадағы еңбек шарттарын талдау үшін, біз адам өмірінің қауіпсіздігін қамтамасыз ету шараларын қарастыруымыз керек. Менің жағдайымда Жамбыл ЖЭЦ-нің «№41» қосалқы стансасында келесідей электр қондырғылары мен жабдықтары бар:

- Трансформатор;
- Айырғыштар;
- Ажыратқыштар;
- Асқын кернеу шектеуіштер;
- Реле залы ;
- Желілер;
- Ток трансформаторы;
- Кернеу трансформаторы;
- Ашық тарату құрылғысы;
- Жабық тарату құрылғысы.

Адамның өмір сүру ортасымен қауіпсіз қарым-қатынасы мен оны қорғауға, төтенше жағдайларда шаруашылық объектілерінің тұрақты жұмыс істеуіне, табиғи және техногендік сипаттағы төтенше жағдайлардың салдарын ескерту мен жоюға, сондай-ақ осы заманғы зақымдау құралдарының қолдануына бағытталған шаралар кешенін тіршілік қауіпсіздігі деп қарастырамыз.

Жамбыл жылу электр централындағы қауіпті өндірістік факторларға мыналар жатады:

- Газдың, конденсаттың, метанолдың және басқа заттардың ағзаға әсері;
- Шаң-тозаңның, діріл мен шудың, электрромагниттік өрістің әсері.
- Өрт және жарылыс қауіптілігі;
- Жоғары қысымда жұмыс істейтін технологиялық қондырғылар
- Электр өрісінің адамға зиянды әсерлері.

Электр қауіпсіздігі – бұл адамдарды электр тоғының, электр доғасының, электромагнитті өрістің, статикалық электрліктің зиянды және қауіпті әсерінен қорғауды қамтамасыз ететін ұйымдастырылған және техникалық шаралардың жүйесі.

Электр тоғымен жаракаттанудың келесі түрлері бар:

- Күйю;
- Терінің металдануы;
- Электроофтальмия;
- Электрлік соққы.

3.1.1 Трансформатордың дұрыс жұмыс жасау шарттары

Күштік трансформаторлар электрмен жабдықтау жүйесінің ең негізгі элементі болып табылады және өнеркәсіптерді, тұрғын-үй және ауыл шаруашылықтарын, жеке мекемелерді, ұйымдарды, фирмаларды қосқанда экономиканың барлық саласында қолданылады. Әр түрлі тұтынушыларды электрмен қамтамасыз етудің сенімділігі және электр жабдықтарының жұмысының үнемділігі көбінесе трансформаторлардың түрі мен қуатын дұрыс таңдау арқылы анықталады.

Трансформатордың номиналды қуатын дұрыс таңдау үшін аталған подстанцияның максималды, сондай-ақ орташа тәуліктік активті жүктемесін, сонымен қатар жүктеменің максимум ұзақтығын көрсететін тәуліктік график болуы шарт.

Трансформатор ұзақ уақыт қауіпсіз, сенімді, үнемді жұмыс жасауы үшін көптеген жағдайлар жасалған. Мысалы, трансформатор жоғары тоқтардың әсерінен қызып кетпес үшін суыту жүйелерін қарастырған. Трансформатор жұмыс жасап тұрғанда оның орауыштарында және магнит өткізгішінде энергия шығынының әсерінен қызу пайда болады. Трансформатордың бөліктерінің шекті қызуы қызмет ету мерзімі қызу температурасына тәуелді болатын оқшаулағыштармен шектеледі. Трансформатордың қуаты неғұрлым жоғары болса, соғұрлым оның суыту жүйесі қарқынды болуы қажет.

Табиғи ауалы суыту ауаның тікелей табиғи конвекциясы арқылы жүзеге асырылады. Мұндай трансформаторлар «күрғақ» деген атқа ие.

Табиғи майлы суыту 6300 кВА трансформаторлары үшін қолданылады. Мұндай трансформаторларда орауыштар мен магнит өткізгіште бөлінген жылу бак пен радиаторлар бойымен циркуляцияланатын майға беріледі, сосын айналадағы ауаға беріледі.

Майды үрлейтін және табиғи циркуляцияланатын майлы суыту аса қуатты трансформаторлар үшін қолданылады. Бұл жағдайда радиаторлы трубалардан тұратын ілмелі мұздатқыштарда желдеткіштер орналасады. Вентилятор астыңғы жақтан ауаны сорады да трубаның қызған жоғарғы жағына үрлейді. Мұндай суытуы бар трансформаторлар үрлегіштің толық өшкен кезінде жұмыс жасауына болады, егер жүктеме номиналдысынан 100% -ке аспайтын болса, ал майдың жоғарғы қабаттарының температурасы 55°C –ден аспаса.

Радиаторлық құбырлардың форсирленген үрлемесі майды суыту шарттарын жақсартады, яғни трансформатордың орауыштары мен магнит өткізгіштерін суытады, ал мұндай жағдай 80000 кВА дейінгі қуаттағы трансформаторларды дайындауға мүмкіндік береді.

Майды үрлейтін және мәжбүрлі циркуляцияланатын майлы суыту ауалы мұздатқыштар арқылы 6300 кВА және одан да жоғары қуаттағы трансформаторлар үшін қолданылады. Мұздатқыштар сыртынан вентилятор арқылы үрленетін жұқа қабырғалы құбырлардан тұрады.

3.1.2 Электрмагниттік өрістің әсері

Электрмагниттік өрістің биологиялық объектіге әсер ету эффектісін электрмагниттік энергия мөлшерімен бағалаймыз. Электрмагниттік өрісті екі өрістен тұрады деп аламыз: электрлік және магниттік. Электрқондырғыларының тоқ өткізетін бөліктерінде кернеу болғанда электрлік өріс пайда болады, ал магниттік өріс – осы бөліктерден тоқ өткенде пайда болады.

Электрлік және магниттік өрістер өндірістік жиілікте бір – бірімен өзара байланысты емес, сондықтан оларды бөлек қарастыруға болады.

өндірістік жиіліктегі магниттік өрістің кернеулігінің шекті мәндері сымның бетінде пайда болуы мүмкін. Сондықтан адам организміне электрмагниттік өрістің зиянды әсері электрлік өріске байланысты.

Электрлік қондырғылардың атмосфералық асқын кернеуден қорғау проблемасы аса күрделі және комплексті. Оған құраушы бөліктері ретінде электр қондырғының элементтерін тікелей найзағай соққысынан қорғау және оқшаулағанды электр қондырғысы элементтерін тікелей найзағай соққысынан қорғайтын құрылғыларда жоғары импульсті кернеулердің пайда болу нәтижесіндебекітулер мен тесіп өтулерден қорғау мәселелері кіреді. Электрлік құрылғылардың элементтері найзағайдың тікелей соққысынан қорғаудың негізін жайтартқыш құрылғысы құрайды. Жайтартқыш құрылғысы дегеніміз – жақсы жерленген өткізгіштер, олар өз кезегінде электрлік құрылғының қорғалып отырған элементінің жоғары орналасқан.

Еңбек шарттары адамның денсаулығын және жұмыс қабілетін анықтайды. Жұмыс шартының жағдайы өндірістік факторлардың болуымен анықталады.

Өндіріс орындарында көптеген факторлар бар. Физикалық өндіріс факторларына: - қозғалмалы механизмдер, өндіріс жабдықтарының қозғалатын бөліктері, орын ауыстыратын бұйымдар, жұмыс орнының орналасуының жерден айтарлықтай биіктіктегі өткір жиектері, жоғары шаңдылық және ауаның газдануы; - жабдықтар беттерінің, ауаның температурасының жоғарылауы; - шу деңгейінің жоғарылауы, діріл.

Химиялық өндіріс факторларына адамға токсикалық, тітіркендіруші әсер беретін заттар жатады.

Психофизиологиялық өндіріс факторларына физикалық шамадан тыс жүктеу жатады.

Әр әсер ету параметрін өлшеу әдісі сәйкес нормативті құжаттармен және әр түрлі әдістермен, мысалы практикаға пайдалы дәлдікпен дерексіз сандарда көрсетілген мәдерді қолдана отырып, эксперттік (мамандық) әдіспен регламенттенеді. Мұнда шарттың әр элементі оның түріне және жұмыс істеп тұрған адамға әсер ету уақытындағы қандай да бір бал санымен бағаланады.

3.1.3 Электр қондырғыларына қызмет көрсетудегі электр және өрт қауіпсіздік шаралары

Электр қондырғыларды қарау. Электр қондырғылардан кернеуін шешпей, тоқ жүретін бөліктерінен алыс жерде қарайды. Бүлінулерді бірден дыбысынан анықтайды. Электр қондырғыларды қарауға квалификациялық тобы III кезекші немесе кернеуі 1000 В жоғары қондырғыларға V топты административті-техникалық жұмысшы, және IV топты кернеуі 1000 В төмен жұмысшы құқылы.

Қарау кезінде қоршаудан өтуге болмайды, және оларды шешіп қоршауы жоқ тарату құрылғыларының камерасына кіруге болмайды. Қажет болған жағдайда квалификациялық тобы IV кем емес жұмысшыға рұқсат етіледі, бірақ тоқ жүретін бөліктері жетпейтін, яғни оқшаулағыштың төменгі сатысы еденнен 2 м биіктікте болу керек, ал қоршалмаған тоқ өткізетін бөлігі 35 кВ кернеуде 2,75 м, 110 кВ кернеуде 3,5 м қашықтықта болу керек.

Жақын ара қашықтыққа квалификациялық тобы III кем емес екінші жақтың болуымен, және тоқ жүруші бөліктері 1.4.1-кестеде көрсетілгеннен кем болмаған мәндерде кіруге болады.

2.1-кесте - Жұмыс өндіріліп жатқан жерден кернеуіне байланысты тоқ жүретін бөліктерге дейінгі рұқсат етілетін арақашықтық

Электр қондырғысының номиналды кернеуі, кВ	Рұқсат етілген арақашықтық, м
15 дейін	0,7
15-30	1,0
35-110	1,5
154	2
220	2,5
330	3,5
400-500	4,5
750	6,4

Шу мен дірілдің әсері

Жоғары деңгейлі шудың ұзақ уақыт бойы әсері адамның есту қабылетін жарым-жарты немесе толықтай жоюы мүмкін және жүрек-қантамыр, жүйке жүйесінің функционалдық өзгерістеріне алып келуі мүмкін.

2.2-кесте - Шектік рұқсат етілген шу деңгейі мен қысымы

Дыбыс қысымының деңгейі [дБ]							
Орташа геометриялық жиілікті октавалар [Гц]							
6	1	2	5	1	2	4	8
9	9	8	8	8	7	7	7
Дыбыс деңгейі, дБА							
85-тен жоғары емес							

Жұмысшы персоналды шудың әсерінен қорғау үшін келесі шаралар қолданылған:

- а) қоршағыш конструкциялар дыбыс изоляцияланған,
- б) бөлмелерде дыбыс басқыш конструкциялар орналастырылған,
- в) аэродинамикалық шуды өшіргіштер қолданылған

Діріл – бұл механикалық тербеліс қозғалыстар. Газ өндірісі өнеркәсібінің объектілеріндегі дірілдің көзідеріне бұрғылау қондырғыларының механизмдері, газ құбырлары, компрессорлық, насостық станциялардың қондырғылар мен құбырлары және қол құралдарының кейбір түрлері жатады. Егер қондырғылардың тербелетін немесе дірілдейтін бөліктері адам денесімен жанасса, діріл қызметтік зияндылық ретінде қабылданады. Жанасу нүктелері болып көп жағдайда қол мен аяқ болады, кей жағдайларда төс, қарын, арқа, жамбас бөліктері болуы мүмкін.

Дірілдің адамға әсер ету эффектісі оның сипаттамаларына (амплитуда, жиілік, период) байланысты. Жалпы әсер ету дененің жеке мүшелері мен ішкі органдардың резонанстық тербелулеріне байланысты болады. Мысалы, қарын, ішек құрылысының резонанстық жиілігі 7-8 Гц тең, ал көз алмасының резонанстық жиілігі 80 Гц-қа тең екен. Жұмыс орнындағы осындай иіліктегі тербелістер өте қауіпті, өйткені ондай тербелістер ішкі органдардың жарылуына немесе зақымдалуына алып келуі мүмкін.

2.3-кесте-Дірілдің қабылданған шектік рұқсат етілген параметрлері

Тербеліс жиілігі, Гц	Ең үлкен қозғалыстар амплитудасы, мм	Тербелістік қозғалыстар жылдамдығы, мм/с
2	1,28	11,5
4	0,28	5
8	0,056	2
16	0,028	2
31,5	0,014	2
63	0,0072	2

- Дірілді азайту үшін өндіріс орнында келесідей әдістер қолданылады:
- а) дірілді пайда болу көзінде азайту,
 - б) конструкциялық әдістер (виброгашение, арнайы материалдар түрі таңдалған, виброизоляция),
 - в) ұйымдастырушылық шаралар,
 - г) еңбек пен демалыс режимін ұйымдастыру,
 - д) жеке қорғау құралдарын қолдану.

3.2 Қорғаныстық жерге қосуды есептеу

Есептік бөлімі

$$U_{ОРУ} = 110 \text{ кВ}; U_{ЗРУ} = 10/0,4 \text{ кВ}.$$

Пішіні АТҚ(ОРУ) 35·60 м

$$\rho_{1изм} = 81 \text{ Ом} \cdot \text{м}; \rho_{2изм} = 48 \text{ Ом} \cdot \text{м}; d = 0,06 \text{ м}; l = 3 \text{ м}; h_1 = 3,27 \text{ м}.$$

Климаттық аймақ III

$$I_{кз} = 4060 \text{ А}.$$

Электродтың жерге тығылу тереңдігі – жер бетінен электродқа дейінгі арақашықтық $t_0 = 0,5 \text{ м}$

Шешімі:

-110 кВ АТҚ (ОРУ) үшін контурлық ЖҚ есебі

Берілгендері:

$$\rho_{1расч} = \rho_{1изм} \cdot \Psi.$$

мұндағы, Ψ - көпқабатты жерде мезгілге байланысты өзгеріп отыратын қабат үшін мезгілдік коэффициенті.

$\Psi = 2$ - III климаттық аймақ үшін

$$\rho_{2расч} = \rho_{2изм} = 48 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

демек, мезгілге байланысты өзгеріп отыратын қабаттың шартты қалыңдығы III климаттық аймақ үшін $H = 1,8 \text{ м}$, бұл жердің жоғарғы қабатынан $h_1 = 3,27 \text{ м}$ -ге аз.

Мезгілдік коэффициент ескерілген ρ_1/ρ_2 қатынасы мынаған тең:

$$\frac{\rho_{1расч}}{\rho_{2расч}} = \frac{\rho_{1изм} \cdot \Psi}{\rho_{2изм}} \quad \frac{\rho_{1расч}}{\rho_{2расч}} = \frac{81 \cdot 2}{48} = 3,375.$$

Тігінен орналастырылған электродтардың санын анықтаймыз:

$$n = \frac{4 \cdot \sqrt{S}}{a}$$

мұндағы S – жерлегіштің орын алып тұратын территория ауданы, м²;
 a – тігінен орналастырылған электродтардың арақашықтығы.
 $a=4$ м.

$$n = \frac{4 \cdot 45,826}{4} \approx 46.$$

Тігінен орналастырылған электродтардың жоғарғы бөлігінің салыстырмалы ұзындығы $l_{омн}$ мына өрнекпен анықталады:

$$l_{омн} = (h + t_0) / l_e, \quad (5.1)$$

$$l_{омн} = (3,27 - 0,5) / 3 = 0,92 \text{ м}.$$

Тігінен орналастырылған электродтары бар көлденең тор түрінде біркелкі жерлегіш үшін екіқабатты жердің ρ_3 меншікті эквивалентті кедергісінің формуласы:

$$\rho_3 = \rho_2 (\rho_1 / \rho_2)^k.$$

$$\text{Дәреже көрсеткіші} \quad k = 0,43 \cdot (l_{омн} + 0,272 \cdot \ln \cdot (a \cdot \sqrt{2} / l_e)),$$

$$k = 0,43 \cdot (0,92 + 0,272 \cdot \ln \cdot (4 \cdot \sqrt{2} / 3)) = 0,471,$$

$$\rho_3 = 48 \cdot (162 / 48)^{0,471} = 85,125 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Контур ішінде орналасқан тордан және көлденең электродтармен жалғанған тігінен жерлегіштер контурынан тұратын біркелкі жерлегіштің кедергісін табамыз:

$$R_3 = 0,443 \cdot \frac{\rho_2}{\sqrt{S}} \cdot \left(\frac{\rho_1}{\rho_2} \right)^g + \frac{\rho_1}{L + n \cdot l_e},$$

мұнда $g = 2 \cdot h_1 / (\sqrt{S} + n \cdot l_2)$; $l_l = l_1 + l_2 \cdot \rho_1 / \rho_2$;
 n – тігінен орналасқан өткізгіштердің саны.
 L – өткізгіштердің жалпы ұзындығы;
 l_1, l_2 мәндері 1- суретте көрсетілген.

$$l_l = 0,23 + \frac{2,77 \cdot 162}{48} = 9,578 \text{ м},$$

$$g = 2 \cdot 3,27 / (\sqrt{35 \cdot 60} + 46 \cdot 9,578) = 0,013,$$

$$L = 25 \cdot 35 + 25 \cdot 60 = 2375 \text{ м},$$

$$R_3 = 0,443 \cdot \frac{48}{\sqrt{2100}} \cdot \left(\frac{162}{48} \right)^{0,013} + \frac{162}{2375 + 46 \cdot 3} = 0,536 \text{ Ом}.$$

Жанасу кернеуінің коэффициент λ_1 былай анықталады:

$$\lambda_1 = M \cdot \left(\frac{a \cdot \sqrt{S}}{l_s \cdot L_r} \right)^{0,45}.$$

мұндағы, $\lambda = P/N$ – тігінен орналастырылған электродтардың арақашықтығы, м;

P – тор периметрі, м;

M – ρ_1 / ρ_2 қатынасының функциясы $M=0,62$.

$$\lambda_1 = 0,62 \cdot \left(\frac{4 \cdot \sqrt{2100}}{3 \cdot 2375} \right)^{0,45} = 0,13.$$

Жердің жоғарғы қабатының меншікті кедергісінен тәуелді жанасу кернеуінің төмендеу коэффициенті мына өрнекпен анықталады:

$$\lambda_2 = \frac{R_h}{R_h + 1,5 \cdot \rho_1}.$$

мұндағы, ρ_1 - жердің жоғарғы қабатының меншікті кедергісі;

R_h - адам денесінің кедергісі.(1000 Ом)

$$\lambda_2 = \frac{1000}{1000 + 1,5 \cdot 162} = 0,8.$$

Өрнек бойынша жанасу кернеуін табамыз:

$$U_{np} = I_3 \cdot R_3 \cdot \lambda_1 \cdot \lambda_2,$$

$$U_{np} = 4060 \cdot 0,536 \cdot 0,13 \cdot 0,8 = 226,321 \text{ В}.$$

АПВ ескеріліп, аталынып көрсетілетін $t=0,15\text{с}$ уақыт кезінде рұқсат етілген кернеу жанасу және қадам кернеуін есептегенде 450 В-ты құрайды.
Жерлегіш потенциалы

$$\varphi_3 = 4060 \cdot 0,3 = 1218 \text{ В},$$

$$U_{np \text{ max}} = \varphi_3 \cdot \lambda_1,$$

$$U_{np \text{ max}} = 1218 \cdot 0,13 = 158,34 \text{ В}.$$

Мына өрнек эффективті жерленген тораптағы ЖҚ аймағында жерленген құралдарға адамның жанасуынан қауіпсіздік шартынан туындайды:

$$U_{np} = U_{np \text{ max}} - I_h \cdot 1,5 \cdot \rho_C \leq U_{дон},$$

бізде бары

$$I_h = U_{np \text{ max}} / (R_h + 1,5 \cdot \rho_C).$$

мұндағы I_h – адам денесінен өтетін тоқ.

$$I_h = 158,34 / (1000 + 1,5 \cdot 162) = 0,429 \text{ А}.$$

ГОСТ 12.1.038-82 бойынша $U_{np \text{ don}} = 450 \text{ В}$ болып табылатын қауіпсіздік шартына тексереміз:

$$158,34 - 0,429 \cdot 1,5 \cdot 162 = 49,093 \leq 450, \quad 49,093 \leq 450.$$

Шарт орындалады.

Тордан және тігінен электродтар қатарынан тұратын күрделі жерлегіштер үшін қадам кернеуінің коэффициентін табамыз :

$$\beta_1 = 0,15.$$

Коэффициентті анықтайық, β_2 - жердің жоғарғы қабатының меншікті кедергісінен тәуелді кадам кернеуінің азаю коэффициенті:

$$\beta_2 = R_h / (R_h + 6 \cdot \rho_C),$$

$$\beta_2 = 1000 / (1000 + 6 \cdot 162) = 0,507.$$

Кадам кернеуінің формуласы:

$$U_{III} = I_3 \cdot R_3 \cdot \beta_1 \cdot \beta_2,$$

$$U_{III} = 4060 \cdot 0,536 \cdot 0,15 \cdot 0,507 = 143,431 \text{ В}.$$

Тоқ таралатын аймақта адымдап басып келе жатқан адамның қауіпсіздігі үшін мындай шарт орындалады:

$$U_{III} = U_{1-2 \max} - I_h \cdot 6 \cdot \rho_1 \leq U_{\partial on}.$$

мұндағы $U_{np.\partial on} = 450 \text{ В}$, ГОСТ-қа сәйкес АПВ-ң ескерілуімен ҚТ-ң әсер ету уақыты $t=0,15\text{с}$ болатын кернеу.

$$U_{1-2 \max} = \varphi_3 \cdot \beta_1,$$

$$U_{1-2 \max} = 1218 \cdot 0,15 = 182,7 \text{ В}.$$

Адам денесінен өтетін ток:

$$I_h = U_{1-2 \max} / (R_h + 6 \cdot \rho_C),$$

$$I_h = 182,7 / (1000 + 6 \cdot 162) = 0,238 \text{ А}.$$

Қауіпсіздік шартын тексерейік:

$$U_{1-2 \max} - I_h \cdot 6 \cdot \rho_1 \leq U_{\partial on},$$

$$182,7 - 0,238 \cdot 6 \cdot 162 = 48,636 \leq 450, \quad 48,636 \leq 450.$$

R_3 талабы бойынша осы жерленгіштің қолдану мүмкіндігін қарастырайық:

$$R_3^I = \frac{U}{I_3 \cdot \lambda_1 \cdot \lambda_2},$$

$$R_3^I = \frac{450}{4060 \cdot 0.13 \cdot 0.8} = 1,066 \text{ Ом},$$

$$R_3^{II} = \frac{U}{I_3 \cdot \beta_1 \cdot \beta_2},$$

$$R_3^{II} = \frac{450}{4060 \cdot 0.15 \cdot 0.507} = 1,457 \text{ Ом}.$$

Есептеу нәтижесінде алынған жерленгіштің кедергісі $R_3 = 0,3 \text{ Ом}$, ОЛ ПУЭ талаптарын қанағаттандырады:

$$R_3 < R_{3 \text{ ПУЭ}}, \quad R_3 < R_3^I, \quad R_3 < R_3^{II}.$$

- 10 /0,4 кВ ТҚ ЖҚ-ң есебі

Тұтынушыларды қоректейтін кабель ұзындығы 50-200м.

$$l_K = 3 \cdot (4 \cdot 1,500 + 0,2) = 18,6 \text{ км}.$$

Кернеуі 1000 В-тан жоғары электрқондырғылар үшін есептемелік ток ретінде мына өрнекке шамалап есептелінген тоқты қабылдауға болады:

$$I_3 = \frac{\sqrt{3} \cdot U \cdot (35 \cdot l_K + l_B)}{350}.$$

мұндағы, U – фазалық кернеу, кВ;

l_K – кабельдік желі торабына жалғанғандардың жалпы ұзындығы, км;

l_B – әуелік желі торабына жалғанғандардың жалпы ұзындығы, км;

$$I_3 = \frac{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot (35 \cdot 18,6 + 0)}{350} = 32,22 \text{ А}.$$

Жерленген қондырғыдан қашық орналасқан жерлегіштер шығарылып жерленген. Сондықтан, жерленген корпусстар өрістің таралуынан тыс орналасқан- жерде, λ_2 , $U_{np} = U_3$ коэффициентін есепке алмасақ, жерге қатысты толық кедергілі, адам корпусқа тисе:

$$\lambda_1 = 1, \lambda_2 = 0,8, \quad \beta_1 = 1, \beta_2 = 0,507 - \text{деп қабылдаймыз.}$$

$$R_3 = 0,3 \text{ Ом}, \quad R_h = 1000 \text{ Ом}, \quad I_3 = 32.22 \text{ А.}$$

Есеп:

$$I_h = I_3 \cdot \frac{R_3}{R_h} \cdot \lambda_1 \cdot \lambda_2, \quad U_{np} = I_3 \cdot R_3 \cdot \lambda_1 \cdot \lambda_2,$$

$$U_{np} = 32.22 \cdot 0,3 \cdot 1 \cdot 0,8 = 8.169 \text{ В},$$

$$\varphi_3 = I_3 \cdot R_3, \quad \varphi_3 = 32.22 \cdot 0,3 = 9.332 \text{ В},$$

$$U_{III} = I_3 \cdot R_3 \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \quad U_{III} = 32.22 \cdot 0,3 \cdot 1 \cdot 0,507 = 4,9 \text{ В},$$

$$I_h = I_3 \cdot \frac{R_3}{R_h} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2, \quad I_h = 32.22 \cdot \frac{0,3}{1000} \cdot 1 \cdot 0,507 = 0,005 \text{ А} = 5 \text{ mA}.$$

Қауіпсіздіктің орындалу шарты $t=1$ с уақыт кезінде $U_{np}=36\text{В}$ и $I_h=5 \text{ mA}$ –ді құрайды, яғни 1000 В оқшауланған нитральді жоғары тораптар үшін кернеудің жанасуы мен адам арқылы өтуінің рұқсат етілетін шамасы.

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жұмыста қысқа тұйықталу тоқтарын есептеп, алынған тоқтар бойынша негізгі электр құрылғыларын таңдадық. Қосалқы стансада орналасқан трансформаторға дифференциалды және басқа қорғаныстардың есептеуін жүргізіп, тағайындамаларын белгіледік.

110 кВ кернеулі желілердің үш сатылы дистанционды және төрт сатылы нөл реттік қорғанысының есептері жүргізілді.

Арнайы бөлімде екі жағынан қоректенетін желінің автоматты қайталап қосылуының синхронизмді күтуі және оның қызметі, оның іске қосылу сипаттамалары қарастырылды.

Қысқа тұйықталу тоқтары “Electronics Workbench” бағдарламасының көмегімен есептелді. Графикалы сызбаларды “AutoCad 2006” бағдарламаларының көмегімен орындалды. Және де жұмыста мен “Mathcad Professional 2001”, “MS Exel”, “SPlan 06” сияқты бағдарламаларды қолдандым.

Өміртіршілік қауіпсіздігі бөлімінде берілген тапсырмаларға сәйкес еңбек шарттының анализі, еңбек шарттын жақсарту, сонымен қатар жерлеу және жасанды жарықтандырудың есептеулері жүргізілді.

Экономикалық бөлімде қосалқы стансаның модернизациясының технико-экономикалық негіздемесі жасалды. Сондай-ақ салынған қаржыны қайтарып алу мерзімі есептелді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Рожкова Л. Д., Козулин В. С. Электрооборудование станций и подстанций: Учебник для техникумов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 648 с.
- 2 Неклепаев Б. Н., Крючков И. П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учеб. пособие для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.
- 3 Справочник по проектированию электроснабжения/Под ред. Ю. Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 576 с.
- 4 Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: В 2 т. Т. 1. Электроснабжение/Под общ. ред. А. А. Федорова. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 568 с.
- 5 Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: в 2 т./Под общ. ред. А. А. Федорова. Т. 2. Электрооборудование. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 592 с.
- 6 Электрическая часть электростанций. Под ред. С. В. Усова. Учебник для вузов. – Л., «Энергия», 1977.
- 7 Чернобровов Н. В., Семенов В. А. Релейная защита энергетических систем: Учеб. пособие для техникумов. Часть-1. – М.: Энергоатомиздат, 1998. – 800 с.
- 8 Чернобровов Н. В., Семенов В. А. Релейная защита энергетических систем: Учеб. пособие для техникумов. Часть-2. – М.: Энергоатомиздат, 1998. – 800 с.
- 9 Федосеев А. М., Федосеев М. А. Релейная защита электроэнергетических систем: Учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 528 с.
- 10 Авербух А. М. Релейная защита в задачах с решениями и примерами. – Л., «Энергия», 1975.
- 11 Шабад М. А. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. Отд-ние, 1985. – 296 с.
- 12 Руководящие указания по релейной защите. Вып. 11. Расчеты токов короткого замыкания для релейной защиты и системной автоматики в сетях 110 – 750 кВ. – М.: Энергия, 1979. – 152 с.
- 13 Руководящие указания по релейной защите. Вып. 13Б. Релейная защита понижающих трансформаторов и автотрансформаторов 110 – 500 кВ: Расчеты. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 96 с.