ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ЖОҒАРЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. СӘТБАЕВ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ УНИВЕРСИТЕТІ

Энергетика және машина жасау институты

Энергетика кафедрасы

Елубай Мұхамеджан Алиханұлы

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Кәсіпорынның 6-10 кВ кабельдік желісінің МТҚ максималдық ток қорғанысының тағайыншамаларын таңдау

6В07101 – «Энергетика»

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ЖОҒАРЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. СӘТБАЕВ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ УНИВЕРСИТЕТІ

Энергетика және машина жасау институты

Энергетика кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
Кафедра меңгерушісі
PhD, ассистент-профессор
_____ Е.А. Сарсенбаев
«22» _____2022 ж.

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

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Кәсіпорынның 6-10 кВ кабельдік желісінің МТҚ максималдық ток қорғанысының тағайыншамаларын таңдау»

6В07101 – «Энергетика»

Орындаған: Елубай М. А.

Ғылыми жетекші
Аға оқытушысы
_____ Абитаева Р.
«17» қазан 2022ж.

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ЖОҒАРЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. СӘТБАЕВ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ УНИВЕРСИТЕТІ

Энергетика және машина жасау институты

Энергетика кафедрасы

6В07101 – «Энергетика» мамандығы

БЕКІТЕМІН
Кафедра меңгерушісі
PhD, ассистент-профессор
_____Е.А. Сарсенбаев
«_5_» ___09___2022 ж.

Дипломдық жұмысты орындауға
ТАПСЫРМА

Білім алушы: *Елубай М. А.*

Тақырыбы: Кәсіпорынның 6-10 кВ кабельдік желісінің МТҚ максималдық ток қорғанысының тағайыншамаларын таңдау

Университет ректорының *2021 жылғы «24» желтоқсанындағы №489-ПӨ* бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі *2022 жылғы «21» қазан.*

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Электр жүктемені есептеу жүргізу

б) Трансформаторларды есептеп, таңдау

в) Қысқа тұйықталуды есептеу, электр аппараттарды таңдау

г) 6-10 кВ кабельдік желісінің МТҚ максималдық ток қорғанысының тағайыншамаларын таңдау

Сызбалық материалдар тізімі: *Сызбалық материалдарды слайдпен дайындау*

Ұсынылатын негізгі әдебиет: 9 *атау*

Дипломдық жұмысты дайындау

КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	**Ғылыми жетекшіге көрсету мерзімдері**	**Ескерту**
Электрлік жүктемені есептеу	04.09.2022	жоқ
Трансформаторларды есептеп, таңдау	16.09.2022	жоқ
Қысқа тұйықталуды есептеу, электр аппараттарды таңдау	30.09.2022	жоқ
6-10 кВ кабельдік желісінің МТҚ максималдық ток қорғанысының тағайыншамаларын таңдау	15.10.2022	жоқ

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**
Электрлік жүктемені есептеу	Абитаева Р., аға оқытушысы	04.09.2022	
Трансформаторларды есептеп, таңдау	Абитаева Р., аға оқытушысы	16.09.2022	
Қысқа тұйықталуды есептеу, электр аппараттарды таңдау	Абитаева Р., аға оқытушысы	30.09.2022	
6-10 кВ кабельдік желісінің МТҚ максималдық ток қорғанысының тағайыншамаларын таңдау	Абитаева Р., аға оқытушысы	15.10.2022	
Норма бақылаушы	Бердібеков Ә.О. аға оқытушысы	20.10.2022	

Ғылыми жетекші _____ Р.Ш. Абитаева

Тапсырманы орындауға алған білім алушы М.А. Елубай

Күні "29" желтоқсан 2021 ж.

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

Елубай Мұхамеджан Алиханұлы
(аты-жөні)

6В07101 - Энергетика мамандығы бойынша
(мамандығы)

«Кәсіпорынның 6-10 кВ кабельдік желісінің МТҚ максималдық ток қорғанысының тағайыншамаларын таңдау»
(дипломдық жобаның тақырыбы)

тақырыбындағы дипломдық жұмысына

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

Осы дипломдық жұмыста студент Елубай Мұхамеджан, ауыл шаруашылығы секторының кернеуі 110/35/10 кВ қосалқы станциясы және әуе электр беріліс желілерінің есептеулері ұсынылған. Бұл дипломдық жұмыста номиналды кернеу таңдалды, күштік трансформаторлардың қуаттары есептелінді, болат алюминий сымдардың қималары таңдалды, қысқа тұйықталу токтарының есептеулері жүргізілді, электр аппараттары таңдалды.

Арнайы бөлімінде кәсіпорынның 6-10 кВ кабельдік желісінің МТҚ максималдық ток қорғанысының тағайыншамаларын таңдады.

Дипломдық жұмыс екі басты бөлімнен тұрады, олар электр жүктемесінің есебі, сонымен қоса қорытынды және қолданылған әдебиеттер тізімі келтірілген.

Қорытынды мен ұсыныстардың айғақтылығы және нақтылығы бойынша дипломдық жобадағы алдына қойылған мәселені шешу дәрежесі жақсы, зерттеу толығымен аяқталған.

Диплом жазушы Елубай Мұхамеджан теориялық дайындығын жеткілікті көрсетті, практикамен ұштастыра білді, алдына қойылған тапсырмаларды өздігінен шешіп, жұмысты жақсы меңгерді.

Дипломдық жұмыс қойылатын талаптарға сәйкес келеді және мемлекеттік аттестациялық комиссияның отырысында қорғауға жіберіледі. Ал, түлек Елубай Мұхамеджан «Энергетикасы» мамандығы бойынша «бакалавр» академиялық дәрежесіне лайықты және дипломдық жұмысын В «жақсы» 80 баллмен бағалаймын.

Ғылыми жетекші

Техника ғылымдарының магистрі,
«Энергетика» кафедрасының
Аға оқытушысы
_____Р.Ш. Абитаева
(қолы)
«17» қазан 2022 ж.

Ф КазНИТУ 706-16. Отзыв научного руководителя

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Тақырыбы: **«Кәсіпорынның 6-10 кВ кабельдік желісінің МТҚ максималдық ток қорғанысының тағайыншамаларын таңдау»**

5В071800 – Электр энергетикасы
(шифр және мамандық атауы)

Елубай Мұхамеджан Алиханұлы
(Студенттің аты-жөні)

Дипломдық жұмысына
(жұмыс түрінің атауы)

СЫН ПІКІР

Бұл дипломдық жұмыста ауыл шаруашылығы секторының электрмен жабдықтауың жобалау болып табылады. Қуат көздері аудандық қосалқы станцияның 110/35/10-6 кВ шиналары ұсынылған. Бұл дипломдық жұмыста 6-10 кВ кабельдік желісінің МТҚ максималды ток қорғанысының параметрлерін таңдау қарастырылған. Атап айтқанда, 6-10 кВ кабельдік желінің максималды ток қорғанысының релелік қорғаныс есептеулері. Еңбекті қорғау және электр қауіпсіздігі мәселелері қаралды.

Дипломдық жұмыс екі басты бөлімнен тұрады, олар электр жүктеме есебі, сонымен қоса қорытынды және қолданылған әдебиеттер тізімі келтірілген.

Жалпы дипломдық жұмысты орындау барысында түлектің өзі өз ойымен жазып, есептеулерін есептеп шығарғаны байқалады.

Жұмыс бойынша ескерту:

Ескерту ретінде, грамматикалық қателіктер, тыныс белгілері дұрыс қойылмай кеткендігін және қазақша аудармалары кейбір жерлерде дұрыс аударылмағандығын айтуға болады. Жалпы дипломдық жұмысы талаптарға сәйкес жазылған.

Жұмысты бағалау

Жоғарыда айтылғандарды қорыта келе, Елубай Мұхамеджанның дипломдық жұмысы В «жақсы» (80 балл) бағасына, ал автор – электрэнергетика бакалавры академиялық дәрежесін иемденуге лайық деп бағалаймын.

Сын-пікір беруші
Г. Даукеев атындағы Алматы байланыс
және энергетика университеті,
«Электроника және робототехника»
кафедрасының доценті, к.т.н.
_____ С.А. Юсупова
(қолы)
«____» _____ 2022 ж.

Персоналды басқару жөніндегі бөлім
Отдел по управлению персоналом

Қолтаңбаны растаймын
Подпись заверяю
Сәлтанғазинова
қызметі аты-жөні
«20» 10 2022 ж.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Елубай Мұхамеджан Алиханұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Кәсіпорынның 6-10 кВ кабельдік желісінің МТҚ тағайын шамаларын таңдау

Научный руководитель: Рахимаш Абитаева

Коэффициент Подобия 1: 14.7

Коэффициент Подобия 2: 5.9

Микропробелы: 1

Знаки из здругих алфавитов: 49

Интервалы: 0

Белые Знаки: 1

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

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

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

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

☐ Обоснование:

2022-10-27

Дата

Заведующий кафедрой Сарыбаев С.А

Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі «Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы

HR Қызметі

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Елубай Мұхамеджан Алиханұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Кәсіпорынның 6-10 кВ кабельдік желісінің МТҚ тағайын шамаларын таңдау

Научный руководитель: Рахимаш Абитаева

Коэффициент Подобия 1: 14.7

Коэффициент Подобия 2: 5.9

Микропробелы: 1

Знаки из здругих алфавитов: 49

Интервалы: 0

Белые Знаки: 1

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

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

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

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

☐ Обоснование:

2022-10-27

Дата

Нуржан Балтаев

проверяющий эксперт

АҢДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста кәсіпорынның 6-10 кВ кабельдік желісінің МТҚ максималды ток қорғанысының параметрлерін таңдау қарастырылған. Атап айтқанда, 6-10 кВ кабельдік желінің максималды ток қорғанысының релелік қорғаныс есептеулері қарастырылды. Электр жүктемелерін, номиналды кернеуді, қысқа тұйықталу токтарын есептеулері жасалды, жүктеме мәндеріне байланысты трансформаторлардың саны мен қуаты, сымдардың қималары, сондай-ақ өлшеу және қорғаныс аппараттары таңдалды. Еңбекті қорғау және электр қауіпсіздігі мәселелері қаралды.

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе рассмотрен выбор уставок максимальных токовых защит МТЗ кабельной сети 6-10 кВ предприятия. В частности, рассмотрены расчеты релейной защиты максимальной токовой защиты кабельной сети 6-10 кВ. Сделан расчет электрических нагрузок, напряжений, токов короткого замыкания, в зависимости от значений нагрузки были выбраны число и мощность трансформаторов, сечения проводов, а также измерительные и защитные аппараты. Рассмотрены вопросы охраны труда и электробезопасности.

ABSTRACT

In this thesis, the choice of the maximum current protection settings of the MCP of the 6-10 kV cable network of the enterprise is considered. In particular, calculations of relay protection of the maximum current protection of a 6-10 kV cable network are considered. The calculation of electrical loads, voltages, short-circuit currents was made, depending on the load values, the number and power of transformers, wire sections, as well as measuring and protective devices were selected. The issues of labor protection and electrical safety are considered.

МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	7
1	Бастапқы берілгендер	8
2	Негізгі бөлім	9
2.1	Электрлік жүктемені есептеу	9
2.2	Сыртқы электр жабдықтаудың кернеу шамасын анықтау	10
2.3	ТЭЕ-ді ескере отырып, күштік трансформаторларды таңдау	11
2.4	Кабелдік және әуе сымдардың қималарынын есептеулері	15
2.5	Қысқаша тұйықталу токтарын есептеу	18
2.6	Электрлік аппараттарды таңдау	23
2.7	Изоляторларды тексеру және таңдау	25
2.8	Ток өткізгіштік шинаны таңдау	26
2.9	Өлшеуіш ток және кернеу трансформаторлары	29
2.10	Қосалқы станцияға қорғаныс жерлендіруді есептеу	36
3	6-10 кВ кабельдік желісінің максималдық ток қорғанысының тағайыншамаларын таңдау	40
3.1	Релелік қорғаныс тұралы негізгі түсініктемелер	40
3.2	6-10 кВ кабельдік желінің релелік қорғанысын есептеу	
	Қорытынды	47
	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	48

КІРІСПЕ

Релелік қорғаныс электр автоматикасының негізгі түрі болып табылады, онсыз қазіргі заманғы энергетикалық жүйелердің қалыпты және сенімді жұмысы мүмкін емес және энергия жүйелері мен оның элементтерін қауіпті салдардан қорғауға арналған зақымдану және қалыптан тыс режимдер. Релелік қорғау апатты автоматты түрде жоюды (қалыптан тыс режимдер туындаған кезде) немесе оны оқшаулауды (зақымдалған элементті өшіру) жүргізеді. Ол электр энергиясының басқа түрлерімен тығыз байланысты авариялық бұзушылықтардың дамуын болдырмауға және тұтынушыларды электрмен жабдықтау мен энергожүйенің қалыпты жұмыс режимін тез қалпына келтіруге арналған автоматика.

Релелік қорғаныс - электр энергетикасының үздіксіз өзгеріп отыратын және кеңейіп келе жатқан саласы, қазір микропроцессорлық аппаратураны және компьютерлік бағдарламаларды тек қорғаныс үшін ғана емес, сонымен қатар электр қондырғыларын кешенді басқару үшін де қолданады.

Тағы бір анықтама бар: релелік қорғаныс электр қондырғысында апаттардың немесе қалыптан тыс режимдердің пайда болуына жауап беретін құрылғы деп аталады. Релелік қорғаныс – бұл бір немесе бірнеше реледен тұратын электр тізбегі-төтенше немесе қалыптан тыс режим пайда болған кезде жұмыс істейтін арнайы электрлік немесе электрлік емес құрылғылар. Релелік қорғаныс апатқа ұшыраған немесе қалыптан тыс режимді автоматты түрде анықтайды және тиісті қосқышты немесе қызмет көрсету персоналының сигналын өшіру туралы бұйрық береді.

МТЗ артықшылығы-оның қарапайымдылығы, сенімділігі және аз құны. МТЗ бір жақты қуаты бар радиалды желілердің селективтілігін қамтамасыз етеді. МТЗ кемшіліктеріне мыналар жатады: уақыттың үлкен ысырмалары, әсіресе қуат көздеріне жақын; жетіспеушілік үлкен жүктеме токтары бар тармақталған желілердегі қысқа тұйықталу кезіндегі сезімталдық. МТЗ 10 кВ және одан төмен радиалды желілерде кең таралған негізгі релелік қорғаныс болып табылады.

1 Бастапқы берілгендер

Дипломдық жұмыстың міндеті ауыл шаруашылығы секторының электрмен жабдықтауың жобалау болып табылады. Қуат көздері аудандық қосалқы станцияның 110/35/10-6 кВ шиналары.

Станциядан болжанған объектінің дейінгі қашықтық 20 км қашықтықта орналасқан. Тұтынушылардың жалпы тұтыну қуаты 13921 кВА. Күрделі шығындар және сыртқы электрмен жабдықтау кернеуге жылдық шығындардың техникалық-экономикалық салыстыру негізінде 35 кВ тең қабылданады. Электр энергия әуе электр беріліс желілері ВЛ сымдармен типі АС-70 тасымалданады. Қосалқы станцияда 10000 кВА трансформаторлар орналасқан.

Бастапқы дипломдық жұмыста берілгендері 1.1-кестеге еңгізілген.

1.1-кесте – Бастапқы берілгендер

Тұтынушылар аталуы	Есептік кешкі максимум		Бірмезгілдік коэффициенті
	$P_{уст}$, кВт	$Q_{уст}$, кВар	
1,2,3,4 – Тұрғын үй кешені	3200	2770	0,85
5 – Ұстахана	870	830	0,8
6 – Құс фабрикасы	400	350	0,75
14 – Жем қоймасы	100	50	0,75
8 – Ағаш цех	350	280	0,75
9 – Кірпіш зауыты	300	250	0,75
7, 10 – Малөсіру кешендері	2000	1740	0,8
11 – Мектеп	800	650	0,8
12,16 – Аурухана	400	350	0,75
13 – Ағаш шеберханасы	1600	1480	0,8
15 – Балабақша	500	1350	0,75

Электр құрылғылар ережелерге сәйкес электрмен жабдықтау ағымдағы тұтынушылар сенімділік дәрежесі бойынша үш санатқа бөлінеді.

Аудандық қосалқы станция аграрлық сектордың бұл дипломдық жұмыста ауыл шаруашылығы кешендері, ұста цехы, ұстасы, құс фабрикасы, тұрғын алаңы мен мектеп сенімділігі дәрежесі бойынша екінші санатына жатады. Ауыл шаруашылығы кешендерінің орналасуы 2.1-ші суретте көрсетілген.

2 Негізгі бөлім

2.1 Электрлік жүктемені есептеу

Есептік жүктемені есептеу кезінде бір топ электрқабылдағыштардың есептік максималды активті қуатың аңықтаймыз (кВт)

$$P_{макс} = k_м \cdot k_{и.ср} \cdot \sum P_у = k_м \cdot \sum P_{см.гр} \,. \qquad (2.1)$$

Бір топ электрқабылдағыштардың есептік максималды реактивті қуатың аңықтаймыз (кВар)

$$Q_{макс} = tg_{ср} \sum P_{см.гр} \,, \qquad (2.2)$$

немесе

$$Q_{макс} = 1{,}1 \sum Q_{см.гр} \text{ при } n_{эф} \le 10; \; Q_{макс} = \sum Q_{см.гр} \text{ егер } n_э > 10$$

Есептік толық қуат (кВА)

$$S_p = \sqrt{P_{макс}^2 + Q_{макс}^2} \,. \qquad (2.3)$$

2.1-кесте – Электрлік жүктемені есептеу

Тұтынушылар	Есептік кешкі максимум		Бірмезгілдік коэфф-ті	Есептік максим жүктеме	
	$P_{уст}$, кВт	$Q_{уст}$, кВар		$P_{расч}$	$Q_{уст}$
Малөсіру кешендері	4200	3600	0,85	3570	3060
Құс фабрикасы	650	430	0,8	520	344
Ұстахана	400	250	0,75	300	187
Ағаш цех	250	180	0,75	187	135
Ағаш шеберханасы	350	250	0,75	262	187
Кірпіш зауыты	2500	1740	0,8	2000	1392
Мектеп	1000	650	0,8	800	520
Балабақша	500	360	0,75	620	452
Аурухана	1200	880	0,8	960	704
Тұрғын үй кешені	2000	1350	0,78	1560	1053
Барлығы				10640	7582

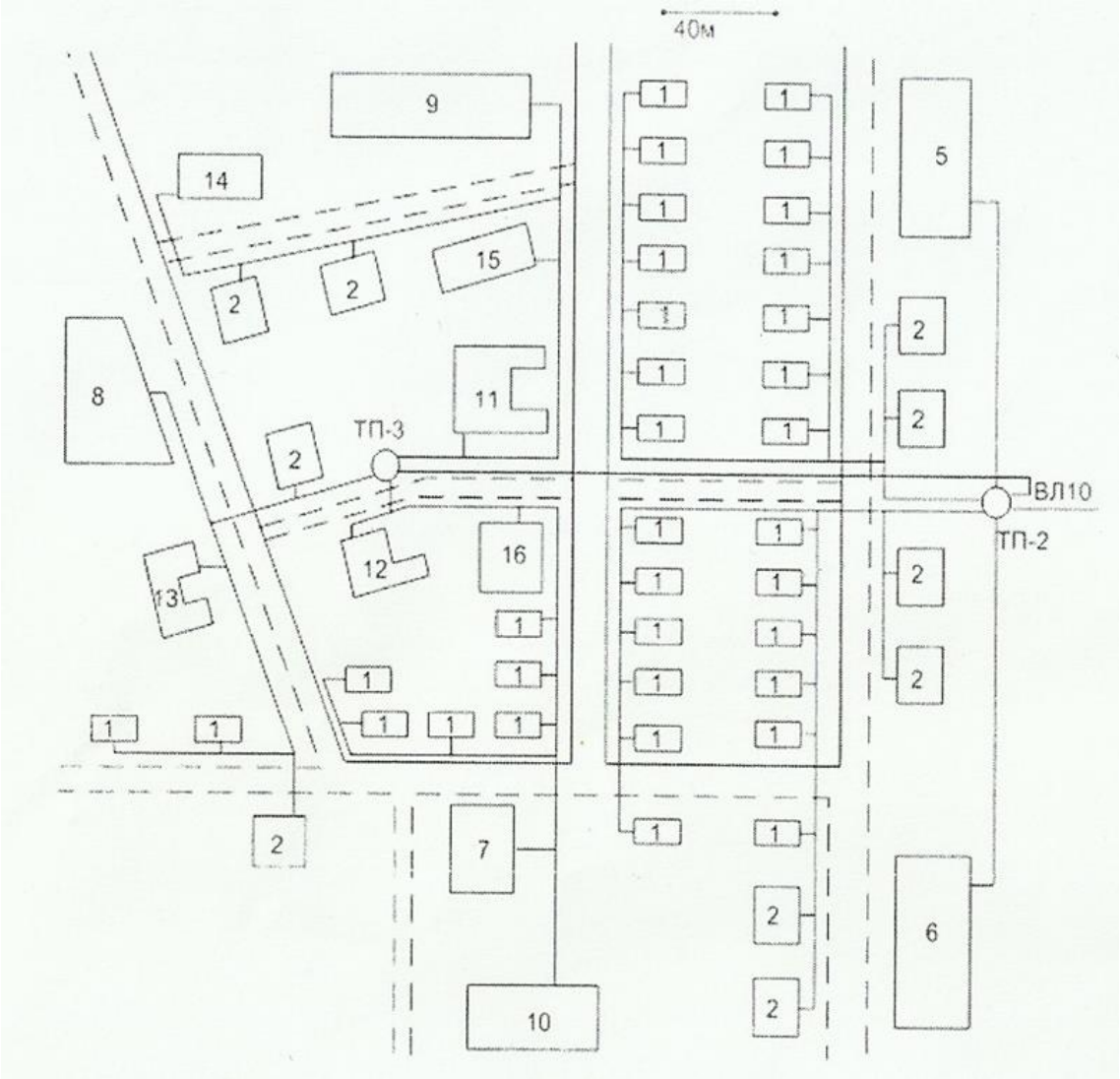
Есептік толық қуат:

$$S_{расч} = \sqrt{P_{расч}^{\ 2} + Q_{расч}^{\ 2}} = \sqrt{10640^2 + 7582^2} = 13921 кВА,$$

$$\cos\varphi = \frac{P_{расч}}{S_{расч}} = \frac{10640}{12676} = 0{,}8,$$

$$\mathrm{tg}\,\varphi = \frac{Q_{расч}}{P_{расч}} = \frac{7582}{12640} = 0{,}59.$$

Электрлік жүктемені есептеуі 2.1-кестеге еңгізілген.



2.1-сурет – Ауыл шаруашылығы кешендерінің орналасуы

2.2 Сыртқы электр жабдықтаудың кернеу шамасын анықтау

Кәсіпорын қоректенетін стандартты емес кернеуі Стил-Никагосов формуласы арқылы анықталады:

$$U = 16\sqrt[4]{P_{pi} \cdot l}, \text{ кВ} \quad (2.4)$$

мұндағы P_{pi} - шектік қуат, МВт;

l - жіберу ара қашықтығы, 2,4 км.

$$U = 16\sqrt[4]{P_{p\Sigma} \cdot l} = 16\sqrt[4]{10{,}64 \cdot 2{,}4} = 34{,}8кВ.$$

Осы шыққан кернеу бойынша келесі стандартты кернеуді таңдаймын, яғни $U_н = 35$кВ.

2.3 ТЭЕ-ді ескере отырып, күштік трансформаторларды таңдау

Екінші категориялы қабылдағыштары бар кәсіпорындары үшін БТҚС-сы екі күштік трансформатормен орындалады.

Егер БТҚС-да екі трансформатор орнатылса, олардың әрқайсысының номинал қуаты мына шарт арқылы таңдалады:

$$S_{н.т.} \geq \frac{S_p}{2 \cdot 0{,}7} . \quad (2.5)$$

Апат жағдайларында жұмыс істеп тұрған трансформатор, үшінші категориялы тұтынушылардың сыну мүмкіндігін ескере отырып, жіберілетін асқын жүктемеге тексеріледі, яғни

$$1{,}4S_{н.т.} \geq S_p . \quad (2.6)$$

$K_3 < 0{,}75$ кезінде 5 тәулік ішінде тәулігіне 6 сағаттан аспайтын 140%-ға шейін трансформаторды алаттан кейін асқын жүктеу жіберіледі.

Кесте 2.2 – Трансформаторлардың техникалық берілгендері

Нұсқа	Трансформатор	Номинал қуаты, МВА	Номинал кернеуі,кВ		Шығындар, кВт		Қ.т кернеуі, $U_{кз\%}$	Б.ж. тоғы, %	Бағасы млн.тг
			ЖК	ТК	Б.ж	Қ.т			
I	ТДН-$\frac{10000}{35}$	10	35	6,6	12,3	65	7,5	0,8	16
II	ТДН-$\frac{16000}{35}$	16	35	6,6	17,8	90	8	0,6	18,8

Осы шарттарды ескере отырып екі типті трансформатор таңдадым. Олардың техникалық берілгендері 2.2-кестеде берілген.

(2.5) және (2.6) шарты бойынша
I-вариант

$$10MBA \geq \frac{13921}{2 \cdot 0,7} = 9,94MBA,$$

$$1,4 \cdot 10 = 14MBA > 13921MBA.$$

II-вариант

$$16MBA > \frac{13921}{2 \cdot 0,7} = 9,94MBA,$$

$$1,4 \cdot 16 = 22,4MBA > 13921MBA.$$

Трансформаторлардың жүктелу коэффициенті

$$K_3 = \frac{S_p}{S_{ном.тр}} \qquad (2.7)$$

$$K_{3I} = \frac{13921}{2 \cdot 10000} \approx 0,69$$

$$K_{3II} = \frac{13921}{2 \cdot 16000} \approx 0,44$$

Трансформатордың бос жүріс кезіндегі реактивті қуаттары

$$\Delta Q_{xx} = \frac{S_{ном.тр} \cdot I_{xx}}{100}, \text{ кВар.} \qquad (2.8)$$

Қысқаша тұйықталу кезіндегі реактивті қуат

$$\Delta Q_к = S_{ном.тр} \cdot \frac{U_к}{100}, \text{ кВар.} \qquad (2.9)$$

1-ші нұсқа:

$$\Delta Q_{х.х} = S_{н.тр} \cdot \frac{I_{х.х}}{100} = 10000 \cdot \frac{0,8}{100} = 80\ квар; \qquad (2.10)$$

$$\Delta Q_{к.з} = S_{н.тр} \cdot \frac{U_к}{100} = 10000 \cdot \frac{7,5}{100} = 750\ квар, \qquad (2.11)$$

$$\Delta P'_{х.х.} = \Delta P_{х.х} + k_{и.п} \cdot \Delta Q_{х.х} = 12,3 + 0,05 \cdot 80 = 16,3\ кВт; \qquad (2.12)$$

$$\Delta P^{/}_{к.з.} = \Delta P_{к.з.} + k_{и.п} \cdot \Delta Q_{к.з.} = 65 + 0{,}05 \cdot 750 = 102{,}5\ кВт.$$

2-ші нұсқа:

$$\Delta Q_{х.х} = S_{н.тр} \cdot \frac{I_{х.х}}{100} = 16000 \cdot \frac{0{,}6}{100} = 96\ квар;$$

$$\Delta Q_{к.з} = S_{н.тр} \cdot \frac{U_к}{100} = 16000 \cdot \frac{8}{100} = 1280\ квар;$$

$$\Delta P^{/}_{х.х.} = \Delta P_{х.х} + k_{и.п} \cdot \Delta Q_{х.х} = 17{,}8 + 0{,}05 \cdot 96 = 22{,}6\ кВт;$$

$$\Delta P^{/}_{к.з.} = \Delta P_{к.з.} + k_{и.п} \cdot \Delta Q_{к.з.} = 90 + 0{,}05 \cdot 1280 = 154\ кВт.$$

Бос жүріс кезіндегі келтірілген шығындар

$$\Delta P^{'}_{хх} = \Delta P_{хх} + K_{н.п.} \cdot \Delta Q_{хх},\ \text{кВт}, \qquad (2.10)$$

мұндағы $K_{н.п.}$=0,02 кВт/кВар – шығынының өзгеру коэффициенті.

$$\Delta P_{10} = \Delta P^{/}_{х.х} + k_3^2 \cdot \Delta P^{/}_{к.з} = 16{,}3 + k_3^2 \cdot 102{,}5\ кВт;$$

$$\Delta P_{16} = \Delta P^{/}_{х.х} + k_3^2 \cdot \Delta P^{/}_{к.з} = 22{,}6 + k_3^2 \cdot 154\ кВт;\ \text{кВт}.$$

Қысқаша тұйықталу кезіндегі келтірілген шығындар

$$\Delta P^{'}_{к} = \Delta P_{к} + K_{н.п.} \cdot \Delta Q_{к},\ \text{кВт}. \qquad (2.11)$$

Трансформаторлардағы келтірілген шығындар:

$$P^{'}_{т} = \Delta P^{'}_{хх} + K_3^2 \cdot \Delta P^{'}_{к},\ \text{кВт}, \qquad (2.12)$$

$$\Delta P_{2 \cdot 10} = \eta \cdot \Delta P^{/}_{х.х} + k^2_{3 \cdot 0,5} \cdot \Delta P^{/}_{к.з} = 32{,}6 + k^2_{3 \cdot 0,5} \cdot 2 \cdot 102{,}5\ кВт.\ \text{кВт},$$

$$\Delta P^{/}_{2 \cdot 16} = \eta \cdot \Delta P^{/}_{х.х} + k^2_{3 \cdot 0,5} \cdot \Delta P^{/}_{к.з} = 2 \cdot 22{,}6 + k^2_{3 \cdot 0,5} \cdot 2 \cdot 154\ кВт.\ \text{кВт}.$$

Трансформаторлардың параллель жұмысына ауысу үшін қажетті жүктемені табамыз:

$$S = S_{ном.тр} \sqrt{N(N-1)\frac{\Delta P^{'}_{х}}{\Delta P^{'}_{к}}},\ \text{кВА}, \qquad (2.13)$$

мұндағы N – трансформатор саны.

$$S_A = S_{н.тр} \sqrt{n(n-1)\frac{\Delta P_{х.х}}{\Delta P_{к.з}}} = 10\sqrt{2 \cdot \frac{12{,}3}{65}} = 6{,}2\ МВА\ \text{кВА},$$

$$S_Б = S_{н.тр}\sqrt{n(n-1)\frac{\Delta P_{х.х}}{\Delta P_{к.з}}} = 16\sqrt{2\cdot\frac{17,8}{90}} = 10,1\ МВА\ \text{кВА}.$$

Капиталды шығындар

$$K = 2\cdot K_{тр},\ \text{млн.тнг}, \qquad (2.14)$$

$$K_I = 2\cdot 16 = 32\ \text{млн.тнг},$$

$$K_{II} = 2\cdot 18,8 = 37,6\ \text{млн.тнг}.$$

Амортизациялық шығын

$$C_a = K_{a,т}\cdot K\ \text{млн.тнг}, \qquad (2.15)$$

мұндағы $K_{a,т} = 0,1$ - трансформаторлардағы амортизациялық шығын коэффициенті.

$$C_{aI} = 0,1\cdot 32 = 3,2\ \text{млн.тнг},$$

$$C_{aII} = 0,1\cdot 37,6 = 3,76\ \text{млн.тнг}.$$

Максимум шығындар сағатының саны

$$T_П = (0,124 + \frac{T_{\max.н}}{10000})^2\cdot 8760,\ \text{сағ}, \qquad (2.16)$$

мұндағы $T_{\max.н} = 6000$ сағ/жыл – максимум активті жүктемені қолданудың жылдық сағат саны.

Жылдық электр энергия шығыны

$$\Delta Э_{a,т} = N\cdot P'_{хх}\cdot T_Г + \frac{1}{N}\cdot\Delta P'_{хх}\cdot\frac{S^2_{\max}}{S^2_{ном.тр}}\cdot T_П,\ \text{кВт сағ}, \qquad (2.17)$$

$$\Delta Э_{a,тI} = 2\cdot 16,3\cdot 8760 + \frac{1}{2}\cdot 102,5\cdot\left(\frac{13921}{10000}\right)^2\cdot 4592 = 791447,3\ \text{кВт сағ},$$

$$\Delta Э_{a,тII} = 2\cdot 22,6\cdot 8760 + \frac{1}{2}\cdot 154\cdot\left(\frac{13921}{16000}\right)^2\cdot 4592 = 881050,7\ \text{кВт сағ}.$$

Электр энергияның жылдық шығынының бағасы, $C_{оп} = 1,16$ тнг/кВт сағ болғанда:

$$C_п = C_{оп} \cdot \Delta Э_{а,т}, \text{тнг}, \quad (2.18)$$

$$C_{пI} = 1{,}16 \cdot 791447{,}3 = 918078{,}8 \text{ тнг},$$

$$C_{пII} = 1{,}16 \cdot 881050{,}7 = 1022018{,}8 \text{ тнг}.$$

Жылдық эксплуатациялық шығындар

$$C_э = C_а \cdot C_п, \text{ млн.тнг}, \quad (2.19)$$

$$C_{эI} = 3{,}2 + 0{,}918 = 4{,}12 \text{ млн.тнг},$$

$$C_{эII} = 3{,}8 + 1{,}02 = 4{,}82 \text{ млн.тнг}.$$

Жылдық келтірілген шығындар:

$$З = C_э + P_н \cdot K, \text{ млн.тнг}, \quad (2.20)$$

мұндағы $P_н = 0{,}12 - 0{,}15$ - экономикалық тиімділіктің нормативтік коэффициенті.

$$З_I = 4{,}12 + 0{,}12 \cdot 32 = 7{,}96 \text{ млн.тнг},$$

$$З_{II} = 4{,}82 + 0{,}12 \cdot 3{,}76 = 9{,}33 \text{ млн.тнг}.$$

Қорытындылай келгенде, бірінші трансформаторға кететін шығындар аз болғандықтан БТҚС-на қуаты 10 МВА болатын екі трансформатор ТДН - 10000/35 таңдаймын.

2.4 Кабелдік және әуе сымдардың қималарынын есептеулері

1) Кабелдік және әуе сымдардың қималарың қыздыру немесе рұқсат етілген тогы бойынша таңдау, ол үшін бірінші есептік токтарды анықтаймыз:

$$I_{р.вл} = \frac{S_р}{\sqrt{3} \cdot U_н}, \text{А}, \quad (2.21)$$

$$I_{р.кл} = \frac{S_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_н \cos\varphi}, \text{А}, \quad (2.22)$$

$$I_{р.вл} = \frac{13922}{\sqrt{3}\cdot 36,5} = 238А,$$

$$I_{р.кл} = \frac{1600}{\sqrt{3}\cdot 6,3\cdot 0,75} = 180А.$$

Осы есептелген тоқтар бойынша әуе желісіне АС-70, $I_{дл.доп} = 265$ А, сымды және кабель таңдаймыз, типі ААБГ-3х150, үш жилалы, рұқсат етілген тогы тең $I_{дл.доп} = 225$ А, осы типті кабель таңдаймыз.

Келесі қыздыру шарты бойынша таңдау формуласы

$$I_{дл.доп} \geq I_{расч}. \qquad (2.23)$$

Әуе желілері үшін

265А>238А.

Кабель желілері үшін шарт орындалады

225А>180А.

Қыздыру шарттары мен таңдалынған қималар токтық экономикалық тығыздығы бойынша келесі формуламен тексереміз

$$S_э = \frac{I_р}{j_{эк}}, \text{ мм}^2, \qquad (2.24)$$

мұндағы $I_р$ - максималдық есептелінген ток, А;

$j_{эк}$ - токтың экономикалық тығыздығы, А/мм^2.

Әуе желілері үшін

$$S_э = \frac{237}{1,3} = 180 \text{ мм}^2.$$

Кабелдік желілері үшін

$$S_э = \frac{180}{1,2} = 150 \text{ мм}^2.$$

Қорытынды нәтижелер бойынша әуелік желінің типі АС-150 сым болады, кабелдін типі ААБГ-3х150 таңдаймыз.

2) Кернеу шығындары бойынша есептеулер.

Ток өткізгіш кабельдер мен сымның қималарын кернеулер шығындары бойынша таңдаулары электрлік тұтынушыларында кернеу тұрақтылығын тексеруге қажетті. Кернеулердің нормаға сәйкес деңгейлерін ұстап тұруға

өндірістегі электрлік қондырғылардың бір қалыпты істеп тұруының маңызы өте зор.

Жоғары таңдаған кабельдер типі және сым қималарын ток көздері мен электрлік қабылдағыштар арасындағы болатын кернеулер ауытқуыларын ескеріп, келесі формула арқылы тексереміз:

$$S = \sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot \cos\varphi / \gamma \Delta U \text{, мм}^2, \qquad (2.25)$$

мұндағы I_p - электрлік қабылдағыштардың есептік токтары, А;

l - кабельдер немесе әуе желілерінің ұзындықтары, м;

$\cos\varphi$ - электр қабылдағыштардың қуат коэффициенті;

γ - проводтардың меншікті өткізгіштіктері, м/(Ом мм^2), мысалы 20^0 С температура кезінде мыстарға 53 м/Ом мм^2, ал алюминилерге тең 32 м/(Ом мм^2);

ΔU - кернеулердін шығындар мәні, В,

$\Delta U = 0{,}05 U_н$, егер кернеу $U_н = 35$кВ болғанда, мәні тең $\Delta U = 1750$В, ал кернеуі $U_н = 10$кВ болса, онда тең $\Delta U = 500$В-ке.

Әуелік желілерде

$$S = \sqrt{3} \cdot 237 \cdot 2400 \cdot 0{,}8/32 \cdot 1750 = 12\text{мм}^2.$$

Кабель желілерде

$$S = \sqrt{3} \cdot 180 \cdot 400 \cdot 0{,}8/32 \cdot 500 = 6{,}102\text{мм}^2.$$

Жоғарыда таңдаған ток өткізгіштер қималарының кернеу шығындары толық қанағаттандырылды.

3) Кабель жилаларының қимасын қысқа тұйықталу токтын термия төзімділік бойынша таңдаймыз.

Кернеу 1000В-тан жоғарыдағы кабель жилаларының қимасын қысқа тұйықталу тоғына термиялық төзімділік келесі формуламен тексереміз

$$S_{т.с.} = \alpha \cdot I_\infty \cdot \sqrt{t_n}\text{, мм}^2, \qquad (2.26)$$

мұндағы I_∞ - орныққан қысқа тұйықталу ток, кА;

t_n - қысқа тұйықталудың өтетін келтірілген уақыт, $t_n = 0{,}2$с;

α - есептік коэффициенті, кернеуіміз 1000В-қа дейін болса, алюминийден жасалған кабель үшін тең $\alpha = 12$.

$$S_{т.с.} = 12 \cdot 3{,}78 \cdot \sqrt{0{,}25} = 23{,}21\text{мм}^2.$$

Таңдаған кабель жиланың қимасы қысқа тұйықталу тоғы термиялық төзімділік шартына сәйкес болды.

4) Сымды механикалық беріктілігі бойынша тексереміз.

Кернеуі 35кВ-тан жоғары әуе электрлік тарату желілерінде механикалық беріктілігі бойынша минималдық қималар: 35мм^2 – алюминий, 25мм^2 – болатты-алюминий және болат сымдарына арналған. Таңдалған АС-150 қима механикалық беріктілік шарты бойынша өтеді.

Кабель электрлік тарату сымдары механикалық беріктілік бойынша тексермейміз.

5) Дірілден қорғаныс. Тростағы және сымдағы қайталап есептеуіне байланысты жылдық орта температурасында кернеулік сымдарда 4,0 даН/мм^2 жоғарласа, тростарда 18 даН/мм^2 жоғарлайды, соған байланысты дірілден қорғауға келесі ГВН-9 типті аппарат қолданады.

6) Тоттанудан қорғаныстар.

Осы дипломдық жобада сулардан оқшауланған темірлі бетоннан фундамент қарастырылды. Металл темір мен бетонды тіреугішті фундамент сулы жерасты оқшауланған қорғау керек және жердін бетінен 0,6 м жоғары болу қажет.

2.5 Қысқаша тұйықталу токтарын есептеу

1) Есептік шамаларды анықтау.

Негізінен қ.т. тоқтарын есептеу қысқа тұйықталған тізбектің кедергісін анықтауға тіреледі, ондағы барлық кедергілер салыстырмалы бірліктермен беріліп, базистік шарттарға (базистік қуат және базистік кернеу) келтіріледі.

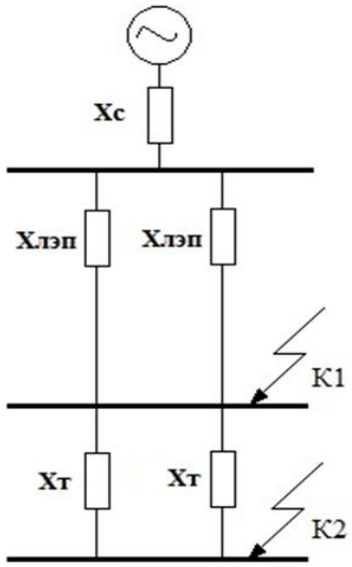
Базистік қуат ретінде қуаттың шартты 1000, 100 және т.с.с. МВА бірлігін алған жөн. Базистік кернеу әрбір саты үшін оның орташа номинал кернеуіне тең етіп алынады. Есептеу барысында трансформация коэффициенттерінің негізгі мәндері орташа номиналды кернеулермен алмастырылады. Орташа номиналды кернеулер шкаласы: 230; 115; 37; 21; 10,5; 6,3; 0,69; 0,525; 0,4; 0,23кВ. Қысқа тұйықталу тоқтарын есептеу үшін алмастыру сызбасы 2-ші суретте көрсетілген.

Базистік тоқ мына формула арқылы табылады:

$$I_б = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_б}, \text{ кА}, \qquad (2.27)$$

мұндағы $U_б$ - базистік кернеу, кВ;

$S_б$ - базистік қуат, МВА.



2.2-сурет – Қ.т. тоқтарын есептеу үшін алмастыру сызбасы

1) Трансформатордың кедергісі

$$x_{т*} = \frac{U_{к.з}}{100} \cdot \frac{S_б}{S_{н.т}}, \qquad (2.28)$$

$$x_{т*} = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{100}{10} = 1,063.$$

2) Энергожүйенің кедергісі

$$x_{с*} = \frac{I_{б35}}{I_{кз}}, \qquad (2.29)$$

$$x_{с*} = 0,125 \cdot \frac{100}{120} = 0,104.$$

3) Реактордың реактивті кедергісі

$$x_{р*} = x_{н.р.\%} \cdot \frac{I_б \cdot U_{н.р}}{100 \cdot I_{н.р} \cdot U_б}, \qquad (2.30)$$

мұндағы $I_б$ - базистік тоқ.

$$I_б = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 9,2 \text{ кА}.$$

4) Электр тарату желісінің кедергісі

Кабелдік желі

$$x_{к.л.*} = x_{0к.л.} \cdot l_{к.л.} \cdot \frac{S_б}{U_{б_2}^2}, \quad (2.31)$$

мұндағы $x_{0к.л.} = 0{,}08$ Ом/км – кабель желісінің индуктивті кедергісі;
$l_{к.л.} = 0{,}4$ км – кабель желісінің ұзындығы;
$U_{б_2} = 6{,}3$ кВ – базистік кернеу.

$$x_{к.л.*} = 0{,}08 \cdot 0{,}4 \cdot \frac{100}{6{,}3^2} = 0{,}0801.$$

Ауалық желі

$$x_{в.л.*} = x_{0в.л.} \cdot l_{в.л.} \cdot \frac{S_б}{U_{б_1}^2}, \quad (2.32)$$

мұндағы $x_{0в.л.} = 0{,}4$ Ом/км – ауалық желінің индуктивті кедергісі;
$l_{в.л.} = 20$ км – ауалық желінің ұзындығы;
$U_{б_1} = 6{,}3$ кВ – базистік кернеу.

$$x_{в.л.*} = 0{,}4 \cdot 2{,}4 \cdot \frac{100}{37^2} = 0{,}06.$$

2) Есептеу тәртібі.
К-1 нүктесіндегі қорытынды кедергі

$$x_{1*} = x_{c*} + x_{в.л.*}, \quad (2.33)$$

$$x_{1*} = 0{,}104 + 0{,}06 = 0{,}164.$$

К-2 нүктесіндегі қорытынды кедергі

$$x_{2*} = x_{1*} + x_{тр.*}, \quad (2.34)$$

$$x_{2*} = 0{,}164 + 1{,}063 = 1{,}227.$$

К-3 нүктесіндегі қорытынды кедергі

$$x_{3*} = x_{2*} + x_{к.л.*} + x_{тр.*}, \quad (2.35)$$

$$x_{3*} = 1{,}227 + 0{,}081 = 1{,}308.$$

К-1 нүктесіндегі базистік ток (2.27) формуласы бойынша

$$I_{б_1} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 37} = 1{,}56\,\text{кА}.$$

К-2 және К-3 нүктелеріндегі базистік тоқ

$$I_{б_2} = I_{б_3} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 6{,}3} = 9{,}2\,\text{кА}.$$

К-1 нүктесіндегі үш фазалы қ.т. тоғы

$$I_{кз1}^{(3)} = \frac{I_{б1}}{x_{1*}}, \text{кА}, \qquad (2.36)$$

$$I_{кз1}^{(3)} = \frac{1{,}56}{0{,}164} = 9{,}5\,\text{кА}.$$

К-2 нүктесіндегі үш фазалы қ.т. тоғы

$$I_{кз2}^{(3)} = \frac{I_{б2}}{x_{2*}}, \text{кА}, \qquad (2.37)$$

$$I_{кз2}^{(3)} = \frac{9{,}2}{1{,}227} = 7{,}5\,\text{кА}.$$

К-3 нүктесіндегі үш фазалы қ.т. тоғы

$$I_{кз3}^{(3)} = \frac{I_{б3}}{x_{3*}}, \text{кА}, \qquad (2.38)$$

$$I_{кз3}^{(3)} = \frac{9{,}2}{1{,}308} = 7{,}0\,\text{кА}.$$

К-1 нүктесіндегі соққы ток

$$i_{у1}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot K_у \cdot I_{кз1}^{(3)}, \text{ кА}, \qquad (2.39)$$

$$i_{у1}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1{,}8 \cdot 9{,}5 = 24\,\text{кА}.$$

К-2 нүктесіндегі соққы токтары

$$i_{y2}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{кз2}^{(3)}, \text{ кА}, \quad (2.40)$$

$$i_{y2}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1{,}8 \cdot 7{,}5 = 19 \text{ кА}.$$

К-3 нүктесіндегі соққы токтары

$$i_{y3}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{кз3}^{(3)}, \text{ кА}, \quad (2.41)$$

$$i_{y3}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1{,}8 \cdot 7 = 17{,}8 \text{ кА}.$$

Есептік кедергілер тең болады

$$x_{расч} = \Sigma x_* \cdot \frac{S_{\max}}{S_б}, \quad (2.42)$$

$$x_{1расч} = 0{,}164 \cdot \frac{120}{100} = 0{,}2,$$

$$x_{2расч} = 1{,}227 \cdot \frac{120}{100} = 1{,}5,$$

$$x_{3расч} = 1{,}308 \cdot \frac{120}{100} = 1{,}6.$$

Есептік кедергісі $x_{1расч} < 3$ төмен болғандықтан, қысқа тұйықталу токтың апериодтық құраушысының еселігін анықтау қажет ([1] 1.3- сурет)

$t = 0, k = 5{,}0,$
$t = 0{,}2, k = 3{,}6,$
$t = \infty, k = 2{,}5.$

Әрбір уақытқа сәйкес келетін қ.т. тоқтары

$$I_t = K_t \cdot I_б, \text{ кА}. \quad (2.44)$$

К-1 нүктесіндегі үш фазалы қ.т. тоғы

$$I_{t=0} = 9{,}9кА, \qquad I_{t=0,2} = 7{,}13кА, \qquad I_{t=\infty} = 4{,}95кА.$$

К-2 нүктесіндегі үш фазалы қ.т. тоғы
$t = 0, k = 0{,}69,$
$t = 0{,}2, k = 0{,}64,$
$t = \infty, k = 0{,}7.$

$$I_{t=0} = 7{,}6кА, \qquad I_{t=0,2} = 7{,}04кА, \qquad I_{t=\infty} = 7{,}7кА.$$

К-3 нүктесіндегі үш фазалы қ.т. тоғы

$t = 0, k = 0{,}62,$

$t = 0{,}2, k = 0{,}58,$

$t = \infty, k = 0{,}66.$

$$I_{t=0} = 6{,}8кА, \qquad I_{t=0,2} = 6{,}4кА, \qquad I_{t=\infty} = 7{,}26кА.$$

2.6 Электрлік аппараттарды таңдау

Барлық электрлік аппараттар номиналдық кернеу, номиналдық тоғымен алынады және электр динамикалық, электр термиялық төзімділіктерге тексеріледі.

2.3-кесте –Ажыратқыш және айырғыштың параметрлері

Тексерілетін және таңдалатын шамалар	Белгі-леу	Тексеру және таңдау формулалар	Ажыратқыш тар	Айырғыш тар
Номиналдық кернеулері, кВ	$U_н$	$U_н \geq U_{н.у}$	37≥35	37≥35
Номиналдық токтары, А	$I_н$	$I_н \geq I_{р.\max}$	1600>160	1000>160
Номиналдық өшу токтары, кА	$I_{н.отк}$	$I_{н.отк} \geq I_{кз}$	25 >9,45	-
Төзімділік динамикалық токтары, кА	$i_{пр.с}$	$i_{пр.с} \geq i_{уд.расч}$	32 >22	52 >22
Төзімділік термиялық токтары, кА	$i_{т.с}$	$I_t^2 \cdot t_t^2 \geq B_к$	$25^2 \cdot 5 = 3125 > 72$	$4^2 \cdot 10 = 160 > 70$

Айырғыштарды номиналдық кернеу мен ток бойынша таңдайды, орналасуы және конструкциялар бойынша таңдалады, қысқа тұйықталу режиміндегі электродинамикалық және термиялы төзімділіктерге тексеріледі.

Бас төмендеткіш қосалқы станциядағы күштік трансформаторларға дейін вакуумды жоғары кернеу типті ажыратқышты және үш полюсты айырғышты таңдаулары мен тексерулері жоғарғы кестеде көрсетілген.

$$B_{к1} = I_{кз1}^2 \cdot (t_{отк} + T_{a1}),\ кА^2 \cdot с, \qquad (2.47)$$

мұндағы $t_{отк}$ - өшу ток, с;

T_a - уақыт тұрақтысы, с;

$B_к$ - жылулық импульстері;

$I_к$ - қысқа тұйықталу ток, кА.

$$B_{к1} = 9,5^2 \cdot (0,2 + 0,55) = 70\ кА^2 \cdot с.$$

Бас төмендеткіш қосалқы станциядағы күштік БТҚС трансформаторларынан кейін вакуумды типті ажыратқышын және үшполюсты типті айырғышын таңдау және тексеру 42.3 кестеде көрсетілген.

2.4-кесте – Таңдалған айырғыш пен ажыратқыштын параметрлері

Тексерілетін және таңдалатын шамалар	Белгі-леуі	Тексеру және таңдау формулалар	Ажыратқыштар, типі РВРЗ	Айырғыштар, типі ВВ/TEL-10-32/1600
Номиналдық кернеулері, кВ	$U_н$	$U_н \geq U_{н.у}$	10,5≥10	10,5≥10
Номиналдық токтары, А	$I_н$	$I_н \geq I_{р.\max}$	1600>920	1600>920
Номиналдық өшу токтары, кА	$I_{н.отк}$	$I_{н.отк} \geq I_{кз}$	32>7,0	-
Төзімділік динамикалық токтары, кА	$i_{пр.с}$	$i_{пр.с} \geq i_{уд.расч}$	50>18	80>18
Төзімділік термиялық токтары, кА	$i_{т.с}$	$I_t^2 \cdot t_t^2 \geq B_к$	$31,5^2 \cdot 4 = 3969 > 33$	$45^2 \cdot 4 = 8100 > 33$

$$B_{к2} = I_{кз2}^2 \cdot (t_{отк} + T_{a2}),\ кА^2 \cdot с, \qquad (2.48)$$

$$B_{к2} = 7,5^2 \cdot (0,2 + 0,65) = 33\ кА^2 \cdot с.$$

2.5-кесте – Жоғары кернеулі электрқозғалтқышқа электр аппараттарды таңдау

Тексерілетін және таңдалатын шамалар	Белгі-леу	Таңдау және тексеру формулалары	Ажыратқыш ВБЛ-10-20/1000У3	Айырғыш РВФЗ-6
Номиналдық кернеулері, кВ	$U_н$	$U_н \geq U_{н.у}$	10,5≥10	10,5≥10

Номиналдық токтары, А	$I_н$	$I_н \geq I_{р.\max}$	630>180	630>180
Номиналдық өшу токтары, кА	$I_{н.отк}$	$I_{н.отк} \geq I_{кз}$	12,5>7,20	-
Төзімділік динамикалық токтары, кА	$i_{пр.с}$	$i_{пр.с} \geq i_{уд.расч}$	20 >18	52 >18
Төзімділік термиялық токтары, кА	$i_{т.с}$	$I_t^2 \cdot t_t^2 \geq B_к$	$20^2 \cdot 3 = 1200 > 22$	$20^2 \cdot 4 = 1600 > 22$

Ең үлкен қуатты сорапқа вакуумды типті ажыратқыш және типті айырғышты таңдау 2.5 кестеде көрсетілді.

$$B_{к3} = I_{кз3}^2 \cdot (t_{отк} + T_{а3}),\ кА^2 \cdot с, \tag{2.49}$$

$$B_{к3} = 7^2 \cdot (0{,}25 + 0{,}25) = 22\ кА^2 \cdot с.$$

2.7 Изоляторларды тексеру және таңдау

Шиналар жоғары тарату қондырғыларда өтпелі және ілмелі, тіректі оқшаулатқыштарына изоляторларға бекітіледі. Қатты типті шиналар тіректі изоляторларына бекітіледі. Осындай оқшаулатқыштар номиналдық кернеу және механикалық жіберілетін жүктеме бойынша таңдаймыз.

Номиналдық кернеу шарты

$$U_{ном} \geq U_{уст}\ . \tag{2.50}$$

Паспорттық берілгендер бойынша изолятор ОФ-10-750 типті, тіректі оқшаулатқышын таңдаймыз

10,5кВ≥10,5кВ.

Таңдалған оқшаулатқышты рұқсат етілген жүктеме бойынша тексереміз

$$F_{доп} \geq F_{расч}, \text{ кН}\ . \tag{2.51}$$

мұндағы $F_{расч}$ - (2.56) формуласы бойынша есептелінеді

$$F_{доп} = 0{,}6 \cdot F_{разр}, \text{ кН}. \tag{2.52}$$

$F_{разр}$ - иілуге әсер еткендегі бұзушы жүктеме, 750 кН.

$$F_{доп} = 0{,}6 \cdot 750 = 450 \text{ кН},$$

450кН>250 кН.

өтпелі оқшаулатқыштарды келесі шарттар арқылы таңдайды

номиналдық кернеу бойынша

10,5кВ≥10,5кВ.

номиналдық тоқ бойынша

$$I_{ном} \geq I_{\max}, \tag{2.53}$$

2000А>905А.

рұқсат етілген жүктеме бойынша тексереміз

$$0{,}5 \cdot 3000 = 1500 \text{ кА} > 250 \text{ кН}.$$

Паспорттық берілгендер бойынша изолятор П10/2000-3000 типті өтпелі оқшаулатқыш таңдаймыз.

2.8 Тоқ өткізгіштік шинаны таңдау

Бас төмендеткіш қосалқы станцияларда шиналардың есептік токтарың келесі формуламен анықталады

$$I_{расч} = \frac{S_{расч}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, \text{А}, \tag{2.54}$$

мұндағы $S_{расч}$- толық есептік қуат, кВА;

$U_{ном}$ - желі кернеуі, кВ.

$$I_{расч} = \frac{10000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 924 \text{А}.$$

Есептік токтың мәні (қоршаған ортаның температурасын ескере отырып),

$$I'_{расч} = \frac{I_{расч}}{K_2}, \text{А}, \tag{2.55}$$

мұндағы K_2-қоршаған ортаның температурасына байланысты, түзету коэффициенті тең болады К=0,85 ([1] кесте 1.1).

$$I'_{расч} = \frac{924}{0,85} = 1087 \text{ А}.$$

Алюминиден жасалған, қимасы тік бұрышты шинаны таңдаймыз, типі 100х8, S=800мм^2, $I_{доп} = 1625$А. Қысқа тұйықталу кезінде динамикалық төзімділікке шиналарды тексеру қажет.

Ұш фазалы қысқа тұйықталу кезінде шиналарға ең үлкен әсер етуші күш келесі формуламен аңықталады

$$F_{расч} = 1,76\frac{l}{a}(i_y^{(3)})^2 \cdot 10^{-2}, \text{ даН} \qquad (2.56)$$

мұндағы l- изоляторлардың ара қашықтығы, $l = 110$см;

a- ось арасындағы ток жүргізетін өткізгіштер арақашықтығы, $a = 30$см;

$i_y^{(3)}$- К-2 нүктесіндегі соққы тоғы,

$$F_{расч} = 1,76\frac{110}{30}(19)^2 \cdot 10^{-2} = 24 \text{ даН}.$$

Моментті келесі түрде анықтаймыз

$$M_{изг} = \frac{F_{расч}^{(3)} \cdot l}{10}, \text{ даНсм}, \qquad (2.57)$$

$$M_{изг} = \frac{24 \cdot 110}{10} = 264 \text{ даНсм}.$$

Шиналарды жатқызып орналастырғандағы кедергі моменті

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6}, \text{ см}^3, \qquad (2.58)$$

мұндағы b- шина қалыңдығы, см;

h - шина ені.

$$W = \frac{0,8 \cdot 10^2}{6} = 13,3, \text{ см}^3.$$

Майысу кезіндегі шинаның материал кернеуі

$$\delta_{расч} \le \frac{M_{изг}}{W}, \text{даН/см}^2, \qquad (2.59)$$

$$\delta_{расч} \le \frac{264}{13{,}3} = 20 \text{даН/см}^2.$$

Шинаны динамикалық төзімділікке тексергенде, келесі шарт орындалу қажет

$$\delta_{расч} \le \delta_{доп}, \text{даН/см}^2, \qquad (2.60)$$

$$20\text{даН/см}^2 < 650\text{даН/см}^2.$$

Таңдалған шина механикалық төзімділік шартын қанағаттандырады.

Қысқа тұйықталу тоқтары кезінде термиялық төзімділік шарты бойынша шинаның минималды қимасы келесі формуламен аңықталады

$$S_{\min} = S_{т.с.} = \frac{I_{\infty}\sqrt{t_{ф}}}{c}, \text{мм}^2, \qquad (2.61)$$

мұндағы I_{∞} - орныққан қысқа тұйықталу, А;

$t_{ф}$ -қысқа тұйықталудың фиктивті әсер ету уақыты, $t_{ф} = 0{,}2c$;

c - термиялық коэффициент, $c = 90$

$$S_{\min} = \frac{7700\sqrt{0{,}2}5}{90} = 42{,}7 \text{ мм}^2.$$

Термиялық төзімділігі

$$S_{\min} \le S, \text{мм}^2, \qquad (2.62)$$

$$42{,}7 \text{ мм}^2 < 800\text{мм}^2.$$

Таңдалған шина термиялық төзімділік шартын қанағаттандырады.

Қорытынды, типі 100х8, S=800мм^2 бір жолақты алюминиден жасалған шинаны таңдаймыз.

2.9 Өлшеуіш ток және кернеу трансформаторлары

Өлшеуіш кернеу трансформаторын келесі шарттар бойынша таңдаймыз

1) Номиналдық кернеу

$$U_{1н} \geq U_{ну}. \quad (2.63)$$

2) Дәлдік класс бойынша

$$U_{1н} \geq 1{,}1 \cdot U_{н}. \quad (2.64)$$

3) Конструкция және орналасуына байланысты.

4) Орамдардың қосылу схемасына байланысты.

5) Кернеу трансформатордын екінші ретті жүктеме бойынша тексереміз

$$S_{2н} \geq S_2, \quad (2.65)$$

мұндағы $S_{2н}$- берілген дәлдік арасындағы кернеу трансформатордың номиналдық қуаты, В А;

2.6-кесте – Өлшеуіш кернеу трансформаторына қосылатың жүктеме

Аспаптар түрлері	Типтері 4MS-38-D	Бір орам-ның қуаты S, ВА	Орам дар саны	$cos\,\phi$	$sin\,\phi$	Аспап тар саны	Жалпы тұтынатын қуаттары	
							P, Вт	Q,ВАР
Вольтметр	Э-335	2	1	1	0	3	6	-
Ваттметр	Д-335	1,5	2	1	0	3	9	-
Активті қуат датчигі	Е-829	10	-	1	0	3	30	-
Реактивті қуат датчигі	Е-830	10	-	1	0	3	30	-
Актив энергия датчигі	И-680	2Вт	2	0,38	0,92	3	12	29,208
Частотомер	Э-372	3	1	1	0	3	9	-
Варметр	Д-335	1,5	2	1	0	3	9	-
Барлығы							96	29,2

S_2 - кернеу трансформатордың екінші реттік есептік жүктемесі.

$$S_2 = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^{n} S_{прибі} \cdot \cos\varphi_{прибі}\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^{n} S_{прибі} \cdot \sin\varphi_{прибі}\right)^2}, \text{ ВА.} \qquad (2.66)$$

(2.66) бойынша кернеу трансформаторының екінші ретті жүктемесі.

Кернеуі 35кВ желіге 4MS-38-D типті, класс дәлдігі 0,5, 400 ВА, кернеу трансформаторды таңдаймын.

37кВ≥37кВ.

Кернеу трансформатордың екінші ретті жүктемесі 2.67-кестеде көрсетілген.

400В А>100 В А

2.7-кесте – Өлшеуіш кернеу трансформаторына қосатың жүктеме

Аспаптар типі	типтері НТМИ-10-66	Бір орамдағы қуат S, ВА	Орамдар саны	$cos\,\phi$	$\sin\varphi$	Аспаптар саны	Жалпы тұтынатын қуаттары	
							Р, Вт	Q,ВАР
Вольтметр	Э-335	2	1	1	0	1	2	-
Ваттметр	Д-335	1,5	2	1	0	2	6	-
Варметр	Д-335	1,5	2	1	0	1	3	-
Активті қуат датчигі	Е-829	10	-	1	0	2	20	-
Реактивті қуат датчигі	Е-830	10	-	1	0	2	20	-
Активті энергия датчигі	И-680	2Вт	2	0,38	0,925	2	3,04	7,4
Ваттметр Тіркейтін	И-348	10	2	1	0	2	30	-
Вольтметр тіркейтін	Н-344	10	1	1	0	2	20	-
Частотомер	Э-372	3	1	1	0	2	6	-
Барлығы							110	7,4

Электр аспаптарды жалғауға арналған сымдардың қимасы

$$\Delta U_{пров} = 0{,}03 \cdot U_{гн}, \text{ В}, \qquad (2.67)$$

$$\Delta U_{пров} = 0{,}03 \cdot \frac{100}{\sqrt{3}} = 1{,}732\text{В}.$$

Есептегішті қосқан кезде

$$\Delta U_{пров} = 0{,}005 \cdot U_{гн}, \text{ В}, \quad (2.68)$$

$$\Delta U_{пров} = 0{,}005 \cdot \frac{100}{\sqrt{3}} = 0{,}289\text{В}.$$

Жалғауға арналған мыс сымдардың қимасы S=1,5 мм^2 деп аламыз.

НТМИ-10-66, дәлдік классы 0,5, 6 кВ желіге өлшеуіш кернеу трансформаторың таңдаймыз және оның екінші орамына қосылатын жүктемелері жоғары кестеде көрсетілген.

Өлшеуіш кернеу трансформатордың екінші орамасындағы жүктеме

$$S_2 = \sqrt{(110{,}04)^2 + (7{,}4)^2} = 110\text{ВА}.$$

200 ВА>110 ВА.

Таңдалған өлшеуіш кернеу трансформаторларының паспорттық берілгендері төменгі кестеде көрсетілген.

2.8-кесте – Өлшеуіш кернеу трансформаторларының паспорттық берілгендері

Типтері	Орамдарының номиналдық кернеуі		0,5 класс дәлдік кластағы номиналдық қуаттары, ВА	Макси-малдық қуаттар, ВА
	I-ші ретті	II-ші ретті		
	кВ	В		
4MS-38-D	35	100/$\sqrt{3}$	400	2000
НТМИ-10-66	10	100	200	960

2)Тоқ трансформаторларын таңдау және тексеру

Тоқ трансформаторын таңдау шарттары:

Номиналды кернеу бойынша

$$U_{н.тт} \geq U_{ну} \quad (2.69)$$

Бірінші ретті номиналдық ток бойынша

$$I_{1н} \geq I_{р.\max} \quad (2.70)$$

Орналастыруына байланысты. Дәлдік кластары бойынша.
Екінші ретті жүктемесі бойынша

$$S_{2н} \geq S_{2расч} \qquad (2.71)$$

мұндағы $S_{2н}$- тоқ трансформаторының екінші орамына қосылатың (номиналдық) жүктемесі, В А;

$S_{2расч}$- қалыпты режимде тоқ трансформатордың екінші орамдағы есептік жүктемесі, ВА.

Тоқ трансформаторларды қосалқы станциядағы БТҚС трансформаторына дейін және жоғары қуатты сорап қозғалтқышына таңдаймыз.

Бас төмендеткіш трансформаторына дейін ТФН-35 типті ток трансформаторды таңдаймыз. Оның каталогты берілгендері 2.9 кестеде және оның екінші орамасына қосылған жүктемесі 2.10 кестеде.

2.9-кесте – Өлшеуіш ток трансформатордын параметрлері

Тексерілетін шамалар	Формулалары	Каталогтық берілгендер	Есептік берілгендер
Номиналдық кернеуі, кВ	$U_н \geq U_{н.у}$	35	35
Номиналдық бірінші орамасындағы ток, А	$I_н \geq I_{р.\max}$	400	264
Динамикалық тоғы, кА	$i_{пр.с} \geq i_{уд.расч}$	50	9,5
Термиялық тоғы, кА	$I_t^2 \cdot t_t^2 \geq B_к$	1200	72,2

2.10-кесте – Ток трансформатордың жүктемесі

Аспаптар атауы	Типтері	Қуаттары, ВА	Дәлдік класы
Амперметрлер	Э-330	0,5	1,5
Ваттметрлер	Д-335	0,5	1,5
Электр энергия есептегіштері, активті, реактивті	СР4-И689	2,5	1,5
Варметрлер	0,5	0,5	1,5
Барлығы		4	

(2.71) шартына сәйкес

30В А>4В А.

Аспаптардың кедергілері келесі формуламен аңықталады

$$r_{приб} = \frac{S_{приб}}{I_{гн}^{a}}, \text{Ом}, \qquad (2.72)$$

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

Аспатарды жалғауға пайдаланатын сымдардың кедергісі

$$r_{пр} = Z_{2ном} - r_{приб} - r_{к}, \text{Ом}, \qquad (2.73)$$

мұндағы $Z_{2ном}$ - тоқ трансформаторының номиналдық екінші орамдағы жүктемесі.

$$Z_{2ном} = \frac{S_{2ном}}{I_{2н}^{2}}, \text{Ом}, \qquad (2.74)$$

$$Z_{2ном} = \frac{30}{5^2} = 1{,}2 \text{ Ом}.$$

$r_{к}$ - контактілер арасындағы кедергі, $r_{к} = 0{,}1 \text{Ом}$.

$$r_{пр} = 1{,}2 - 0{,}16 - 0{,}1 = 0{,}94 \text{Ом}.$$

Бір бірімен аспатарды жалғайтын сымдардың ең минималды қимасы аңықталады

$$S = \frac{\rho \cdot l_{расч}}{r_{пр}}, \text{ мм}^2, \qquad (2.75)$$

мұндағы ρ - алюминий сымның меншікті кедергісі

$$\rho = 0{,}0283 \ \frac{Ом \cdot мм^2}{м}.$$

$l_{расч}$- “толық жұлдыз” схемасы бойынша жалғанған сымдардың есептік ұзындығы, $l_{расч} = l = 90$ м.

$$S = \frac{0{,}0289 \cdot 90}{0{,}94} = 2{,}46 мм^2.$$

Есептік нәтиже бойынша АКРВГ - 2,5мм^2 типті бақылау кабелін таңдаймыз.

Төмендеткіш трансформатордан кейін ТПОЛ - 10-У3 өлшеуіш ток трансформаторды таңдаймыз, оның тексеру шарттары төменгі кестеге еңгізілген.

2.11-кесте – ТПОЛ- 10-У3 өлшеуіш ток трансформатордын параметрлері

Тексерілетін шамалары	Тексеру шарттары	Паспорттық берілгендері	Есептік берілгендері
Номиналдық кернеуі, кВ	$U_н \geq U_{н.у}$	10	10
Номиналдық бірінші орамасындағы ток, А	$I_н \geq I_{р.\max}$	1500	925
Динамикалық тоғы, кА	$i_{пр.с} \geq i_{уд.расч}$	52	19
Термиялық тоғы, кА	$I_t^2 \cdot t_t^2 \geq B_к$	$31{,}5^2 \cdot 3 = 2976{,}75$	33,75

Жоғары қуатты электрлік қозғалтқышқа ТПЛ-10-У3 ток трансформаторды таңдаймыз, оның параметрлері 2.12 және 2.13 кестелерге еңгізілген.

2.12-кесте – ТПЛ-10-У3 өлшеуіш ток трансформаторы

Тексерілетін шама	Тексеру шарттары	Каталогтық берілгендері	Есептік берілгендері
Номиналдық кернеуі, кВ	$U_н \geq U_{н.у}$	10	10
Номиналдық бірінші орамасындағы ток, А	$I_н \geq I_{р.\max}$	300	180,7
Динамикалық тоғы, кА	$i_{пр.с} \geq i_{уд.расч}$	45	17,8
Термиялық тоғы, кА	$I_t^2 \cdot t_t^2 \geq B_к$	$18^2 \cdot 3 = 972$	22,05

2.13-кесте – Тоқ трансформаторларының техникалық берілгендері

Ток трансформаторлар типі	Номиналдық кернеуі $U_{ном}$, кВ	Номиналдық тоғы, А		Динамикалық, термиялық токтары, кА		Өшу уақыты $t_{тер}$, с	Жүктемелер $S_{2ном}$, ВА
		$I_{1н}$	$I_{2н}$	$i_{дин}$	$I_{тер}$		
1	2	3	4	5	6	7	8
ТФН-35	35	400	5	50	20	3	30
ТПОЛ-10-У3	10	1500	5	81	31,5	3	20
ТПЛ - 10-У3	10	300	5	45	18	3	10

2.10 Қосалқы станцияға қорғаныс жерлендіруді есептеу

1) Бас төмендету қосалқы станцияға қорғағыш жерлендіруді қосуды есептеу.

Сыйымдылықтық тоқтарды қарымталаусыз жерге қосу құрылғысының кедергісі:

$$r_з = 0{,}50\,\text{м}.$$

Жасанды жерге қосудың кедергісі

$$r_e = 30\,\text{м}.$$

Жерге қосу құрылғысын 0,8м тереңдікте орналасқан, 40х4мм болат жолақпен контур бойынша орналастырамын. БТҚС-сының ауқымы 30х20м.

Қорытынды жерге қосу құрылғысының кедергісі

$$R_{иск} = \frac{r_e \cdot r_з}{r_e - r_з}, \text{Ом}, \qquad (2.76)$$

$$R_{иск} = \frac{3 \cdot 0{,}5}{3 - 0{,}5} = 0{,}6\,\text{Ом}.$$

Жерге қосқыш жолақтың кедергісі

$$r_г = \frac{0{,}306 \cdot \rho_{расч}}{l} \lg \frac{2l^2}{bt}, \text{Ом}, \qquad (2.77)$$

мұндағы l - жолақтың ұзындығы, l=100м;

b - жолақтың ені, $b = 40 \cdot 10^{-3}$ м;

t - жолақтың орналасқан тереңдігі, t=0,8м;

$\rho_{расч}$- грунттың есептік кедергісі.

$$\rho_{расч} = \psi \cdot \rho_{уд}, \text{Омм}, \tag{2.78}$$

мұндағы ψ =2÷35 – кедергі жоғарылыту коэффициенті горизонталь электродтар үшін.

$\rho_{уд}$=8÷70 Ом м – грунттың меншікті кедергісі (құм).

$$\rho_{расч} = 3{,}5 \cdot 70 = 245 \text{Ом м},$$

$$r_г = \frac{0{,}306 \cdot 245}{100} \lg \frac{2 \cdot 100^2}{40 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}8} = 4{,}3 \text{Ом}.$$

Вертикаль электродтардың санын анықтаймыз

$$n_B = \frac{l}{a}, \tag{2.79}$$

мұндағы a - вертикаль электродтардың ара-қашықтығы, a =5м.

$$n_B = \frac{100}{5} = 20 \text{ штук}.$$

Экрандау коэффициентін қолдана отырып, горизонталь жолақтың кедергісін анықтаймыз

$$R_г = \frac{r_г}{\eta}, \text{Ом}, \tag{2.80}$$

мұндағы η - экрандау коэффициенті, $\eta = 0{,}44 \div 0{,}5$.

$$R_г = \frac{4{,}345}{0{,}5} = 8{,}68 \text{Ом}.$$

Вертикаль жерге қосқыштардың қажетті кедергісі

$$R_в = \frac{R_г \cdot R_{иск}}{R_г - R_{иск}}, \text{Ом}, \tag{2.81}$$

$$R_в = \frac{8{,}68 \cdot 0{,}6}{8{,}68 - 0{,}6} \approx 1 \text{Ом}.$$

Вертикаль электродтардың саны

$$n_в = \frac{r_в}{R_в \cdot \eta_в}, \text{Ом}, \qquad (2.82)$$

мұндағы $r_в$ - бір вертикалды электродтың кедергісі.

$$r_в = \frac{0{,}306 \cdot \rho_{расч}}{l}\left(\lg\frac{2l}{d} + \frac{1}{2}\lg\frac{4t+l}{4t-l}\right), \text{Ом}. \qquad (2.83)$$

(2.78) формуласындағы ψ вертикаль электродтар үшін $1{,}1 \div 1{,}5$.

$$\rho_{расч} = 1{,}5 \cdot 70 = 105 \text{ Ом м},$$

мұндағы l- вертикаль электродтың ұзындығы, l=5м;
d - электродтың диаметрі, d =20мм;
t- жерден электродтың ортасына дейінгі қашықтық.

$$t = 0{,}8 + \frac{l}{2} = 0{,}8 + \frac{5}{2} = 3{,}3 \text{ м},$$

$$r_в = \frac{0{,}306 \cdot 105}{5}\left(\lg\frac{2 \cdot 5}{20 \cdot 10^{-3}} + \frac{1}{2}\lg\frac{4 \cdot 3{,}3 + 5}{4 \cdot 3{,}3 - 5}\right) = 22{,}075 \text{ Ом},$$

$$n_в = \frac{22{,}075}{1 \cdot 0{,}5} = 44 \text{ штук}.$$

Экрандау коэффициентін ескере отырып жерге қосу құрылғысының кедергісі:

$$R_и^{'} = \frac{r_в}{n_в \cdot \eta}, \text{ Ом}, \qquad (2.84)$$

$$R_и^{'} = \frac{22{,}075}{44 \cdot 0{,}5} = 1 \text{ Ом}.$$

Есептелген жерге қосу құрылғысының кедергісінің дұрысын келесі шарт арқылы тексереміз:

$$R_{и}^{'} < R_{и}\,, \qquad (2.85)$$

1Ом >0,6 Ом.

Вертикаль электродтар саны $n_{в} = 44$ болғанда соңғы шарт орындалмайды, ендеше вертикаль электродтар санын көбейтіп, (2.84) формуласын қайта есептеймін.

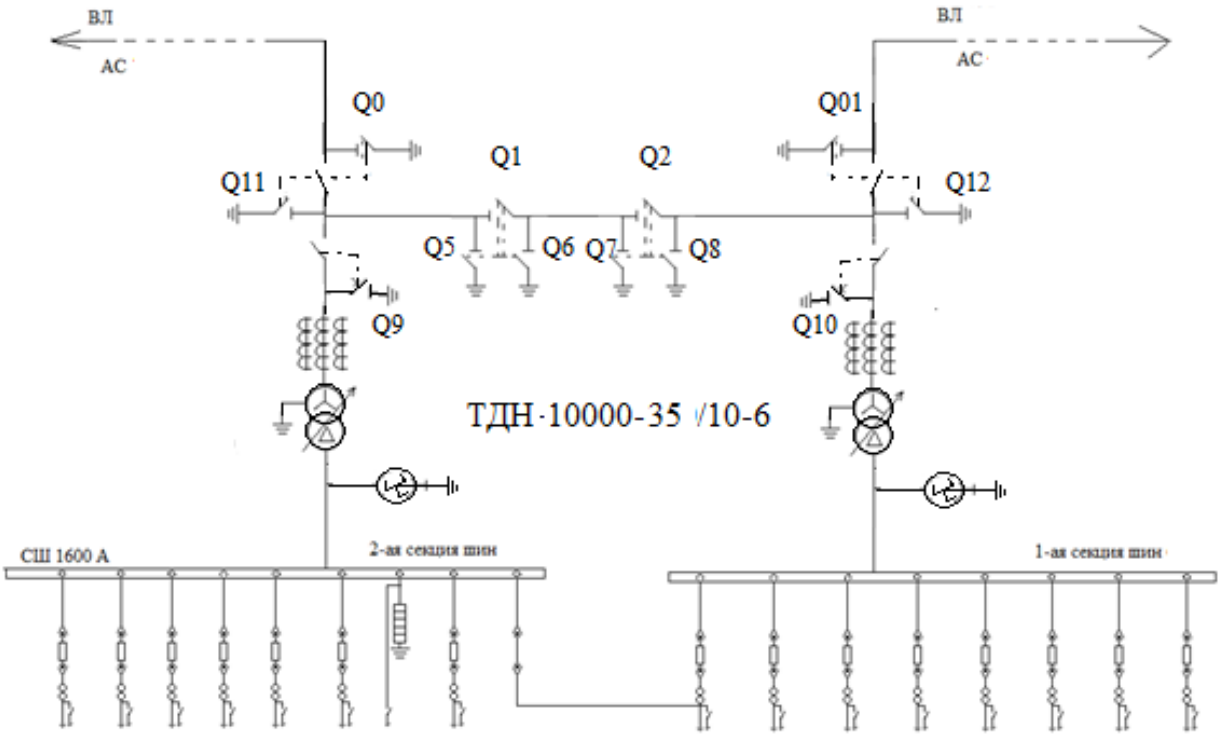
$$R_{и}^{'} = \frac{22{,}075}{60 \cdot 0{,}65} = 0{,}56\,\text{Ом}.$$

(2.85) шарты бойынша

0,56Ом<0,6 Ом.

Қорытындылай келе, вертикаль электродтар санын $n_{в} = 60$ штук аламын.

Тіреуіштін өз аралық жерге қосылуы ұзындығы 2,5 метрге тен вертикалды электродты созылған жерлендіргішге орындалады. Жерлендіргіш қондырғысы топырақтын тоттандыру әсерін еске ала отырып, диаметрі 16 мм тең дөнгелекті болаттан жасалады.



2.3-сурет – Электрмен жабдықтау схемасы

3 6-10 кВ кабельдік желісінің максималдық ток қорғанысының тағайыншамаларын таңдау

3.1 Релелік қорғаныс тұралы негізгі түсініктемелер

Релелік қорғанысы дегеніміз — электрлік автоматиканың негізгі бір түрі болып табылған. Қазіргі заманда релелерсіз энергетика жүйелерінде сенімді жұмыстары мүмкін емес. Релелік қорғаныс энергетикалық жүйенің бүкіл бөліктерінің жұмыс жүргісін және жұмыс жағдайын тынымсыз тексереді және, қалыпсыз жұмыстарға және ақаулық пайда болған орай әрекет етеді. Зақымдалған жерлер болса релелік қорғаныс табады да жүйеден ажыратып тастайды. Егер бос жүріс пайда болса қорғаныс оны анықтайды, бұзылудың сипаттамасына байланысты, қалпына келтіру үшін керекті іс-әрекет жасайды не қызметкерлерге бір белгі береді.

Қазіргі цифрлы микропроцессорлық релелік қорғаныс электр автоматикамен тығыз байланыста. Ол автоматика жүргіні қалпына келтіру және тұтынушыларды қоректендіру үшін орнатылған.

Релелік қорғаныс келесі негізгі талаптарға сай келуі тиіс:

- талғаулық.
- тез әрекеттілігі.
- сезгіштік.
- сенімділік.

Тез әрекеттілігі – бұл релелік қорғаныстың зақымдалған элементтерін анықтау және ЭЭЖ-ден ажырату жыламдығын сипаттайтын қасиеті. Тезәрекет-тілік көрсеткіші болып қорғаныстың қосылу уақыты табылады – бұл зақымдалу пайда болған сәттен бастап желіден зақымдалған элементті ажыратқан сәтке дейінгі уақыт аралығы.

Талғаулық – релелік қорғаныстың энергожүйенің зақымдалған элемент-терін анықтау мен сол элементті оған ең жақын ажыратқышпен сөндіру қабілетін сипаттайтын қасиет. Бұл зақымдалған участоктың таралмауына және желінің басқа учаскелерінің қалыпты жұмысын үзбеуге мүмкіндік береді.

Сезгіштік – релелік қорғаныстың энергожүйенің минимальды режимі кезінде берілген әрекет ету аумағы соңында зақымдалуларды анықтау қабілетін сипаттайтын қасиет. Максималды қорғаныс үшін мүмкін (зақымдалуды бақылауға сәйкес) минималды сигнал мәнінің іске қосылу параметріне қатынасымен анықталатын – сезімталдылық коэффициенті сезгіштік көрсеткіші болып табылады.

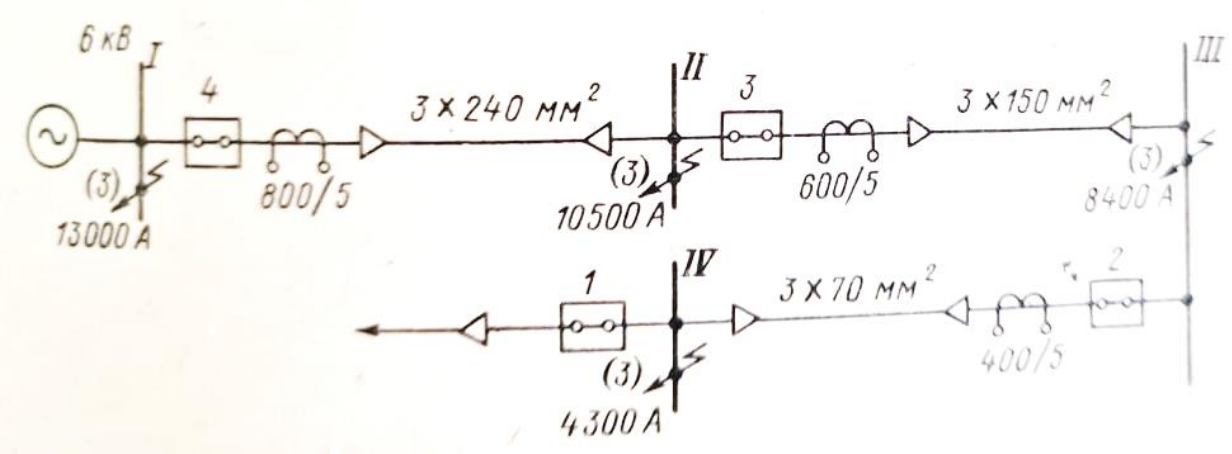
Сенімділік – релелік қорғаныстың қорғауға арналған зақымдалудың барлық түрлері мен қалыпты емес жұмыс режимдерінде дәл әрі істен шықпай дұрыс әрекет ету және қорғаныс талап етпейтін қалыпты жағдайларда, зақымдалулар мен қалыпты жұмыс режимдері бұзылғанда іске қосылмау қабілетін сипаттайтын қасиет. Қалыпты жұмыс уақыты мен қалыпсыздық

қарқындылығы (уақыт бірлігіндегі істен шығу саны) сенімділіктің негізгі көрсеткіші болып табылады.

Жоғары және өте жоғары кернеулі электр энергияны тарату желілерінің, жоғары қуатты электр станцияларының пайдаланылуы, негізгі және үлестіру тораптарының қарқынды дамуы басқару мәселесін қиындатты.

3.2 6-10 кВ кабельдік желінің релелік қорғанысын есептеу

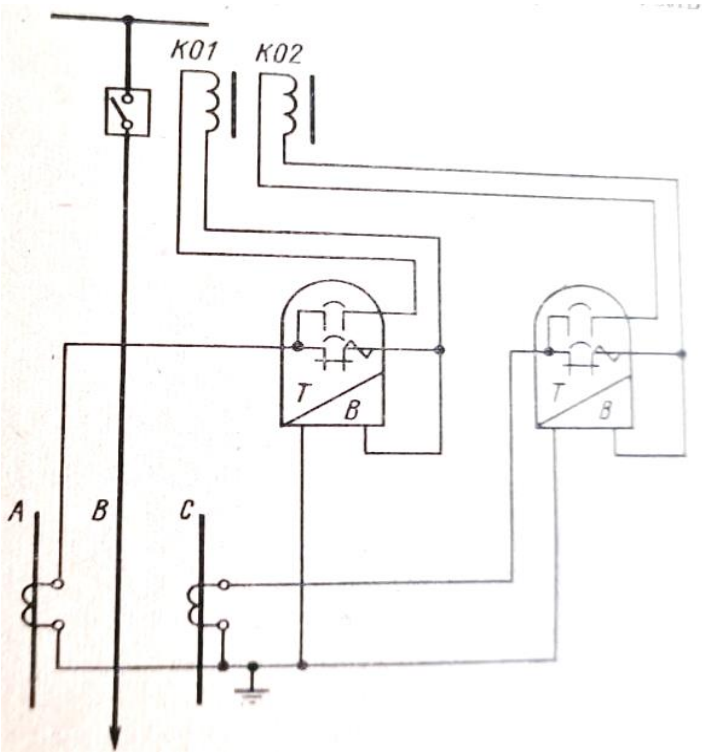
3.1-суретте 6 кВ радиалды кабельдік желі учаскесінің сызбасы келтірілген. 2,3 және 4 қорғаныс нүктелерін анықтаймыз және келесі бастапқы мәліметтер бойынша қорғауды келісу кестелерін ұсынынамыз: а) IV 6 кВ шиналарға қосылған 1 элементті қорғау (трансформаторлар, қозғалтқыштар) жылдам әрекет етеді (кесу); б) ажыратқыштарын өшіру уақыты t_o = 0,1 с; в) алюминий өткізгіштері бар жалғыз кабельдер жерге төселген; г) қорғаныс РТ-85/1 типті релесі бар екі фазалы екі релелі схема бойынша орындалады, онда токқа тәуелді іске қосу уақытының сипаттамасы және 150 а дейінгі токтарда басқарылатын тізбекті дешунттауға және айналып өтуге қабілетті қуатты коммутациялық байланыс бар (сурет 3.2), кәбілдерге ең жоғары жұмыс жүктемелерінің шамалары белгісіз; е) үш фазалы кз, кәбілдер және ток трансформаторлары ТТ тогының кезіндегі токтардың деректері төменде келтірілген.



3.1-сурет – 6 кВ радиалды кабельдік желі учаскесінің сызбасы

МТҚ максималды ток қорғанысының нүктелерін таңдау бастапқы және қайталама іске қосу токтарын, іске қосу уақытын, реле түрлерін, қорғалатын аймақтардың соңында металл қысқа тұйықталу кезіндегі минималды сезімталдық коэффициенттерін анықтау болып табылады, бұл қорғаныс негізгі және резервтік ретінде әрекет етеді. Сонымен қатар, екі немесе одан да көп

тізбектелген элементтердің қорғанысы сезімталдық пен уақыт бойынша келісілуі керек. Олар селективті әрекет етуі керек.



3.2-сурет – Ажыратқышты өшіру катушкаларын дешунттаумен екі фазалы екі релелі максималды ток қорғанысының схемасы

Максималды ток қорғанысы іске қосылуының бастапқы тогы қысқа тұйықталу жойылғаннан кейін қорғалатын элемент қосылған кезде толық тежелген электр қозғалтқыштарын және басқа жүктемені өздігінен іске қосу токтарынан қалпына келтірілуі тиіс. Сонымен қатар, жүктеменің ең жоғары жұмыс тогы кезінде қорғаныс іске қосылмау керек. Осы шарттарға сүйене отырып симметриялы қалыпты режимдегі қорғаныстың бастапқы іске қосылу тогы келесі формула бойынша есептеледі

$$I_{с.з} = k_{н} k_{з} I_{раб.макс} / k_{в}, \qquad (3.1)$$

мұндағы $к_н$ =1,2÷1,3 – сенімділік коэффициенті;

$к_в$ = 0,9-0,95 – қайту коэффициенті;

$к_з$ = 1,5-2,5 – жүктеменін өздігінен қосылу коэффициенті.

Реленің іске қосылу тогы келесі формула бойынша есептеледі

$$I_{с.р} = k_{сх} I_{с.з} / n_{ТТ}, \qquad (3.2)$$

мұндағы $к_{сх}$ – схема коэффициенті - реледегі токтың симметриялы қалыпты режимдегі және үш фазалы қысқа тұйықталу ҚТ кезіндегі ток трансформатордың ТТ екінші реттік токқа қатынасы.
ТТ үшбұрышқа немесе екі фазаның ток айырмашылығына қосылған кезде $к_{сх}=1,73$; *ТТ* толық немесе толық емес жұлдызға қосылған кезде $к_{сх}=1$.
Кабельдер үшін $I_{раб.макс}$ белгісіз жағдайларда, ол ПУЭ бойынша ұзақ рұқсат етілген жүктеме тогына тең қабылданады,

$$I_{раб.макс} = I_{дл.доп}. \tag{3.3}$$

Сезімталдық коэффициенті келесі формула бойынша ҚТ минималды токтарымен анықталады

$$k_ч = \frac{I_p}{I_{c.p}} = \frac{k_{cx} I_{k.мин}}{k_{cx} I_{с.з}}. \tag{3.4}$$

Біз 2 қорғауды қарастырамыз.

$I_{раб.макс}$, $к_з$ токтары берілмегендіктен, біз барлық кабельдер үшін номиналды кабель тогын қабылдаймыз $I_{раб.макс} = I_{дл.доп}$. Талаптарға сәйкес

$$I_{c.з2} = 4I_{ном} = 4I_{дл.доп} \tag{3.5}$$

$$I_{c.з2} = 4 \cdot 190 = 760 \text{ А}.$$

Алюминий кабелі үшін 3х70 мм^2, $I_{дл.доп} = 190$ А.
Реленің іске қосылу тогы есептеледі

$$I_{c.р} = 1 \cdot \frac{760}{80} = 9{,}5 \text{ А}.$$

Қабылдаймыз $I_{c.р2} = 10$ А, содан кейін

$$I_{c.з2} = 10 \cdot 80 = 800 \text{ А}.$$

2 қорғаныс релесі сипаттамасының тәуелсіз бөлігіндегі уақыттың үстамы IV шиналарға бекітілген элементтердің жылдам әрекет ететін қорғанысынан қалпына келтіріледі

$$t_{2зав} = \Delta t_{зав} = \Delta t_{p2} + t_{о.в} + t_{и.о} + t_{зап}$$
$$t_{2зап} = 0{,}1 + 0{,}1 + 0{,}15 + 0{,}1 = 0{,}45 \text{ с}.$$

Біз реленің іске қосылу уақытының сипаттамасының тәуелсіз бөлігінде мүмкін болатын ең төменгі мәнді қабылдаймыз РТ-85/1 $t_{2у} = 0{,}5$ с.

Релелік қорғаныстын сезгіштік коэффициентін шиналардағы екі фазалы минималды қысқа тұйықталу кезінде есептейміз. Сезімталдық коэффициенті $к_{сх}=1$ екенін ескере отырып, IV шиналардағы минималды екі фазалы ҚТ-мен (3.4) анықталады,

$$k_ч = \frac{k_{сх} I_{k.мин}^2}{k_{сх} I_{с.з2}} = \frac{0.867 \cdot 4300}{800} = 4{,}66 \geq 1{,}5.$$

ҚТ кезіндегі кабельдің термиялық тұрақтылығы келесі формула бойынша анықталады

$$S_{доп.мин} = \frac{I_\infty \sqrt{t_ф}}{C}, \qquad (3.6)$$

мұндағы $S_{доп.мин}$ – минималды кабель өзектерінің рұқсат етілген қимасы, мм^2;

I_∞ - кабельдің басында зақымдалған кезде тұрақты қт ток, А;

$t_ф$ – қысқа тұйықталудың жалған өшіру уақыты, с;

С – сымның (шиналардың) материалына тәуелді тұрақты; оның бастапқы және рұқсат етілген ең жоғары соңғы температурасы.

6 және 10 кВ тарату желілері үшін

$$I_\infty = I_k'' = I_k$$

$$t_ф = t_{с.з} + t_{о.в}, \qquad (3.7)$$

мұндағы $t_{с.з}$, $t_{о.в}$ – қорғаныстын іске қосылу және ажыратқышты өшіру уақыттары.

С тұрақтысы тең 90 және 160, тиісінше алюминий және мыс сымдары бар кабельдер үшін.

$$S_{доп.мин} = \frac{4300}{90}\sqrt{0{,}5 + 0{,}1} = 37 \text{ мм}^2.$$

Біз 3 қорғаныс шарттарын анықтаймыз.

Талаптарға сәйкес қорғаныс пен реленін іске қосылу тогы есептеледі

$$I_{с.з3} = 4I_{дл.доп} = 4 \cdot 275 = 1100 \text{ А}.$$

Бұл қорғаныс сезімталдығы бойынша 2 қорғанысымен келісілуі керек. Оның іске қосу тогы 2 қорғаныс тогына қарағанда 30-40% артық таңдалады, яғни,

$$I_{c.з3} = k_{н.с} I_{с.з2,} \tag{3.8}$$

мұндағы $к_{н.с}$ =1,3÷1,4 – 6-35 кВ желілерінде орнатылған, РТ-80 және РТ-90 сериялы реле үшін сәйкестендіру сенімділік коэффициенті; 1,25-1,5 – реле РТ-40 үшін;

$к_{н.с}$ = 1,1-1,2 – ВЛЭП-110 кВ және жоғары үшін.

3 ***қорғаныс үшін***

$$I_{c.з3} = 1{,}3 \cdot 800 = 1040 \text{ А},$$

Реленін іске қосу тогы

$$I_{c.р3} = 1 \cdot \frac{1100}{120} = 9{,}15 \text{ А}.$$

$I_{c.р3} = 9$ А, деп қабылдаймыз, соңда

$$I_{c.з3} = 9 \cdot 120 = 1080 \text{ А}.$$

Біз қорғаныс сезімталдылық коэффициентін оның III шиналардағы қт кезінде негізгі және IV шиналардағы қт кезінде резервтік ретінде есептейміз:

$$k_{ч.осн} = \frac{I_{k.III}^2}{I_{с.з3}} = \frac{0.867 \cdot 8400}{1080} = 6{,}74 > 1{,}5;$$

$$k_{ч.рез}^{(2)} = \frac{I_{k.IV}^2}{I_{с.з3}} = \frac{0.867 \cdot 4300}{1080} = 3{,}45 > 1{,}2.$$

Біз селективтілік сатысын есептейміз

$$\Delta t = \Delta t_{p3} + \Delta t_{p2} + t_{о.в} + t_{и.о} + t_{зап}$$
$$\Delta t = 0{,}1 + 0{,}15 + 0{,}1 + 0{,}15 + 0{,}1 = 0{,}6 \text{ с}.$$

Содан кейін релеге орнатылады

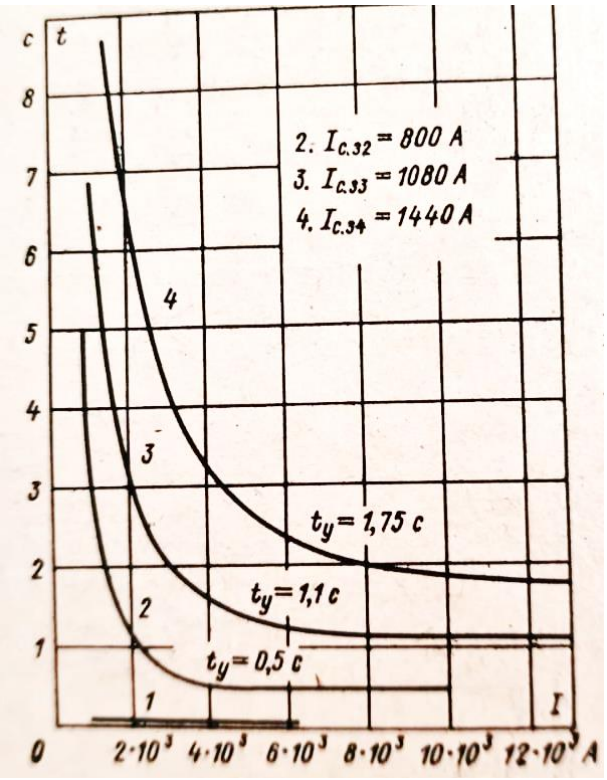
$$t_{у3} = t_{у2} + \Delta t_{зав} = 0{,}5 + 0{,}6 = 1{,}1 \text{ с}.$$

Айта кету керек, қорғанысты оның тәуелсіз бөлігінде шектеулі тәуелді сипаттамамен үйлестіру олардың кез-келген қт ток мәндерінде селективті

әсерін қамтамасыз етеді. Сипаттаманың нақты 3 графикалық-аналитикалық құрылысы 3 суретте көрсетілген.
Кабельдің термиялық тұрақтылығын II шиналардағы үш фазалы ҚТ кезінде тексереміз:

$$S_{\text{доп.мин}} = \frac{10500}{90}\sqrt{1{,}1 + 0{,}1} = 128 \text{ мм}^2 < 150 \text{ мм}^2.$$

10500 А ток кезіндегі 1,1 с – 3 қорғаныстын іске қосылу уақыты.



3.3-сурет – 1-4 қорғауларды келісу кестелері

Біз 4 қорғаныс шарттарын анықтаймыз.
Талаптарға сәйкес қорғаныс пен реленін іске қосылу тогы есептеледі

$$I_{c.34} = 4I_{\text{дл.доп}} = 4 \cdot 335 = 1420 \text{ А}.$$

Бұл қорғаныс сезімталдығы бойынша 3 қорғанысымен келісілуі керек. Оның іске қосу тогы 3 қорғаныс тогына қарағанда 30-40% артық таңдалады, яғни,

$$I_{c.34} = 1{,}3 \cdot 1080 = 1405 \text{ А},$$

Реленін іске қосу тогы

$$I_{c.\text{р}4} = 1 \cdot \frac{1420}{160} = 8{,}87 \text{ А}.$$

$I_{c.\text{р}4} = 9$ А деп қабылдаймыз, соңда

$$I_{c.\text{з}3} = 9 \cdot 160 = 1440 \text{ А}.$$

Біз қорғаныс сезімталдығының коэффициентін оның IV шиналардағы қт кезінде негізгі және III шиналардағы қт кезінде резервтік ретінде есептейміз:

$$k_{\text{ч.осн}} = \frac{I_{k.III}^2}{I_{\text{с.з}3}} = \frac{0.867 \cdot 10500}{1440} = 6{,}32 > 1{,}5;$$

$$k_{\text{ч.рез}}^{(2)} = \frac{I_{k.IV}^2}{I_{\text{с.з}3}} = \frac{0.867 \cdot 8400}{1440} = 5{,}05 > 1{,}2.$$

Содан кейін 4 сипаттаманың тәуелсіз бөлігіндегі уақыт үстамы (сурет.6) құрайды

$$t_{\text{у}4} = t_{\text{у}3} + \Delta t_{\text{зав}} = 1{,}1 + 0{,}65 = 1{,}75 \text{ с}.$$

Біз кабельдің термиялық тұрақтылығын тексереміз:

$$S_{\text{доп.мин}} = \frac{13000}{90}\sqrt{1{,}8 + 0{,}1} = 199 \text{ мм}^2 < 240 \text{ мм}^2.$$

Әдетте, сызбаға түсінікті болу үшін қорғаныстың барлық сипаттамалары қолданылады, бұл олардың ток пен уақыт бойынша сәйкестігін көрсетеді. 3.3 суретте 1-4 қорғаныстардын сәйкестендіру кестелері берілген, бұл селективтілік картасы.

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жұмыста ауылшаруашылық өнеркәсібін электрмен қамтамасыз ету қарастырылған. Жұмыста келесідей негізгі нәтижелер алынды. Электр қабылдағыштардың берілген саны мен қуаты бойынша ауылшаруашылық өнеркәсібін электр жүктемесі есептелді. Бұл есептеулер бойынша және жұмыстың бастапқы берулері бойынша ауылшаруашылық өнеркәсібін 0,4 кВ кернеулі жүктемесі анықталды.

Жұмыста сыртқы электрмен жабдықталуының схемасы қарастырылған. Осылардан экономикалық және техникалық жағынан қарағанда ең тиімдісі таңдалған, бұл ауылшаруашылық өнеркәсібін қоректендірудің бірінші нұсқасы болып келеді, мұнда электр энергиясы ЭБЖ 35 кВ бойынша беріледі. Қабылданған нұсқа бойынша келесідей жоғары вольтты қондырғылар таңдалған: кіріспе ажыратқыштар; тораптан шығатын желіні ажыратқыштар; электрқауіпсіздігіне арналған айырғыштар; жүктемені ажыратқыштар; сонымен қатар күштік кабельдер. Өлшеу құралдары, тоқ және кернеу трансформаторлары таңдалған. Сонымен қатар, ауылшаруашылық өнеркәсібінің үздіксіз энергиямен қамтамсыз етілуі, яғни трансформаторларға релелік қорғаныс қарастырылған, релелік қорғаныс элементтері есептелді.

Арнайы бөлімде 6-10 кВ кабельдік желісінің максималдық ток қорғанысының МТҚ тағайыншамаларын таңдау релелік қорғаныс қарастырылған.

Ауылшаруашылық өнеркәсібіндегі еңбекті қауіпсіз ұйымдастыру мәселелері қарастырылса, экономикалық бөлімде жобаның техникалық экономикалық тиімділігі есептелді.

Жұмысты орындау кезінде жаңа техникалық шешімдер, прогрессивті технология пайдаланылған, ол электрмен қамтамасыз ету сенімділігін жоғарлатумен қатар, электр қондырғыларының сапасын көтеруге әсерін тигізеді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Г. Хожин. Электр станциялар мен қосалқы станциялар. Оқулық. – Алматы, 2014.– 452 б.
2. Департамент РЗ и систем управления AREVA T&D Automation.-М.: Типовые решения MiCOM P10-40. Схемы РЗиА Schneider Electric. 2013.
3. М.В. Башкиров, Ш.К.Шоколакова. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. Конспект лекций – Алматы: АУЭС, 2014. - 73 с
4. Руководство оператора. ABB Силовые и автоматизированные системы. 2012.: Москва,2012.-132с.
5. Руководство по монтажу. ABB Силовые и автоматизированные системы. 2012.: Москва,2016.-68с.
6. А.М. Ершов. Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения: учебное пособие к изучению курса/. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – 76 с.
7. Э. А. Киреева, С.А.Цырук. Релелік қорғаныс және электр энергетикалық жүйелерді автоматтандыру. - 5-ші баспа үйі, стер. - М.: «Академия» баспа орталығы, 2016. - 288 б.
8. Ананичева С.С., Котова Е.Н. Проектирование электрических сетей: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал.ун-та, 2017. 164 с.
9. Электроснабжение. Кудрин Б.И. – 2-ое изд., перераб и доп. –М.: Академия, 2012. 352с.