

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

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

Энергетика кафедрасы

Нұрғазынов Асқар Жұмағазыұлы

110/35/10 кВ қосалқы станциясында релелік қорғаныс пен автоматтандыру
құрылғыларын жобалау

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5В071800 – Электр энергетикасы

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

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

«Энергетика» кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі м.а.

PhD докторы, ассистент

профессор

 Е.А. Сарсенбаев

«20» 05 2019 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «110/35/10 кВ қосалқы станциясында релелік қорғаныс пен автоматтандыру құрылғыларын жобалау»

5B071800 – Электр энергетика мамандығы бойынша

Орындаған

Нұрғазынов А.Ж.

Пікір беруші

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

Ғылыми жетекші

~~PhD докторы~~ лектор

 Жаксылыкова С.Б.

 Алмуратова Н.К.

«10» мамыр 2019 ж.

« » _____ 2019 ж.

Алматы 2019


ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Т.К. Бәсенов атындағы Сәулет, құрылыс және энергетика институты
«Энергетика» кафедрасы

5B071800 – Электр энергетикасы

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі м.а.
PhD докторы, ассистент
профессор

 Е.А. Сарсенбаев
«28» 01 2019 ж.

**Дипломдық жұмысты орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы *Нұрғазынов Асқар Жұмағазыұлы*

Тақырыбы *«110/35/10 кВ қосалқы станциясында релелік қорғаныс пен автоматтандыру құрылғыларын жобалау»*

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

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: «21» сәуір 2019 ж.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

- а) Теориялық - есептік бөлім;
- б) Арнайы бөлім. Релелік қорғаныс;
- в) Экономикалық бөлім;
- г) Электрқауіпсіздік бөлімі;

Сызбалық материалдар тізімі: Сызбалық материалдарды слайдпен дайындау

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 10 атау

Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Теориялық – есептік бөлім	10.03.19ж	теоб
Арнайы бөлім. Релелік қорғаныс	17.03.19ж	теоб
Экономикалық бөлім	12.04.19ж	теоб
Электрқауіпсіздік бөлімі	24.04.19ж	теоб

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	С.Б. Жаксылыкова лектор	11.03.19	С.Б.
Арнайы бөлім	С.Б. Жаксылыкова лектор	18.03.19	С.Б.
Еңбек қорғау бөлімі	С.Б. Жаксылыкова лектор	24.04.19	С.Б.
Норма бақылау	Н.Е. Балғаев PhD, сениор-лектор	20.05.2019ж	Н.Е.

Ғылыми жетекші _____ С.Б. Жаксылыкова

Тапсырманы орындауға алған білім алушы _____ А. Нұрғазынов

Күні «03» 03 2019ж

РЕЦЕНЗИЯ

Дипломдық жұмыс

(жұмыс түрінің атауы)

Нұрғазынов Асқар Жұмағазыұлы

(білім алушының Т.А.Ә.)

5B071800 – Электрэнергетика

(мамандық атауы мен шифрі)

Тақырыбы: 110/35/10 кВ қосалқы станциясында релелік қорғаныс пен автоматтандыру құрылғыларын жобалау.

Орындалды:

түсініктеме _____ 67 бет

Нұрғазынов А.Ж. дипломдық жұмысы қосалқы станцияның қысқа тұйықталу токтары есептеліп, қосалқы станцияға коммутациялық және релелік қорғанысы таңдалған. Қосалқы станция сенімді жұмыс жасауы үшін заманауи жаңа элементтерді қажет етеді. Осы жұмыста коммутациялық және релелік қорғаныстың жаңа түрлері таңдалған. Орындалған жұмыс практикалық маңызға ие.

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Жұмысқа келесідей ескертулер жасалды:

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

ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

Дипломдық жұмыс тапсырмаға сәйкес толық орындалған және «өте жақсы» (85%) бағаға бағалап, ал жұмыстың авторы Нұрғазынов Асқар Жұмағазыұлы 5B071800 – «Электрэнергетикасы» мамандығы бойынша «бакалавр» академиялық дәрежесін алуға лайық деп санаймын.

РЕЦЕНЗЕНТ

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

« _____ » _____ 20 _____ ж.



Н.К.Алмуратова

Ғылыми жетекшінің пікірі

Дипломдық жұмыс

(жұмыс түрлерінің атауы)

Нұрғазынов Асқар Жұмағазыұлы

(оқушының аты жөні)

5B071800 – Электр энергетикасы

(мамандық атауы мен шифрі)

Тақырыбы:

Дипломдық жұмыс «110/35/10кВ қосалқы станциясында релелік қорғаныс пен автоматтандыру құрылғыларын жобалау» тақырыбы бойынша орындалған. Жұмыста қосалқы станцияның принципіалдық сұлбасы, күштік қондырғылар және жалғаулық аппараттар таңдалған. Қосалқы станцияның элементтері мен желілерге релелік қорғаныс және автоматика бойынша есептеу жасалған. Қысқа тұйықталуға есептелініп, қосалқы станцияның жабдықтарының қауіпсіздігі қарастырылған. Еңбек қорғау бөлігінде қосалқы станцияны техникалық қолдану нормалары мен ережелі туралы айтылып, жұмысшылардың қорғаныс құралдары жайлы жіктеліп айтылды.

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

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

Ғылыми жетекші

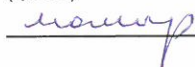
Лектор

(қызметі, ғыл. дәрежесі, атағы)



Жаксылыкова С.Б.

(қолы)

« 10 » 

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: Нұрғазинұв Асқар Жұмағазыұлы

Название: 110_35_10 кВ қосалқы станциясында релелік қорғаныс пен автоматтандыру құрылғыларын жобалау.doc

Координатор: Ерлан Сарсенбаев

Коэффициент подобия 1:1,4

Коэффициент подобия 2:0

Тревога:109

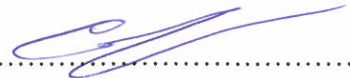
После анализа отчета подобия заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения констатирует следующее:

- 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:

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

20.08.19



Дата

Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения

Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:

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

.....
20.05.13

.....


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: Нұрғазин Асқар Жұмағазыұлы

Название: 110_35_10 кВ қосалқы станциясында релелік қорғаныс пен автоматтандыру құрылғыларын жобалау.doc

Координатор: Ерлан Сарсенбаев

Коэффициент подобия 1:1,4

Коэффициент подобия 2:0

Тревога:109

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:

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

.....

Дата


.....

Подпись Научного руководителя

АНДАТПА

Дипломдық жобалау жұмысында 110/35/10 кВ қосалқы станциясының релелік қорғанысы мен автоматикасы қарастырылып есептелді. Есептеулер барлық техникалық мәліметтер бойынша талаптарды қанағаттандырды.

Бір тізбекті төмендеткіш қосалқы станция үшін қысқа тұйықталу токтары, трансформатордың кабелдік желілердің, секционды ажыратқыштың, конденсаторлық қондырғының, электр қозғалтқышының релелік қорғаныстарының есептеулері жүргізіліп, автоматикасы қарастырылды.

АННОТАЦИЯ

В дипломном проекте рассматривался расчет релейной защиты и автоматики подстанции 110/35/10 кВ удовлетворяющий требованиям технического задания.

Для однолинейной понизительной подстанции произвели расчёт токов короткого замыкания, релейной защиты трансформатора, кабельных линий, секционного выключателя, конденсаторной установки, электродвигателя и автоматики.

ABSTRACT

The final project was considered by the calculation of relay protection and automatics of substation 110/35/10 kV meets the requirements of the technical task.

To narrow the step-down substation made the calculation of short-circuit currents, relay protection transformer, cables, coupling circuit breaker, condenser, the motor and the control unit.

МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	7
1	Қысқа тұйықталу токтарын есептеу	9
1.1	Жүйенің орын басу схемасымен кедергілерді есептеу	9
1.2	БТҚС шиналарындағы қысқа тұйықталу токтарын есептеу	10
2	Релелік қорғаныс есебі	14
2.1	Трансформатордың релелік қорғанысының есебі	14
2.2	Өзіндік қажеттілік трансформаторының релелік қорғанысы	26
2.3	Кабелдік желілерді қорғау есебі	32
2.4	Секционды ажыратқыштың қорғанысының есебі	38
2.5	(КЭК2-10,5-150-2У1) конденсаторлық қондырғының қорғанысының есебі	43
2.6	Электр қозғалтқышытың релелік қорғанысын есептеу	47
3	Қосалқы станцияның автоматикасы	50
3.1	Автоматты қайталап қосу	50
3.2	Автоматты резервті қосу	51
3.3	Автоматты жиіліктік түсіру	52
3.4	Трансформатордың автоматты кернеуін реттеу	53
3.5	Конденсаторлық қондырғының автоматты қосылуы үшін тағайындалатын құрылғы	56
4	Электр қауіпсіздік	57
4.1	Электр қауіпсіздігін қамтамасыз ету шаралары	57
4.2	Қорғаныстық жерлендірудің есебі	58
4.3	Қосалқы станцияны найзағайдың тікелей соққысынан қорғау	60
5	Экономика бөлімі	61
5.1	Еңбек көлемін (сыйымдылығын) анықтау	62
5.2	Жұмыс уақытының қорын есептеу	60
5.3	Еңбекшілердің саны мен құрамын есептеу	60
5.4	Жылдық қосынды еңбекақы қоры мен эксплуатациялық шығындарды есептеу (ТЕАҚ)	60
5.5	Күрделі және ағымдық жөндеу жұмыстарының өзіндік құнын анықтау	62
5.6	Дефектілік ведомостыты құрастыру	63
5.7	Қосалқы станциядағы күрделі жөндеуін есептеу	64
5.8	Эксплуатацияға кететін жалпы адам саны	65
	Қорытынды	66
	Пайдаланған әдебиеттер тізімі	67

КІРІСПЕ

Электрмен жабдықтау жүйесі – өте күрделі өнеркәсіптік кешен. Мұндағы барлық элементтер өндірістік процесстің іске асуына қатысады. Негізгі ерекшеліктері - құбылыстың тез әрекеттілігі және апаттық сипаттың болдырмауы болып табылады. Сондықтан электрмен жабдықтау жүйесін сенімді және экономикалық тиімді жасау тек ғана оларды автоматты басқару кезінде іске асады. Бұл мақсатты іске асыру үшін автоматты құрылғылардың кешенін қолдану керек. Олардың ішінде маңызы зор құрылғылар – релелік қорғаныс және автоматика құрылғылары ерекше орын алады.

Электр энергиясын тұтынудың жоғарылауы мен электрмен жабдықтау схемаларының күрделілігі осы құрылғылардың жаңа түрде алға дамытуын талап етеді. Қазіргі уақытта сандық әмбебап және арнайы есептеу мәшинелерін қолдану негізінде автоматтандырылған басқару жүйелерін жасаудың жаңа тенденциялары бақыланып жатыр. Сонымен қатар қорғаныс және автоматиканың жабдықтарының қарапайым түрлері де кеңінен қолдануда: балқымалы сақтандырғыштар, автоматты ажыратқыштар, магнитті іске қосқыштар, тікелей әсер ететін релелер, магнитті ток трансформаторлары, айнымалы оперативті ток құрылғылары және т.б. Ажыратқышты, серіппелі жетекті жабдықталған қондырғыларда қолданылатын кең тараған ток қорғаныстары, автоматты қайталап қосу, автоматты резервті қосу және автоматты жиілікті түсірудің қарапайым құрылғылары болып табылады.

Электрмен жабдықтау жүйесінде әрбір элементте негізгі және резервті қорғанысты орнатады. Негізгі қорғаныс - қысқа тұйықталу кезінде қорғалатын элементтің барлық шегінде басқа қорғаныстарға қарағанда аз уақытпен іске асу үшін арналады, ал резервті қорғаныс негізгі қорғаныспен тек істен шығу немесе оның іске аспауы жағдайында жұмыс жасайды. Мұндай резервті жақын деп атайды. Резервті қорғанысқа негізінен аралас элементтерде зақымдану кезінде олардың өзіндік қорғаныстары мен ажыратқыштарының іске қосылмауы жағдайында іске қосылу талаптары қойылады. Осы кезде резервті қорғаныс қашық резервтеу жасайды.

Жұмыс кезінде кейбір себептермен қорғаныс берілген функциялармен іске аспай қалады: қорғалатын элемент шегіндегі зақымданулар кезінде іске аспайды (отказ срабатывания); сыртқы қысқа тұйықталуларда (излишнее срабатывание) және электрмен жабдықтау жүйесінде зақымданулардың болмауынан (ложное срабатывание) іске асады.

Релелік қорғанысқа қойылатын талаптар:

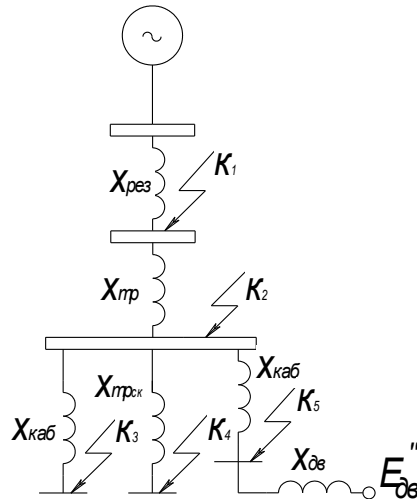
1. Селективтілік немесе таңдап алу – бұл қорғаныстың тораптың тек зақымдалған элементін ғана өшіріу немесе ажырату қабілеттілігі. Селективтіліктің бұзылуы апаттың терең кетуіне әкелуі мүмкін.
2. Сезгіштік – доға арқылы тұйықталғанда жүйенің минималды жұмыс режимінде қорғалатын аймақ соңындағы зақымдануға қорғаныстың сезімталдылық қасиеті.

3. Тез әрекеттілік – энергетикалық жүйенің бөліну қауіптілігімен анықталады. Қорғаныстың іске қосылу уақыты 0,1,0,2 с.-тен аспауы керек.
4. Қорғанысты резервтеу – әрбір элемент негізгі қорғаныспен бірге резервті қорғаныспен де қорғалуы қажет.
5. Сенімділік – дұрыс жобалаумен, құрылғылар мен өткізгіштерді дұрыс таңдаумен қамтамасыз етіледі.

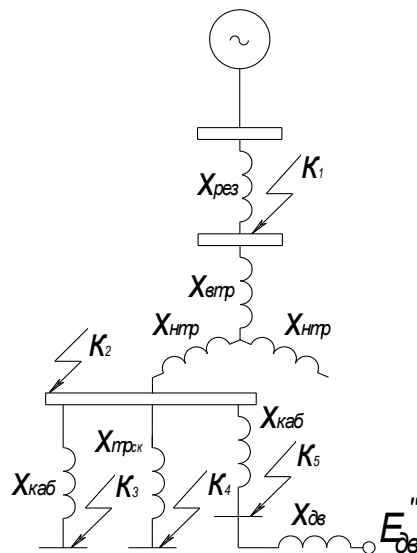
1 Қысқа тұйықталу токтарын есептеу

1.1 Жүйенің орын басу схемасымен кедергілерді есептеу

Қысқа тұйықталу токтары үшін есептік схемалар 2.1 және 2.2 суреттерінде берілген



1.1 – сурет. Қосалқы станцияның максималды режимдегі жұмысын есептеу үшін орын басу схемасы



1.2 - сурет - Қосалқы станцияның минималды режимдегі жұмысын есептеу үшін орын басу схемасы

Тораптың орын басу схемасындағы кедергілерді есептеу:

$$X_{рез.мах} = 0,13;$$

$$X_{\text{рез.мин}} = 0,806;$$

$$X_{\text{рез.мах}} = X_{\text{рез.мах}} \cdot \frac{U_6^2}{S_6} = 0,13 \cdot \frac{35^2}{100} = 1,59 \text{ Ом}; \quad (1.1.1)$$

$$X_{\text{рез.мин}} = X_{\text{рез.мин}} \cdot \frac{U_6^2}{S_6} = 0,806 \cdot \frac{35^2}{100} = 9,87 \text{ Ом}$$

ТМН-630/35 типті трансформаторының кедергісі:

$$X_{\text{нн}} = \frac{(U_{\text{кВН}} - U_{\text{кНН}})U_{\text{ср}}^2}{100 \cdot S_6} = \frac{10,5 \cdot 35^2}{100 \cdot 6,3} = 20,42 \text{ Ом}; \quad (1.1.2)$$

$$X_{\text{ВН}} = \frac{U_{\text{к(нн-нн)}}U_{\text{ср}}^2}{100S_6} = \frac{7,5 \cdot 35^2}{100 \cdot 6,3} = 14,58 \text{ Ом.}$$

Шашырау коэффициентін анықтау:

$$K_p = \frac{X_{\text{нн}}}{X_{\text{ВН}}} = \frac{20,42}{14,58} = 1,4; \quad (1.1.3)$$

$$X_{\text{н}} = X_{\text{сн}} \cdot \frac{K_p}{2} = \frac{14,58 \cdot 1,4}{2} = 10,206 \text{ Ом}; \quad (1.1.4)$$

$$X_{\text{В}} = X_{\text{сн}} \cdot \left(1 - \frac{K_p}{4}\right) = 14,58 \cdot \left(1 - \frac{1,4}{4}\right) = 9,47 \text{ Ом}; \quad (1.1.5)$$

$$X_{\text{тр.мах}} = (X_{\text{н}} + X_{\text{н}}) \cdot (1 - \Delta U_{\text{рпн}})^2;$$

$$X_{\text{тр.мин}} = (X_{\text{В}} + X_{\text{н}}) \cdot (1 + \Delta U_{\text{рпн}})^2;$$

мұнда $U_{\text{к}}$ - қысқа тұйықталу кернеуі, %;

$U_{\text{ср}}$ - жүйенің орташа кернеуі, кВ;

$\Delta U_{\text{рпн}}$ * - бір жаққа қарай кернеуді реттеу диапазоны кВ;

$$X_{\text{тр.мах}} = (10,206 + 9,47) \cdot (1 - 0,09)^2 = 16,28 \text{ Ом};$$

$$X_{\text{тр.мин}} = (9,47 + 10,206) \cdot (1 + 0,09)^2 = 23,36 \text{ Ом}$$

1.2 БТҚС шиналарындағы қысқа тұйықталу токтарын есептеу

K₁ нүктесіндегі қысқа тұйықталу токтарын есептеу

Торалтың номиналды кернеуде максималды режимде қысқа тұйықталу тогы $U_{\text{ном ВН}}$:

$$I_{\text{к1maxВН}} = \frac{U_{\text{ном ВН}}}{\sqrt{3} \cdot X_{\text{резmax}}}; \quad (1.2.1)$$

мұнда $X_{\text{рез. max}}$ – жүйенің максималды режиміндегі K_1 нүктесіне дейінгі қорытынды кедергі.

Минималды режимдегі қысқа тұйықталу тогы тораптағы максималды кернеу кезінде анықталады:

$$I_{\text{к1maxВН}} = \frac{35}{\sqrt{3} \cdot 1.59} = 12.72 \text{ кА};$$

$$I_{\text{к1minВН}} = \frac{U_{\text{max}}}{\sqrt{3} \cdot X_{\text{резmin}}}; \quad (1.2.2)$$

мұнда $X_{\text{рез. min}}$ – Жүйенің минималды режимінде K_1 нүктесіне дейінгі қорытынды кедергі.

$$I_{\text{к1minВН}} = \frac{35}{\sqrt{3} \cdot 9.87} = 2.049 \text{ кА}$$

K_2 нүктесіндегі қысқа тұйықталу токтарын есептеу

ВН жағында максималды және минималды режидерге келтірілген қысқа тұйықталу токтары:

$$I_{\text{к2maxВН}} = \frac{U_{\text{ном ВН}}}{\sqrt{3} \cdot (X_{\text{рез max}} + X_{\text{тр max}})} = \frac{35}{\sqrt{3} \cdot (1.59 + 16.28)} = 1.131 \text{ кА}; \quad (1.2.3)$$

$$I_{\text{к2minВН}} = \frac{U_{\text{max}}}{\sqrt{3} \cdot (X_{\text{рез min}} + X_{\text{тр min}})} = \frac{35}{\sqrt{3} \cdot (9.87 + 23.36)} = 0.608 \text{ кА} \quad (1.2.4)$$

НН жағына келтірілген қысқа тұйықталу токтары:

$$I_{\text{к2maxНН}} = I_{\text{к2maxВН}} \cdot \frac{U_{\text{ном ВН}}}{U_{\text{ср НН}}} = 1.131 \cdot \frac{35}{6.3} = 6.28 \text{ кА}; \quad (1.2.5)$$

$$I_{\text{к2minНН}} = I_{\text{к2minВН}} \cdot \frac{U_{\text{max}}}{U_{\text{ср НН}}} = 0.608 \cdot \frac{35}{6.3} = 3.377 \text{ кА} \quad (1.2.6)$$

Қосалқы станцияның НН шиналарына дейінгі жүйенің қорытынды кедергі:

$$X_{с\text{резмахнн}} = \frac{U_{ср\text{нн}}}{\sqrt{3} \cdot I_{к2\text{махнн}}} = \frac{6.3}{\sqrt{3} \cdot 6.28} = 0.579 \text{ Ом}; \quad (1.2.7)$$

$$X_{с\text{резміннн}} = \frac{U_{ср\text{нн}}}{\sqrt{3} \cdot I_{к2\text{міннн}}} = \frac{6.3}{\sqrt{3} \cdot 3.377} = 1.078 \text{ Ом}$$

К₃ нүктесіндегі қысқа тұйықталу токтары есептеу
Кабелдік желілердің кедергісі:

$$X_{каб} = x_0 \cdot \frac{\ell}{n}; \quad (1.2.8)$$

мұнда ℓ - кабелдерлің ұзындығы, км;
 x_0 - 1 км кабелдің индуктивті кедергісі, Ом;
 n – параллельді жалғанған кабелдердің саны.

$$X_{каб} = 0,078 \cdot \frac{11}{22} = 0,039 \text{ Ом}$$

Минималды және максималды режимдегі жұмыстағы қысқа тұйықталу тогы:

$$I_{к3\text{міннн}} = \frac{U_{ср\text{нн}}}{\sqrt{3} \cdot (X_{с\text{резміннн}} + X_{каб})} = \frac{6.3}{\sqrt{3} \cdot (1.078 + 0,039)} = 3.26 \text{ кА}$$

К₄ нүктесіндегі қысқа тұйықталу токтарын есептеу

Қосалқы станцияның ВН жағынв келтірілген өзіндік қажеттілік трансформаторының кедергісі:

$$I_{к4\text{махвн}} = \frac{U_{ном\text{вн}}}{\sqrt{3} \cdot (X_{с\text{резмахнн}} + X_{ТСН} + X_{каб})} = \frac{6.3}{\sqrt{3} \cdot (0.579 + 18.60 + 0.039)} = 0,189 \text{ кА}; \quad (1.2.9)$$

$$I_{к4\text{мінвн}} = \frac{U_{ном\text{вн}}}{\sqrt{3} \cdot (X_{с\text{резміннн}} + X_{ТСН} + X_{каб})} = \frac{6.3}{\sqrt{3} \cdot (1.078 + 18.60 + 0.039)} = 0,185 \text{ кА}$$

НН жағына келтірілген қысқа тұйықталу токтары:

$$I_{к4\text{махнн}} = I_{к4\text{махвн}} \cdot \frac{U_{ном\text{вн}}}{U_{ср\text{нн}}} = 0,189 \cdot \frac{35}{6.3} = 1.05 \text{ кА}; \quad (1.2.10)$$

$$I_{к4\text{миннн}} = I_{к4\text{минвн}} \cdot \frac{U_{\text{max}}}{U_{\text{ср нн}}} = 0.185 \cdot \frac{35}{6.3} = 1.027 \text{ кА}$$

К₅ нүктесіндегі қысқа тұйықталу токтарын есептеу

$$E_q'' = E_{q^*}'' \cdot U_{\text{ном}} = 1,1 \cdot 10 = 11 \text{ кВ}; \quad (1.2.11)$$

$$X_{q\text{сд}}'' = X_{q^*}'' \cdot \frac{U_{\text{ср}}^2}{S_{\text{ном}}} = 0,2 \cdot \frac{10,5^2}{1,85} = 11,92 \text{ Ом};$$

Қысқа тұйықталу тогы:

$$I_{к5 \text{ max сд}} = \frac{E_q''}{X_q''} = \frac{11}{11,92} = 0,92 \text{ кА} \quad (1.2.12)$$

2 Релелік қорғанысты есептеу

2.1 Трансформатордың релелік қорғанысының есебі

Ток кесердің есебі

Ток кесердің іске қосылу тогы:

$$I_{с.з} = 1,3 \cdot 1.131 = 1.470 \text{ кА} \quad (3.1.23)$$

Ток трансформаторының үшбұрышқа жалғанғандағы реленің іске қосылу тогы:

$$I_{ср} = \frac{\sqrt{3} \cdot 1.47}{300/5} = 42.4 \text{ А} \quad (3.1.24)$$

44 А ұстанымды РТ-40/50 типті ток релесін таңдаймыз.

К₁ нүктесіндегі екі фазалы қысқа тұйықталу кезіндегі реледегі минималды ток

$$I_{\text{pmin}}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{2049}{300/5} = 29.53 \text{ А} \quad (2.1.21)$$

Ток кесер сезімталдық коэффициенті:

$$k_{\text{ч}} = \frac{29.53}{44} = 0.67 \leq 2 \quad (2.1.22)$$

Ток кесер ВН шықпалары жағындағы қысқа тұйықталу токтарына қажетті

2.1 – кесте - Дифференциалды қорғаныс иығындағы екіншілік токтар

Шамалардың атаулар	Кернеу жақтары үшін сандық мәндер	
	110 кВ	10 кВ
Ток трансформатордың біріншілік номиналды тогы	104 А	280 А
Ток трансформаторының трансформация коэффициенті	300/5=60	3000/5=600
Трансформатор орамдарының жалғану схемасы	Ү	Д
Ток трансформаторының жалғану схемасы	Д	Ү
Дифференциалды қорғаныс иығындағы екіншілік ток	$\frac{104 \cdot \sqrt{3}}{300/5} = 2.99 \text{ А}$	$\frac{2800}{3000/5} = 4.6 \text{ А}$

Дифференциалды ток кесерді есептеу.

Дифференциалды ток кесердің іске қосылу тогын күштік трансформатордың магниттелу тогынан реттелу (отстройка) жағдайынан таңдаймыз:

$$I_{с.з} = (3 \div 4)I_{ном тр} = 4 \cdot 280 = 1120 \text{ А} \quad (2.1.23)$$

Баланс емес тогынан реттелу жағдайы бойынша:

$$I_{с.з} = (\Delta\Delta_{выр} + \Delta U_{рег} + k_a k_{одн} \varepsilon) \cdot \frac{I_{кmax}^{(3)}}{100 \cdot n_m}; \quad (2.1.24)$$

мұнда $\Delta U_{рег}$ – РПН-нің бір жаққа қарай реттеу диапазоны, %;

$k_a = 1,8-2$ –қысқа тұйықталу тогын апериодты құраушылары коэффициенті;

$k_{одн} = 1$ – біртиптілік коэффициенті;

$\varepsilon = 10\%$ - ток трансформатор қателігі.

$\Delta f_{выр}$ тегістеу қателігі арнайы тегістеуші автотрансформаторлармен алынып тасталынады, ол қорғаныс схемасына қосылған болады, $\Delta f_{выр} = 0$ деп қарастыруға болады.

$$I_{с.з} = (0 + 0,09 + 2 \cdot 1 \cdot 10) \cdot \frac{5893}{100} = 104,99 \text{ А}$$

Анықталушы бірінші жағдай болып табылады.

Қорғаныс релесінің іске қосылу тогы:

$$I_{ср} = \frac{\sqrt{3} \cdot 1120}{300/5} = 32,29 \text{ А} \quad (3.1.29)$$

Минималды режимдегі екіфазалы қысқа тұйықталу тогын анықтаймыз:

$$I_{рmin} = \frac{1,5 \cdot 605}{300/5} = 15,125 \text{ А} \quad (2.1.26)$$

Ток кесердің сезімталдығы:

$$k_q = \frac{15,125}{32,29} = 0,46 < 2 \quad (2.1.27)$$

Дифференциалды ток кесер қажетті сезімталды емес. Сондықтан РНТ релесімен дифференциалды қорғанысты қарастырамыз.

РНТ типті релемен қорғанысты есептейміз.

Баланс емес біріншілік ток тегістеу қателігін есепке алмай анықталады, $I''_{нб}$ баланс емес токты құраушылар белгісіз болғандықтан, рленің теңестіру орамдарының орамаларының санын нақты таңдап алуға себеп болады.

$$I_{н.б} = (15,125 + 1 \cdot 1 \cdot 10) \cdot \frac{5893}{100} = 1480,62 \text{ А} \quad (2.1.28)$$

Іске қосу тогының ($I'_{нб}$ есептемегенде) негізгі мәнін $k_H=1,3$ қабылдай отырып табамыз.

$$\begin{aligned} I_{с.з} &\geq I_{нб}; \\ I_{с.з} &\geq K_H \cdot I_{нб}; \\ I_{с.з} &\geq 1,3 \cdot 1480,62 = 1924,806 \text{ А} \end{aligned} \quad (2.1.29)$$

Магниттелу тогының лақтырылуынан реттеу жағдайы бойынша:

$$\begin{aligned} I_{с.з} &\geq I_{ном.тр}; \\ I_{с.з} &\geq K_H \cdot I_{нб}; \\ I_{с.з} &\geq 1,3 \cdot 104 = 135,2 \text{ А} \end{aligned} \quad (2.1.30)$$

Анықталушы бірінші жағдай болып табылады.

Екіфазалы қысқа тұйықталуға қорғаныстың сезімталдығын соңғы тексеріу:

$$I_{pmin} = \frac{1,5 \cdot 605}{300/5} = 15,125 \text{ А} \quad (2.1.31)$$

Реленің іске қосылу тогы:

$$I_{ср} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{сз}}{n_T}; \quad (2.1.32)$$

$$I_{ср} = \frac{\sqrt{3} \cdot 135,2}{300/5} = 3,89 \text{ А}$$

Сезімталдық коэффициенті:

$$k_q = \frac{I_{pmin}}{I_{сз}} \geq 2; \quad (2.1.33)$$

$$k_q = \frac{15,125}{3,89} = 3,88 \geq 2$$

РНТ-лі қорғаныс қажетті сезімталды.

ДЗТ типті релелі трансформатордың дифференциалды қорғанысы.

ДЗТ релесінің тежеу орамы бір жақты қоректенуде НН жағынан қосылады.

Қорғаныстың іске қосылу тогы тек ғана магниттелу тогының лақтырылуынан реттеледі. k_H сенімділік коэффициентінің мәні, $U_K=11\%$ кедергі кезінде анықталады:

$$X_{B*}^{(1)} = \frac{(12,7 + U_K)}{1,35}; \quad (2.1.34)$$

$$x_{B*}^{(1)} = \frac{(12,7 + 7,5)}{1,35} = 14,96 \%;$$

$$X_B^{(1)} = X_{B*}^{(1)} \cdot \frac{U_{ср}^2}{100 \cdot S_{ном тр}}; \quad (2.1.35)$$

$X_{рез max K1} = 8,949 \text{ Ом}$ кезінде

$$X_k = X_{резмах} + (1,1 \div 1,15) \cdot X_B^{(1)}; \quad (2.1.36)$$

$$X_{k^*} = \frac{X_k \cdot S_{ном.тр}}{U_{cp}^2}; \quad (2.1.37)$$

$$k_H = 2,1 - 3,7 \cdot X_{k^*}; \quad (2.1.38)$$

$$k_H = 2,1 - 3,7 \cdot 0,18 = 1,94$$

Магниттелу тогының лақтырылуынан реттелу бойынша дифференциалды қорғаныстың іске қосылу тогы:

$$I_{с.з} = 1,2 \cdot I_{ном.тр.ВН}; \quad (2.1.39)$$

$$I_{с.з} = 1,2 \cdot 280 = 336 \text{ А}$$

ДЗТ релесінің теңгеретін орамының орам санын 2.2 – кестесі бойынша анықтаймыз.

2.2 – кесте - $W_{ур1,2}$ орам санын анықтау

№	Шамалардың белгіленуі және есептік өрнектелуі	Сандық мәндері
1	$I_{с.р.неос} = \frac{I_{с.з.неос} \cdot K_{с.х.неосн}}{P_{т.неосн}}$	$\frac{336 \cdot \sqrt{3}}{300/5} = 9,688 \text{ А}$
2	$W_{неос.расч} = F_{с.р} / I_{с.р.неос}$	100/9,688=10,32ор.
3	$W_{неос}$ (жақын аз саны)	10орам
4	$I_{с.р.осн(сторона НН)} = \frac{I_{с.з.} \cdot U_{ВН} (1 - \Delta U)}{U_{НН}}$	$336 \cdot \frac{35 \cdot (1 - 0,09)}{6,3} = 1698 \text{ А}$
5	$W_{осн.расч} = W_{неос} I_{2 неос} / I_{2 осн}$	10·2,99/4,6= 6,5 ор.
6	$W_{осн}$ (жақын бүтін сан)	6 орам.
7	$I_{нб}'' = I_{к2макс}^{(3)} \cdot \frac{W_{осн.расч} \cdot W_{осн.}}{W_{осн.расч.}}$	$3377 \cdot \frac{6 - 6,5}{6,5} = 259,76 \text{ А}$
8	$I_{нб}'''$ есепке алғанда $I_{нб}$	1698+259,76=1957,76 А
9	Орамдардың нақты саны $W_{осн} = W_{ур1}$ (НН жағы) $W_{неосн} = W_{ур2}$ (ВН жағы)	10 орам 6 орам
10	Тексеру	2,99·10≈4,6·6 29,9≈27,6

ДЗТ-11 релесінің тежегіш релесінің орам сандарын анықтау:

$$W_T = k_H'' I_{нб} W_p / (I_{к2 макс} \text{ tg } \alpha); \quad (2.1.40)$$

$$W_T = \left[1,5 \cdot 259,76 \cdot \frac{35 \cdot (1 - 0,09)}{6,3} \right] / 1131 \cdot 0,75 = 2,322 \text{ ВИТКОВ}$$

Тежегіш орамының жақын үлкен саны қабылданады ($W_T=1,3,5,7,9,11,13,18,24$).

$W_T=3$ орам.

Қорғаныстың сезімталдығы:

$$I_{pmin} = \frac{1,5 \cdot 605}{300/5} = 15.125 \text{ A}; \quad (2.1.41)$$

$$I_{cp} = 100/28 = 3.571 \text{ A}; \quad (2.1.42)$$

$$k_{\text{ч}} = \frac{15.125}{3.571} = 4.235 > 2 \quad (2.1.43)$$

Қорғаныс сезімталдық талаптарын орындайды.

Осылайша күштік трансформаторларға келесі қорғаныстар орнатылады: МТҚ, ток кесер, ДЗТ типті релеге дифференциалды қорғаныс.

Трансформаторлардың газдық қорғанысы

Газдық қорғаныс – трансформатордың ішкі зақымдалуларынан қорғайтын қорғаныс, зақымдалулар газдың бөлінуінен, газдық реледе майдың төмендеуінен немесе трансформатор багінен майдың ағына кеңейткішке қарай интенсивті бағытталуынан болады. Газдық қорғаныстың дұрыс жұмыс жасалуына трансформатор корпусына қиғашынан 1,5-2% кеңейткіш жағына қарай орналастырылады. Газдық реле труба өткізгіштің қимашағына трансформатор корпусынан кеңейткішке қарай орналастырылады. Газдық қорғаныс селективті болып келеді және зақымдалуға аса көңіл бөлмейді.

Газдық қорғаныс үшін РГЧЗ-66 релесін міндетті түрде орнату керек.

Асқын жүктемеден қорғаныс

$$I_{\text{с.з.}} = \frac{k_{\text{н}} \cdot I_{\text{ном.тр}}}{k_{\text{в}}}; \quad (2.1.44)$$

$$I_{\text{с.з.}} = \frac{1,2 \cdot 0.104}{0,85} = 0,146$$

150 А РТ-40/200 релесін қабылдаймыз.

Қорғаныс сигналға әсер етеді.

Күштік трансформаторының толық қорғанысы 2.2 – 2.5 схемаларында көрсетілген.

10% қателік жағдайы бойынша ток трансформаторын тексеру есебі

110 жағында ТМЛ-6 типті ток трансформаторы қолданылады. Біріншілік токтың еселігі анықталады:

МТҚ үшін:

$$k = I_{1 \text{ max}} = 1,1 I_{\text{с.з.}}$$

$$k_{\text{расч}} = \frac{I_{1 \text{ max}}}{\alpha \cdot I_{1 \text{ TT ном}}}; \quad (2.1.45)$$

мұнда $\alpha=0,8$ – 20% - ке нақты жіберілетін токтың еселігінің қисық шектігінің ауытқу мүмкіншілігін есептейтін коэффициент;

$I_{1 \text{ TT ном}}$ – ток трансформаторының біріншілік номиналды тогы.

$$k_{\text{расч}} = \frac{1,1 \cdot 272}{0,8 \cdot 400} = 0.935; \quad (2.1.46)$$

Ток кесер және дифференциалды қорғаныс үшін (БНТ- сыз):

$$k_{\text{расч}} = \frac{2 \cdot 1131}{0,8 \cdot 300} = 9.42 \quad (2.1.47)$$

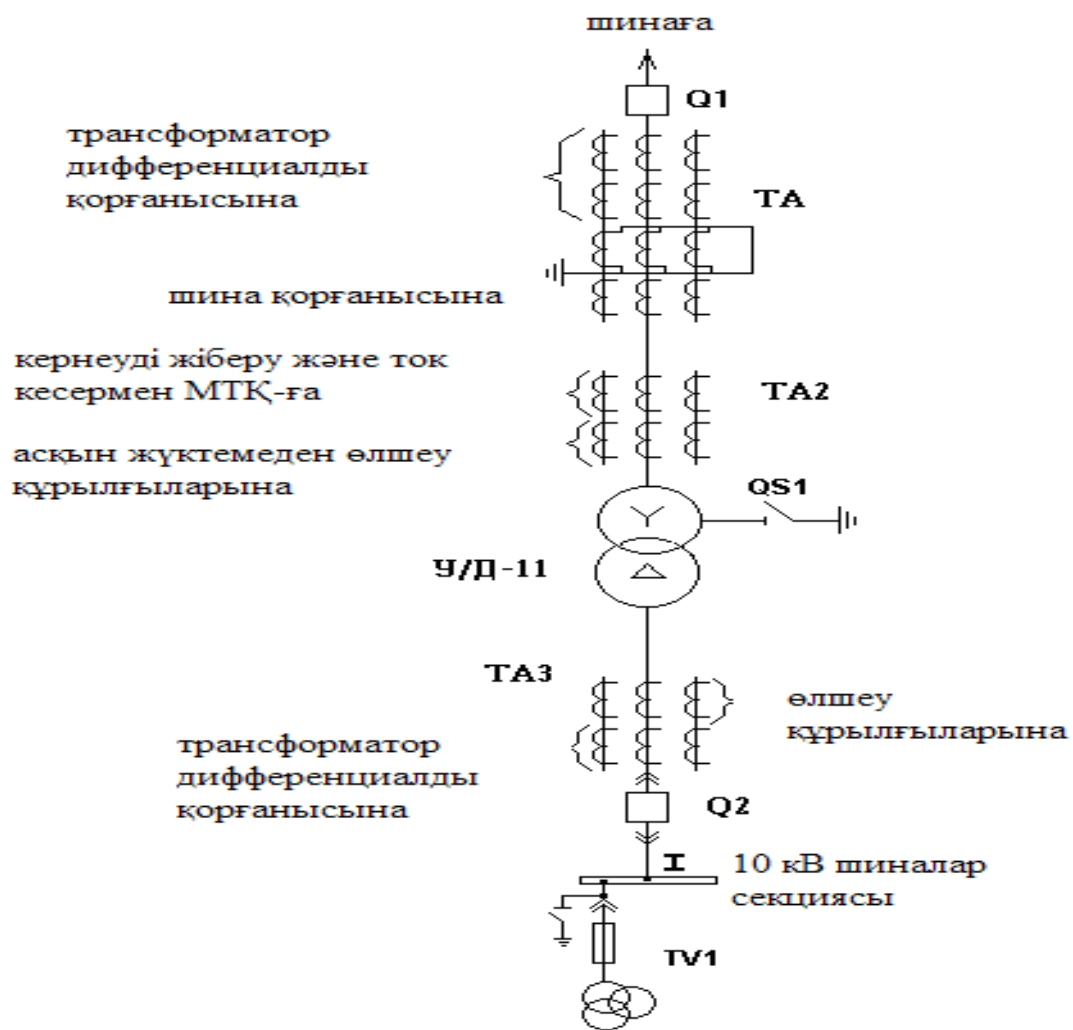
Қисық шекті еселік бойыншв [3,4] ТМЛ-бтипті ток трансформаторы үшін:

$$k_{10} = 0.935; \quad Z_{2Н \text{ доп}} = 14 \text{ Ом};$$

$$k_{10} = 9.42; \quad Z_{2Н \text{ доп}} = 1.5 \text{ Ом}$$

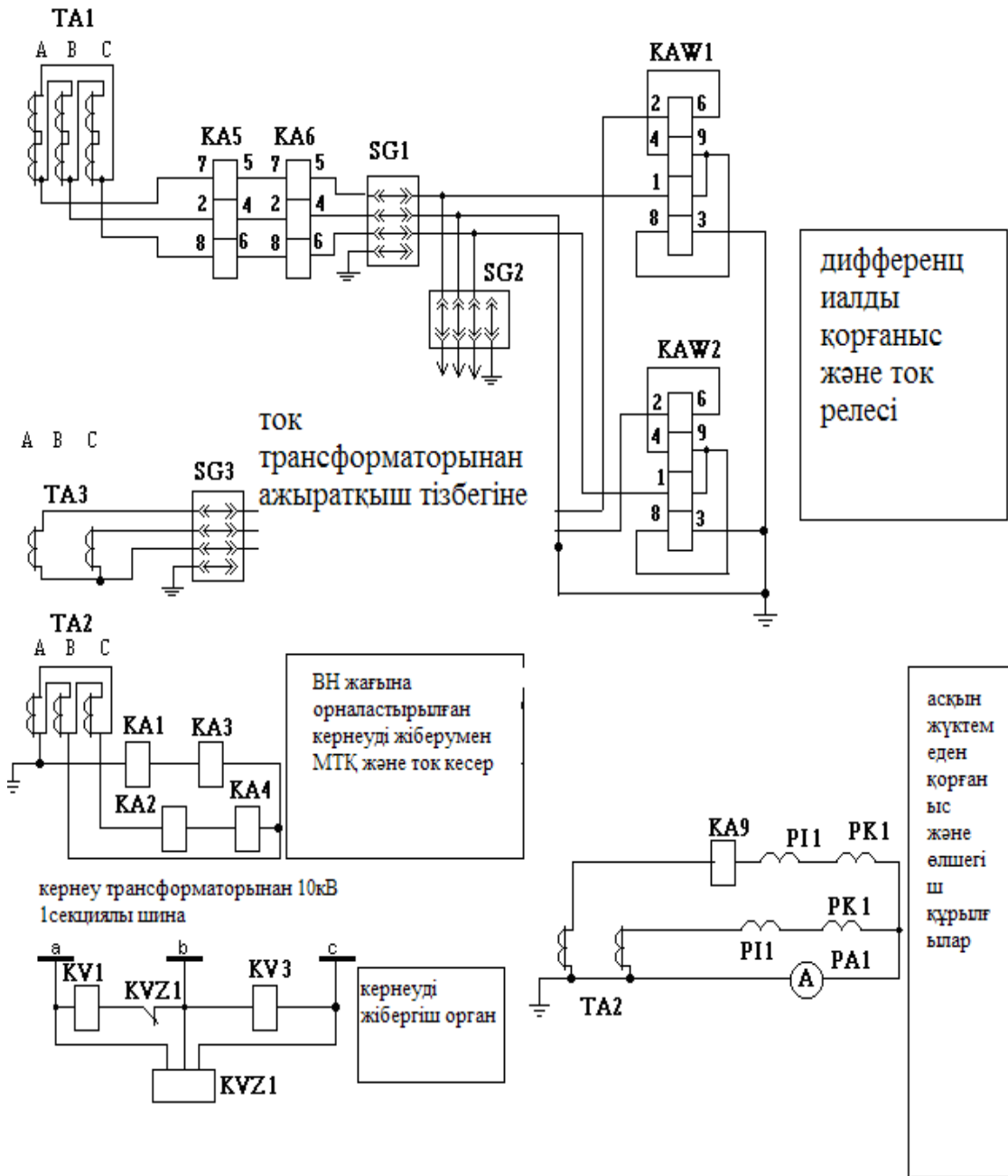
Сонымен қатар дифференциалды қорғаныстың жұмыс жағдайын анықтаушы болып,

$$Z_{2Н \text{ доп}} = 1,5 \text{ Ом.}$$

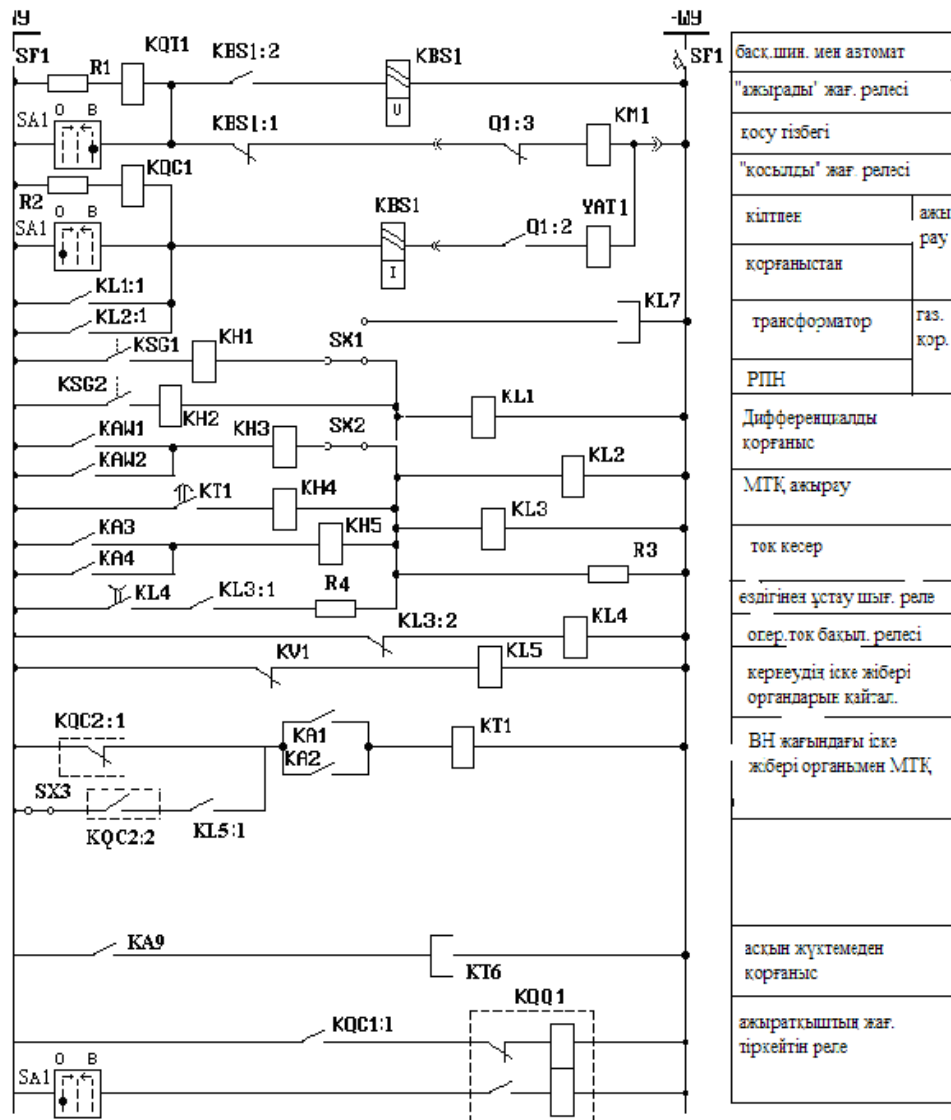


2.1 - сурет – Күштік трансформатордың релелік қорғаныс

Күштік трансформатордың релелік қорғанысы
ток тізбегі және кернеу тізбегі

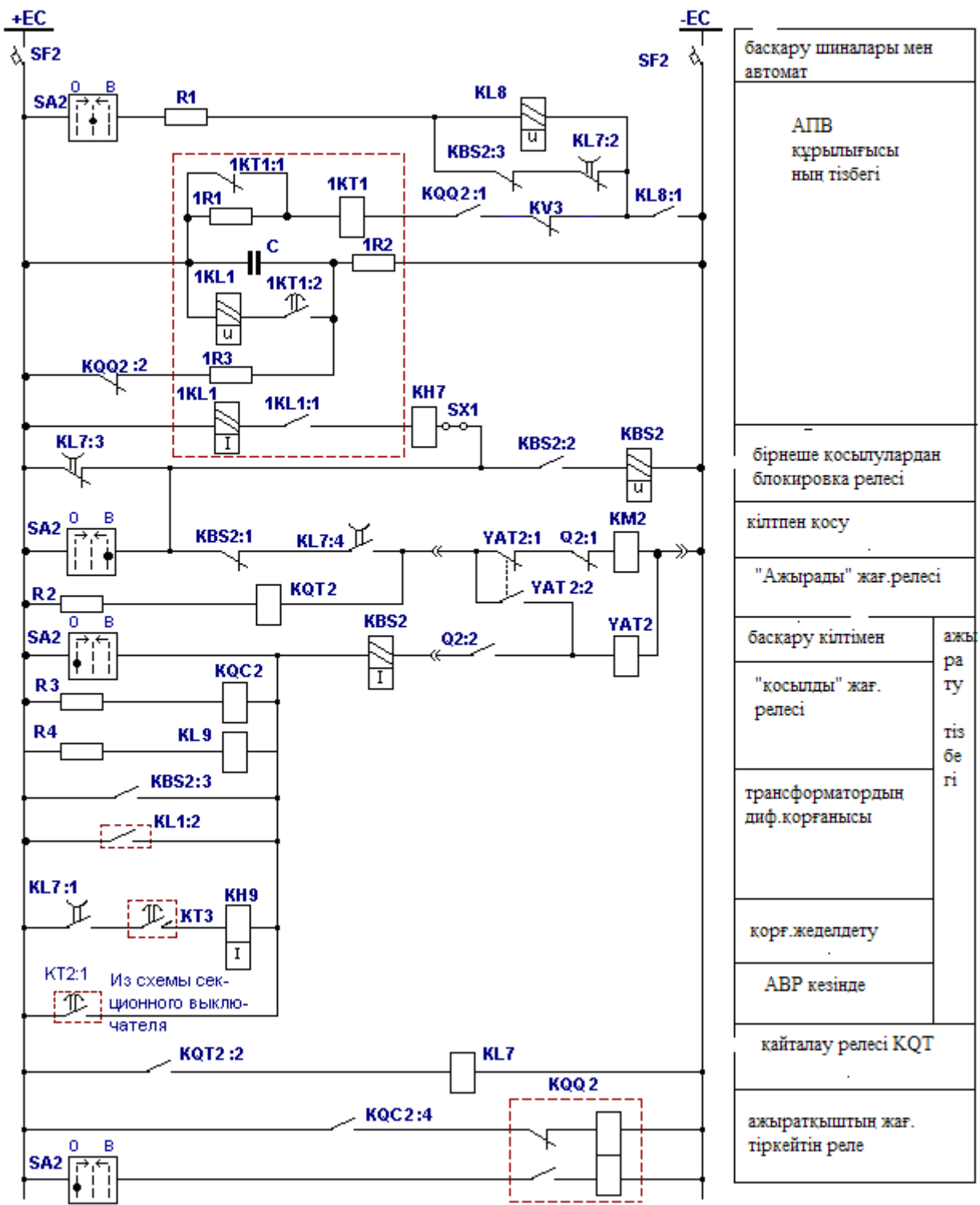


2.2 – сурет – Күштік трансформатордың релелік қорғанысы, ток тізбегі және кернеу тізбегі



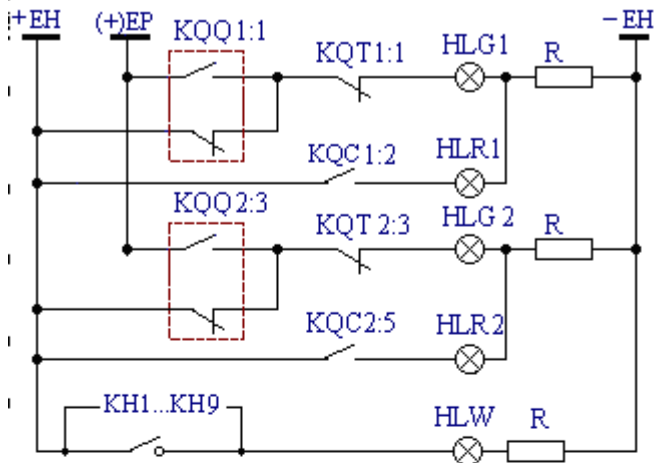
2.3 – сурет - Күштік трансформатордың релелік қорғанысы, оперативті тізбек

НН жағы. Трансформаторды қорғау

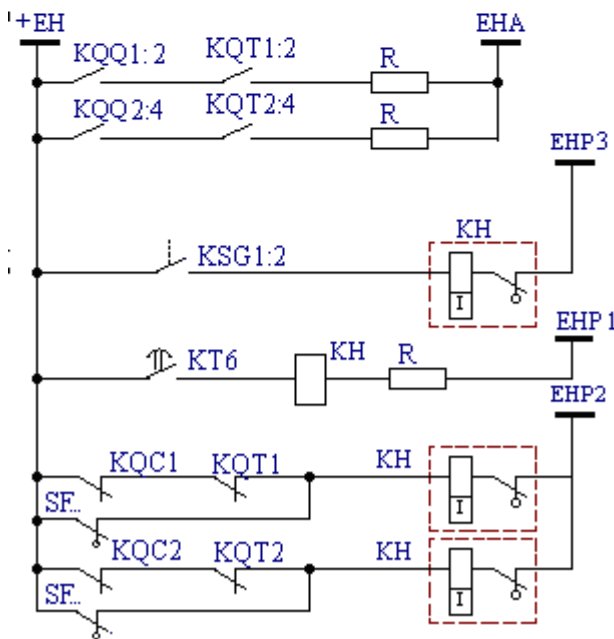


2.4 – сурет - Күштік трансформатордың релелік қорғанысы, төменгі кернеу тізбегі

Сигнал тізбегі



сигнал шиналары	жағдай
Q1 ажыратқышының жағдайы	сигналы
Q2 ажыратқышының жағдайы	
"көтеруге болмайды көрсеткіші"	сигналы



Q1 ажыратқышы	аппаттық ажырау
Q2 ажыратқышы	
газдық қорғаныс	трансакым.
асқын жүктеме	
Q1 ажыратқышы	басқару тізбегіне үзілуі
Q2 ажыратқышы	

2.5 – сурет - Күштік трансформатордың релелік қорғанысы, сигнал тізбегі

Үш релелі үшбұрыш схемасы үшін:

$$Z_{н.расч} = 3 \cdot r_{пр} + 3 \cdot Z_p / MTЗ + 3 \cdot Z_{ротс} + 3 \cdot Z_{дз} + Z_{зап} \quad (2.1.46)$$

60 м ұзындықты 70 мм² қималы алюминий өткізгішті аламыз:

$$r = \frac{1}{S} = \frac{60}{95} = 0,63 \text{ Ом}; \quad (2.1.47)$$

$$Z_{ДЗТ-11} \approx 0,1 \text{ Ом};$$

$$Z_{н,расч} = 3 \cdot 0,63 + 3 \cdot 0,02 + 3 \cdot 0,02 + 3 \cdot 0,1 + 0,1 = 2.41 \text{ Ом}; \quad (2.1.48)$$

$$Z_{2Н расч} = 2.41 \text{ Ом} < Z_{2Н доп} = 3.45 \text{ Ом}.$$

10 кВ жағына ток трансформаторын тексеруді жүргіземіз:

ТМЛ типті ток трансформаторына біріншілік токтың еселігін анықтаймыз:

Ток кесер және дифференциалды қорғанысқа:

$$k_{расч} = \frac{2 \cdot I_{к2 \min \text{ НН}}}{0,5 \cdot K_T}; \quad (2.1.49)$$

$$k_{расч} = \frac{2 \cdot 3377}{0,5 \cdot 3000} = 4.502$$

Қисық шекті еселік бойынша [3,4] ТМЛ-типті ток трансформаторы үшін:

$$Z_{2Н доп} = 3.8 \text{ Ом}$$

Сондай-ақ дифференциалды қорғаныстың жұмыс жағдайы

$$Z_{2Н доп} = 3,8 \text{ Ом}.$$

Үш релелі үшбұрыш схемасы үшін:

$$Z_{н,расч} = \sqrt{3}r_{пр} + Z_{дз} + Z_{зап} \quad (2.1.50)$$

60 м ұзындықты 4 мм² қималы алюминий сымды таңдаймыз:

$$r_{пр} = \frac{L}{S \cdot S_1} = 0,63 \text{ Ом}; \quad (2.1.51)$$

$$Z_{РТ-40/10} = \frac{I_{п}}{I^2}; \quad (2.1.52)$$

$$Z_{РТ-40/10} = \frac{0,5}{5^2} = 0,02 \text{ Ом};$$

$$Z_{ДЗТ-11} \approx 0,1 \text{ Ом};$$

$$Z_{н,расч} = \sqrt{3} \cdot 0,63 + 0,02 + 0,1 = 1.209 \text{ Ом}; \quad (2.1.53)$$

$$Z_{2Н расч} = 1.209 \text{ Ом} < Z_{2Н доп} = 3,8 \text{ Ом}$$

Күштік трансформатордың ВН және НН жағына орнатылған ток трансформаторы 10% қателікті жағдайды қанағаттындырады.

2.2 Өзіндік қажеттілік трансформаторының релелік қорғанысы

ТМ160/10 $U_k = 5,5\%$ типті, Y/Y-0 жалғану тобына жататын типті трансформатордың қорғанысын есептейміз

Өзіндік қажеттілік трансформаторының максималды ток қорғанысы

$$I_{\text{ном тр ВН}} = \frac{S_{\text{тр}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}}; \quad (3.2.1)$$

НН жағына келтірілген жалпылама жүктеменің кедергісі:

$$X_{\text{нагр}} = \frac{I_{\text{ном.трВН}} \cdot U_{\text{н}}^2}{S_{\text{тр}}}; \quad (3.2.2)$$

$$X_{\text{нагр}} = \frac{0,154 \cdot 6^2}{0,160} = 34,65 \text{ Ом}$$

Қозғалтқыштың өздігінен іске қосылу тогы:

$$I_{\text{с.зп}} = \frac{U_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot (X_{\text{с.резмах.нн}} + X_{\text{т.сн}} + X_{\text{нагр}})}; \quad (3.2.3)$$

$$I_{\text{с.зп}} = \frac{6000}{\sqrt{3} \cdot (0,579 + 18,60 + 34,65)} = 64,43 \text{ А}$$

Өздігінен іске қосылу коэффициенті:

$$k_{\text{с.з}} = \frac{I_{\text{с.зп}}}{0,7 \cdot I_{\text{ном.тр.ВН}}}; \quad (2.2.4)$$

$$k_{\text{с.з}} = \frac{64,43}{0,7 \cdot 154} = 0,59$$

Максималды жүктемелік ток:

$$I_{\text{нагр max}} = 0,7 \cdot k_{\text{сз}} \cdot I_{\text{ном.тр}} + 0,7 \cdot I_{\text{ном.тр}}; \quad (2.2.5)$$

$$I_{\text{нагр max}} = 0,7 \cdot 0,59 \cdot 154 + 0,7 \cdot 154 = 171,4 \text{ А}$$

Қорғаныстың іске қосылу тогы:

$$I_{\text{с.з}} = \frac{1,2 \cdot I_{\text{нагр max}}}{0,85}; \quad (3.2.6)$$

$$I_{\text{с.з}} = \frac{1,2 \cdot 171,4}{0,85} = 241,97 \text{ А}$$

Реленің іске қосылу тогы:

$$I_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{сз}}}{100/n_m}; \quad (2.2.7)$$

16 А ұстанымды РТ-40/20 релесін қабылдаймыз.

Толық емес жұлдызша схемасы үшін екі фазалы қысқа тұйықталудың минималды тогы:

$$I_{\text{р min}}^{(2)} = \frac{\sqrt{3} \cdot 185}{2 \cdot \frac{100}{5}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 185}{2 \cdot 100/5} = 32,00 \text{ А} \quad (2.2.9)$$

Сезімталдық коэффициенті:

$$k_q = \frac{I_{pmin}}{16} \geq 1,5; \quad (2.2.10)$$

$$k_q = \frac{32.00}{16} = 2 \geq 1,5$$

Екіфазалы қысқа тұйықталудағы керекті сезімталдылықты қорғаныс болды.

Ү/Ү–0 схема жалғануымен трансформатордан кейінгі бір фазалы қысқа тұйықталуда:

$$I_k^{(1)} = \frac{U_\phi}{1/3Z_{0тр}^{(1)}}; \quad (2.2.11)$$

мұнда U_ϕ – Н.Н жағындағы фазалық кернеу.,В;

$1/3Z_{0тр}^{(1)}$ - нөлдік тізбектелудің кедергісі, $1/3Z_{0тр}^{(1)} = 0,16$ Ом;

$$I_k^{(1)} = \frac{220}{0,16} = 1375 \text{ A}$$

35 кВ жағына келтірілген бірфазалық қысқа тұйықталу тогы:

(2.2.12)

$$I_{квн}^{(1)} = \frac{I_k^{(1)} \cdot U_{фНН}}{U_{фВН}/\sqrt{3}};$$

$$I_{квн}^{(1)} = \frac{1375 \cdot 0,22}{6/\sqrt{3}} = 87.43 \text{ A}$$

Реледегі ток:

$$I_p = \frac{I_{к1}^{(1)}}{3 \cdot 100/n}; \quad (2.2.13)$$

$$I_p = \frac{87.43}{3 \cdot 100/5} = 1.46 \text{ A}$$

Коэффициент чувствительности МТЗ на стороне 6 кВ:

(2.2.14)

$$k_q = \frac{1.46}{16} = 0,09$$

Үш релелі схема үшін:

$$k_q = \frac{\sqrt{3} \cdot 3}{I_{2неосн.}} < 1.5; \quad (2.2.15)$$

$$k_q = \frac{\sqrt{3} \cdot 3}{4.63} = 1.12 \geq 1.5$$

Қорғаныс сезгіштік талаптарын орындамайды, сондықтан қосымша

0,4 кВ жағына нөлдік жалғанудың арнайы қорғанысы қойылады.
Қорғаныстың іске қосылу тогы:

$$I_{c.3} = 0,5 \cdot I_{н.тсн} \cdot \frac{U_{ВН}}{U_{НН}} = 0,5 \cdot 154 \cdot \frac{6}{0,69} = 669,56 \text{ A} \quad (2.2.16)$$

Сезімталдық коэффициенті:

$$k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к}}^{(1)}}{I_{c.3}} = \frac{1375}{669,5} = 2,055 > 1,5 \quad (2.2.17)$$

Ток кесер есебі

Ток кесердің іске қосылуы:

$$I_{c.3} = 1,4 \cdot I = 1,4 \cdot 189 = 264,6 \text{ A} \quad (2.2.18)$$

Реленің іске қосылуы:

$$I_{\text{ср}} = \frac{I_{c.3}}{100/n}; \quad (2.2.19)$$
$$I_{\text{ср}} = \frac{1 \cdot 264,6}{100/5} = 13,23 \text{ A}$$

РТ- 40/20 релесін 14А ұстанымымен (уставкамен) қабылдаймыз.
Екі фазалы қысқа тұйықталу кезіндегі реледегі ток:

$$I_{p \text{ min}} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{\text{к2minНН}}}{2 \cdot n_{\text{т}}}; \quad (2.2.20)$$

$$I_{p \text{ min}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 3377}{2 \cdot 100/5} = 146,05 \text{ A}$$

Сезімталдық коэффициенті:

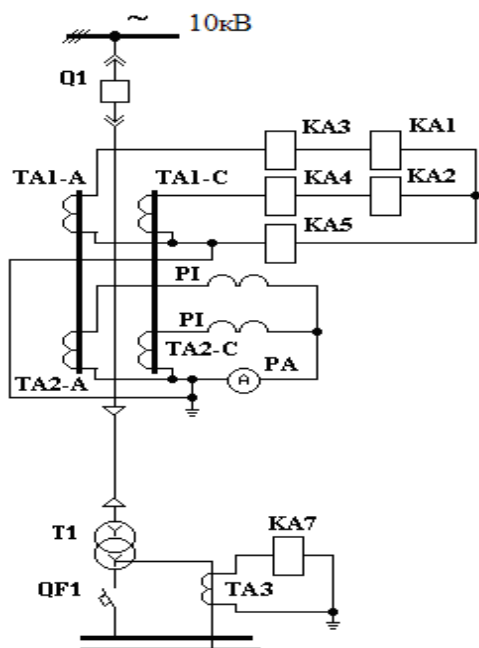
$$k_{\text{ч}} = \frac{I_{p \text{ min}}}{I_{\text{ср}}} \geq 2; \quad (2.2.21)$$
$$k_{\text{ч}} = \frac{146,05}{14} = 10,43 \geq 2$$

Ток кесер жеткілікті сезімтал.

Газдық қорғаныс

Газдық қорғаныс үшін трансформаторға РГЧЗ-66 қою керек.

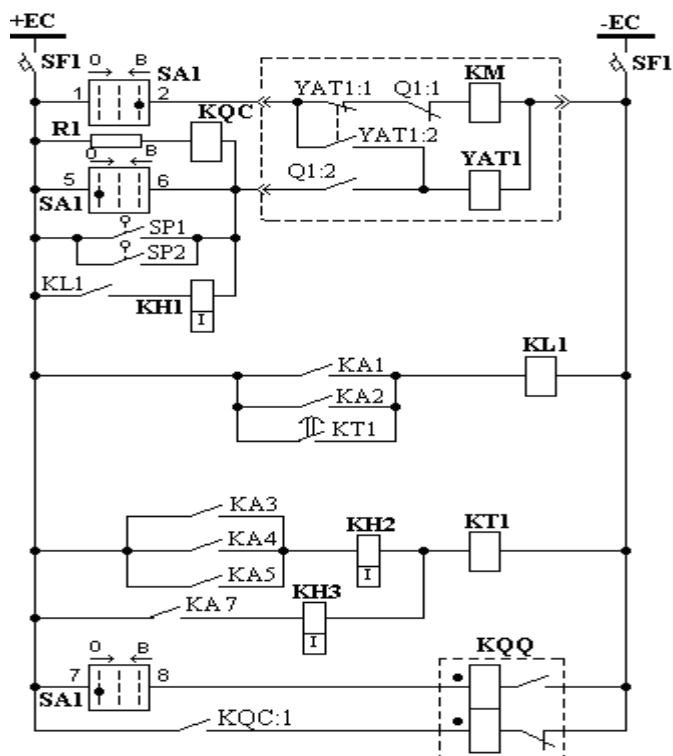
Өзіндік қажеттілік трансформаторының қорғанысы схемасы



10кВ шиналары
ажыратқыш шығысы
Ток кесер, МТҚ
есепке алу тізбегі
0,4 кВ жағына бір фазалық тұйықталудан қорғаныс

2.1 - сурет. Өзіндік қажеттілік трансформаторының қорғаныс схемасы

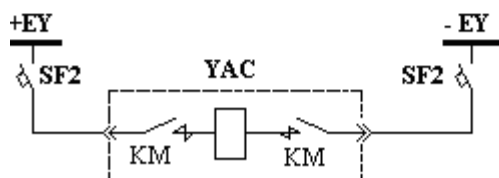
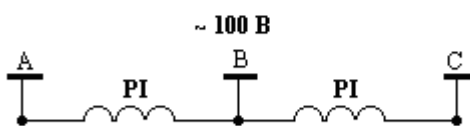
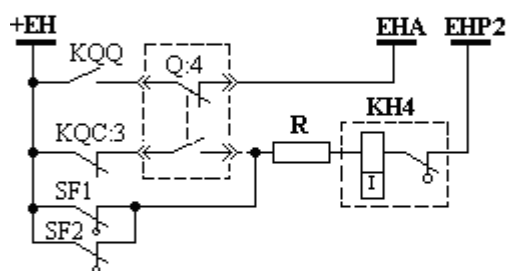
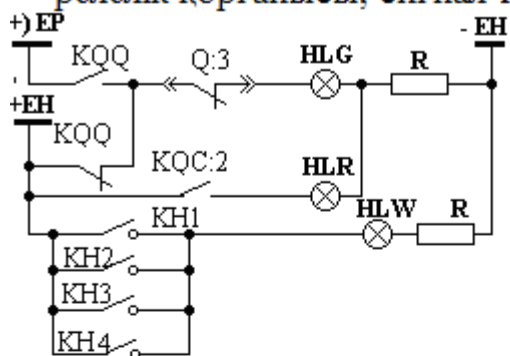
Өзіндік қажеттілік трансформаторының қорғанысы, оперативті тізбек



басқару шиналары мен автомат	
қосу тізбектері	
ажыратылу тізбегі және "қосылды" жағдайы релесі	
КРУ ұяшығында доғалық тұйықталудан қорғау	қорған ысынын ажырат у
Бірфазалы тұйықталудан МТҚ, ток кесер	
Ток кесер	
Бірфазалы тұйық қорғаныс және МТҚ ажырауы	
МТҚ	
0.4 кВ-ға бірфазалы тұйықталудан недік тізбектік арнайы қорғаныс	
бұйрықтық импульсті тіркеуші реле	

2.2 – сурет. Өзіндік қажеттілік трансформаторының қорғаныс схемасы, оперативті тізбек

Өзіндік қажеттілік трансформаторының
релелік қорғанысы, сигнал тізбегі



"Ажыратылды" шырағы	сигнал тізбегі
"Қосылды" шырағы	
"Блинкерді көтеруге болмайды" шырағы	
Апаттық ажырату	
Басқару тізбегін бақылау	
Кернеу тізбегі	
Қосу электр магнитінің тізбегі	

Басқару кілті
SA1

ПКУЗ-12А-2001			
түй. қосу	қол. бұр. жағ.		
	-45°	→0%	+45°
1 - 2			∞
3 - 4			∞
5 - 6	∞		
7 - 8	∞		
	аж.	○	қос.

3-4 қолданылмайды

2.3 – сурет. Өзіндік қажеттілік трансформаторының қорғаныс схемасы, сигнал тізбегі

2.3 Кабелдік желілерді қорғау есебі

10 кВ кернеулі 15 км ұзындықты АС 95/34 кабелдік желіні қорғау ұстанымын есептеуді жүргіземіз. Күрделенген режимде максималды жүктеме – 3,67 МВА.

МТҚ есептеу

Максималды жүктемелік ток:

$$I_{\text{нагр макс}} = \frac{S_{\text{ут.реж}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}}; \quad (2.3.1)$$

$$I_{\text{нагр макс}} = \frac{3,67}{\sqrt{3} \cdot 6} = 0,353 \text{ кА.}$$

Жалпылама жүктеменің кедергісі

$$X_{\text{нагр}*} = 0,35.$$

$$X_{\text{нагр}} = \frac{U_{\text{н}}^2}{S_{\text{ут.реж}}} \cdot X_{\text{нагр}*}; \quad (2.3.2)$$

$$X_{\text{нагр}} = \frac{6,3^2}{3,67} \cdot 0,35 = 3,785 \text{ Ом.}$$

Қозғалтқыштың өздігінен іске қосылу тогы:

$$I_{\text{с.зп}} = \frac{U_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot (X_{\text{срез.мах}} + X_{\text{нагр.}} + X_{\text{каб}})}; \quad (2.3.3)$$

$$I_{\text{с.зп}} = \frac{6,3}{\sqrt{3} \cdot (0,579 + 3,785 + 0,039)} = 0,83 \text{ кА}$$

Өздігінен іске қосылу тогы:

$$K_{\text{сзп}} = \frac{I_{\text{с.зп}}}{I_{\text{сз}}}; \quad (2.3.4)$$

$$K_{\text{сзп}} = \frac{0,83}{0,272} = 3,05$$

Қорғаныстың іске қосылу тогы:

$$I_{\text{с.з}} = \frac{1,2 \cdot K_{\text{сзп}} \cdot I_{\text{сз}}}{0,85}; \quad (2.3.5)$$

$$I_{\text{с.з}} = \frac{1,2 \cdot 3,05 \cdot 0,272}{0,85} = 1171,2 \text{ А}$$

Реленің іске қосылу тогы

$$I_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{с.з}} \cdot 31}{I_{\text{рт}} / I_{\text{пр}}};$$

$$I_{cp} = \frac{1 \cdot 1171}{300/5} = 19.52 \text{ A}$$

20 А ұстанымды (установка) РТ – 40/20 релесін таңдаймыз.

Кабелдің арғы жағындағы екіфазалы қысқа тұйықталу кезіндегі реледегі минималды ток:

$$I_{pmin} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{кз.минНН}}{2 \cdot I_{TP} / I_{пр}}; \quad (2.3.7)$$

Сезімталдық коэффициентті:

$$k_{ч} = \frac{I_{pmin}}{I_{уст}} > 1,5; \quad (2.3.8)$$

$$k_{ч} = \frac{46.99}{20} = 2.3 > 1,5$$

Қорғаныс қажетті сезімталды.

МТҚ селективтілігіне байланысты цехтық қосалқы станцияға қорғаныстың әсер етуінен реттеледі.

Ток кесер есебі

Ток кесердің іске қосылуы:

$$I_{с.з} = k_{н} \cdot I_{кзmaxНН}; \quad (2.3.9)$$

мұнда $k_{н}$ – сенімділік коэффициенті;

$$I_{с.з} = 1,3 \cdot 3260 = 4238 \text{ A}$$

Реленің іске қосылу тогы:

$$I_{cp} = \frac{I_{с.з}}{I_{рт} / I_{пр}}; \quad (2.3.10)$$

РТ-40/70 релесінің іске қосылу ұстанымы (установка) 70А.

Реледегі минималды ток:

$$I_{pmin} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{кминНН}}{2 \cdot \frac{I_{рт}}{I_{пр}}}; \quad (2.3.11)$$

$$I_{\text{pmin}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{3377}{300/5} = 48.68 \text{ A}$$

Сезімталдық коэффициенті:

$$k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{pmin}}}{I_{\text{cp}}} \leq 1,2; \quad (2.3.12)$$

$$k_{\text{ч}} = \frac{48.68}{70} = 0,70 \leq 1,2$$

Ток кесер қысқа тұйықталуға сезімталды емес.

Тік дифференциалды қорғаныс есебі

Кабель туннельге салынғандықтан тік дифференциалды қорғаныс орнатуымыз керек.

$k = 4$ сүзу коэффициентін қабылдаймыз.

Қорғанысқа қосылатын максималды екіншілік ток:

$$I_{2\text{max}} = \frac{I_{\text{K}_3\text{maxHa}}}{n_{\text{TT}}}; \quad (2.3.13)$$

$$I_{2\text{max}} = \frac{5893}{300/5} = 98.22 \text{ A}$$

Сүзу коэффициенті $h=1,6$. Қорғаныстың екіншілік іске қосылу тогы $I_{\text{ДЗЛ}}^{(3)} = 6 \text{ A}$.

$$k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{K}_3\text{min}}^{(3)}}{I_{\text{ДЗЛ}}^{(3)} \cdot n_{\text{TT}}} > 2; \quad (2.3.14)$$

$$k_{\text{ч}} = \frac{3260}{6 \cdot 300/5} = 27.2 > 2$$

Қорғаныс қажетті сезімталды.

Нөлдік тізбекті МТҚ есебі

Бір жақты қоректенулі желі үшін бір фазалы жерге тұйықталудан қорғаныс үшін қолданылады.

Кабелдік желінің жерге тұйықталуының сыйымдылықты тогы:

$$I_{\text{с}} = \frac{U_{\text{н}} \cdot l \cdot n}{U_{\text{тр}}}; \quad (2.3.15)$$

$$I_{\text{с}} = \frac{6.3 \cdot 11 \cdot 22}{6} = 254 \text{ A}$$

Шина секциясының жерге тұйықталуының сыйымдылықты тогы:

$$I_{c\Sigma} = U_n \cdot I_c \cdot n = 6.3 \cdot 11 \cdot 22 = 1524.6 \text{ A} \quad (2.3.16)$$

$$I_{c3} = K_{cp} \cdot I_c \cdot n; \quad (2.3.17)$$

$$I_{c3} = 1.2 \cdot 1 \cdot 254 = 320.04 \text{ A}$$

350 А ұстанымды РТ – 40/400 релесінің іске қосылу тогы
Сезімталдық коэффициенті:

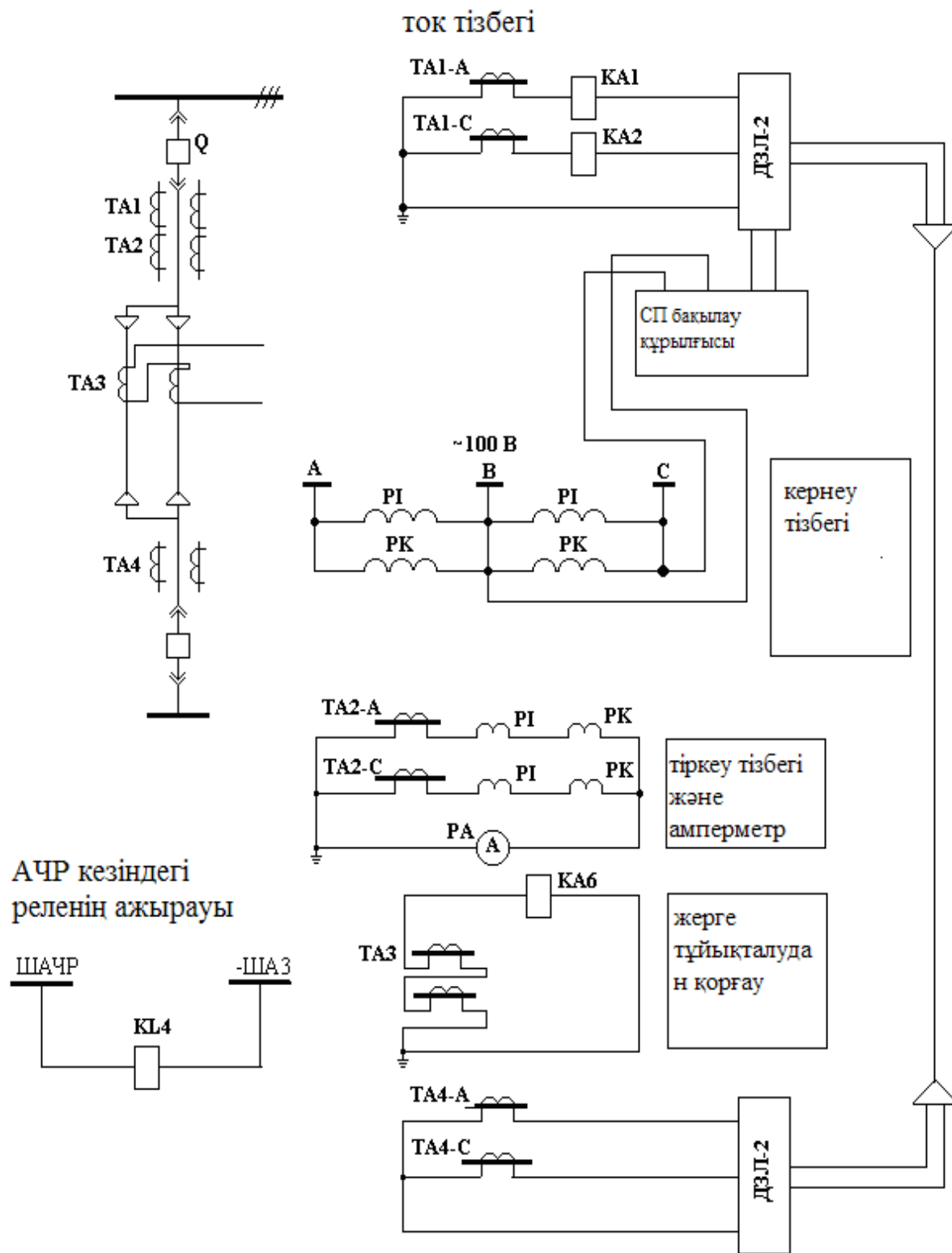
$$k_q = \frac{I_{c\Sigma}}{I_{c3}}; \quad (2.3.18)$$

$$k_q = \frac{1524}{350} = 4.35 \geq 2$$

Қорғаныс қажетті сезімталды.

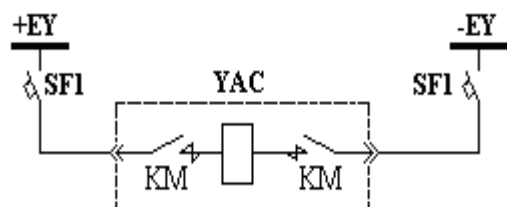
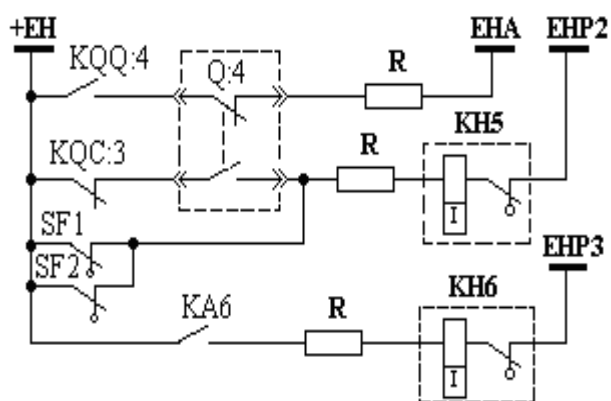
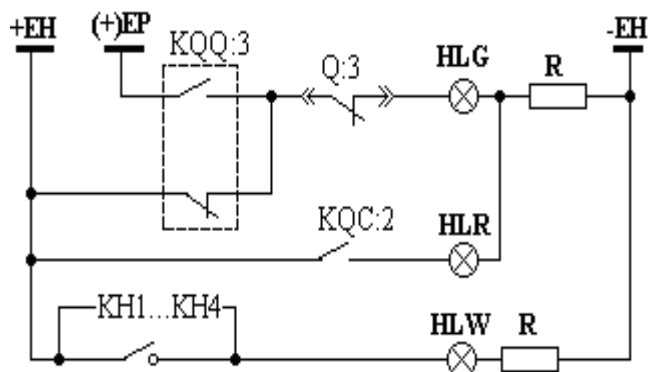
Кабелдік желілердің схемалары 3.9– 3.11

10кВ кабелдік желілерді тұрақты оперативті токқа қорғау, ток тізбегі



2.9 - сурет – Тұрақты оперативті токтағы кабелдік желінің қорғанысы

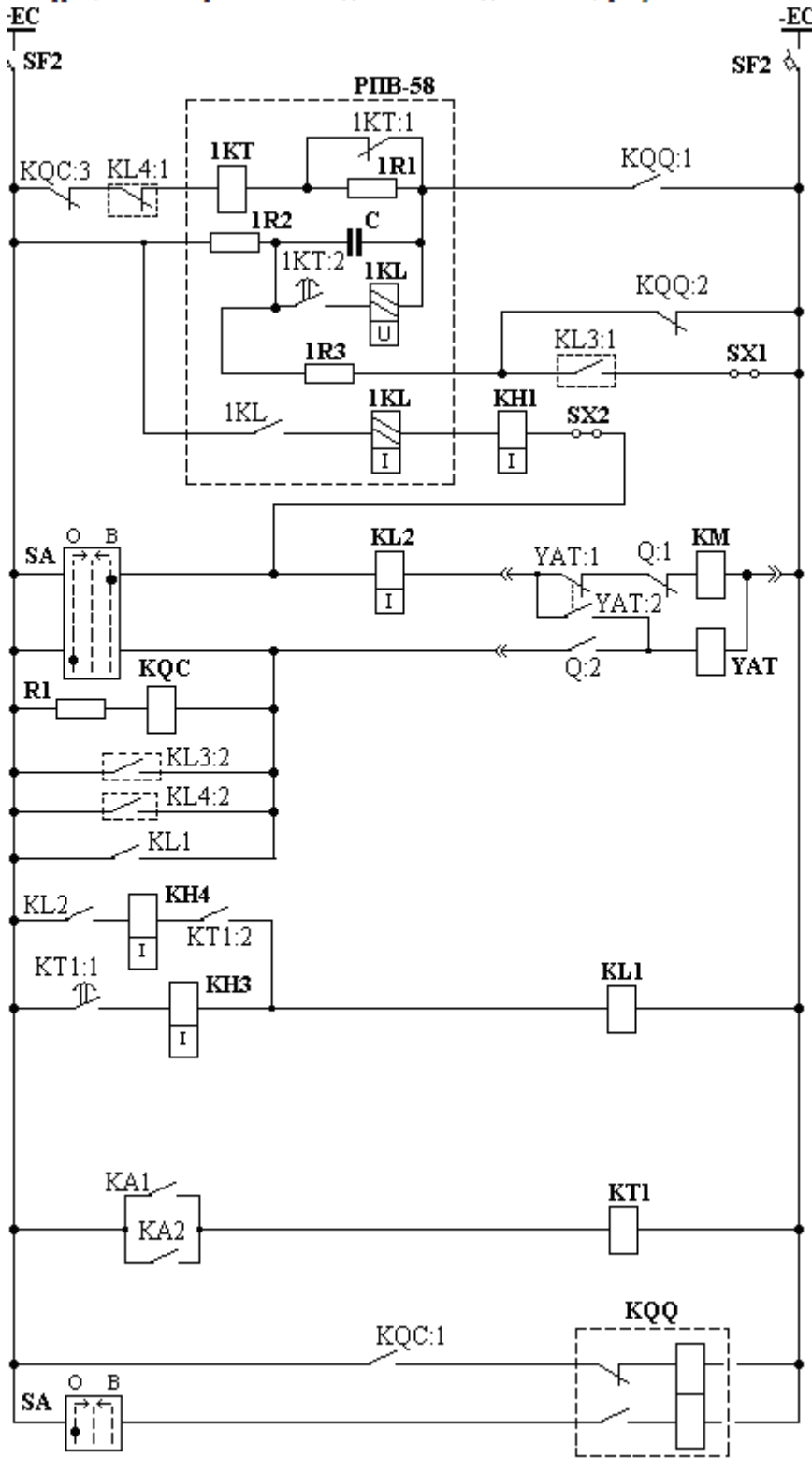
Тұрақты оперативті токта 10 кВ кабелдік линияны қорғау,
сигнал тізбегі



"Ажыратылды" шырағы	сигнал тізбегі
"қосылды" шырағы	
"Блинкерді көтеруге болмайды" шырағы	
апаттық ажырау	
басқару тізбегін бақылау	
"жерге тұйықталу" сигналы	
Электр магниттің қосылу тізбегі	

2.10 - сурет – Тұрақты оперативті токтағы кабелдік желі қорғанысы, сигнал тізбегі

Тұрақты ток оперативті тогында 10кВ кабелдік желіні қорғау



KL3 ЖДҚ -ның релесінің шығысы

басқару сигналдары және автомат	
АПВ құрылғысының тізбегі	
АПВ-ға шектеу	
ЧАПВ және АПВ-дан	қосылудың тізбегі
басқару кілтімен	
басқару кілтімен	ажыраудың тізбегі
"Қосылды" жағдайы релесі	
ЖДҚ	
АЧР	
МТҚ	
қорғанысты желдедеу	
Қорғаныс релесінің шығысы	
Максималды ток қорғанысы	
Бұйрықтық импульсті тіркеу релесі	

2.11 – сурет – Тұрақты оперативті токтағы кабелдік желі қорғанысы, оперативті тізбегі

2.4 Секционды ажыратқыштың қорғанысының есебі

АВР-дан кейінгі үдемелі МТҚ қолданылады.

АВР жұмысынан кейін электр қозғалтқыштарының өздігінен іске қосылуын есепке алғандағы бір секцияның максималды тогынан қорғаныстың іске қосылу тогы реттеледі.

НН жағындағы трансформатор номиналды тогы:

$$I_{\text{ном тр нн}} = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot n}; \quad (2.4.1)$$

$$I_{\text{ном тр нн}} = \frac{6.3}{\sqrt{3} \cdot 6.3 \cdot 2} = 0.28 \text{ кА}$$

НН шина секциясындағы жалпылама жүктеме кедергісі:

$$X_{\text{нагр}} = \frac{X_{\text{нагр}} \cdot U_n^2}{S_{\text{ном}} \cdot K_{\text{ч}}}; \quad (2.4.2)$$

$$X_{\text{нагр}} = \frac{0,35 \cdot 6.3^2}{6.3 \cdot 0.92} = 0.78 \text{ Ом}$$

Бір секцияның қозғалтқыштарының өздігінен іске қосылу тогы:

$$I_{\text{с.зп}} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot (X_{\text{срез.мах.НН}} + X_{\text{нагр}})}; \quad (2.4.3)$$

$$I_{\text{с.зп}} = \frac{6.3}{\sqrt{3} \cdot (0.579 + 0.78)} = 2.68 \text{ кА}$$

Өздігінен іске қосылу коэффициенті:

$$K_{\text{сзп}} = \frac{I_{\text{сзп}}}{I_{\text{тр.ном.НН}} \cdot K_{\text{ч}}}; \quad (2.4.4)$$

$$K_{\text{сзп}} = \frac{2.68}{0.28 \cdot 0,143} = 66.93$$

Максималды жүктемелік ток:

$$I_{\text{нагр max}} = K_{\text{ч}} \cdot K_{\text{сзп}} \cdot I_{\text{ном.тр.НН}} + K_{\text{ч}} \cdot I_{\text{ном.тр.НН}}; \quad (2.4.5)$$

$$I_{\text{нагр max}} = 0,92 \cdot 66.92 \cdot 0,28 + 0,92 \cdot 0,28 = 17.48 \text{ кА}$$

Қорғаныстың іске қосылу тогы:

$$I_{c.3} = \frac{1,2 \cdot I_{\text{наг. ток}}}{0,85}; \quad (2.4.6)$$

$$I_{c.3} = \frac{1,2 \cdot 17487,6}{0,85} = 24688,37 \text{ A}$$

Реленің іске қосылу тогы:

$$I_{cp} = \frac{I_{c.3}}{n_{PT}}; \quad (2.4.7)$$

$$I_{cp} = \frac{4688,37}{3000/5} = 7 \text{ A}$$

7 А ұстанымды РТ -40/10 релесін қабылдаймын.

Екі фазалы қысқа тұйықталудағы минималды ток:

$$I_{pmin} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{I_{c.3}}{n_{PT}}; \quad (2.4.8)$$

$$I_{pmin} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{6280}{3000/5} = 9,953 \text{ A}$$

Сезімталдық коэффициенті

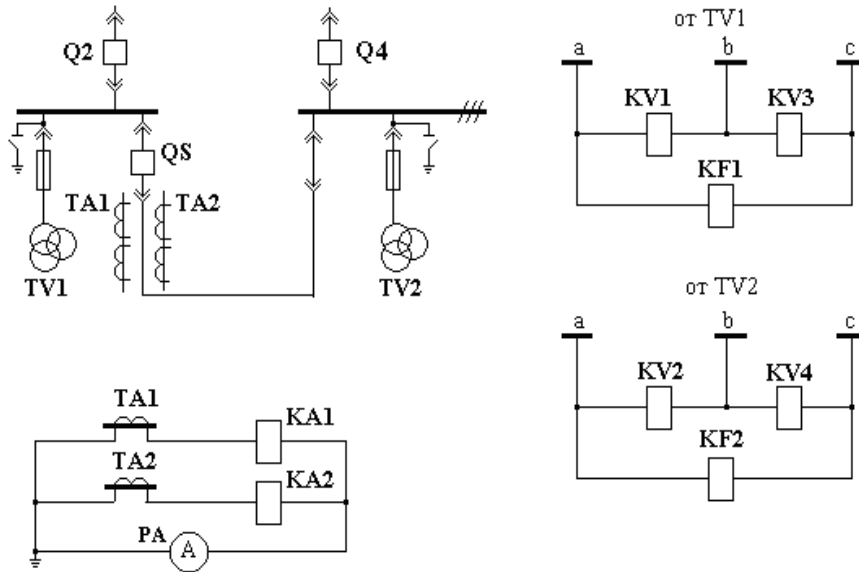
$$k_{\text{ч}} = \frac{I_{pmin}}{I_{cp}} = \frac{10}{7} = 1,5 > 1,5 \quad (2.4.9)$$

Қорғаныс қажетті сезімталды.

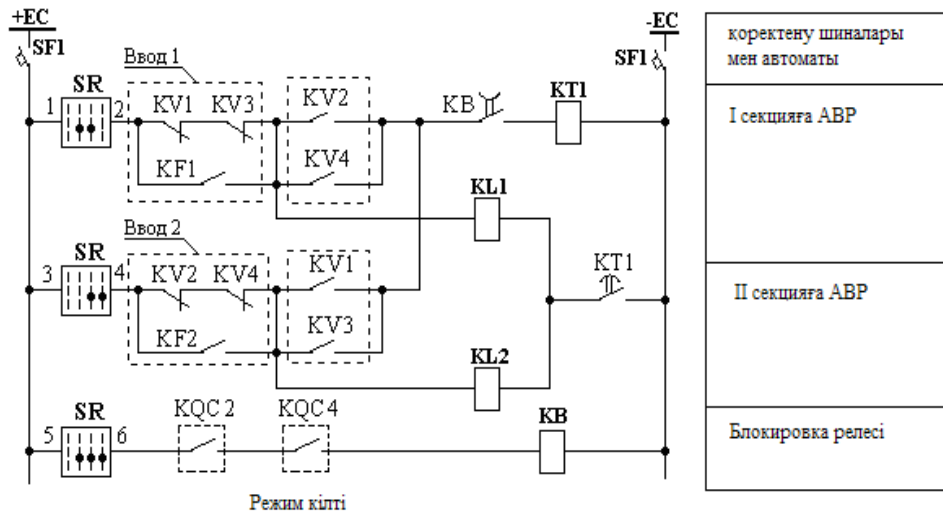
Секционды ажыратқыштың қорғаныс схемалары 3.12 – 3.13- суреттерінде көрсетілген.

Секционды ажыратқыштық релелік қорғанысы және автоматикасы

АВР кернеу тізбегі



АВР іске жіберу органының схемасы

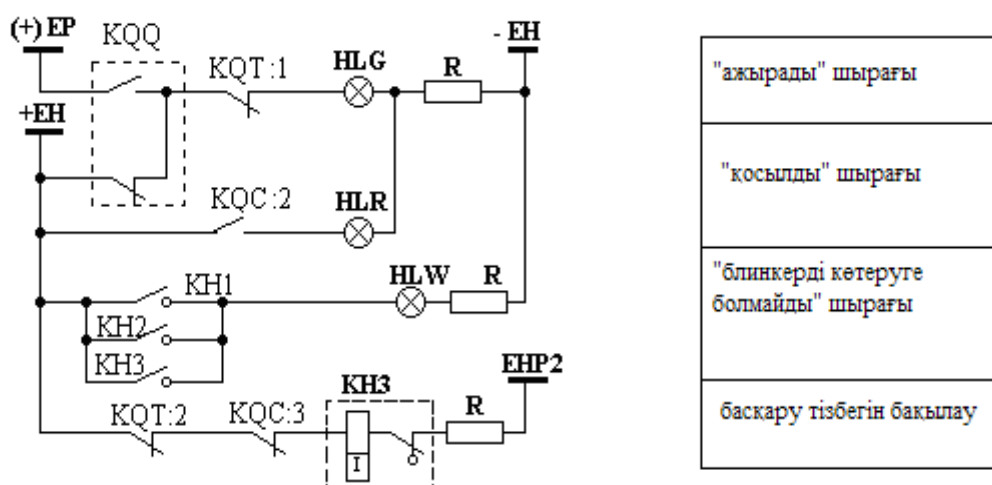
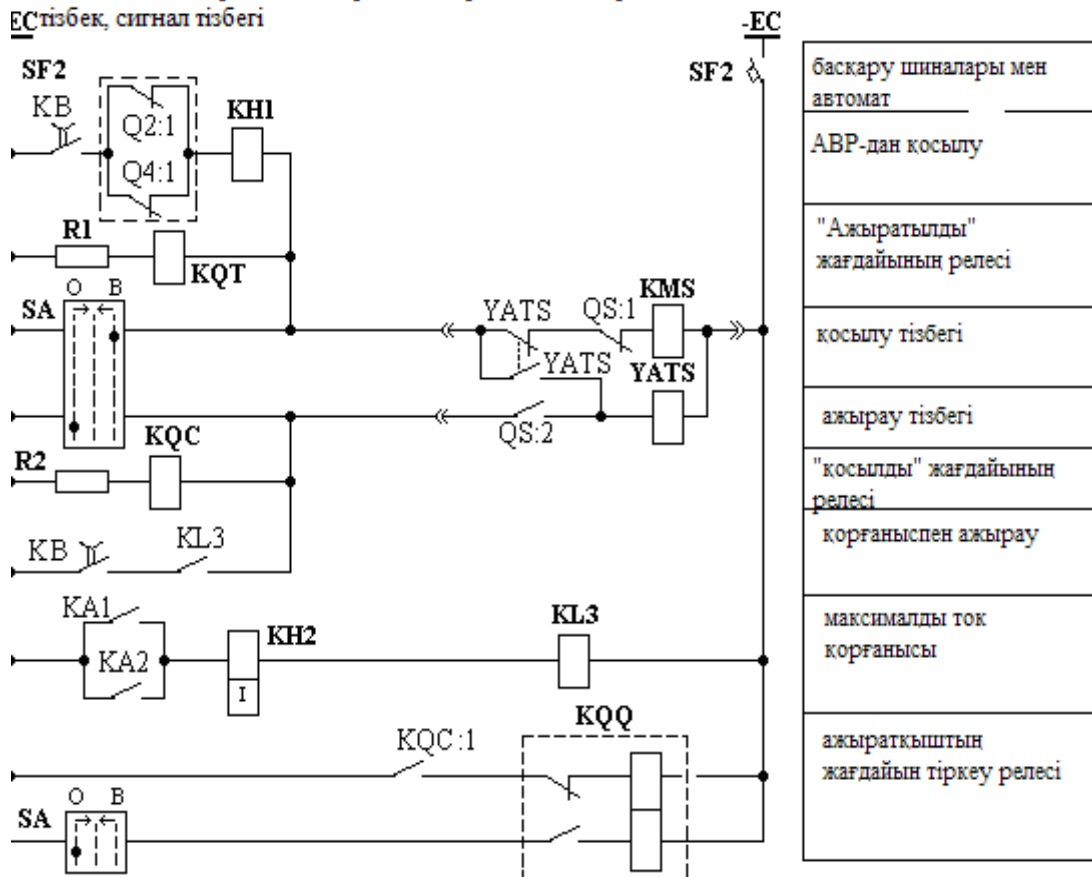


Режим кілті

ПМОФ				
түй.к ос.	аж.	I с	I-II	II с
		-90°	-45°	0°
1 - 2		×	×	
3 - 4			×	×
5 - 6		×	×	×

3.12 – сурет – Секционды ажыратқыштың релелік қорғанысы және автоматикасы

Секционды ажыратқыштың релелік қорғанысы, оперативті ЕС тізбек, сигнал тізбегі



3.13 – сурет – Секционды ажыратқыштың релелік қорғанысы және автоматикасы, оперативті тізбек

2.5 (КЭК2-10,5-150-2У1) конденсаторлық қондырғының қорғанысының есебі

Конденсаторлық қондырғының номиналды тогы:

$$I_{\text{ку ном}} = \frac{n \cdot S_y}{\sqrt{3} \cdot U_H}; \quad (2.5.1)$$
$$I_{\text{ку ном}} = \frac{3 \cdot 150}{\sqrt{3} \cdot 6.3} = 41.28 \text{ A}$$

Жоғарғы гармоника токтарынан асқын жүктемеліктен қорғаныс
Қорғаныстың іске қосылу тогы:

$$I_{\text{с.з}} = 1,3 \cdot K_{\text{ч}}; \quad (2.5.6)$$
$$I_{\text{с.з}} = 1,3 \cdot 2.61 = 3.39 \text{ A}$$

Қорғаныстың іске қосылу уақыты: $t_{\text{с.з}}=9,1 \text{ с.}$

Кернеудің жоғарылауынан қорғаныс
Қорғаныстың іске қосылу кернеуі:

$$U_{\text{с.з}} = 1,1 \cdot U_H; \quad (2.5.7)$$
$$U_{\text{с.з}} = 1,1 \cdot 6.3 = 69.3 \text{ кВ}$$

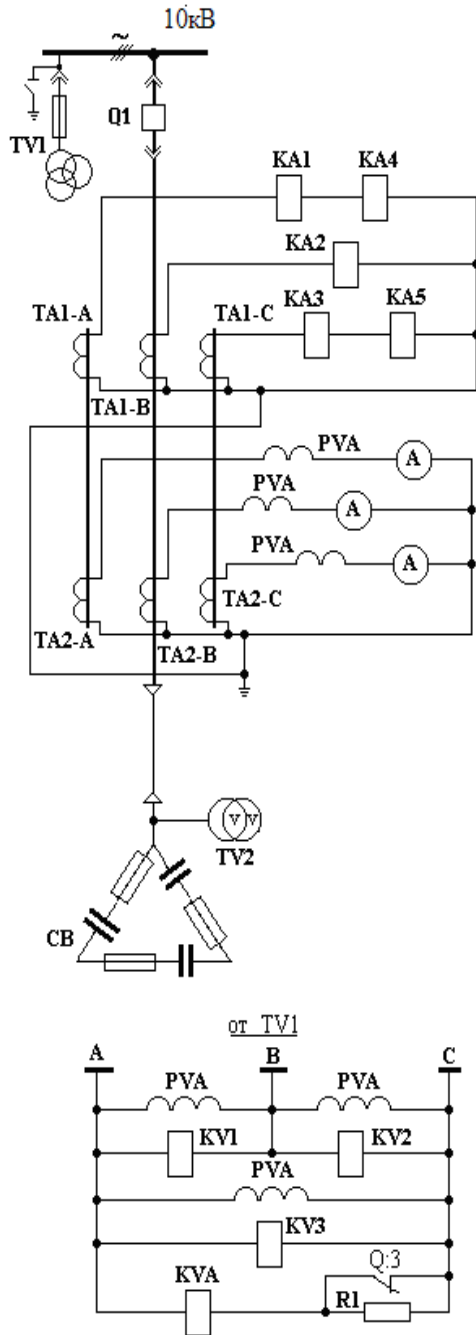
Реленің іске қосылу кернеуі:

$$U_{\text{ср}} = \frac{U_{\text{сз}}}{U_H/100}; \quad (2.5.8)$$
$$U_{\text{ср}} = \frac{69300}{6300/100} = 1100 \text{ В}$$

116 В іске қосылу ұстанымды РН-53/200 релесін таңдаймыз; $t_{\text{с.з}} = 3 - 5$ мин.

Конденсаторлық қондырғының қорғаныс схемалары 3.14– 3.16-суреттерінде көрсетілген.

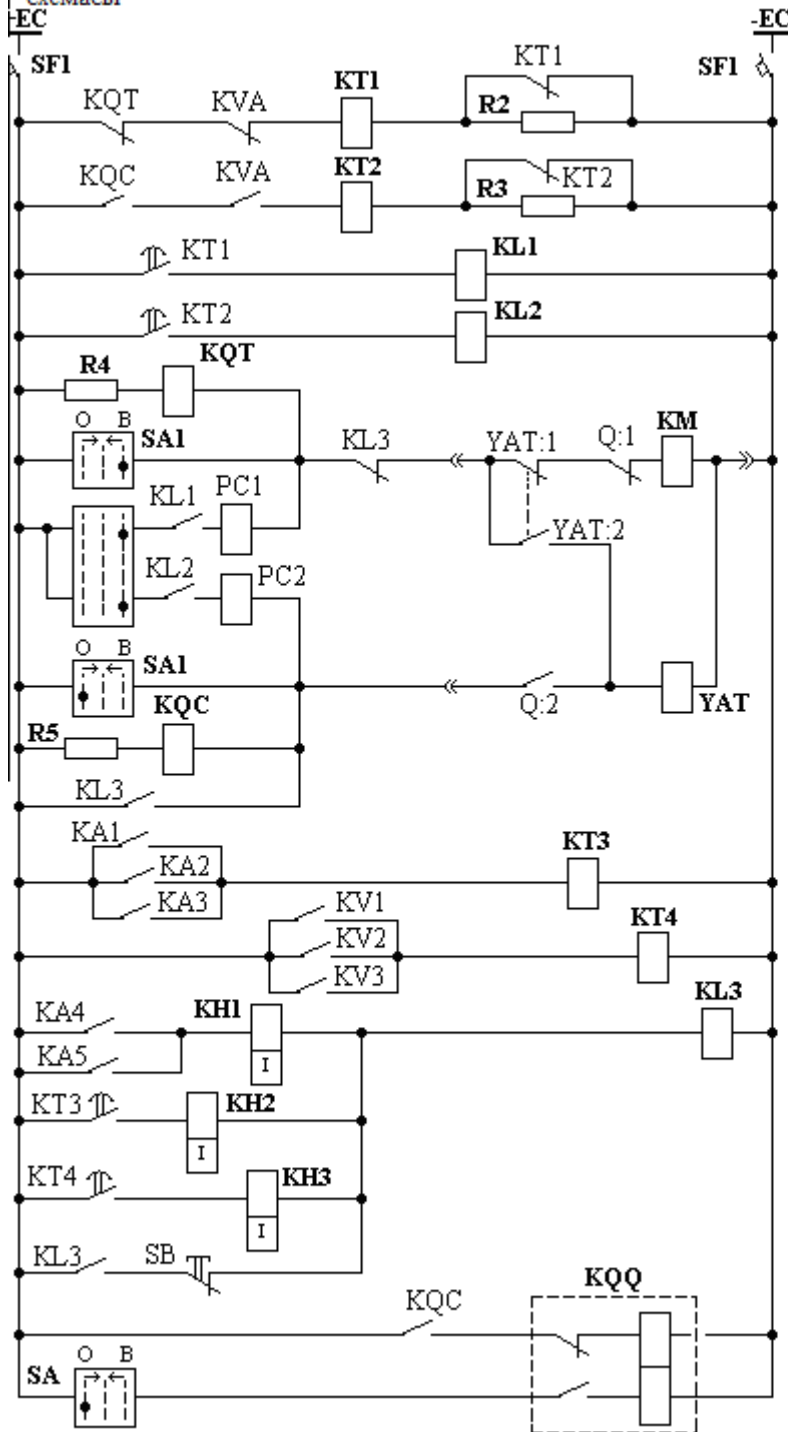
конденсаторлық қондырғының релелік қорғаныс, автоматика, басқару схемасы



10кВ шиналар
ажыратқыш шығыстары
МТҚ, ток кесер
өлшеу құрылғылары
кондесаторлық қондырғы
кернеу тізбегі
кернеудің жоғарылауынан қорған.

2.14 - сурет – Конденсаторлық қондырғының басқару, қорғаныс және автоматикасының схемасы

Конденсаторлық қондырғының басқару, қорғаныс, автоматика схемасы

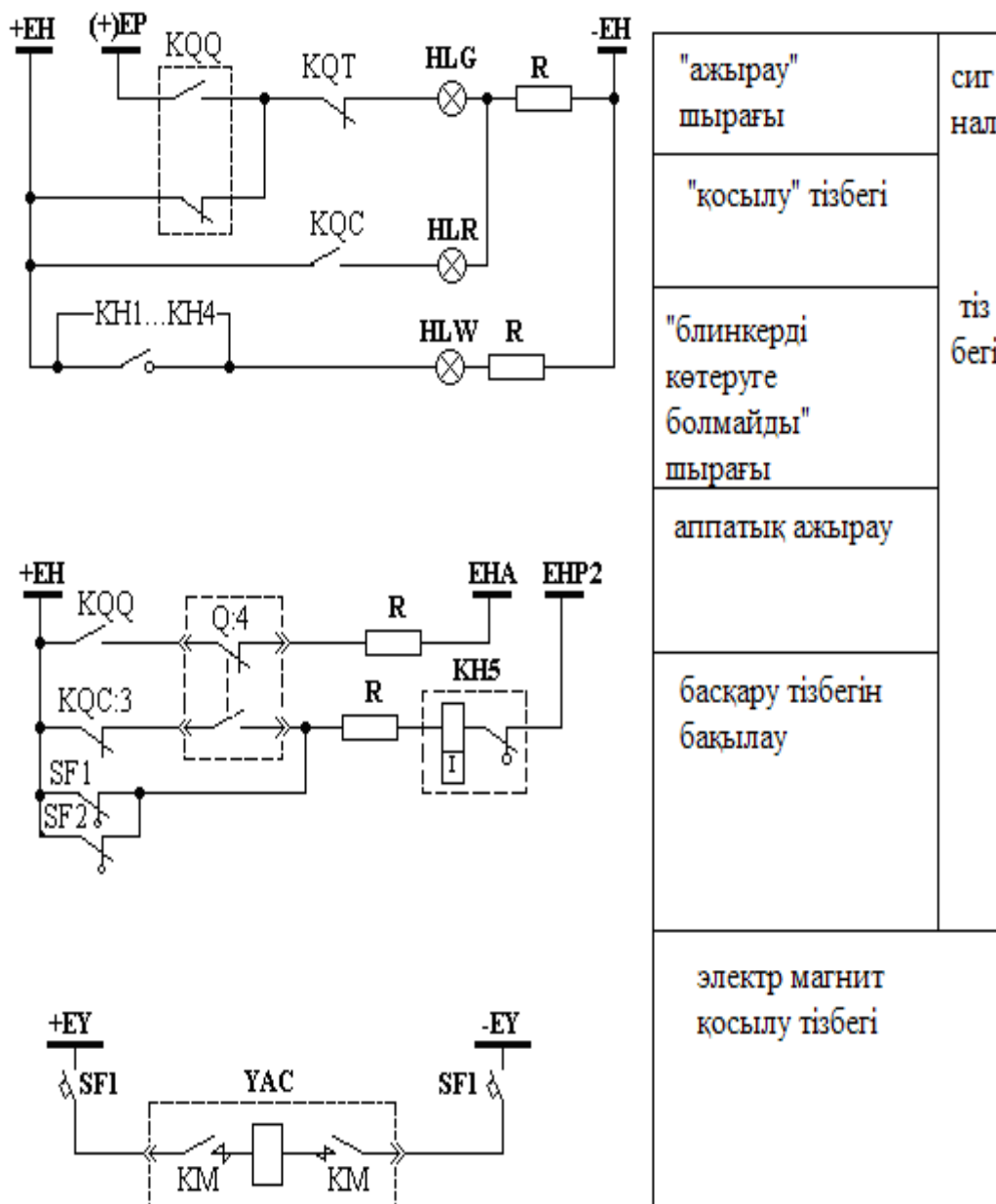


басқару шиналары мен автомат	
кернеудің төмендеуі	
кернеудің жоғарылауы	
аралық реле	
"ажырады" жағдайын дағы реле	
басқару кілтімен	қос.
автоматикамен	
автоматикамен	ажырау
басқару кілтімен	
"қосылды" жағ. реле	
қорғаныспен ажырау	
МТҚ	
кернеудің жоғар. қорғаныс	
ток кесер және қорғаныстың шығыс релесі	
өздігінен ұстау және деблокировка тізбегі	
бұйрықтық импульсті тіркейтін реле	

PC 1, PC2 - импульс санағыштары

2.15 - сурет – Конденсаторлық қондырғының басқару, қорғаныс және автоматикасының схемасы, оперативті тізбек

Сигнал тізбегі



2.16 - сурет – Конденсаторлық қондырғының басқару, қорғаныс және автоматикасының схемасы, сигнал тізбегі

2.6 Электр қозғалтқышының релелік қорғанысын есептеу

735 кВ·А қуатты СТД-630-2УХЛ4 синхронды электр қозғалтқышы үшін қорғаныс есебін жасау.

Қозғалтқыштың номиналды тогы:

$$I_{\text{дв ном}} = \frac{S_{\text{д}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}; \quad (2.6.1)$$

мұнда $S_{\text{д}}$ – синхронды қозғалтқыштың қуаты;

$$I_{\text{дв ном}} = \frac{735}{\sqrt{3} \cdot 6.3} = 67.43 \text{ А}$$

Статор орамында жерге тұйықталудан қозғалтқыштың қорғанысы 5А жоғары жерге тұйықталу тогы кезінде қозғалтқыштың ажырауына немесе сөнуіне қорғаныс әсер етуі керек..

Қозғалтқыш қосалқы станцияның тарату құрылғысына кабелдік желі арқылы қосылған.

РТЗ-51 қорғаныстың тоқтық релесі ток трансформаторына ТНП нөлдік тізбектелумен қосылады.

РТЗ-51 типті релесі бар қорғаныстың іске қосылу тогы өзгiдiк сыйымдылық тогының лақтыруынан сенiмдi реттелуден анықталады.

Электр қозғалтқышының статор фазасының сыйымдылығы:

$$C_{\text{д}} = \frac{0,0187 \cdot S_{\text{д, ном}} \cdot 10^{-6}}{1,2 \cdot \sqrt{U_{\text{ном}}} \cdot (1 + 0,08 \cdot U_{\text{ном}})}; \quad (2.6.2)$$
$$C_{\text{д}} = \frac{0,0187 \cdot 0,735 \cdot 10^{-6}}{1,2 \cdot \sqrt{6.3} \cdot (1 + 0,08 \cdot 6.3)} = 2,7 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}$$

Қозғалтқыштың сыйымдылық тогы:

$$I_{\text{сд}} = \frac{6 \cdot \pi \cdot f \cdot C_{\text{д}} \cdot U_{\text{ном}} \cdot 10^3}{\sqrt{3}}; \quad (2.6.3)$$

мұнда f – қоректенетін тораптың жиілігі;

$$I_{\text{сд}} = \frac{6 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 2,7 \cdot 10^{-8} \cdot 10 \cdot 10^3}{\sqrt{3}} = 0,147 \text{ А}$$

Желінің өзіндік сыйымдылық тогы:

$$I_{\text{сс}} = I_{\text{со}} \cdot x_{\text{каб}} \cdot m; \quad (2.6.4)$$

мұнда $x_{\text{каб}}$ – кабелдік желінің өзіндік кедергісі;
 m – кабелдік тамырлардың саны;

I_{co} - сыйымдылық тогының атаулық бірліктегі мәні, $I_{co} = 1,19$ қабылданады.

$$I_{cc} = 1,19 \cdot 0,039 \cdot 3 = 0,13 \text{ A}$$

Қорғалатын жалғанудың қосынды сыйымдылық тогы:

$$I_c = I_{cc} + I_{cd} = 0,13 + 0,147 = 0,277 \text{ A} \quad (2.6.5)$$

Первичный ток срабатывания защиты:

$$I_{c.з} = 1,25 \cdot K_n \cdot I_c; \quad (2.6.6)$$

$$I_{c.з} = 1,25 \cdot 2,5 \cdot 0,277 = 0,865 \text{ A}$$

Сонымен, алынған $I_{c.з} = 0,86 \text{ A}$ мәні $I_{c.з \text{ мин}} = 1,08 \text{ A}$ –мәнінен соншалықты кіші, яғни қорғанысты дөңгелектеп, $I_{c.з} = I_{c.з \text{ мин}} = 1,08 \text{ A}$ деп қабылдаймыз. РТЗ-51 релесінің ұстанымын біріншілік ток бойынша таңдаймыз, және ол - 1,08 А.

Сезімталдылық коэффициенті:

$$k_{\text{ч}} = \frac{I_c - I_{cd}}{I_{c.з}}; \quad (2.6.7)$$

$$k_{\text{ч}} = \frac{0,277 - 0,147}{1,08} = 0,12$$

Қорғаныс қажетті сезімталды.

Асқын жүктемеден қозғалтқышты қорғау (МТҚ)

Қорғаныстың іске қосылу тогы:

$$I_{c.з} = \frac{K_n \cdot I_{\text{дв.ном}}}{0,85}; \quad (2.6.8)$$

$$I_{c.з} = \frac{1,2 \cdot 42,49}{0,85} = 59,99 \text{ A}$$

Реленің іске қосылу тогы:

$$I_{c.р} = \frac{n \cdot I_{c.з}}{n_r}; \quad (2.6.9)$$

$$I_{c.р} = \frac{2 \cdot 59,99}{300/5} = 1,99 \text{ A}$$

РТ-40/10 релесін, 4 А ұстаныммен қабылдаймыз.

Время срабатывания защиты отстраивается от времени пуска
Қорғаныстың іске қосылу уақыты $t_{c.з} = 10 \text{ с}$ қосу уақытынан реттеледі.

Минималды кернеуден қозғалтқышты қорғау

Қозғалтқыштың қосылу кедергісі:

$$X_{п.д} = \frac{U_{ном.ВН}}{\sqrt{3} \cdot K_{\theta} \cdot I_{п.д}}; \quad (2.6.10)$$

$$X_{п.д} = \frac{6300}{\sqrt{3} \cdot 19,21 \cdot 42,49} = 4,48 \text{ Ом}$$

Секцияның жалпылама жүктемесінің қуаты:

$$S_{нагр} = S_{нагр секц} - S_{ном дв}; \quad (2.6.11)$$

мұнда $S_{нагр секц}$ – қозғалтқыштың қосылған секциясының қосынды жүктемесі.

$$S_{нагр} = 6,3 \cdot 0,92 - 0,735 = 5,061 \text{ МВ} \cdot \text{А} \quad (3.6.12)$$

Жалпылама жүктеменің кедергісі:

$$X_{нагр} = \frac{X_{нагр} \cdot U_n^2}{S_{нагр}}; \quad (3.6.13)$$

$$X_{нагр} = \frac{0,35 \cdot 6,3^2}{5,061} = 2,74 \text{ Ом}$$

Іске жіберу немесе қосудың эквивалентті кедергісі:

$$X_{эқв} = \frac{X_{нагр} \cdot X_{п.д}}{X_{нагр} + X_{п.д}}; \quad (3.6.14)$$

$$X_{эқв} = \frac{2,74 \cdot 0,53}{2,74 + 0,53} = 0,44 \text{ Ом}$$

Өздігінен іске қосылу тогы:

$$I_{с.зп} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot (X_{срез.мах} + X_{эқв})}; \quad (3.6.15)$$

$$I_{с.зп} = \frac{6,3}{\sqrt{3} \cdot (0,579 + 0,444)} = 3579 \text{ А}$$

Өздігінен қосылу коэффициенті:

$$K_{сзп} = \frac{I_{сз.п}}{K_{ч} \cdot I_{ном.тр}}; \quad (3.6.16)$$

$$K_{сзп} = \frac{3579,5}{0,92 \cdot 280} = 13,89$$

Қозғалтқыштың қысқышындағы қалдық кернеу:

$$U_{ост} = \sqrt{3} \cdot I_{с.зп} \cdot X_{эқв} = \sqrt{3} \cdot 3579 \cdot 0,444 = 2749,1 \text{ В};$$

$$U_{ост}(\%) = \frac{U_{ост} \cdot 100}{U_{ном.реж}}; \quad (3.6.17)$$

$$U_{ост}(\%) = \frac{3000 \cdot 100}{6300} = 47,6\%$$

Синхронды қозғалтқыштың іске қосылуы қамтамасыз етіледі.

3 Қосалқы станцияның автоматикасы

3.1 Автоматты қайталап қосылу

Автоматты қайталап қосылу (АПВ) құрылғысы қосалқы станциялардың барлық әуелік және кабелдік-әуелік желілерінде, жиынтық шиналарында қарастырылады. АПВ басты төмендеткіш қосалқы станциясында орнатылады.

АПВ қоректенетін желіде АПВ-ның қажетті және жақсы жұмысында шиналардың дифференциалды қорғанысынан іске асады. АПВ шиналардағы кернеудің барлығын бақылайды (АПВНН).

Тарамдалып кететін 10 кВ кернеулі кабелді желіде жиіліктік автоматты қайталап қосылу (ЧАПВ) қосылады. ЧАПВ құрылғысының іске қосылуы берілген ұстанымды (установка) іске қосылуға дейінгі жиіліктің қалыпқа келуі кезінде жасалады.

АПВ-ның уақыт ұстанымы келесі жағдайдан табылады:

$$t_{\text{АПВ}} \geq t_{\text{г.п}} + t_{\text{зап}}; \quad (3.1.1)$$

$$t_{\text{АПВ}} \geq 0,15 + 0,4$$

мұнда $t_{\text{г.п}}$ – жетектің типінен тәуелді жетектің дайын болу уақыты, $t_{\text{г.п}} = 0,1-0,2$ с.

$$t_{\text{АПВ}} \geq t_{\text{г.в}} - t_{\text{в.в}} + t_{\text{зап}}; \quad (3.1.2)$$

$$t_{\text{АПВ}} \geq 0,25 - 0,6 + 0,4$$

мұнда $t_{\text{г.в}}$ – ажыратқыштың дайын болу уақыты. Аз майлы ажыратқыштарға $t_{\text{г.в}} = 0,2-0,5$ с, ал, бакты ажыратқыштарға $t_{\text{г.в}} = 1-2$ с;

$t_{\text{з}}$ – АПВ уақытында реленің қателігі және тұрақты еместігін ескеретін уақыт қоры, 0,3-0,5 сек. қабылдайды.

$t_{\text{в.в}}$ – ажыратқыштың қосылу уақыты $t_{\text{в.в}} = 0,3 \div 1,0$ с. құрайды.

$$t_{\text{АПВ}} \geq t_{\text{д}} + t_{\text{зап}}; \quad (3.1.3)$$

$$t_{\text{АПВ}} \geq 0,2 + 0,4$$

мұнда $t_{\text{д}}$ – ортаның деионизациялану уақыты, $t_{\text{д}} = 0,1 \div 0,3$ с-ке тең деп алынады.

$$t_{\text{АПВ}} \geq t_{\text{с.з. min U}} + t_{\text{зап}}; \quad (3.1.4)$$

мұнда $t_{\text{с.з. min U}}$ – өздігінен іске қосылу үшін арналмаған электр қозғалтқыштарында минималды кернеу іске қосылу уақыты.

$$t_{\text{с.з. min U}} = 6 - 9 \text{ с.}$$

Уақыт қорын барлық жағдайлар үшін 0,5 с-ке тең деп аламыз,

$$t_{\text{АПВ}} \geq 7,5 + 0,5.$$

3.2 Автоматты резервті қосылу

Қосалқы станциямыз қоректі екі желіден алады және екі трансформатор бөлек жұмыс жасайды, сондықтан АВР –ді орнатамыз. қосалқы станцияда белгісіз резервті схема қолданылғандықтан, АВР секционды ажыратқышта орнатылады.

АВР-дің іске қосу органдарын орындағанда, кернеу релесінде кернеудің іске қосылу минималды релесін қабылдаймыз.

$$U_{c.p1} = (0,25 \div 0,4) \cdot U_{ном}; \quad (3.2.1)$$

мұнда $U_{ном}$ – секционды ажыратқыш орналасқан шинадағы кернеу.

$$U_{c.p1} = 0,325 \cdot 6,3 = 2,04 \text{ кВ}$$

Минималды кернеу релесі іске қосылу кернеуі резервті қорек көзінде кернеудің бар екенін бақылайды және минималды жұмыс кернеуінен реттелу жағдайынан анықталады:

$$U_{c.p2} = \frac{U_{раб\ min}}{k_n \cdot k_b \cdot k_u}; \quad (3.2.2)$$

мұнда, $U_{раб\ min} = 0,95U_{ном}$;

$$k_n = 1,1-1,2;$$

$$k_b = 1,225.$$

$$U_{c.p2} = \frac{0,95 \cdot 6,3}{1,15 \cdot 1,225 \cdot 7,5} = 0,566 \text{ В}$$

АВР-дің жиіліктік іске қосу органының іске қосу жиілігі (қуатты синхронды қозғалтқыштар бар болған жағдайда) 46-48 Гц аралығында қабылданады.

АВР –дің жұмыс жасау уақыты келесі жағдайлардан алынады:

1) Технологиялық қорғаныстардың іске қосылу уақытынан реттелетін жағдай бойынша, яғни жұмыс зонасында қысқа тұйықталу іске қосылу кернеуін түсіруі мүмкін.

$$t_{c.p\ АВР} \geq t_{макс\ отх\ линий} + \Delta t; \quad (3.2.3)$$

мұнда Δt – селективтілік қадамы, 0,4- 0,5 сек.-қа тең.

$$t_{c.p\ АВР} \geq t_{макс\ отх\ линий} + 0,45.$$

2) АВР –дің жұмысын электр қозғалтқыштарының минималды кернеу қорғанысымен және басқада құрылғылардың түйін автоматикасы жағдайлары бойынша келісіп істеу (АВР, АПВ).

$$\left. \begin{aligned} t_{c,p \text{ АВР}} &\geq t_{c.з.зми} + t_{зап} \\ t_{c,p \text{ АВР}} &\geq t_{АПВ} + t_{зап} \\ t_{c,p \text{ АПВ}_2} &\geq t_{АВР1} + t_{зап} \end{aligned} \right\}; \quad (3.2.4)$$

мұнда $t_{c.з. \min U}$ – өздігінен іске қосылу үшін арналмаған ірі қозғалтқыштарда минималды кернеу қорғанысының іске қосылу уақыты, 6-9 с – ке қабылданады; $t_{АПВ}$ – жұмыс қорек көзінен қоректенетін желіде АПВ-ның жұмыс істеу уақыты; $t_{АВР2}$ – жоғары деңгейде АВР-дің жұмыс істеу уақыты (қорек көзіне жақын); кешігі уақытын $t_{зап} = 0,5$ с- ке тең деп алады.

$$\left. \begin{aligned} t_{c,p \text{ АВР}} &\geq 7,5 + 0,5 \\ t_{c,p \text{ АВР}} &\geq 8 + 0,5 \\ t_{c,p \text{ АПВ}_2} &\geq 0,6 + 0,5 \end{aligned} \right\}$$

3.3 Автоматты жиіліктік түсіру

АЧР құрылғысы апаттық төмен деңгейге дейін қоректенетін энергетикалық жүйедегі активті қуаттың тапшылығынан туатын жиіліктің төмендеуі пайда болғанда электр тұтынушыларының бөліктерінің ажыратылуы үшін арналады.

АЧР құрылғыларына 10 кВ кернеуінде III және II категориядағы электр тұтынушылары электрмен қамтамасыз етілу сенімділігімен жатады, яғни шикізатты шығаруда онша маңызды емес.

Энергетикалық жүйеде активті қуаттың тапшылығын болдырмау үшін қолданылатын АЧР құрылғысы негізгі үш категорияға бөлінеді.

АЧРІ бірінші категориясы 48,5 Гц –тен (басқа жағдайда 49,2 Гц-дан 49,3 Гц-ға дейін) 46,5 Гц-ға дейін ($t = 0,3 \div 0,5$ сек) іске қосылу ұстанымымен тез әрекеттілігімен ерекшеленеді. АЧРІ кезектік тағайындалуы – апаттың дамуының алғашқы уақытында жиіліктің өте көп түсуін болдырмайды. АЧРІ бөлек кезектерінің іске қосылу ұстанымдары бір-бірінен 0,1 Гц – ге ерекшеленеді.

АЧРІ –ге қосылатын қуат кезектер арасында теңдей таралады.

АЧРІІ екінші категориясы 49,0 Гц-тен жоғары ұзақ рұқсат етілетін мәнге дейін жиілікті қалпына келтіру үшін тағайындалады. АЧР ІІ екінші категориясы АЧРІ –ден тұтынушылардың бір бөлігін ажыратқаннан кейін жұмыс жасайды, дәлірек, жиіліктің төмендеуі тоқатайды және ол 47,5 \div 48,5 Гц деңгейінде орнатылады. АЧРІІ уақыт ұстанымы бір-бірінен 3 сек. айырмашылығы бар және 5 \div 90 сек.-ке тең алынады.

АЧР –дің осы екі категориясынан басқа іс жүзінде басқада бірнеше кезегі қолданылады. Араны кезекті АЧР 49,2 Гц, 0,3 \div 0,5 сек . ұстанымы бар. Ол 49,2 Гц -тен төмен жиіліктің төмендеуіне кедергі келтіреді, ал қорғаныс кезегі 49,1 Гц 0,3 \div 0,5 сек . 49 Гц-тен жиіліктің төмендеуін болдырмауы тиіс, апаттық

түрі – атомдық электр станциясының жиілігінің төмендеуі мүмкін.

$$dF = \frac{f_{II} - f_I}{t}; \quad (3.3.1)$$

мұнда dF – жиіліктің өзгеру жылдамдығы;
 f_{II} – АЧРІІ жиілігі бойынша ұстаным;
 f_I – АЧР I жиілігі бойынша ұстаным;
 t – АЧРІІ және АЧРІ орындаушы органдарының арасындағы іске қосылу уақыты.

$$dF = \frac{49 - 48,5}{5 - 0,4} = 0,11 \frac{\text{Гц}}{\text{с}} .$$

3.4 Трансформатордың автоматты кернеуін реттеу

Кәсіпорынның электр тұтынушылары, сонымен қатар тораптағы үлкен және кіші жүктемелер сағатында активті және реактивті қуаттардың үлкен ауытқуларымен тәуліктік жүктеме графигіне тәуелді болуы мүмкін, бұл – МЕСТ бойынша төмендеткіш қосалқы станциялардың тұтынушыларының ($\pm 10\%$) 10 кВ шиналарында кернеудің ауытқуына әкеледі, бұл шарт орындалмауы керек.

Берілген кәсіпорын бойынша тәуліктік жүктеме графигін қарастырамыз.

Жүктеме графигі бойынша кәсіпорынның активті және реактивті қуатын максималды және минималды тұтынуын анықтаймын %.

Алғашқыда алынған мәліметтерді пайдалана отырып, бір сменаның қуатының

мәнін анықтаймын:

$$\begin{aligned} P_{\max} &= \frac{11}{2} = 5.5 \text{ МВт}; \\ P_{\min} &= \frac{3}{2} = 1.5 \text{ МВт}; \\ Q_{\max} &= \frac{11}{2} = 5.5 \text{ Мвар}; \\ Q_{\min} &= \frac{3}{2} = 1.5 \text{ Мвар} \end{aligned} \quad (3.4.1)$$

Трансформатордың индуктивті кедергісі:

$$X_{\text{тр max}} = 17 \text{ Ом};$$

$$X_{\text{тр min}} = 24 \text{ Ом}$$

РПН реттеуін ескере активті кедергі:

$$R_{\text{тр max}} = \frac{P_{\text{к}} \cdot U_{\text{ср BH}}^2 (1 - \Delta U_{\text{РПН}^*})^2 \cdot 10^3}{S_{\text{НОМ}}^2};$$

$$R_{\text{тр min}} = \frac{P_{\text{к}} \cdot U_{\text{max}}^2 \cdot 10^3}{S_{\text{НОМ}}^2}; \quad (3.4.2)$$

$$R_{\text{тр max}} = \frac{5.5 \cdot 35^2 (1 - 0.09)^2 \cdot 10^{-3}}{6.3^2} = 1.4 \text{ Ом};$$

$$R_{\text{тр min}} = \frac{1.5 \cdot 35^2 \cdot 10^{-3}}{6.3^2} = 0.462 \text{ Ом}$$

РПН –нің орта жағдайында трансформатордың активті және реактивті кедергілері:

$$X_{\text{тр ср}} = \frac{U_{\text{н}} \cdot U_{\text{в}}^2}{100 \cdot S_{\text{тр}}};$$

$$R_{\text{тр ср}} = \frac{P_{\text{min}} \cdot U_{\text{в}}^2 \cdot 10^{-3}}{80^2}; \quad (3.4.3)$$

$$X_{\text{тр ср}} = \frac{6.3 \cdot 35^2}{100 \cdot 6.3} = 12.25 \text{ Ом};$$

$$R_{\text{тр ср}} = \frac{1.5 \cdot 35^2 \cdot 10^{-3}}{6.3^2} = 0.462 \text{ Ом}$$

Минималды режимде реттелусіз шинаның НН жағындағы кернеу:

$$\Delta U_{\text{minBH}} = \frac{P_{\text{min}} \cdot R_{\text{тр.ср}} + Q_{\text{min}} \cdot X_{\text{тр.ср}}}{U_{\text{max}}} = \frac{1.5 \cdot 0.462 + 1.5 \cdot 12.25}{35} = 0.544 \text{ кВ};$$

$$U_{\text{minHH}} = (U_{\text{в}} - \Delta U_{\text{minBH}}) \cdot \frac{U_{\text{н}}}{U_{\text{в}}} = (35 - 0.544) \cdot \frac{6.3}{35} = 34.27 \text{ кВ};$$

$$\Delta U_{\text{maxBH}} = \frac{P_{\text{max}} \cdot R_{\text{тр.ср}} + Q_{\text{max}} \cdot X_{\text{тр.ср}}}{U_2} = \frac{5.5 \cdot 0.464 + 5.5 \cdot 12.25}{35} = 1.99 \text{ кВ}; \quad (3.4.4)$$

$$U_{\text{maxBH}} = (U_2 \cdot (1 - \Delta U) - \Delta U_{\text{maxBH}}) \cdot \frac{U_{\text{н}}}{U_{\text{в}}} = [35 \cdot (1 - 0.09) - 1.99] \cdot \frac{6.3}{35} = 5.374 \text{ кВ}$$

Кернеулің диапазонының өзгеруі:

$$\delta U_{\text{HH}} = \frac{U - U_{\text{maxBH}}}{U_{\text{н}}}; \quad (3.4.5)$$

$$\delta U_{\text{HH}} = \frac{9.56 - 5.344}{6.3} \cdot 100 = 67\% > 20\%$$

АРНТ қондырғысы сәйкес келеді.

Автоматты кернеу реттеуіндегі (АРН)6 кВ шиналарындағы кернеудің өзгеру диапазонын анықтайық:

$$\Delta U_{\min BH} = \frac{P_{\min} \cdot R_{\text{тр.ср}} + Q_{\min} \cdot X_{\text{тр.ср}}}{U_{\max}} = \frac{1.5 \cdot 0.464 + 1.5 \cdot 12.25}{35} = 0.544 \text{ кВ}; \quad (3.4.6)$$

$$U_{\min HH} = (U_B - \Delta U_{\min BH}) \cdot \frac{U_H}{U_B} = (35 - 0.544) \cdot \frac{6.3}{35} = 6.201 \text{ кВ};$$

$$\Delta U_{\max BH} = \frac{P_{\max} \cdot r_{\text{тр.ср}} + Q_{\max} \cdot X_{\text{тр.ср}}}{U_2} = \frac{5.5 \cdot 0.464 + 5.5 \cdot 12.25}{35(1-0.09)} = 2.19 \text{ кВ};$$

$$U_{\max BH} = (U_2 \cdot (1 - \Delta U) - \Delta U_{\max BH}) \cdot \frac{U_H}{U_B(1 - \Delta U)} = 0.93 \cdot [35 \cdot (1 - 0.09) - 2.19] \cdot \frac{6.3}{35(1-0.09)} = 5.45 \text{ кВ}$$

Кернеудің өзгеру диапазоны:

$$\delta U_{HH} = \frac{9.56 - 5.45}{9.56} \cdot 100 = 43\% \quad (3.4.7)$$

РПН қайта қосқышының орын жағдайын анықтаймын, оны мына жағдайға келтіреміз (уставка АРНТ):

$$U_{\text{ср} HH} = \frac{\delta U_{HH} + U_{\max BH}}{2} = \frac{43 + 5.45}{2} = 24.22 \text{ кВ}; \quad (3.4.8)$$

$$\Delta U_{HH} = \frac{\delta U_{HH} - U_{\text{ср} HH}}{\delta U_{HH}} = \frac{43 - 6.201}{43} \cdot 100\% = 86\%;$$

$$\Pi_{\text{РПН}^*} = \frac{\Delta U_{HH}}{K}; \quad (4.4.9)$$

мұнда $K=1,78$.

РПН-нің бірінші орын жағдайын қабылдаймын, дәлірек, трансформация коэффициенті жоғарғы жағына ұлғайу жүреді.

Сонда,

$$U_{\max Ha} = U_{\max BH} - \frac{K}{100} \cdot \Delta U_{HH}; \quad (3.4.10)$$

$$U_{\min Hi} = U_{\min BH} - \frac{K}{100} \cdot \Delta U_{HH};$$

$$U_{\max HH} = 5.45 - \frac{1,78}{100} \cdot 86 = 3.9 \text{ кВ};$$

$$U_{\min HH} = 6.201 - \frac{1,78}{100} \cdot 86 = 4.67 \text{ кВ}$$

10 кВ шиналарында кернеу рұқсат етілетін шектерде қолдау табады. АРНТ сезімталдығы реттеудің бір сатысына жоғары болмау керек.

$$\Delta U_{\text{АРНТ}} > 1,78\% U_{\text{ср} BH} \quad (3.4.11)$$

$$\Delta U_{\text{АРНТ}} = 1,78\% U_{\text{ср ВН}} = \frac{2 \cdot 35}{100} = 0.7 \text{ кВ}$$

қабылдаймыз.

АРНТ іске қосылу уақыты кернеудің кездейсоқ аз уақытты өзгерісінде іске қосылмауы жағдайынан таңдалады.

$$t_{\text{АРНТ}} \approx 2 \div 4 \text{ мин}$$

3.5 Конденсаторлық қондырғының автоматты қосылуы үшін тағайындалатын құрылғы

Өндірістік кәсіпорындардың қосалқы станцияларында конденсаторлық қондырғыларды автоматты басқару кернеуді автоматты, сатылық реттеу үшін немесе реактивті қуатты компенсациялау режимін реттеу үшін қолданылуы мүмкін.

Осыған сәйкес келесі реттеу заңдары қолданылуы мүмкін:

- 1) НН шиналарындағы кернеудің тұрақтылығы $U_{\text{НН}} = \text{const}$;
- 2) кіріс реактивті қуаттарының тұрақтылығы $Q_{\text{ВХ}} = \text{const}$;
- 3) реактивті қуаттың коэффициентінің тұрақтылығы $\text{tg}\varphi = \text{const}$;
- 4) конденсаторлық қондырғыны уақытша басқару.

Реттеуді басқарудың бұл заңдылықтары конденсаторлық қондырғыда ажыратқышпен басқару схемасына кіреді.

Құрылғының іске қосылу уақыты режимнің ауытқуынан реттеледі $t_{\text{АУБК}} = 2-4$ мин.

4 Электр қауіпсіздік

4.1 Электр қауіпсіздігін қамтамасыз ету шаралары

Ең алдымен адам өмірінің қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін біз неден қорғану керек екенімізді білуіміз керек. Менің жағдайымда қосалқы станциясындағы электр қондырғылары мен жабдықтарының адам организміне әсерін және одан қорғану шараларын қарастырылады. Қосалқы станциядағы электр жабдықтары:

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

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.

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 жарақаттанудың келесі түрлері бар:

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

Электрлік күйюлер электр тоғымен жылулық әсер ету кезінде пайда болады. Ең қауіпті болып электрлік соққының әсерінен пайда болған күйюлер табылады, себебі оның температурасы 3000°C -дан жоғары болуы мүмкін.

Тоқ өткізгіш бөлікпен тығыз байланыста болған кезде пайда болатын сұр немесе ашық-сары түсті дақтар (олармен жұмыс кезінде электр тоғы өтеді) электрлік белгілер болып табылады.

Электроофтальмия – электрлік доғаның ультра күлгінді сәулеленуінің әсерінен көздің сыртқы қабығының зақымдалуы.

Электрлік соққылар – бұлшық еттердің тартылуымен, адамның жүйке және жүрек- тамырлары жүйесінің бұзылуымен сипатталынатын адам организмінің жалпы зақымдалуы. Электрлік соққылар кейбір жағдайларда өлімге алып келуі мүмкін.

4.2 Қорғаныстық жерлендірудің есебі

35 кВ жақтағы жерге қысқаша тұйықталу кезіндегі жерлендіру арқылы өтетін ең көп ток $2,8\text{кА}$; 6кВ жақтағы жерге қысқаша тұйықталу кезіндегі жерлендіру арқылы өтетін ең көп ток 36А ; қосалқы станция құрылысы жеріндегі грунт – қара топырақ; климаттық зона 2.

35 кВ жаққа жерлендірудің 4 Ом кедергісі керек. 6кВ жағы үшін мына формула бойынша:

$$R_3 \leq \frac{U_{расч}}{I_{расч}}, \quad (4.1)$$

мұндағы $I_{расч}$ - жерлендіргіш құрылғы арқылы есептік ток;
 $U_{расч}$ - жерге қатынасы бойынша, жерлендіргіш құрылғыларға есептік кернеу.

$$R_3 = \frac{125}{36} = 3,4 \text{ Ом}.$$

$I_{расч} = 125 \text{ В}$, сонымен жерлендіргіш құрылғысы кернеуі 1000 В дейінгі қосалқы станциясы үшін де қолданылады. Осылайша, есептік ретінде $R_3 = 4 \text{ Ом}$ кедергісі қолданылады.

Жасанды жерлендіргіштің кедергісі арқансым-тірек жүйесін қолдануын ескере отырып есептеледі:

$$\frac{1}{R_u} = \frac{1}{4} - \frac{1}{5,5} = 0,1, \quad (4.2)$$

$$R_u = \frac{1}{0,1} = 10 \text{ Ом} . \quad (4.3)$$

Қара топырақ жерлендіргіштің құрылыс орнында грунттың меншікті кедергісі 100 Ом.м . 2 климаттық зона үшін жоғарылатқыш коэффициенттер 11-2 [9] кесте бойынша $0,8 \text{ м}$ және $1,8 \text{ м}$ салу тереңдігі кезінде көлденең созылған электродтар үшін $4,5$ сонымен қатар салу тереңдігі кезінде $2-3 \text{ м}$ ұзындықтағы тік серіппелі электродтың төбесі $0,5-0,8 \text{ м}$.

Есептік меншікті кедергі:
 көлденең электрод үшін

$$\rho_{расч.г} = 4,5 \cdot 100 = 450 \text{ Ом} \cdot \text{м}, \quad (4.4)$$

тік электрод үшін

$$\rho_{расч.г} = 1,8 \cdot 100 = 180 \text{ Ом} \cdot \text{м}, \quad (4.5)$$

Жердің деңгейінен 0,7 м төмен жүктелген кездегі ұзындығы 2,5 м болатын №50 бұрышының бір тік электродтың ағуының кедергісі 11-3 [9] кестесіндегі формула бойынша анықталады:

$$R_{о.в.э} = \frac{\rho_{расч.в}}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right), \quad (4.6)$$

мұндағы $d = d_{у.э} = 0,95 \cdot b = 0,95 \cdot 0,05 = 0,0475 \text{ м}$.

$$\begin{aligned} R_{о.в.э} &= \frac{\rho_{расч.в}}{2\pi \cdot 2,5} 2,3 \left(\lg \frac{2 \cdot 2,5}{0,0475} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot 1,95 + 2,5}{4 \cdot 1,95 - 2,5} \right) = \\ &= \frac{0,366}{2,5} \rho_{расч.в} \left(2,023 + \frac{1}{2} \cdot 0,29 \right) = 0,318 \cdot \rho_{расч.в} = 0,318 \cdot 180 = 57,2 \text{ Ом}. \end{aligned}$$

Алдын ала қабылданған қолдану коэффициенті кездегі мүмкін болатын тік жерлендіргіштер саны анықталады $K_{и.в}=0,12$:

$$n = \frac{57,2}{0,12 \cdot 10} = 48 \quad (4.7)$$

Бұрыштардың үстіңгі соңдарына күйдірілген, $40 \times 4 \text{ мм}^2$ жолағының көлденең электродының ағу кедергісі анықталады. $a/l=2$ қатынастағы және 100 ретгі бұрыштар саны кезінде контурдағы байланыстыру жолағының қолдану коэффициенті 11-7 [л-3] кестесі бойынша $k_{и.г.э}=0,24$ тең болады.

$$\begin{aligned} R_{и.г.э} &= \frac{1}{k_{и.г.э}} \cdot \frac{\rho_{расч.г}}{2\pi l} \cdot \ln \frac{2l^2}{bt} = \frac{1}{0,24} \cdot \frac{450}{2\pi \cdot 500} \cdot 2,3 \lg \frac{2 \cdot 500^2}{0,04 \cdot 0,7} = \\ &= 1,37 \cdot \lg 1,79 \cdot 10^7 = 1,37 \cdot 7,25 = 9,93 \text{ Ом}. \end{aligned}$$

Нәтижесінде 48 бұрышты таңдаймыз.

Сонымен қатар қосымша ретінде әр 6 м сайын көлденең байланысы бар жабдықтан 0,8-1 м қашықтықта орналасқан қосалқы станция аумағында контурға көлденең жолақтан тор орнатылады. Қосымша кіріс пен шығыста потенциалдарды теңестіру үшін, сонымен қатар контур шетіне тереңдетілген жолақтар төселеді. Осы саналмай қалған көлденең электродтар жерлендірудің жалпы кедергісін азайтады.

$40 \times 4 \text{ мм}^2$ жолағының термиялық беріктігі тексеріледі.
Жолақтың минималды қимасы термиялық беріктік шартынан жерге қ.т кезінде $t_{II}=1,1$ с.

$$S = 7800 \cdot \frac{\sqrt{1,1}}{74} = 110 \text{ мм}^2.$$

Осылайша, $40 \times 4 \text{ мм}^2$ жолағы термиялық беріктіктің шартын қанағаттандырады.

4.3 Қосалқы станцияны найзағайдың тікелей соққысынан қорғау

Ашық қосалқы станцияларды найзағай соққысынан қорғау жайтартқыштардың көмегімен жүзеге асырады. Жайтартқыш қорғалатын объекттің үстінде биіктеген және жерде найзағайдың түсумен қабылдайтын металлдық жайтартқыштан тұрады. Қорғалатын объекттің ұтылуы шегінде күмән туғызатын, жайтартқышқа жақын кеңістікті жайтартқыштың қорғаныс зонасы деп аталады.

Бір оқтаушалы жайтартқыштың қорғаныс зонасы көлденең жазықтықта радиусы (r_x) болатын, (h_x) биіктіктегі дөңгелек түріндегі қимасы бар конус ретінде болады.

$$r_x = h_a \cdot \frac{1,6}{1 + \frac{h_x}{h} \cdot p}, \quad (4.8)$$

мұндағы $h_a = h - h_x$ - қарастырылып жатқан деңгейден жайтартқыштың (активті биіктік). $p=1 - h \geq 30$ м кезіндегі жайтартқыштың коэффициенті.

ОРУ-35 кВ - 20×32 м қосалқы станциясының өлшемдерін анықтайық.

Қосалқы станция габариті $h_x = 7$ м.

Стандартқа сәйкес найзағай қабылдағыштың биіктігін қабылдаймыз: $h = 24$ м.

$$h_a = h - h_x = 24 - 7 = 17 \text{ м}. \quad (4.9)$$

Қорғаныс зонасын анықтаймыз:

$$r_x = h_a \cdot \frac{1,6}{1 + \frac{h_x}{h} \cdot p} = 17 \cdot \frac{1,6}{1 + \frac{7}{24} \cdot 1} = 24 \text{ м},$$

$$b_x = 4r_x \frac{7h_a - a}{14h_a - a} = 4 \cdot 21 \frac{7 \cdot 17 - 32}{14 \cdot 17 - 32} = 35 \text{ м}. \quad (4.10)$$

5 Экономика бөлімі

Тиімділік - зерттелетін нысанның нәтижелері мен шығындарының қарым-қатынасына байланысты белгілі мақсатты жүзеге асыру шамасында қарастырылады.

Энергетикалық компанияның жеке жақтарының қызметін сипаттайтын тиімділік жүйесінің көрсеткіші, оның менеджментінің сапасына жан-жақты баға беруге мүмкіндік береді. Осындай баға компанияның басшылығына қалай қажет болса, электр энергиясын қолданушыларға да, реттеуші органдарға да, қоғамдық топтарға (экология қорғаушыларына) да және сыртқы инвесторларға да сондай қажет.

Тиімділік жүйесін үш негізгі блокқа бөледі:

нәтижелілік аймақтық компаниялардың өндірістік-инновациялық қызметі және қолданушылармен өзара іс-қимылы;

үнемділік (экономикалық тиімділік) - өнімнің өзіндік құнын, қор қайтарылымы және өндірістік қуат пен қондырғыларды тиімді қолданудың басқа да көрсеткіштерін бағалау;

пайдалылық (қаржы тиімділігі) - қорытындылық пен үнемділіктен басқа сыртқы ортамен компаниялардың өзара іс-қимылы факторына байланысты компанияның, қаржы қызметінің қорытынды көрсеткішінің анықталуы.

5.1 Еңбек көлемін (сыйымдылығын) анықтау

Жөндеу циклі мен жөндеу аралық мерзім ұзақтығы төмендегідей анықталады:

$$T_{\text{ұзақ}} = T_{\text{кесте}} \cdot \beta_k \cdot \beta_p \cdot \beta_n \cdot \beta_o \cdot \beta_c$$

$$t_{\text{ұзақ}} = t_{\text{кесте}} \cdot \beta_k \cdot \beta_p \cdot \beta_n \cdot \beta_o \cdot \beta_c$$

мұндағы: $T_{\text{ұзақ}}$, $t_{\text{ұзақ}}$ - электр құрылғыларының әртүрлі жағдай үшін жөндеу циклі мен жөндеу аралық мерзім ұзақтығы (жылдар, айлар).

Мына ұзақтықтар $T_{\text{кесте}}$ және $t_{\text{кесте}}$ үшін түзету коэффициенттері β және соған сәйкес ондағы трансформаторлардың, смена, негізгі жабдықтарды қолдану, қозғалмалы құрылғылар бойынша коэффициенттерді [1]-тен алынады.

$T_{\text{ұзақ}}$ және $t_{\text{ұзақ}}$ шамалары әртүрлі типтік көлемдегі қозғалтқыштар үшін анықталады және №2 кестеге енгізіледі.

Бір күрделі жөндеуге n_k , n_a қанша күш сіңіру қажеттілігі (еңбек сыйымдылығы) құрылғылардың жөндеу жиілігі былай анықталады:

$$Ж_k = \frac{1}{T_{\text{ұзақ}}}, \text{ жыл} \quad Ж_a = \frac{12}{t_{\text{ұзақ}}}, \text{ ай}$$

және бұл әр құрылғының жөндеуден неше жылдан немесе айдан кейін өтетінін көрсетеді.

Ағымдық және күрделі жөндеудің қосынды еңбек сыйымдылығы i типтік көлемді құрылғылардың санын сол берілген жөндеу түрінің еңбек сыйымдылығына және жиіліктеріне көбейту арқылы анықталады:

$$B_{\kappa}^{\Sigma} = \sum P_i \cdot n_{\kappa}^i \cdot \mathcal{J}_{\kappa}^i$$

$$B_a^{\Sigma} = \sum P_i \cdot n_a^i \cdot \mathcal{J}_a^i$$

Π^{Σ} - қосалқы стансадағы құрылғылардың жалпы саны, данасы.

Құрылғылардың технологиялық байқаудың еңбек сыйымдылығы $B_{m\bar{o}}^{\Sigma}$, яғни былай алынады - $B_{m\bar{o}}^{\Sigma} = 0,1 \cdot B_a^{\Sigma}$

Кестеде көрсетілген B_{κ}^{Σ} , $B_{m\bar{o}}^{\Sigma}$, B_a^{Σ} , бағаналары қосылады. Сонымен қатар, қосалқы стансадағы барлық ағымдық және күрделі жөндеулер саны (M_{κ} , M_a) қосылады.

5.2 Жұмыс уақытының қорын есептеу

Жұмыс уақытының қоры күнтізбелік уақыттан көлемі жағынан ерекшеленеді, себебі ол демалыс уақытына, ауырған кезіне, қызмет және мемлекеттік міндеттемелерді істеу, балаға қарау, мейрам күндерінің сенбі және жексенбі күндерімен сай келуіне байланысты болады және төмендегідей анықталады:

$$K = (365 - 52 - D_m - D_d - D_{ш}) \cdot 7 - 11 = (365 - 52 - 6 - 18 - 10) \cdot 7 - 11 = 1942$$

мұндағы: D_d – демалыс күндер саны (18 күн);

$D_{ш}$ – жұмысқа белгілі себеппен шықпаған қосымша күндер (аурып қалу, мемлекеттік міндеттемелерді орындау, т.б. = 10 күн);

D_m – мереке күндерінің саны-6;

11 – жұмыс сағатын мерекеге байланысты қысқарту.

5.3 Еңбекшілердің саны мен құрамын есептеу

Жөндеу жұмыстарына қарастыратын еңбекшілер саны мына формуламен есептелінеді:

$$H^{\Sigma} = \frac{B^{\Sigma}}{K \cdot 1,1} = \frac{246,23}{1942 \cdot 1,1} = 0,13 \approx 1 \text{ адам}$$

мұндағы 1,1 коэффициенті еңбек өнімділігінің 10% өсуін көрсетеді. Электрлік жөндеу цехының Бас энергетик бөлімінің құрамына кіруіне байланысты оның өзінің бөлек есебі-қисабы болады немесе дербес бірлік ретінде жұмыс істей алады. Экономикалық дербестілігінің дәрежесін таңдау кәсіпорын көлемімен және электрлі машиналардың санына байланысты болады. Осының негізінде H^{Σ} мөлшеріне окладқа жұмыс істейтін келесі штаттық бірліктерді қосу керек:

$H^{\Sigma} < 10$ адам болған кезде - III разряд бойынша сыпырушы бір айлық төлем ақысымен;

$H^{\Sigma} > 10$ адам болған кезде - III разряд бойынша сыпырушыны, IV разрядтағы қойма бастығы- аспапшыны бір айлық төлем ақысымен; V разрядтағы цех бастығының төлем ақысына 20% артық қосу.

Жұмыскерлер саны (H^{Σ}) жұмыс көлеміне қарай бөлінеді: күрделі жөндеу үлестері жөндеу персоналының функциясына (міндетіне), ал ағымдық жөндеу мен техникалық қызмет көрсету - эксплуатациялық жұмыскерлерге қатысты. Разрядтарды келесідегідей (H^{Σ}) мөлшеріне байланысты бөлу қажет V-20%, IV-30%, III-50%.

5.4 Жылдық қосынды еңбекақы қоры мен эксплуатациялық шығындарды есептеу (ТЕАҚ)

Негізгі жылдық еңбекақы разряд пен сағаттық тарифтік ставкаға байланысты анықталады.

$$TEAK = K \cdot CTC$$

ТЕАҚ мөлшеріне 30 % сыйақы, 6 % қосымша еңбекақы қосылады және ол кестедегі 9-шы графасына (ЕАҚ) енгізіледі.

$$\sum EAK = TEAK + 0,3 \cdot EAK + 0,02 \cdot EAK$$

мұндағы: 30% - әлеуметтік сақтандыруға бөлінеді;
2 % - жұмыс бастылық қорына бөлінеді.

Есептердің нәтижесі 3-ші кестеге жазылады.

Жұмыскерлердің жылдық окладтық еңбекақы қорлары былай анықталады: 12 айдың ЕАҚ-ын ТЕАҚ графикасына енгізіліп, ары қарай барлық графаларды (6-12) қоса отырып есептейді.

Электрлік жөндеу цехы еңбекақыдан басқа құрал жабдықтарға, материалдарға, құрал-саймандарға ақша жұмсайтын болғандықтан бұл шаманы орташа есеппен 120 % еңбекақы тарифімен есептеуге болады, демек:

$$Ш_{\text{мат}} = 1,2 \cdot \text{ТЕАҚ} = 1,2 \cdot 167012 = 200414,4 \text{ тенге,}$$

Ғимараттың жұмысын (жылумен, жарықпен) қамтамасыз етуге, кәсіпорын басқармасына, көмекші өндірістерге, әлеуметтік нысандарға және емдеу орындарына жұмсалатын қаражат көлемі орташа есеппен еңбекақы тарифінің 150 % құрайды.

$$Ш_{\text{жалпы}} = 1,5 \cdot \text{ТЕАҚ} = 1,5 \cdot 200414,4 = 250518 \text{ тенге.}$$

Электрлік жөндеу цехы зауыттың бөлек ғимаратын немесе оның цехының бір бөлігін алатындықтан, оны қайта құру және жөндеуге қажетті шығындарды жабатын амортизациялық төлемдерді есептеуге болады. Ғимаратқа кететін ортақ қаржы салымын цехтағы бір жұмыскерге кететін меншікті қаржы салымына сәйкес 180 мың теңге деп алып, есептеуге болады.

$$K_{\Sigma} = 180 \cdot H_{\Sigma} = 180 \cdot 1 = 180, \text{ мың теңге.}$$

Ғимаратқа кететін амортизациялық аударылымдар (шығындар) нормасы 6 % деп K_{Σ} алынады, сонда амортизациялық шығын болып табылады:

$$Ш_{ay} = 0,06 \cdot 180 \cdot H_{\Sigma} = 0,06 \cdot 180 \cdot 1 = 10,8 \text{ тенге.}$$

Сонымен, электрлік жөндеу цехын қолдануға кететін барлық қосынды шығын былай есептеледі:

$$Ш_{\Sigma} = \sum EAK + Ш_{ay} = 348627,9 + 10,8 = 348638,7, \text{ тенге.}$$

Есепті мың теңгеде және үтірден кейін бір мән қою арқылы жүргізу керек.

5.5 Күрделі және ағымдық жөндеу жұмыстарының өзіндік құнын анықтау

Бөлімнің күрделі (M_k) және ағымдық (M_a) жөндеулердің жылдық санын аламыз:

$$M_k = Ж_k \cdot П = 214,903, \quad M_a = Ж_a \cdot П = 224,278$$

Цехтың күрделі B_k^{Σ} және ағымдық B_a^{Σ} жөндеулерге көрсетілген кететін шығындары қосынды шығыннан B^{Σ} пропорционалды түрде анықталады. Алынған үлестерге байланысты тиісті жөндеу түрлеріне кететін шығындар анықталады:

$$Ш_{\Sigma} = \left(Ш_{\Sigma}^k \cdot Ш_{\Sigma}^a \right)$$

Жөндеу жұмыстарының өзіндік құны былай анықталады:

5.6 Дефектілік ведомостыты құрастыру

Дефектілік ведомосты ең қуатты электр қозғалтқыштарына келесі кесте бойынша құрастырылады.

5.1 – кесте - Дефектілік ведомості

Жұмыс істеу реті	Разряд	Уақыт норм,сағ	Сағ.тариф. жүктеме,тг	Еңбекақы қортындысы,тг
құрылғыны бөлшектеу, жуу	III	1,02	67	68,34
Жанып кеткен сым орамын алып тастау	IV	0,86	75	64,5
Керпені тазалау және алып тастау	IV	0,5	75	37,5
Орамдарды дайындау	III	8	67	536
Сіндіру	III	0,24	67	16,08
құрылғыны жинау	V	1,92	86	165,12
Барлығы				887,54

5.7 Қосалқы станциядағы күрделі жөндеуін есептеу

Ең қуатты электроқозғалтқыштың күрделі жөндеуіне қажет есептеуді келесі кестеге байланысты құрастырылады.

Есептеуді құрастырғанда деффектілік ведомості негізге ала отырып (жиынтығының көлемі, негізгі еңбекақы), шешіміне және әдістемелерін есептей отырып шығарады. Нәтиже бойынша келесі кестеде көрсетілген.

5.2 – кесте – Кәсіпорын бойынша есептелген қор мен шығындар

Шығын статьялары	Сумма,тг
Негізгі еңбекақы	887,54
Сыйақы	266,262
Қосымша еңбекақы	53,2524
Әлеуметтік сақтандыру мен жұмыс бастылық қорына бөлінетін шығындар	284,0128
Материалдар, бөлшектер және т.б.	1065,048
Қоғамдық шығын	1331,31
Рентабелділік	177,508
Жөндеу бағасы	4064,9332

5.8 Эксплуатацияға кететін жалпы адам саны

Эксплуатациялық жұмысшылардың нақты саны келесі кейіптеме бойынша анықталады

$$R^3_H = \sum(m \cdot N \cdot P_K) / P_3, \text{ адам,}$$

5.3 – кесте – Эксплуатациялық есептеу

Құрылғының аты	Құрылғының саны, дана П	Жабдықтың жұмыс істеу ортасы	Жұмыстың ауысым саны	Жөндеу қиындылығы	R^3_H
1	2	3	4	5	6
Трансформатор	2	құрғақ кеңсе	3	12	0,08
Ажыратқыш	6	құрғақ кеңсе	3	8	0,16
КРУ	1	құрғақ кеңсе	3	12	0,04
Айырғыш	8	құрғақ кеңсе	3	8	0,213333333

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жұмыста бір тізбекті төмендеткіш қосалқы станция үшін релелік қорғаныс және автоматика есептері қарастырылды. Қосымша еңбекті қорғау мен экономика бөлімдері қаралды. Электрлік есептеу жағынан қосалқы станцияның әртүрлі нүктелерінде қысқа тұйықталу токтарын есептеу жүргізілді.

Күштік және өзіндік қажеттілік трансформаторлары үшін релелік қорғаныс есептері шығарылып, қорғаныс үшін кернеудің жоғарғы және төменгі жақтары бойынша релелер таңдалды: РТ-40/20, РТ-40/10 және РН-54/160, РТ-40/30, РТ-40/50. Дифференциалды қорғаныс үшін РНТ и ДЗТ релелері қажетті сезімталды болды, газдық қорғаныс үшін РГЧЗ-66 релесі алынды. Қосалқы станциядан тұтынушыларға дейін АС (3x95) типті кабель қолданылды. Кабель үшін РТ-40/300 релесі таңдалды. Секциялық ажыратқыштар үшін АВР –ден кейін лездік ток қорғанысы қолданылды. Конденсаторлық қондырғы үшін РТ-40/10 релесі, ал кернеудің жоғарылауынан РН-53/200 релесі тиімді болып саналды.

Синхронды қозғалқыш үшін РТЗ-51 және РТ-40/10 таңдалды. Қосалқы станцияның автоматикасы ретінде әуелік, кабелдік желілер мен жинақталған шиналар үшін ажыратқыштарға АВР қарастырылды, жүйедегі активті қуаттың тапшылығы пайда бола қалған жағдайда АЧР бірнеше сатымен қарастырылды. Сонымен қатар трансформатордың кернеун автоматты реттеуде АРНТ қарастырылды. трансформатора.

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Алиев И.И. Справочник по электротехнике и электрооборудованию: Учебное пособие для студентов ВУЗов. 2-е. изд., доп. – М.: Высшая школа, 2000. – 255 с., ил.
2. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. М.: Высшая школа, 1991. - 467 с.
3. Гловацкий В.Г., Пономарев И.В. современные средства релейной защиты и автоматике электросетей. М.: «Энергомашвин», 4 электронная версия, 2004
4. Королёв Е.П., Либерзон Э.М. Расчёты допустимых нагрузок в токовых цепях релейной защиты. – М.: Энергия, 1980. 208 с.
5. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: учебник для студентов высших учебных заведений/ Кудрин Б.И. – 2-е изд. – М.: Интернет Инжиниринг, 2006. – 672 с.: ил.
6. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть станций и подстанций. – М.: Энергоатомиздат, 1989
7. Овчаренко Н.И. Микропроцессорная релейная защита и автоматика линий электропередачи ВН и СВН. Часть 1. – М.: НТФ «Прогресс», 2007. - 52 с.: ил.
8. Чернобровов Н.В., Семёнов В.А. Релейная защита энергетических систем: Учеб. пособие для техникумов. – М.: Энергоатомиздат, 1998. – 800 с.: ил.
9. Шабад М.А. Расчёт релейной защиты и автоматике распределительных сетей. М.: Энергоатомиздат, 1985. - 296 с.
10. Правила устройства электроустановок. М.: Энергоатомиздат, 1998. 640 с.