

Мамаев Елнұр Саматұлы

6B07101 – Энергетика

Токтық бағытталған желі қорғанысы дипломдық жұмысына

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

Жұмыста электр жүктемелер есептеліп, қорғаныс жүйесінің селективтілігі мен сезімталдығы талданған. 230/115/35 кВ кернеулі қосалқы станциядан зауытты қоректендіру сұлбасы қарастырылып, тоқтық бағытталған қорғаныс параметрлері нақты есептелді. Электр желілеріндегі қысқа тұйықталу токтарына талдау жүргізіліп, қорғаныс құрылғыларының оңтайлы параметрлері таңдалды.

Желінің сенімділігін арттыру мақсатында қорғаныс жүйесінің үш техникалық нұсқасы салыстырмалы түрде қарастырылып, олардың ішінен ең тиімдісі таңдалды. Сонымен қатар энергожүйенің тұрақты жұмысын қамтамасыз ету үшін реле қорғанысының жұмысы зерттеліп, қорғаныс параметрлерін оңтайландыру бойынша ұсыныстар берілді.

Студент нормативтік-техникалық құжаттамамен және сұлбалармен жұмыс істеуді жақсы меңгергенін көрсетті. Жұмыста есептік және графикалық материалдар сауатты орындалып, қорғаныс құрылғыларын таңдау инженерлік негізде дәлелденген. Жұмыс құрылымы жүйелі, мазмұны терең және нақты есептермен дәлелденген.

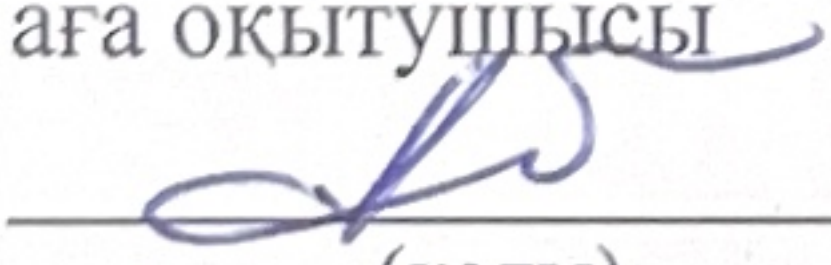
Ескерту ретінде, грамматикалық қателіктер, тыныс белгілері дұрыс қойылмай кеткендігін және есептік бөлімінде кейбір мәліметтердің болмауы қарастырылды.

Диплом жазушы Мамаев Елнұр теориялық дайындығы мен инженерлік ойлау қабілетін жоғары деңгейде көрсетті, алынған нәтижелерді практикамен ұштастыра білді. Жұмыс талаптарға толық сәйкес келеді және мемлекеттік аттестациялық комиссияның отырысында қорғауға жіберіледі.

Түлек Мамаев Елнұр «Энергетика» мамандығы бойынша «бакалавр» академиялық дәрежесіне лайықты және дипломдық жұмысын «өте жақсы» (90 балл) бағасымен ұсынамын.

Ғылыми жетекші

PhD, «Энергетика» кафедрасының
аға оқытушысы

 Р.Ш.Абитаева
(КОЛЫ)

« 30 » мамыр 2025 ж.

Тақырыбы: «Токтық бағытталған желі қорғанысы»

6B07101 – Энергетикасы
(шифр және мамандық атауы)

Мамаев Елнұр Саматұлы
(Студенттің аты-жөні)

Дипломдық жұмысына
(жұмыс түрінің атауы)

СЫН ПІКІР

Бұл дипломдық жұмыс – турбогенератор зауытының тоқтық бағытталған желі қорғанысы жүйесінің есебі жасалған.

Жұмыста электр желісіндегі жұмыс режимдер есептеліп, қорғаныс жүйесінің селективтілігі мен сезімталдығы талданды. 230/115/35 кВ кернеулі қосалқы станциядан зауытты қоректендіру қарастырылып, тоқтық бағытталған қорғаныс параметрлері есептелді. Электр желілеріндегі қысқа тұйықталу токтары есептеліп, қорғаныс құрылғыларының оңтайлы параметрлері таңдалды.

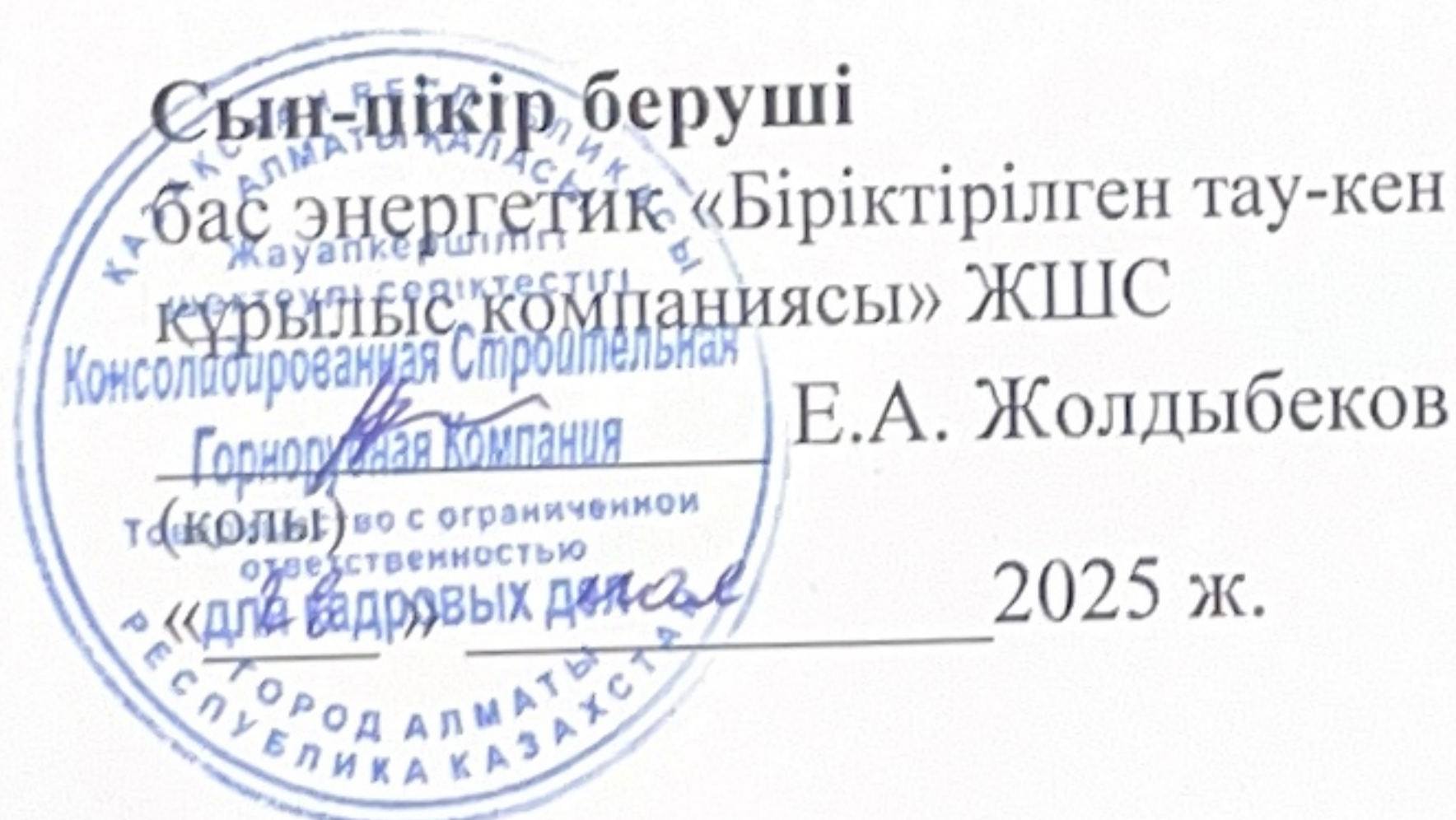
Желінің сенімділігін арттыру үшін қорғаныс жүйесінің екі нұсқасы қарастырылып, олардың ішінен ең тиімді нұсқасы таңдалды. Сондай-ақ энергожүйенің тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін реле қорғанысының жұмысы зерттеліп, қорғаныс параметрлерін оңтайландыру ұсынылды.

Жұмыс бойынша ескерту:

Ескерту ретінде, грамматикалық қателіктер, тыныс белгілері дұрыс қойылмай кеткендігін және электр жүктеме есептеулерінде қателер кеткенін айтуға болады. Жалпы дипломдық жұмысы талаптарға сәйкес жазылған.

Жұмысты бағалау

Жоғарыда айтылғандарды қорыта келе, Мамаев Елнұрдың дипломдық жұмысы «өте жақсы» (90 балл) бағасына, ал автор – электрэнергетика бакалавры академиялық дәрежесін иемденуге лайық деп бағалаймын.



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Мамаев Елнур Саматұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Токтық бағытталған желі қорғанысы

Научный руководитель: Рахимаш Абитаева

Коэффициент Подобия 1: 16.9

Коэффициент Подобия 2: 4.6

Микропробелы: 23

Знаки из здругих алфавитов: 274

Интервалы: 0

Белые Знаки: 2

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:

2025-06-08

Дата

08.06.2025

проверяющий эксперт

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Мамаев Елнур Саматұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Токтық бағытталған желі қорғанысы

Научный руководитель: Рахимаш Абитаева

Коэффициент Подобия 1: 16.9

Коэффициент Подобия 2: 4.6

Микропробелы: 23

Знаки из здругих алфавитов: 274

Интервалы: 0

Белые Знаки: 2

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:

2025-06-08

Дата

Заведующий кафедрой Энергетики

Сараибаев А.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Ә.Бүркітбаев атындағы энергетика және машина жасау институты

«Энергетика» кафедрасы

Мамаев Елнұр Саматұлы

Токтық бағытталған желі қорғанысы

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6B07101 – «Энергетика» мамандығы

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Ә.Бүркітбаев атындағы энергетика және машина жасау институты

«Энергетика» кафедрасы

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

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
«Энергетика» кафедрасының
меңгерушісі
PhD, қауымдастырылған профессор
Е.А.Сарсенбаев
« 5 » 06 2025 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Токтық бағытталған желі қорғанысы»

6B07101 – «Энергетика» мамандығы

Орындаған:

Мамаев Е.С.

Пікір беруші

Бас энергетик «Біріктірілген тау-кен құрылыс компаниясы» ЖШС

(қолы) Е.А.Жолдыбеков

«28» мау 2025 ж.

Ғылыми жетекші

«Энергетика» кафедрасының PhD, аға оқытушысы

(қолы) Р.Ш.Абитаева

«28» мамыр 2025 ж.

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Ә.Бүркітбаев атындағы энергетика және машина жасау институты

«Энергетика» кафедрасы

6B07101 – «Энергетика» мамандығы

БЕКІТЕМІН

«Энергетика» кафедрасының
меңгерушісі

PhD, қауымдастырылған профессор

Е.А.Сарсенбаев

«01» 01 2025 ж.

**Дипломдық жұмысты орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Мамаев Елнұр Саматұлы

Тақырыбы: Тоқтық бағытталған желі қорғанысы

Университеттің академиялық мәселелер жөніндегі проректорының 29.01.2025 ж. № 26 н/ө
бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі 19- мамыр 2025 жыл

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: Турбогенератор зауытының жүктемелері

Дипломдық жұмыстың қысқаша мазмұны:

а) Турбогенератор зауытының электрлі жүктемелерін есептеу

ә) Нұсқалар бойынша есептеу

б) Тоқтық бағытталған желі қорғанысы

Сызба материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс)

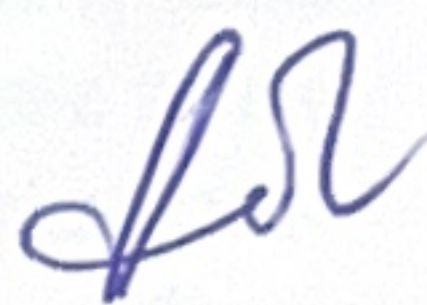
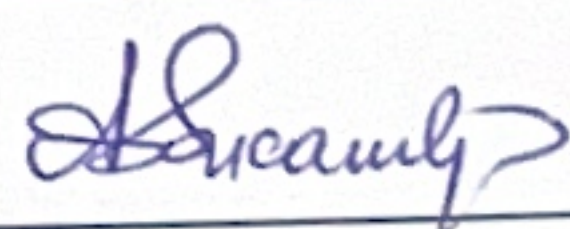
Сызба материалдары слайдтарда көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиет 15 атау

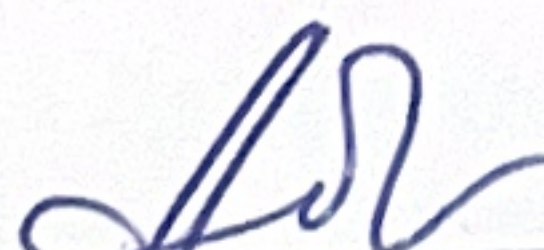
Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге көрсету мерзімдері	Ескерту
Турбогенератор зауытының электрлі жүктемелерін есептеу	10.03.25 – 30.03.25 ж.	—
Нұсқалар бойынша есептеу	02.04.25 – 09.05.25 ж.	—
Тоқтық бағытталған желі қорғанысы	10.05.25 – 19.05.25 ж.	—

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен
норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған
қолтаңбалары

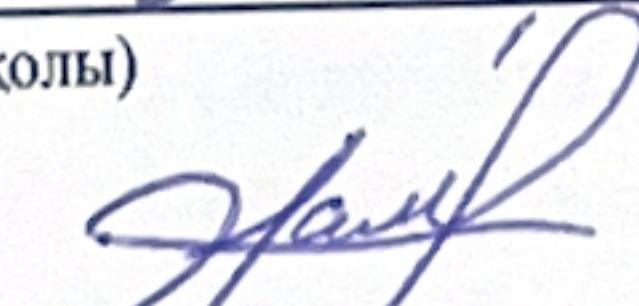
Бөлімдер атауы	Кеңесшілердің аты-жөні, (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Турбогенератор зауытының электрлі жүктемелерін есептеу	Р.Ш.Абитаева, Phd, «Энергетика» кафедрасының аға оқытушысы	19.05.2025	
Нұсқалар бойынша есептеу	Р.Ш.Абитаева, Phd, «Энергетика» кафедрасының аға оқытушысы	21.05.2025	
Тоқтық бағытталған желі қорғанысы	Р.Ш.Абитаева, Phd, «Энергетика» кафедрасының аға оқытушысы	29.05.2025	
Норма бақылау	Ә.О.Бердібеков, магистр, аға оқытушы	03.06.2025	

Ғылыми жетекшісі


(қолы)

Р.Ш.Абитаева

Тапсырманы орындауға алған студент


(қолы)

Мамаев Е.С.

Күні

«20» 07 2025ж.

АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыс — турбогенератор зауытының тоқтық бағытталған желі қорғанысы жүйесінің жобасы жасалған.

Жұмыста электр желісіндегі авариялық режимдер есептеліп, қорғаныс жүйесінің селективтілігі мен сезімталдығы талданды. 230/115/35 кВ кернеулі қосалқы станциядан зауытты қоректендіру қарастырылып, тоқтық бағытталған қорғаныс параметрлері есептелді. Электр желілеріндегі қысқа тұйықталу токтары есептеліп, қорғаныс құрылғыларының оңтайлы параметрлері таңдалды.

Желінің сенімділігін арттыру үшін қорғаныс жүйесінің екі нұсқасы қарастырылып, олардың ішінен ең тиімді нұсқасы таңдалды. Сондай-ақ энергожүйенің тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін реле қорғанысының жұмысы зерттеліп, қорғаныс параметрлерін оңтайландыру ұсынылды.

АННОТАЦИЯ

Данная дипломная работа посвящена расчету электроснабжению турбогенераторного завода и системы токовой направленной защиты сети.

В работе рассчитаны аварийные режимы электрической сети, проанализированы селективность и чувствительность системы защиты. Рассмотрено электроснабжение завода от подстанции 230/115/35 кВ, выполнены расчеты параметров токовой направленной защиты. Проведен расчет токов короткого замыкания, на основании которого выбраны оптимальные параметры защитных устройств.

Для повышения надежности сети рассмотрены две варианта системы защиты, из которых выбран наиболее эффективный. Кроме того, исследована работа релейной защиты для обеспечения устойчивости энергосистемы и предложены рекомендации по оптимизации параметров защиты.

ANNOTATION

In this diploma thesis is dedicated to the design of the current-directed network protection system for a turbo generator plant.

The study calculates emergency operating modes of the electrical network and analyzes the selectivity and sensitivity of the protection system. The power supply of the plant from a 230/115/35 kV substation is considered, and the parameters of the current-directed protection are calculated. Short-circuit currents are determined, and optimal parameters of protective devices are selected accordingly.

To enhance network reliability, two protection system options are considered, and the most efficient one is chosen. Additionally, the operation of relay protection is analyzed to ensure the stability of the power system, and recommendations for optimizing protection parameters are proposed.

МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	7
1	Турбогенератор зауытының технологиялық процессі	8
1.1	Жобаға берілген мәліметтер	8
2	Зауыт бойынша электр жүктемелерін есептеу	9
2.1	Жарықтандыру жүктемесін есептеу	9
2.2	Зауыт бойынша электрлік жүктемелерді есептеу	11
2.3	Картограмманы есептеу	17
2.4	Өндіріс трансформаторларының санын анықтау және 0,4 кВ шиналардағы реактивті қуатты компенсациялау	18
2.5	ТҚС цехтары бойынша төмен вольтті жүктемелерді бөлу	20
2.6	ТҚС-ң реактивті жүктемесіне пропорционал тарату	21
2.7	ЦТҚС блоктарының қуат шығынын және синхронды қозғалтқыштардың есептік қуаттарын анықтау	23
2.8	БТҚС 10кВ шиналарындағы реактивті қуат компенсациясын есептеу	26
2.9	Өндіріс орны бойынша төмен вольтті және жоғары вольтты жүктемені есептеу	26
3	Сыртқы электрмен жабдықтау нұсқаларын салыстыру	30
3.1	Бірінші нұсқа бойынша электр жабдықтарын таңдау	30
3.2	Екінші нұсқа бойынша электр жабдықтарын таңдау	39
4	Кернеуі $U=10\text{кВ}$ бойынша қысқа тұйықталу токтарын есептеу және электр жабдықтарыны таңдау	47
4.1	Энергожүйеден қысқа тұйықталу тогын есептеу	47
4.2	Ажыратқыштарды таңдау	52
4.3	Тоқ трансформаторларын таңдау	54
4.4	Кернеу трансформаторларын таңдау	57
4.5	ТҚ жүктеме ажыратқыштарын таңдау	58
4.6	ТҚ автоматты ажыратқыштарын таңдау	58
4.7	Шығыстағы желілердің күштік кабельдерін таңдау	59
5	Бағытталған желілік қорғаныс	61
5.1	Желі үшін көлденең бағытталған дифференциалдық токтық қорғаныс	61
5.2	Максималды токтық бағытталған қорғаныс	67
5.3	Нөлдік тізбектің бағытталған токтық қорғанысы	68
	Қорытынды	70
	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	71

КІРІСПЕ

Қазіргі заманғы электр желілерінде сенімділік пен тұрақтылық маңызды факторлар болып табылады. Өнеркәсіптік кәсіпорындардың, соның ішінде турбогенераторлық зауыттардың үздіксіз жұмыс істеуі үшін электр желілеріндегі апаттық жағдайларды жедел анықтау және оқшаулау қажет. Бұл мақсатқа жету үшін релелік қорғаныс жүйелері, оның ішінде токтық бағытталған қорғаныс кеңінен қолданылады.

Токтық бағытталған қорғаныс электр желісіндегі қысқа тұйықталу мен басқа да авариялық жағдайларды анықтау және оларды жылдам ажырату үшін қолданылады. Оның дұрыс бапталуы және тиімді жұмыс істеуі энергожүйенің тұрақтылығы мен электр жабдықтарының ұзақ мерзімді жұмысына ықпал етеді.

Қосалқы стансалардан зауытқа дейінгі электр желілері үлкен жүктемелерге және сыртқы әсерлерге ұшырайтындықтан, оларды сенімді қорғау қажет. Сондықтан токтық бағытталған қорғанысты дұрыс есептеу, таңдау және оңтайландыру – маңызды инженерлік міндеттердің бірі.

Жұмыстың мақсаты: турбогенератор зауытының электрмен жабдықтау желісінде токтық бағытталған қорғаныс жүйесін жобалау және оның сенімділігін, селективтілігін, сезімталдығын арттыру арқылы өндірістің қауіпсіз және үздіксіз жұмысын қамтамасыз ету. Яғни энерго жүйеден БТҚС-ға дейінгі желіні және БТҚС-дан цехтарға тартылған желілерді қорғау.

Жұмыстың міндеті:

- 1) Зауыттың электрмен жабдықтау сұлбасын талдау, оның негізгі жүктемелерін есептеу;
- 2) 230/115/35 кВ кернеулі қосалқы станциядан қорек алатын желінің қысқа тұйықталу токтарын есептеу;
- 3) Токтық бағытталған қорғаныс жүйесінің параметрлерін есептеу және оңтайлы мәндерін таңдау;
- 4) Қорғаныс жүйесінің бірнеше нұсқасын техникалық-экономикалық жағынан салыстырып, ең тиімдісін таңдау;
- 5) Релелік қорғаныс құрылғыларының селективтілігі мен сезімталдығын талдау;
- 6) Автоматтандырылған қорғаныс жүйесінің жұмысын зерттеу және микропроцессорлық құрылғыларды енгізу мүмкіндігін қарастыру;
- 7) Экономикалық тиімділік пен өмір қауіпсіздігі талаптарын ескере отырып, қорғаныс жүйесін қолдану бойынша ұсыныстар әзірлеу.

1 Турбогенератор зауытының технологиялық процессі

1.1 Жобаға берілген мәліметтер

Энергожүйенің шексіз қуаттылықтағы қосалқы стансасынан қоректендіру жүзеге асырылады, онда әрқайсысы 63 МВА қуаттылығындағы 230/115/35 кВ кернеулі екі үш орамды трансформатор орнатылған. Трансформаторлар бөлек жұмыс істейді. Энергожүйе қосалқы стансасының 230 кВ жағындағы қысқа тұйықталу қуаты 2000 МВА құрайды. Қосалқы стансадан зауытқа дейінгі қашықтық 20 км. Зауыт үш ауысымда жұмыс істейді.

1.1 –кесте - Турбогенератор зауытының параметрлері

Атауы	Эл. Қабылдағы штар саны	Тұрақталған қуат, кВт		К _и	cosφ	tgφ
		Р _н . min Р _н . max, кВт	Жалпы қуат, Р _н кВт			
Механикаландырылған цехы	300	1-150	5500	0,25	0,7	1,02
Механикаландырылған цехы	100	1-150	2500	0,25	0,7	1,02
Штамптау цехы	100	1-125	2100	0,3	0,7	1,02
Дайындау-дәнекерлеу цехы	50	1-50	980	0,4	0,6	1,33
Жылу цехы	40	1-25	260,3	0,5	0,65	1,17
Орам цехы	50	1-40	1000	0,4	0,7	1,02
Сіндіру және кептіру цехы	40	1-80	1200	0,4	0,8	0,75
Құрастыру цехы	40	1-50	600	0,35	0,65	1,17
Сынақ станциясы: а) 0,4 кВ б) синхронды қозғалтқыш 10 кВ	20	1-50	350	0,4	0,8	0,75
	4	2000	8000	0,6		
Компрессорлық бөлме: а) 0,4 кВ б) синхронды қозғалтқыш 10 кВ	20	1-70	280	0,6	0,8	0,75
	4	1250	5000	0,3		
Әкімшілік-техникалық корпус	50	1-40	550	0,5	0,8	0,75
Материалдық қойма	16	1-20	100	0,3	0,8	0,75
Асхана	40	1-50	350	0,5	0,9	0,48
Қазандық	60	1-180	650	0,5	0,8	0,75

2 Зауыт бойынша электр жүктемелерін есептеу

2.1 Жарықтандыру жүктемесін есептеу

Зауыт жүктемесін анықтау кезінде жарықтандыру жүктемесін есептеуді жеңілдетілген әдіс бойынша есептеулер өндіріс аймағының 1 м²-на келетін жарықтандыру жүктемесінің меншікті тығыздығы және сұраныс коэффициенті қарастырылады.

Бұл әдіс бойынша есептелетін жарықтандыру жүктемесі ең жүктелген сменадағы жарықтанудың орташа қуатына тең деп қабылданады және келесі формулалар бойынша есептеледі.

$$P_{po} = K_{co} \times P_{yo}, \text{ кВт}; \quad (2.1)$$

$$Q_{po} = tg\varphi_o \times P_{po}, \text{ квар}; \quad (2.2)$$

мұндағы K_{co} – жарықтандыру жүктемесінің активті қуаты бойынша сұраныс коэффициенті. Жарықтандыру жүктемесінің сұраныс коэффициенті бөлмеге байланысты анықтамадан алынады.

$tg\varphi_o$ – реактивті қуат коэффициенті $\cos\varphi_o$ бойынша анықталады.

P_{yo} – цех бойынша жарықтандыру қабылдағыштардың орнықты қуаты.

$$P_{yo} = \rho_o \times F, \text{ кВт} \quad (2.3)$$

мұндағы F – зауыттың жалпы планы бойынша анықталатын өндіріс ғимаратының ауданы, м²;

ρ_o - меншікті қуат, кВт/м²;

ρ_o - бұл шама ғимараттың түріне тәуелді. Бізге берілген анықтамадан алынады.

Зауыттың жарықпен қамтамасыз ету жүктемесінің есептеу нәтижелері 2.1 – кестеде көрсетілген.

2.1 – кесте -Жарықтандыру жүктемесі

Атауы	Цех өлшемдері, м		Ауданы, м ²	ρ_0 , кВт/м ²	K_{co}	P_{yo} , кВт/м ²	P_{po} , кВт	Q_{po} , кВар	$\cos\varphi_0$	$\tg\varphi_0$
	Ұзындығы	Ені								
Механикаландырылған цехы	211	92	19412	0,014	0,8	271,768	217,4	104,352	0,9	0,48
Механикаландырылған цехы	211	70	14770	0,014	0,8	206,75	165,4	79,392	0,9	0,48
Штамптау цехы	90	112	10080	0,014	0,8	141,12	112,89	54,1872	0,9	0,48
Дайындау-дәнекерлеу цехы	140	42	5880	0,014	0,8	82,32	65,85	31,608	0,9	0,48
Жылу цехы	70	42	2940	0,014	0,8	41,16	32,92	15,8	0,9	0,48
Орам цехы	95	81	7695	0,014	0,8	107,73	86,184	41,36	0,9	0,48
Сіндіру және кептіру цехы	70	81	5670	0,018	0,8	102,06	81,648	39,191	0,9	0,48
Құрастыру цехы	90	130	11700	0,018	0,8	210,6	168,48	80,87	0,9	0,48
Сынақ станциясы	90	42	3780	0,018	0,8	68,04	54,432	26,127	0,9	0,48
Компрессорлық бөлме	42	50	2100	0,070	0,7	147	102,9	0	1	0,00
Әкімшілік-техникалық корпус	42	165	6930	0,018	0,8	124,74	99,792	47,9	0,9	0,48
Материалдық қойма	45	81	3645	0,06	0,6	218,7	131,22	0	1	0,00
Асхана	42	84	3528	0,02	0,9	70,56	63,504	30,48	0,9	0,48
Қазандық	100	52	5200	0,01	0,6	52	46,8	0	1	0,00
Территория	492	323	158916							
Территориялық жарықтандыру			55586	0,005	1	277,93	277,93	133,4	0,9	0,48

2.2 Зауыт бойынша электрлік жүктемелерді есептеу

Зауыт цехтары бойынша кернеуі 1кВ-ға дейінгі электр жүктемелерді есептеу реттелген диаграммалар әдісі бойынша жүргізіледі.

Электр тұтынушылар үшін ең жоғары жүктелген ауысымдағы орташа активті жүктемені есептеледі;

$$P_{cm} = K_{и} \times P_H \quad (2.5)$$

Электр тұтынушылар үшін ең жоғары жүктелген ауысымдағы орташа реактивті жүктемені есептеледі;

$$Q_{cm} = P_{cm} \times tg\varphi \quad (2.6)$$

Электр тұтынушылардың тиімді санын төменде келтірілген формула арқылы анықталады.

$$n_{эф} = \frac{2 \cdot \sum P_H}{P_{H. max}} \quad (2.7)$$

Күштік электр тұтынушыларының максималды активті жүктемелері;

$$P_M = P_{cm} \times K_M \quad (2.8)$$

Күштік электр тұтынушыларының максималды реактивті жүктемелері;

$$Q_M = Q_{cm}, \text{ мұнда } n_{эф} > 10 \quad (2.9)$$

$$Q_M = 1,1 \times Q_{cm}, \text{ мұнда } n_{эф} \leq 10 \quad (2.10)$$

Толық есептік қуатты анықтау;

$$S_M = \sqrt{P_M^2 \times Q_M^2} \quad (2.11)$$

Цехтар бойынша күштік және жарықтану жүктемелерді есептеудің нәтижелері 2.2 кестеге – “Зауыт бойынша қуат жүктемелерін есептеу” енгізілген.

2.2 – кесте - Зауыт бойынша электрлік жүктемелерді есептеу

Атауы	Эл. Қаб. саны n	Тұрақталған қуат, кВт		m	K _и	cosφ/ tgφ	Орташа қуат		n _{эф}	K _м	Есептік жүктеме		
		Р _{н. min} Р _{н. max} , кВт	Жалпы қуат, ΣР _н кВт				Р _{см} кВт	Q _{см} кВар			Р _м	Q _м	S _м
Мех. цехы													
а) күштік жүктеме	300	1-150	5500	>3	0,25	0,7/1,02	1375	1402,5	73	1,17	1608,7	1402,5	2134,2
б) жарықтандыру жүктемесі											217,4	104,35	241,14
Барлығы											1826,1	1506,8	2366,9
Мех. цехы													
а) күштік жүктеме	100	1-150	2500	>3	0,25	0,7/1,02	625	637,5	33	1,34	837,5	637,5	1052,5
б) жарықтандыру жүктемесі											165,4	79,392	183,46
Барлығы											1002,9	716,89	1232,7
Штамптау цехы													
а) күштік жүктеме	100	1-125	2100	>3	0,3	0,7/1,02	630	642,6	33	1,24	781,2	642,6	1011,5
б) жарықтандыру жүктемесі											112,89	54,18	125,21
Барлығы											894,09	696,78	1133,5

2.2 – кесте жалгасы

Атауы	Эл. Қаб. саны n	Тұрақталған қуат, кВт		m	K _и	cosφ/ tgφ	Орташа қуат		n _{эф}	K _м	Есептік жүктеме		
		Р _{н. min} Р _{н. max} , кВт	Жалпы қуат, ∑Р _н кВт				Р _{см} кВт	Q _{см} кВар			Р _м	Q _м	S _м
Дайындау-дәнекерлеу цехы													
а) күштік жүктеме	50	1-50	980	>3	0,4	0,6/1,33	392	521,3	39	1,19	466,4	521,3	699,2
б) жарықтандыру жүктемесі											65,85	31,6	73,04
Барлығы											532,2	552,9	767,4
Жылу цехы													
а) күштік жүктеме	40	1-25	260,3	>3	0,5	0,65/1,17	275	321,7	40	1,13	310,7	321,7	447,2
б) жарықтандыру жүктемесі											32,92	15,8	36,51
Барлығы											343,6	337,5	481,6
Орам цехы													
а) күштік жүктеме	50	1-40	1000	>3	0,4	0,7/1,02	400	408	50	1,14	456	408	611,8
б) жарықтандыру жүктемесі											86,18	41,36	95,59
Барлығы											542,1	449,3	704,1

2.2 – кесте жалғасы

Атауы	Эл. Каб. саны n	Тұрақталған қуат, кВт		m	K _и	cosφ/ tgφ	Орташа қуат		n _{эф}	K _м	Есептік жүктеме		
		Р _{н. min} Р _{н. max} , кВт	Жалпы қуат, ∑Р _н кВт				Р _{см} кВт	Q _{см} кВар			Р _м	Q _м	S _м
Сіндіру және кептіру цехы													
а) күштік жүктеме	40	1-80	1200	>3	0,4	0,8/0,75	480	360	30	1,19	571,2	360	675,1
б) жарықтандыру жүктемесі											81,64	39,19	90,55
Барлығы											652,8	399,1	765,1
Құрастыру цехы													
а) күштік жүктеме	40	1-50	600	>3	0,35	0,65/1,17	240	280,8	24	1,24	297,6	280,8	409,1
б) жарықтандыру жүктемесі											168,4	80,87	186,8
Барлығы											466	361,6	589,9
Сынақ станциясы													
а) күштік жүктеме	20	1-50	350	>3	0,4	0,8/0,75	140	105	14	1,43	200,2	105	226
б) жарықтандыру жүктемесі											54,43	26,12	60,37
Барлығы											254,6	131,1	286,3

2.2 – кесте жалғасы

Атауы	Эл. Қаб. саны n	Тұрақталған қуат, кВт		m	K _и	cosφ/ tgφ	Орташа қуат		n _{эф}	K _м	Есептік жүктеме		
		Р _н . min Р _н . max, кВт	Жалпы қуат, ΣР _н кВт				Р _{см} кВт	Q _{см} кВар			Р _м	Q _м	S _м
Компрессорлық бөлме													
а) күштік жүктеме	20	1-70	280	>3	0,6	0,8/0,75	168	126	8	1,3	218,4	126	252,1
б) жарықтандыру жүктемесі											102,9	0	102,9
Барлығы											321,3	126	345,1
Әкімшілік-техникалық корпус													
а) күштік жүктеме	50	1-40	550	>3	0,5	0,8/0,75	275	206,2	27	1,16	319	206,2	379,8
б) жарықтандыру жүктемесі											99,79	47,9	110,6
Барлығы											418,7	254,1	489,7
Материалдық қойма													
а) күштік жүктеме	16	1-20	100	>3	0,3	0,8/0,75	30	22,5	10	1,6	48	22,5	53,01
б) жарықтандыру жүктемесі											131,2	0	131,2
Барлығы											179,2	22,5	180,6

2.2 – кесте жалғасы

Атауы	Эл. Қаб. саны n	Тұрақталған қуат, кВт		m	K _и	cosφ/ tgφ	Орташа қуат		n _{эф}	K _м	Есептік жүктеме		
		Р _{н. min} Р _{н. max} , кВт	Жалпы қуат, ΣР _н кВт				Р _{см} кВт	Q _{см} кВар			Р _м	Q _м	S _м
Асхана													
а) күштік жүктеме	40	1-50	350	>3	0.5	0,9/0,48	175	84	14	1,25	218,7	84	234,04
б) жарықтандыру жүктемесі											63,5	30,48	70,47
Барлығы											282,2	114,4	304,58
Қазандық													
а) күштік жүктеме	60	1-180	650	>3	0,5	0,8/0,75	325	243	7	1,45	471,2	243,7	530,55
б) жарықтандыру жүктемесі											46,8	0	46,8
Барлығы											518	243,7	572,52
Тер.жарықтандыру											277,9	133,4	308,28
Барлығы											7993,77	6046,6	10023

2.3 Картограмманы есептеу

Картограмма – бұл зауыттың бас жоспарына енгізілген шеңбер түріндегі белгілер. Бұл шеңберлердің көлемі таңдалған аумақтағы цехтың болжалды қуат тұтынуына сәйкес келеді. Төмендегі кестеде электрлік жүктемені есептеу мақсатында тізбектің радиусы көрсетілген.

$$R = \sqrt{\frac{S_M}{\pi \times m}} \quad (2.12)$$

$$\alpha = \frac{S_{po}}{S_M} \times 360^\circ \quad (2.13)$$

мұндағы, R – шеңбердің радиусы;

α – сектор бұрышы;

m – шеңберді анықтауға арналған масштаб. m=0,05 м/мм.

1-ші цех үшін:

$$R = \sqrt{\frac{2134,2}{\pi \times 0,05}} = 116 \text{ мм}$$

$$\alpha = \frac{241,14}{2134,2} \times 360 = 0,11 \text{ град}$$

2.3 – кесте -Электр жүктемелерінің картограммасының мәндері

Атауы	R. мм	α , град
Механикаландырылған цехы	116	39,6
Механикаландырылған цехы	81,85	61,2
Штамптау цехы	80,2	43,2
Дайындау-дәнекерлеу цехы	66,71	36
Жылу цехы	53,35	28,8
Орам цехы	62,4	54
Сіндіру және кептіру цехы	65,55	46,8
Құрастыру цехы	51,03	162
Сынақ станциясы	37,93	93,6
Компрессорлық бөлме	40,06	144
Әкімшілік-техникалық корпус	49,17	104,4
Материалдық қойма	18,37	864

2.3 – кесте жалғасы

Атауы	R, мм	α , град
Асхана	38,59	108
Қазандық	58,11	28,8

2.4 Өндіріс трансформаторларының санын анықтау және 0,4 кВ шиналардағы реактивті қуатты компенсациялау

Цех трансформаторларының саны мен қуатын технико-экономикалық есептеулер жолымен ғана мүмкін, келесі факторларды ескеріп: тұтынушыларды электрмен қамдау сенімділігінің категориясын; 1кВ-қа дейінгі реактивті жүктемені компенсациялауын; қалыпты (нормалы) және авариялы режимдерде трансформатордың аса жүктемелу қабілетін; стандартты қуаттар қадамы; жүктеме графигі бойынша трансформаторлардың тиімді жұмыс режимдерін.

Есептеулер үшін мәліметтер:

$$P_{p0.4} = 7993.77 \text{ кВт};$$

$$Q_{p0.4} = 6046.6 \text{ кВар};$$

$$S_{p0.4} = 10023 \text{ кВА}.$$

Өндіріс орны 3 ауысым арқылы жұмыс жасайды, демек, $K_{тр}=0,8$ трансформатордың жүктелу коэффициенті. Қуаты $S_{тр}=1600$ кВА трансформатор таңдаймыз.

Ең жоғары активті жүктемені қоректендіруге қажетті, жұмыс технологиясына байланысты қуаттары бірдей әр топтық цех трансформаторларының ең аз саны төмендегідей анықталады:

$$N_{Тмин} = \frac{P_{p0.4}}{K_{тр} \times S_{тр}} + \Delta N \quad (2.14)$$

$$N_{Тмин} = \frac{7993.77}{0.8 \times 1600} + 0.76 = 7$$

мұндағы $P_{p0.4}$ – есептік активті қуаттардың жиынтығы;

$K_{тр}$ – трансформатордың жүктелу коэффициенті;

ΔN – ең жақын бүтін санға дейінгі қосымша;

$S_{тр}$ – таңдалған трансформатор номиналды қуаты, ол жүктеменің меншікті тығыздығынан таңдалады:

$$S_{уд} = \frac{S_{p0.4}}{F_{цех}} \quad (2.15)$$

$$S_{уд} = \frac{10023}{158916} = 0.06$$

Егер, $S_{уд} < 0.2$ болған жағдайда 630-1000 және одан жоғары кВА трансформаторларды қолданамыз.

Таңдалған трансформатор түрі: ТМ – 1600/10-0,4

Трансформаторлардың экономикалық тиімді саны, қосымша қажетті трансформаторлар:

$$N_{т.э} = N_{т.мин} + m \quad (2.16)$$

$$N_{т.э} = 7 + 0 = 7$$

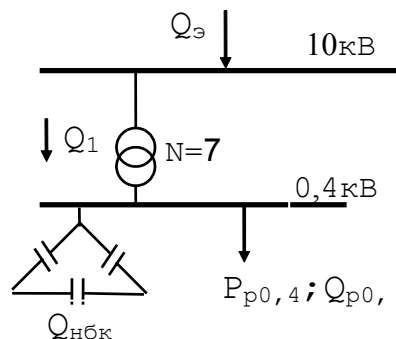
Мұндағы, $N_{т.э}$ – тұрақты капиталды шығындар;

m – трансформаторлардың қосымша саны. [1] анықтамасындағы қисық арқылы m -ді анықтап аламыз.

Есептеп алынған трансформатор санын есепке ала отырып, кернеу деңгейі 1 кВ дейінгі желіге таңдалған трансформаторлар арқылы орынды және ең көп реактивті қуатты анықтауға болады.

$$Q_1 = \sqrt{(K_3 \times N_{т.э} \times S_{тр})^2 - P_{p0.4}^2} \quad (2.17)$$

$$Q_1 = \sqrt{0.8 \times 7 \times 1600^2 - 7993.77^2} = 4047.37 \text{ кВар}$$



2.1 - сурет – Реактивті қуат балансы

0,4 кВ шиналарында реактивті қуаттар балансы шартынан $Q_{\text{нбк1}}$ шамасын анықтаймыз

$$Q_{\text{нбк1}} + Q_1 = Q_{p0.4} \quad (2.18)$$

$$Q_{\text{нбк1}} = 6046,6 - 4047,37 = 1999,23 \text{ кВар}$$

Трансформаторлардың бұл тобы үшін төменгі кернеу конденсаторлар батареясының (НБК) қосымша $Q_{\text{нбк2}}$ қуаты келесі формула бойынша анықталады:

$$Q_{\text{нбк2}} = Q_{p0.4} - Q_{\text{нбк1}} - \gamma \times N_{\text{т.э}} \times S_{\text{тр}} \quad (2.19)$$

$$Q_{\text{нбк2}} = 6046,6 - 1999,23 - 0,46 \times 7 \times 1600 = -1104,63 = 0 \text{ кВар}$$

мұндағы γ – K_1 және K_2 коэффициенттеріне, цехтік трансформаторлардың қоректендіру схемасына байланысты анықталатын есептік коэффициент:

$K_1 = 14$ – шығынның меншікті коэффициенті, [1]

$K_2 = 3 \text{ 1600 кВА}$ – қоректендіруші желінің меншікті коэффициенті.

$\gamma = 0,46$ график бойынша алынды.

Әр цехтік трансформаторға сәйкес конденсатор батареяларының қуатын анықталадым:

$$Q_{\text{нбк ТҚС}} = \frac{Q_{\text{нбк}}}{N_{\text{т.э}}} \quad (2.20)$$

$$Q_{\text{нбк ТҚС}} = \frac{1999.23 + 0}{7} = 285.6 \text{ кВар}$$

НБК: УКЛН-0,38-300-150 УЗ [1]

Есептеулер нәтижесі 2.4 – кестеде “ТҚС цехтары бойынша төмен вольтті жүктемелерді бөлу” көрсетілген.

2.5 ТҚС цехтары бойынша төмен вольтті жүктемелерді бөлу

2.4 – кесте -ТҚС цехтары бойынша төмен вольтті жүктемелерге бөлу

№ ТҚС $S_{\text{тр}}, Q_{\text{нбк ТҚС}}$	№ цех	$P_{p0.4}$ кВт	$Q_{p0.4}$ кВар	$S_{p0.4}$ кВА	K_3
ТҚС1 (2×1600)	1	1608,7	1402,5		
	6	456	408		

2.4 – кесте жалғасы

№ ТҚС $S_{тр}, Q_{нбк} ТҚС$	№ цех	$P_{p0.4}$ кВт	$Q_{p0.4}$ кВар	$S_{p0.4}$ кВА	K_3
$\Sigma S_{тр}=2 \times 1600=3200$ кВА $Q_{нбк} ТҚС=2 \times 300=600$ Барлығы		2064	1810,5	2392	0,74
			-600		
		2064	1210,5		
ТҚС2 (2×1600) $\Sigma S_{тр}=2 \times 1600=3200$ кВА $Q_{нбк} ТҚС=2 \times 300=600$ Барлығы	2	837,5	637,5		
	4	466,4	521,3		
	5	310,7	321,7		
	11	319	206,2		
	13	218,75	84		
		2151,8	1770,7		
			-600		
		2158,8	1170,7	2455	0,76
ТҚС3-4 (3×1600) $\Sigma S_{тр}=3 \times 1600=4800$ кВА $Q_{нбк} ТҚС=3 \times 300=900$ Барлығы	3	781,2	642,6		
	7	571,2	360		
	8	297,6	280,8		
	9	200,2	105		
	10	218,4	126		
	12	48	22,5		
	14	471,2	243,7		
	Жарық.	277,9	133,4		
		2865,7	2814		
			-900		
		2865,7	1914	3446	0,71

2.6 $Q_{нбк}$ ТҚС-ң реактивті жүктемесіне пропорционал тарату

$Q_{нбк}$ ТҚС-нің реактивті қуаттарына пропорционал бөліп орнатып аламыз:
Бастапқы берілген мәндері $Q_{p0.4} = 6046,6$ кВар, $Q_{нбк} = 1999,23$ кВар.

ТҚС1:

$$Q_{p ТҚС1} = 1810,5 \text{ кВар}, Q_{p нбк} = x,$$

$$Q_{p нбк} = \frac{Q_{нбк} \times Q_{p ТҚС1}}{Q_{p0.4}} \quad (2.21)$$

$$Q_{p \text{ нбк}} = \frac{1999,23 \times 1810,5}{6046,6} = 597 \text{ кВар}$$

Нақты реактивті қуаты: $Q_{\phi \text{ ТҚС1}} = 2 \times 110 = 550 \text{ кВар}$.
Компенсацияланбаған реактивті қуаты:

$$Q_{\text{неск}} = Q_{p \text{ ТҚС1}} - Q_{\phi \text{ ТҚС1}} \quad (2.22)$$

$$Q_{\text{неск}} = 1810,5 - 550 = 1260,5 \text{ кВар}$$

ТҚС2:

$Q_{p \text{ ТҚС2}} = 1770,7 \text{ кВар}$, $Q_{p \text{ нбк}} = x$,

$$Q_{p \text{ нбк}} = \frac{1999,23 \times 1770,7}{6046,6} = 585 \text{ кВар}$$

Нақты реактивті қуаты: $Q_{\phi \text{ ТҚС2}} = 2 \times 110 = 550 \text{ кВар}$.
Компенсацияланбаған реактивті қуаты:

$$Q_{\text{неск}} = 1770,7 - 550 = 1220,7 \text{ кВар}$$

ТҚС3-4:

$Q_{p \text{ ТҚС3-4}} = 1914 \text{ кВар}$, $Q_{p \text{ нбк}} = x$,

$$Q_{p \text{ нбк}} = \frac{1999,27 \times 1914}{6046,6} = 631 \text{ кВар}$$

Нақты реактивті қуаты: $Q_{\phi \text{ ТҚС3-4}} = 2 \times 300 = 600 \text{ кВар}$.
Компенсацияланбаған реактивті қуаты:

$$Q_{\text{неск}} = 1914 - 600 = 1314 \text{ кВар}$$

Нақтыланған $Q_{\text{нбк}}$ жіктеуін 2.5 -кестеге толтырамыз.

2.5 - кесте - $Q_{\text{нбк}}$ -лардың ТҚС бойынша нақтыланған жіктелуі

№ ТҚС	$Q_{\text{р ТҚС}}$	$Q_{\text{р нбк ТҚС}}$	$Q_{\text{ф ТҚС}}$	$Q_{\text{неск}}$
ТҚС1	1810,5	597	$5 \times 110 = 550$	1260,5
ТҚС2	1770,7	585	$5 \times 110 = 550$	1220,7
ТҚС3-4	1914	631	$2 \times 300 = 600$	1314
Барлығы	5495,2	1813	1700	3795,2

2.7 ЦТҚС блоктарының қуат шығынын және синхронды қозғалтқыштардың есептік қуаттарын анықтау

2.6 – кесте - Цехтік трансформатордың паспорттық мәліметі

Трансформатор маркасы	Номиналды Қуаты, кВА	Жоғарғы Кернеу, кВ	Төменгі Кернеу, кВ	Шығыны, Вт		ҚТ Кернеуі , $U_{\text{к.т.}}$, %	БЖ Тоғы , $I_{\text{б.ж.}}$, %
				$\Delta P_{\text{б.ж.}}$	$\Delta P_{\text{к.т.}}$		
ТМ-1600/10	1600	10	0,4	2,75	13,5	6	0,65

Өндірістік трансформаторлардың есептік активті және реактивті шығындары:

$$\Delta P_{\text{тр}} = N \times (\Delta P_{\text{б.ж.}} + \Delta P_{\text{к.т.}} \times K_3^2) \quad (2.23)$$

$$\Delta Q_{\text{тр}} = N \times \left(\frac{I_{\text{б.ж.}} \times S_{\text{тр}}}{100} + \frac{U_{\text{к.т.}} \times S_{\text{тр}} \times K_3^2}{100} \right) \quad (2.24)$$

ТҚС1:
 $K_3 = 0.74$
 $N = 2$

$$\begin{aligned} \Delta P_{\text{тр}} &= 2 \times (2.75 + 13.5 \times 0.74^2) \\ &= 20,68 \text{ кВт} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta Q_{\text{тр}} &= 2 \times \left(\frac{0.65 \times 1600}{100} + \frac{6 \times 1600 \times 0.74^2}{100} \right) \\ &\approx 154,4 \text{ кВар} \end{aligned}$$

ТҚС2: $K_3 = 0.76$; $N = 2$

$$\Delta P_{\text{тр}} = 2 \times (2.75 + 13.5 \times 0.762) = 21,5 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_{\text{тр}} = 2 \times \left(\frac{0.65 \times 1600}{100} + \frac{6 \times 1600 \times 0,76^2}{100} \right) \\ = 158 \text{ кВар}$$

ТҚС3-4: $K_3 = 0.71$; $N = 3$

$$\Delta P_{\text{тр}} = 2 \times (2.75 + 13.5 \times 0.712) \approx 34,17 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_{\text{тр}} = 2 \times \left(\frac{0.65 \times 1600}{100} + \frac{6 \times 1600 \times 0,71^2}{100} \right) \\ = 240 \text{ кВар}$$

Барлық трансформаторлардың қосынды шығындары:

$$\sum \Delta P_{\text{тр}1-4} = 20,68 + 21,5 + 34,17 = 76,35 \text{ кВт},$$

$$\sum \Delta Q_{\text{тр}1-4} = 154,4 + 158 + 240 = 553,4 \text{ квар}.$$

Синхронды қозғалтқыштардың есептік қуаттарын анықтау

Тапсырма бойынша бізге берілген синхронды қозғалтқыштың қуатына орай біз анықтамалықтан СҚ-ның түрі мен техникалық деректерін таңдаймыз.

Жоғары кернеу жағындағы реактивті қуаттың орнын толтыру үшін біз 9-10 шы цехтың СҚ пайдаланамыз. [2, 3]

2.7 – кесте -СҚ паспорттық деректері

№	Түрі	Саны	Номиналды куаты, кВт	Кернеу, В	Айналу жиілігі, айн/мин	cosφ	ПӘ К	Жүктелу коэффициен ті K ₃
9	СДК2-19-51-16 УХЛ	4	2000	10000	375	0,805	0,85	0,85
10	СДЭ2-16-46-6У2	4	1250	10000	1000	0,805	0,85	0,85

$$P_{\text{рсқ}} = N_{\text{СҚ}} \times P_{\text{нсқ}} \times K_3 \quad (2.25)$$

$$P_{\text{pCK}} = 4 \times 2000 \times 0.85 = 6800 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{pCK}} = 4 \times 1250 \times 0.85 = 4250 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{pCK}} = P_{\text{pCK}} \times \operatorname{tg} \varphi \quad (2.26)$$

$$Q_{\text{pCK}} = 6800 \times 0.737 = 5011.6 \text{ кВар}$$

$$Q_{\text{pCK}} = 4250 \times 0.737 = 3132.25 \text{ кВар}$$

$$S_{\text{pCK}} = \frac{P_{\text{pCK}}}{\cos \varphi} \quad (2.27)$$

$$S_{\text{pCK}} = \frac{6800}{0.805} = 8447.2 \text{ кВА}$$

$$S_{\text{pCK}} = \frac{4250}{0.805} = 3421.2 \text{ кВА}$$

$$S_{\text{pCK } 1 \text{ қоз}} = \frac{S_{\text{pCK}}}{N_{\text{CK}}} \quad (2.28)$$

$$S_{\text{pCK } 1 \text{ қоз}} = \frac{8447.2}{4} = 2111.8 \text{ кВА}$$

$$S_{\text{pCK } 1 \text{ қоз}} = \frac{3421.2}{4} = 855.3 \text{ кВА}$$

Мұндағы, P_{pCK} – синхронды қозғалтқыштың активті қуаты,
 Q_{pCK} – синхронды қозғалтқыштың реактивті қуаты,
 N_{CK} – синхронды қозғалтқыштың саны,
 S_{pCK} – синхронды қозғалтқыштың толық қуаты.

2.8 БТҚС 10кВ шиналарындағы реактивті қуат компенсациясын есептеу

10 кВ шиналарындағы $Q_{\text{нбк}}$ - ны теңестіріп есептеу төмендегідей формуламен жүргізіледі:

$$Q_{\text{вбк}} = Q_{p0.4} + \sum Q_{\text{тр}} + Q_{\text{рез}} - Q_{\text{рск}} - Q_{\text{э}} \quad (2.29)$$

$$Q_{\text{вбк}} = 6046,6 + 553,4 + 660 - (5011,6 + 3132,25) - 4773,5 = -5657 = 0 \text{ кВар}$$

Резервті қуат - кәсіпорындағы реактивті қуаттың резервті шамасы

$$Q_{\text{рез}} = 0,1 \times \sum \Delta Q_{\text{расч}} = 0,1 \times (Q_{p0.4} + \Delta Q_{\text{тр}}) \quad (2.30)$$

$$Q_{\text{рез}} = 0,1 \times (6046,6 + 553,4) = 660 \text{ кВар}$$

Энергожүйеден келетін қуат - кірістегі реактивті қуат энерго жүйеден тиімділік жағынан келетін реактивті қуат ретінде беріледі, ол кәсіпорынға энергожүйенің ең жоғары жүктеме кезінде беріле алады.

$$Q_{\text{э}} = 0,25 \times \sum \Delta P_{\text{р}} = 0,25 \times (P_{p0.4} + \Delta P_{\text{тр}} + P_{\text{рск}}) \quad (2.31)$$

$$Q_{\text{э}} = 0,25 \times (7993 + 76 + (6800 + 4250)) = 4773,5 \text{ кВар}$$

$Q_{\text{вбк}} = -5657,35 \text{ кВар}$, яғни теріс сан шыққандықтан, ВБК таңдамаймыз.

2.9 Өндіріс орны бойынша төмен вольтті және жоғары вольтты жүктемені есептеу

Өндіріс орны бойынша электр жүктемелерінің соңғы, нақтыланған есептелуі 2.8 – кесте - «Өндіріс орны бойынша жүктемелердің есептеулері» көрсетілген.

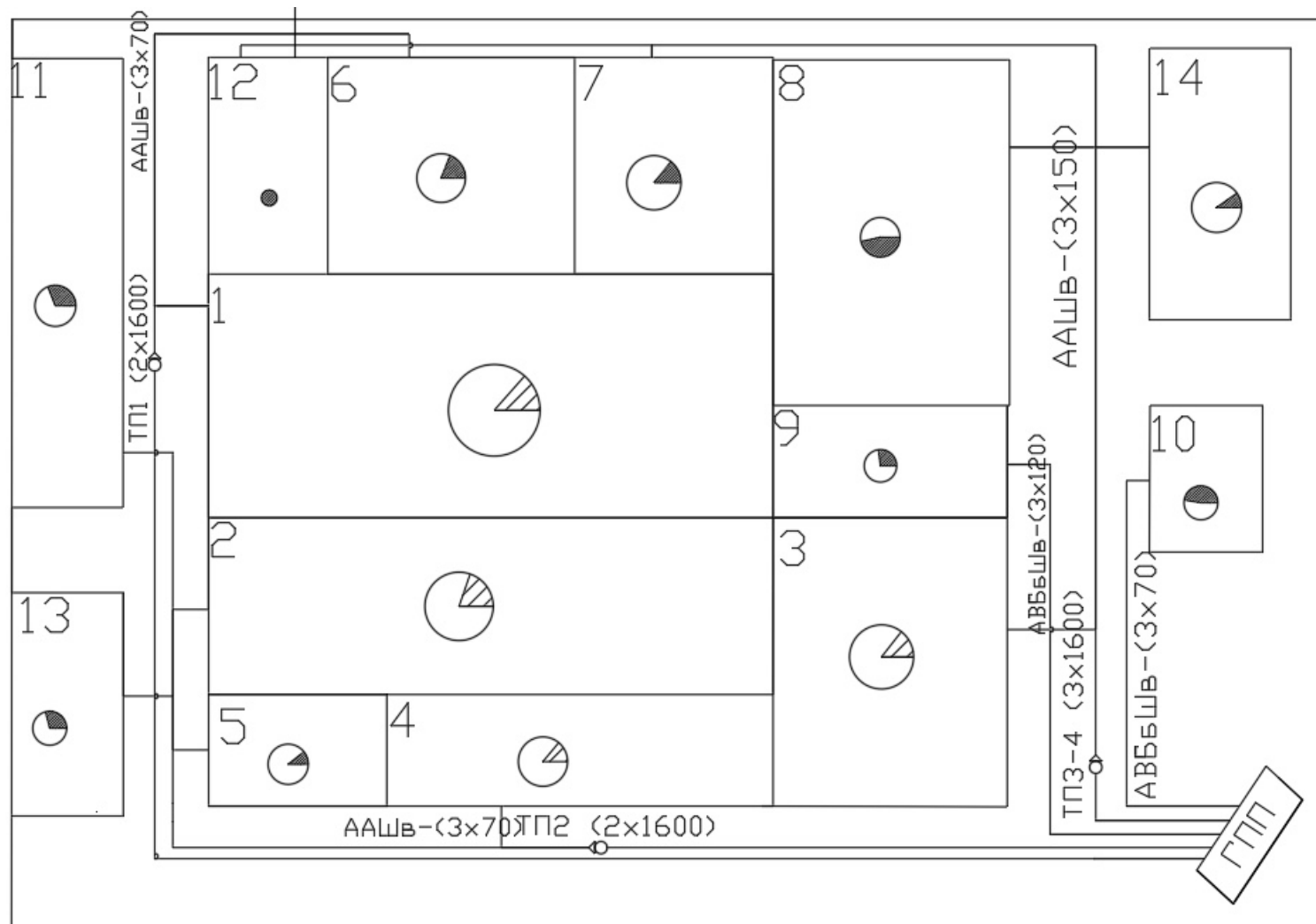
Турбогенератор зауытының бас жоспар сұлбасы (2.2 – сурет) көрсетілген.

2.8 - кесте - Өндіріс орны бойынша электр жүктемелерінің есептелуі

№ ТҚС S _{тр} , Q _{нбк} ТҚС	№ цех	n	P _н . min P _н . max, кВт	Жалпы қуат, ∑P _н кВт	K _и	P _{см} кВт	Q _{см} кВар	n _{эф}	K _м	P _{р0.4} кВт	Q _{р0.4} кВар	S _{р0.4} кВА	K _з
ТҚС1 (2×1600) Күштік жарықтандыру Q _{нбк} ТҚС=2×300=600 Барлығы	1	300	1-150	5500	0,32	1375	1402,5	86,6	1,15				
	6	500	1-40	1000		400	408			2041	1810		
		350	1-150	6500		1775	1810,5			303	145		
											-600		
										2344	1355	2707	0,84
ТҚС2 (2×1600) Күштік жарықтандыру Q _{нбк} ТҚС=2×300=600 Барлығы	2	100	1-150	2500	0,39	625	637	65,73	1,14				
	4	50	1-50	980		392	521						
	5	40	1-25	550		275	321						
	11	50	1-40	550		275	206						
	13	40	1-50	350		175	84			1985	1770		
		280	1-150	4930		1742	1770			427	205		
											-600		
										2412	1375	2776	0,85
ТҚС3-4 (3×1600) Күштік жарықтандыру Q _{нбк} ТҚС=3×300=900 Барлығы	3	100	1-125	2100	0,4	630	642	58,6	1,12				
	7	40	1-80	1200		480	360						
	8	40	1-50	600		240	280						
	9	20	1-50	350		140	105						
	10	20	1-70	280		168	126						
	12	16	1-20	100		30	22						
	14	60	1-180	650		325	243			2254	1780		
		296	1-180	5280						698	200		
						2013	1780				-900		
										2952	1900	3510	0,73

2.8 - кесте жалғасы

№ ТҚС S _{тр} , Q _{нбк} ТҚС	№ цех	n	P _н . min P _н . max, кВТ	Жалпы қуат, ∑P _н кВТ	K _и	P _{см} кВТ	Q _{см} кВар	n _{эф}	K _м	P _{р0.4} кВТ	Q _{р0.4} кВар	S _{р0.4} кВА	K _з
0,4 кВ шинасындағы қорытынды										7708	1710		
Цехтік трансформаторлар Шығыны ΔP _{тр1-4} , ΔQ _{тр1-4}										51	306,6		
10 кВ шиналарына келтірілген жүктеме										7759	2016,6		
Синхронды қозғалтқыш	9	4	2000	8000						6800	-5011,6		
	10	4	1250	5000						4250	-3132,25		
Зауыт бойынша қорытынды										18809	-6127,25	19781	



2.2 - сурет - Турбогенератор зауытының бас жоспар сұлбасы

3 Сыртқы электрмен жабдықтау нұсқаларын салыстыру

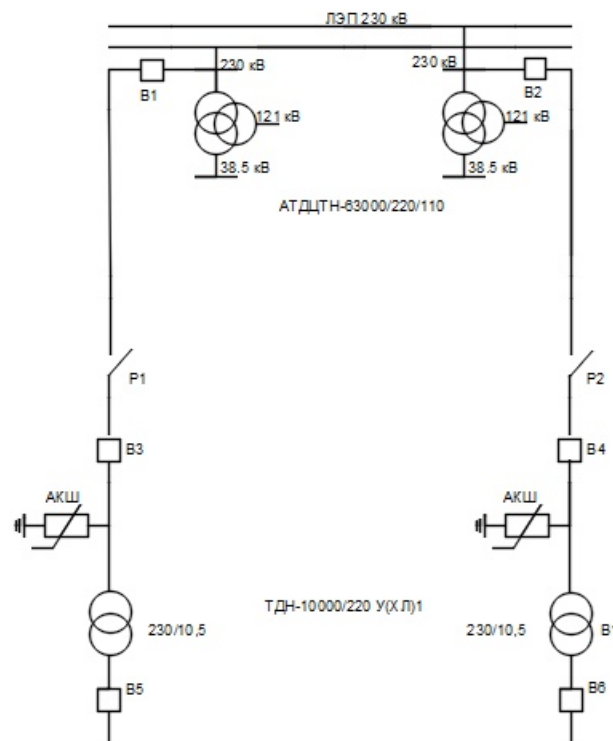
Энергожүйенің шексіз қуаттылықтағы қосалқы стансасынан қоректендіру жүзеге асырылады, онда әрқайсысы 63 МВА қуаттылығындағы 230/115/35 кВ кернеулі екі үш орамды трансформатор орнатылған. Трансформаторлар бөлек жұмыс істейді. Энергожүйе қосалқы стансасының 230 кВ жағындағы қысқа тұйықталу қуаты 2000 МВА құрайды. Қосалқы стансадан зауытқа дейінгі қашықтық 20 км. Зауыт үш ауысымда жұмыс істейді.

Технико – экономикалық салыстыру үшін электрмен жабдықтаудың 2 нұсқасын қарастырамыз

Бірінші нұсқа – ЛЭП 230 кВ;

Екінші нұсқа – ЛЭП 115 кВ;

3.1 Бірінші нұсқа бойынша электр жабдықтарын таңдау



3.1 - сурет – Электрмен жабдықтаудың I нұсқасы

Ең алдымен БТҚС трансформаторларын тандаймыз:

$$S_{\text{трБТҚС}} = \sqrt{P_p^2 + Q_3^2} \quad (3.1)$$

$$S_{\text{трБТҚС}} = \sqrt{18809^2 + 4773,5^2} = 19405 \text{ кВА}$$

Қуаттылығы 16000 кВА-лі екі трансформатор таңдадым:
Жүктелу коэффициенті:

$$K_3 = \frac{S_{\text{трБТҚС}}}{2 \times S_H} \quad (3.2)$$

$$K_3 = \frac{19405}{2 \times 16000} = 0.6$$

3.1 – кесте - Трансформатор паспорттық мәліметтері

Трансформатор маркасы	Номиналды Қуаты, кВА	Жоғарғы Кернеу, кВ	Төменгі Кернеу, кВ	Шығыны, Вт		ҚТ Кернеуі, $U_{\text{қ.т.}}$, %	БЖ Тоғы, $I_{\text{б.ж.}}$, %	Бағасы, тг
				$\Delta P_{\text{б.ж.}}$	$\Delta P_{\text{қ.т.}}$			
ТДН- 16000/230	10000	230	10,5	13	85	10,5	0,4	40 000 000

БТҚС қуат шығындары:

$$\Delta P_{\text{БТҚС}} = N \times (\Delta P_{\text{б.ж.}} + \Delta P_{\text{қ.т.}} \times K_3^2) \quad (3.3)$$

$$\Delta Q_{\text{БТҚС}} = N \times \left(\frac{I_{\text{б.ж.}} \times S_{\text{тр}}}{100} + \frac{U_{\text{қ.т.}} \times S_{\text{тр}} \times K_3^2}{100} \right) \quad (3.4)$$

$$\Delta P_{\text{БТҚС}} = 2 \times (13 + 85 \times 0,62) = 87,2 \text{ кВт}$$

$$\begin{aligned} \Delta Q_{\text{БТҚС}} &= 2 \times \left(\frac{0,4 \times 16000}{100} + \frac{10,5 \times 16000 \times 0,6^2}{100} \right) \\ &= 1337 \text{ кВар} \end{aligned}$$

БТҚС трансформаторының жылдық шығынын есептеу:

Үш ауысымды жұмыс режимі үшін $T_{\text{вкл}} = 6000 \text{ сағ}$; $T_{\text{макс}} = 6000 \text{ сағ}$.

Онда максималды уақыт шығыны:

$$\tau = (0,124 + \frac{T_{\text{макс}}}{10000})2 \times 8760 \quad (3.5)$$

$$\tau = (0,124 + \frac{6000}{10000})2 \times 8760 = 4591 \text{ сағат}$$

Трансформаторлардағы жылдық энергия шығындары:

$$\Delta W_{\text{ЭБТҚС}} = 2 \times (\Delta P_{\text{б.ж.}} \times T_{\text{вкл}} + \tau \times \Delta P_{\text{қ.т.}} \times K_3^2) \quad (3.6)$$

$$\Delta W_{\text{ЭБТҚС}} = 2 \times (13 \times 6000 + 4591 \times 85 \times 0,62) = 436969 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}$$

ЭБЖ (ЛЭП) – 230 кВ

ЭБЖ арқылы өтетін толық қуат:

$$S_{\text{ЭБЖ}} = \sqrt{(P_p + \Delta P_{\text{БТҚС}})^2 + Q_3^2} \quad (3.7)$$

$$S_{\text{ЭБЖ}} = \sqrt{(18809 + 87,2)^2 + 4773,5^2} = 19489 \text{ кВА}$$

Бір линия арқылы жүретін ток:

$$I_p = \frac{S_{\text{ЭБЖ}}}{2 \times \sqrt{3} \times U_{\text{н}}} \quad (3.8)$$

$$I_p = \frac{19489}{2 \times \sqrt{3} \times 220} = 25 \text{ А}$$

Авариялық режим тоғы:

$$I_a = 2 \times I_p \quad (3.9)$$

$$I_a = 2 \times 25 = 50 \text{ А}$$

Экономикалық ток тығыздығы арқылы сым қимасын анықтаймыз:

$$F = \frac{I_p}{j} \quad (3.10)$$

$$F = \frac{25}{1} = 25 \text{ мм}^2$$

$T_{\text{макс}} = 6000$ сағат үшін – $j = 1 \text{ А/мм}^2$. [4]

АС – 240/32 сым түрін таңдадым.

Таңдаған қима үшін меншікті кедергілерін жазамыз:

$r_0 = 0,121 \text{ Ом/км}$ – меншікті активті кедергі,

$x_0 = 0,435 \text{ Ом/км}$ – меншікті индуктивті кедергі.

230 кВ желіге арналған ең аз қимасының ауданы «тәжге» 240 мм²

Есептік ток кезінде: $I_{\text{доп}} = 605 \text{ А} > I_p = 25 \text{ А}$,

Авариялық режимде: $I_{\text{доп ав}} = 786,5 \text{ А} > I_{\text{ав}} = 50 \text{ А}$.

ЭБЖ-ң электроэнергия шығындары:

$$\Delta W_{\text{ЭБЖ}} = 2 \times (3 \times I_p^2 \times R \times 10^{-3} \times \tau) \quad (3.11)$$

$$\Delta W_{\text{ЭБЖ}} = 2 \times (3 \times 252 \times 2,42 \times 10^{-3} \times 4591) = 41663 \text{ кВт}$$

Таңдалған сымымыздың активті кедергілері, менің жағдайымда 20 км үшін:

$$R = r_0 \times l \quad (3.12)$$

$$R = 0,121 \times 20 = 2,42 \text{ Ом}$$

Жүйеде орнатылған трансформатор екі 63 МВА қуаттағы 3 орамды трансформатор. Типі АТДЦТН-63000/220/110 [5].

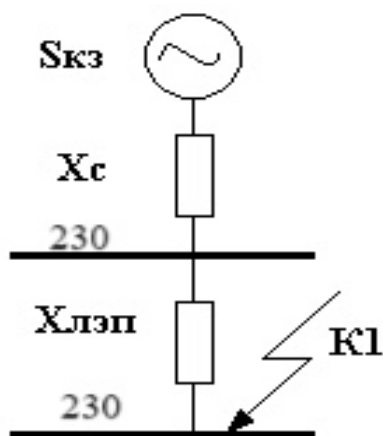
3.2 – кесте - АТДЦТН – 63000/220/110 паспорттық деректері

Жүйе трансформаторын ың типі	S _н , кВА	U, кВ			БЖ Тоғы , I _{б.ж.} %	Шығындар ы, кВт		ЖК - ОК %	ЖК -ТК %	ОК- ТК %	Баға, тг
		ЖК	ОК	ТК		ΔР _{б.ж}	ΔР _{к.т}				
АТДЦТН	63000	230	121	38,5	0,5	45	215	11	35,7	21,9	70 000 000

$$\gamma_1 = \frac{S_{\text{ЭБЖ}}}{2 \times S_{\text{н}}} \quad (3.13)$$

$$\gamma_1 = \frac{19584}{2 \times 63000} = 0,15$$

230 кВ желінің нүктелері үшін қысқа тұйықталу тогын есептеу.



3.2 – сурет - Орынбасу схемасы

Базистік қуат: $S_6=1000$ МВА;

Базистік кернеу: $U_6=230$ кВ.

Базистік ток

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_H} \quad (3.14)$$

$$I_6 = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 230} = 2,5 \text{ кА}$$

К1 нүктесіндегі қысқа тұйықталу:

$$X_c = \frac{S_6}{S_{К.Т}} \quad (3.15)$$

$$X_c = \frac{1000}{2000} = 0,5 \text{ о. е.}$$

(3.16)

$$I_{k1} = \frac{I_6}{X_c}$$

$$I_{k1} = \frac{2,5}{0,5} = 5 \text{ кА}$$

К1 нүктесіндегі соққы тоғы:

$$i_c = \sqrt{2} * K_y * I_{k1} \quad (3.17)$$

$$i_c = \sqrt{2} * 1,8 * 5 = 12,72 \text{ кА}$$

К2 нүктесіндегі қысқа тұйықталу:

$$X_{\text{желі}} = X_0 * L * \frac{S_6}{U_{cp}^2} \quad (3.18)$$

$$X_{\text{желі}} = 0,4 * 20 * \frac{1000}{230^2} = 0,15 \text{ о. е.}$$

(3.19)

$$I_{k2} = \frac{I_6}{X_c + X_L}$$

$$I_{k2} = \frac{2,5}{0,5+0,15} = 3,84 \text{ кА}$$

К2 нүктесіндегі соққы тоғы:

$$i_c = \sqrt{2} * K_y * I_{k2} \quad (3.20)$$

$$i_c = \sqrt{2} * 1,8 * 3,84 = 9,77 \text{ кА}$$

Электрмен жабдықтаудың I – нұсқасы бойынша кәсіпорынның толық электрмен жабдықтап, сұлбасын салып және сұлбаның қысқа тұйықталу тоқтарын есептеп жоғары вольтті жабдықтарын таңдадым.

3.3 - кесте - В1 мен В2 және В3 мен В4 үшін таңдалған ВГТ-220П-40/3150У1 элегаз ажыратқыштар

Таңдалу шарты	В1 мен В2 тексерілуі	В3 мен В4 тексерілуі
$I_H \geq I_{ав}$	3150 А > 50 А	3150 А > 50 А
$I_{откл} \geq I_{к1}$	40 кА > 5кА	40 кА > 5кА
$I_{пред} \geq i_y$	102кА > 12,72 кА	102кА > 12,72 кА
$I_{терм} \geq I_{к1}$	50кА > 5 кА	50кА > 5 кА
Құны	11 000 000 тг	11 000 000 тг

В1, В2, В3 мен В4 ажыратқыштарының үлестік қатысуларын есептеу:

$$\gamma_{В1-В4} = \frac{I_{ав}}{I_H} \quad (3.21)$$

$$\gamma_{В1-В4} = \frac{50}{3150} = 0,01$$

3.4 - кесте - Р1-2 үшін таңдалған РДЗ- П-220/1000 НУХЛ1 айырғышы

Таңдалу шарты	Р1 мен Р2 тексерілуі
$I_H \geq I_{ав}$	1000 А > 50 А
$I_{дин} \geq i_y$	63 кА > 12,72 кА
$I_{терм} \geq I_{к1}$	25 кА > 5 кА
Құны	3 115 000 тг

$$\gamma_{Р1-Р2} = \frac{50}{1000} = 0,05$$

Кесте - 3.5 - ОПН-П-220/156/10/800 УХЛ1 асқын кернеу шектегіші

Таңдалу шарты	Тексерілуі
$U_{н.в} \geq U_{н.с.}$	230 А > 230 А
Құны	642 000 тг

Таңдалған жабдықтардың бағаларын ескере отырып барлық капиталдық шығындарды есептеу.

1) Жүйе трансформаторы:

$$K_{\text{тр.жүйе}} = 2 \times N_{\text{баға}} \times \gamma_1 \quad (3.22)$$

$$K_{\text{тр.жүйе}} = 2 \times 70 \times 0,15 = 21 \text{ млн. тг.}$$

2) Ажыратқыштар:

$$K_{\text{ажыр.1-4}} = 4 \times N_{\text{баға}} \times \gamma_{B1-B4} \quad (3.23)$$

$$K_{\text{ажыр.1-4}} = 4 \times 11 \times 0,01 = 0,44 \text{ млн. тг.}$$

3) Айырғыштар:

$$K_{\text{айыр.1-2}} = 2 \times N_{\text{баға}} \times \gamma_{P1-P2} \quad (3.24)$$

$$K_{\text{айыр.1-2}} = 2 \times 3,1 \times 0,05 = 0,31 \text{ млн. тг.}$$

4) Асқын кернеу шектегіштер:

$$K_{\text{АКШ}} = 2 \times N_{\text{баға}} \quad (3.25)$$

$$K_{\text{АКШ}} = 2 \times 0,642 = 1,28 \text{ млн. тг.}$$

5) БТҚС трансформаторы:

$$K_{\text{БТҚСтр}} = 2 \times N_{\text{баға}} \quad (3.26)$$

$$K_{\text{БТҚС}} = 2 \times 40 = 80 \text{ млн. тг.}$$

6) 230 кВ кернеу деңгейі үшін менің зауытыма дейінгі әуе желісін есептеу:

$$K_{\text{желі}} = l \times N_{\text{баға}} \quad (3.27)$$

$$K_{\text{желі}} = 20 \times 737 = 14,7 \text{ млн. тг.}$$

Мұндағы, 230 кВ кернеу деңгейі үшін 737,20 тг/м.

Жоғарыда көрсетілген капиталдық шығындардың жиынтық мөлшері келесідей есептеледі:

$$\Sigma K = K_{\text{тр.жүйе}} + K_{\text{БТҚС}} + \Sigma K_{\text{айыр.1-2}} + \Sigma K_{\text{ажыр.1-4}} + K_{\text{АКШ}} + K_{\text{желі}} \quad (3.28)$$

$$\Sigma K = 21 + 80 + 0,31 + 0,44 + 1,28 + 14,7 = 117,73 \text{ млн. тг.}$$

Тек қондырғыға кететін капиталдық шығын:

$$\Sigma K_{\text{қонд.}} = \Sigma K - K_{\text{желі}} \quad (3.29)$$

$$\Sigma K_{\text{қонд}} = 117,73 - 14,7 = 103,03 \text{ млн. тг.}$$

Өндіріс құрылғыларына және әуелік желілердің есебіне кететін амортизациялық ұсталымдарды есептеу:

$$I_{\text{а.қонд}} = E_{\text{а.қонд}} \times K_{\text{қонд}} \quad (3.30)$$

$$I_{\text{а.қонд}} = 0,063 \times 103,03 = 6,49 \text{ млн. тг.}$$

$$I_{\text{а.к.желі}} = I_{\text{а.қонд}} \times K_{\text{желі}} \quad (3.31)$$

$$I_{\text{а.к.желі}} = 0,028 \times 14,7 = 0,41 \text{ млн. тг.}$$

$$I_{\text{а}} = I_{\text{ақонд}} + I_{\text{акжелі}} \quad (3.32)$$

$$I_{\text{а}} = 6,49 + 0,41 = 6,9 \text{ млн. тг.}$$

Өндіріс жабдықтарына және әуелік желіге кететін эксплуатациялық ұсталымдар:

$$I_{\text{э.қонд}} = E_{\text{э.қонд}} \times K_{\text{қонд}} \quad (3.33)$$

$$I_{\text{э.қонд}} = 0,01 \times 103,03 = 1,03 \text{ млн. тг.}$$

$$I_{\text{э.к.желі}} = E_{\text{э.қонд}} \times K_{\text{желі}} \quad (3.34)$$

$$I_{\text{э.к.желі}} = 0,004 \times 14,7 = 0,058 \text{ млн. тг.}$$

$$I_{\text{э}} = I_{\text{э.қонд}} + I_{\text{э.к.желі}} \quad (3.35)$$

$$I_э = 1.03 + 0.041 = 1.071 \text{ млн. тг.}$$

$$I_{\text{жор}} = C_0 \times (\Delta W_{\text{эБТҚС}} + \Delta W_{\text{эБЖ}}) \quad (3.36)$$

$$I_{\text{жор}} = 37 \times (436969 + 41663) = 17.7 \text{ млн. тг}$$

Мұндағы, $C_0 = 37 \text{ тг/кВт}\times\text{сағ}$ – электроэнергияның шығынының құны.
Өндіріс орнының жылдық шығындары: [16]

$$\Sigma I = I_a + I_э + I_{\text{жор}} \quad (3.37)$$

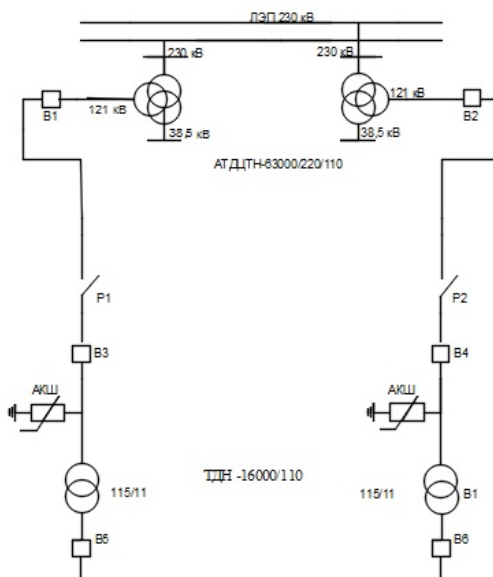
$$\Sigma I = 6,9 + 1,071 + 17.7 = 25,671 \text{ млн тг.}$$

Жылдық келтірілген шығындар:

$$З = E + K + \Sigma I \quad (3.38)$$

$$З = 0,12 + 117,73 + 25.671 = 143.52 \text{ млн тг.}$$

3.2 Екінші нұсқа бойынша электр жабдықтарын таңдау



3.3 - сурет - Электрмен жабдықтаудың II нұсқасы

БТҚС трансформаторларын таңдаймыз:

$$S_{\text{трБТҚС}} = \sqrt{18809^2 + 4773,5^2} = 19405 \text{ кВА}$$

Қуаттылығы 16000 кВА-лі екі трансформатор таңдадым:
Жүктелу коэффициенті:

$$K_3 = \frac{19405}{2 \times 16000} = 0.6$$

3.6 – кесте -Трансформатор паспорттық мәліметтері

Трансформатор маркасы	Номиналды Қуаты, кВА	Жоғарғы Кернеу, кВ	Төменгі Кернеу, кВ	Шығыны, Вт		ҚТ Кернеуі, U _{к.т.} , %	БЖ Тоғы, I _{б.ж.} , %	Бағасы, тг
				ΔP _{б.ж.}	ΔP _{к.т.}			
ТДН- 16000/110	16000	115	11	21	85	10,5	0,85	14 950 000

БТҚС қуат шығындары:

$$\Delta P_{\text{БТҚС}} = 2 \times (21 + 85 \times 0,62) = 103 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_{\text{БТҚС}} = 2 \times \left(\frac{0,85 \times 16000}{100} + \frac{10,5 \times 16000 \times 0,6^2}{100} \right) = 1481 \text{ кВар}$$

БТҚС трансформаторының жылдық шығынын есептеу:
Трансформаторлардағы жылдық энергия шығындары:0

$$\Delta W_{\text{БТҚС}} = 2 \times (21 \times 6000 + 4591 \times 85 \times 0,62) = 532969 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}$$

ЭБЖ (ЛЭП) – 115 кВ

ЭБЖ арқылы өтетін толық қуат:

$$S_{\text{ЭБЖ}} = \sqrt{(18809 + 103)^2 + 4773,5^2} = 19505 \text{ кВА}$$

Бір линия арқылы арқылы жүретін ток:

$$I_p = \frac{19505}{2 \times \sqrt{3} \times 115} = 48 \approx 50 \text{ A}$$

Авариялық режим тоғы:

$$I_a = 2 \times 50 = 100 \text{ A}$$

Экономикалық тоқ тығыздығы арқылы сым қимасын анықтаймыз:

$$F = \frac{50}{1} = 50 \text{ мм}^2$$

$T_{\text{макс}} = 6000$ сағат үшін – $j = 1 \text{ A/мм}^2$.

АС – 70/11 сым түрін таңдадым.

Таңдаған қима үшін меншікті кедергілерін жазамыз:

$r_0 = 0,428 \text{ Ом/км}$ – меншікті активті кедергі,

$x_0 = 0,444 \text{ Ом/км}$ – меншікті индуктивті кедергі.

115 кВ желіге арналған ең аз қимасының ауданы «тәжге» 70 мм²

Есептік ток кезінде:

$$I_{\text{доп}} = 265 \text{ A} > I_p = 50 \text{ A},$$

Авариялық режимде:

$$I_{\text{доп ав}} = 344,5 \text{ A} > I_{\text{ав}} = 50 \text{ A}.$$

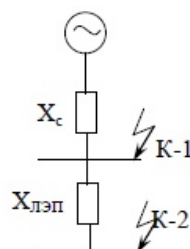
ЭБЖ-ң электроэнергия шығындары:

$$\Delta W_{\text{ЭБЖ}} = 2 \times (3 \times 502 \times 8,56 \times 10^{-3} \times 4591) = 589484 \text{ кВт}$$

Таңдалған сымымыздың активті кедергілері, менің жағдайымда 20 км үшін:

$$R = 0.428 \times 20 = 8,56 \text{ Ом}$$

115 кВ желінің нүктелері үшін қысқа тұйықталу тогын есептеу.



3.4 –сурет - Орынбасу схемасы

Базистік қуат: $S_6=1000$ МВА;

Базистік кернеу: $U_6=115$ кВ.

Базистік ток

$$I_6 = \frac{1000}{\sqrt{3} * 115} = 5 \text{ кА}$$

К1 нүктесіндегі қысқа тұйықталу:

$$X_c = \frac{U_k \times S_6}{100 \times S_H} \quad (3.39)$$

$$X_c = \frac{10,5 \times 1000}{100 \times 16} = 6,56 \text{ о. е.}$$

$$I_{k1} = \frac{5}{6,56} = 0,76 \text{ кА}$$

К1 нүктесіндегі соққы тоғы:

$$i_c = \sqrt{2} * 1,72 * 0,76 = 1,84 \text{ кА}$$

К2 нүктесіндегі қысқа тұйықталу:

$$X_{\text{желі}} = 0.444 * 20 * \frac{1000}{115^2} = 0,67 \text{ о. е.} \quad (3.40)$$

$$I_{k2} = \frac{I_6}{X_c + X_L}$$

$$I_{k2} = \frac{5}{6,56+0,67} = 0,69 \text{ кА}$$

К2 нүктесіндегі соққы тоғы:

$$i_c = \sqrt{2} * K_y * I_{k2} \quad (3.41)$$

$$i_c = \sqrt{2} * 1,72 * 0,69 = 1,67 \text{ кА}$$

Электрмен жабдықтаудың екінші – нұсқасы бойынша кәсіпорынның толық электрмен жабдықтап, сұлбасын салып және сұлбаның қысқа тұйықталу тоқтарын есептеп жоғары вольтті жабдықтарын таңдадым.

Кесте - 3.7 - В1 мен В2 және В3 мен В4 үшін таңдалған ВГТ-110Б2000-40У1 элегаз ажыратқыштар.

Таңдалу шарты	В1 мен В2 тексерілуі	В3 мен В4 тексерілуі
$I_H \geq I_{ав}$	2000 А > 100 А	2000 А > 100 А
$I_{откл} \geq I_{кл}$	40 кА > 5кА	40 кА > 5кА
$I_{пред} \geq i_y$	102кА > 12,72 кА	102кА > 12,72 кА
$I_{терм} \geq I_{кл}$	50кА > 5 кА	50кА > 5 кА
Құны	10 300 000 тг	10 300 000 тг

В1, В2, В3 мен В4 ажыратқыштарының үлестік қатысуларын есептеу:

$$\gamma_{В1-В4} = \frac{100}{2000} = 0,05$$

Кесте 3.8 - Р1-2 үшін таңдалған РД32-110/1000УХЛ1 айырғышы.

Таңдалу шарты	Р1 мен Р2 тексерілуі
$I_H \geq I_{ав}$	1000 А > 100 А
$I_{дин} \geq i_y$	80 кА > 1,84 кА
$I_{терм} \geq I_{кл}$	25 кА > 0,76 кА
Құны	1 400 000 тг

$$\gamma_{Р1-Р2} = \frac{100}{1000} = 0,1$$

Кесте - 3.9 - ОПН-110У1 асқын кернеу шектегіші

Таңдалу шарты	Тексерілуі
$U_{н.в} \geq U_{н.с.}$	110 А > 110 А
Құны	125 000 тг

Таңдалған жабдықтардың бағаларын ескере отырып барлық капиталдық шығындарды есептеу.

1) Ажыратқыштар:

$$K_{\text{ажыр.1-4}} = 4 \times 10,3 \times 0,05 = 2,06 \text{ млн. тг.}$$

2) Айырғыштар:

$$K_{\text{айыр.1-2}} = 2 \times 1,4 \times 0,1 = 0,28 \text{ млн. тг.}$$

3) Асқын кернеу шектегіштер:

$$K_{\text{АКШ}} = 2 \times 0,125 = 0,250 \text{ млн. тг.}$$

4) БТҚС трансформаторы:

$$K_{\text{БТҚС}} = 2 \times 14,95 = 29,9 \text{ млн. тг.}$$

5) 115 кВ кернеу деңгейі үшін менің зауытыма дейінгі әуе желісін есептеу:

$$K_{\text{желі}} = 20 \times 2500 = 50 \text{ млн. тг.}$$

Мұндағы 115 кВ кернеу деңгейі үшін 2500 тг/м.

Жоғарыда көрсетілген капиталдық шығындардың жиынтық мөлшері келесідей есептеледі:

$$\sum K = K_{\text{БТҚС}} + \sum K_{\text{айыр.1-2}} + \sum K_{\text{ажыр.1-4}} + K_{\text{АКШ}} + K_{\text{желі}} \quad (3.42)$$

$$\sum K = 29,9 + 0,28 + 2,06 + 0,250 + 50 = 82,49 \text{ млн. тг.}$$

Тек қондырғыға кететін капиталдық шығын:

$$\sum K_{\text{қонд.}} = \sum K - K_{\text{желі}} \quad (3.43)$$

$$\sum K_{\text{қонд.}} = 82,49 - 50 = 32,49 \text{ млн. тг.}$$

Өндіріс құрылғыларына және әуелік желілердің есебіне кететін амортизациялық ұсталымдарды есептеу:

$$I_{a.қонд} = 0,063 \times 32,49 = 2,04 \text{ млн. тг.}$$

$$I_{a.к.желі} = 0.028 \times 50 = 1.4 \text{ млн. тг.}$$

$$I_a = 2,04 + 1.4 = 3.44 \text{ млн. тг.}$$

Өндіріс жабдықтарына және әуелік желіге кететін эксплуатациялық ұсталымдар:

$$I_{э.қонд} = 0,01 \times 32,49 = 0,32 \text{ млн. тг.}$$

$$I_{э.к.желі} = 0.004 \times 50 = 0.2 \text{ млн. тг.}$$

$$I_э = 0,32 + 0.2 = 0,52 \text{ млн. тг.}$$

$$I_{жог.} = 37 \times (532969 + 589484) = 41,5 \text{ млн. тг}$$

Мұндағы, $C_0 = 37 \text{ тг/кВт} \times \text{сағ}$ – электроэнергияның шығынының құны.
Өндіріс орнының жылдық шығындары:

$$\sum I = 3,44 + 0,52 + 41,5 = 45,46 \text{ млн тг.}$$

Жылдық келтірілген шығындар:

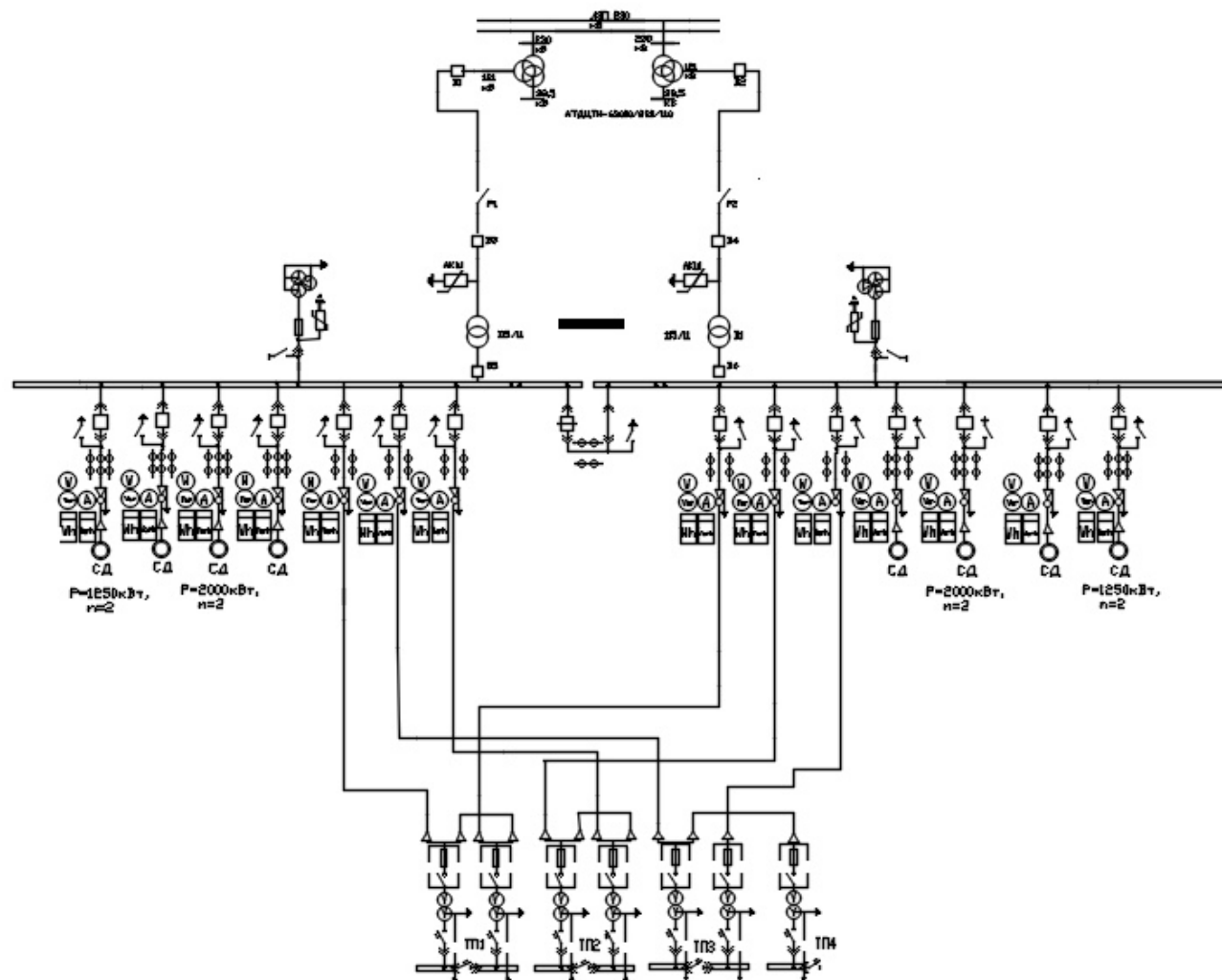
$$З = 0,12 + 82,49 + 45,46 = 128,07 \text{ млн тг.}$$

3.10 - Кесте - 2 нұсқа бойынша капиталдық шығындарын салыстырамыз:

Нұсқа	U_n , кВ	$\sum K$, млн тг.	$\sum I$, млн тг.	З, млн тг.
1	230	117,73	25,671	143,52
2	115	82,49	45,46	128,07

Кестедегі салыстырылған шығынға қарап, 2-нұсқа таңдалды. Яғни 115 кВ-тан тартқан тиімді.

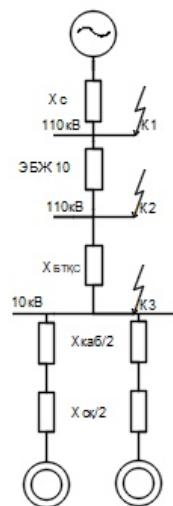
3.5 – суретте турбогенератор зауытының бірсызықтық сұлбасы көрсетілген.



Сурет - 3.5 – Турбогенератор зауытының бірсызықтық сұлбасы

4 Кернеуі U=10кВ бойынша қысқа тұйықталу токтарын есептеу және электр жабдықтарыны таңдау

4.1 Энергожүйеден қысқа тұйықталу тогын есептеу



4.1 - сурет -СҚ-ты ескере отырып, қысқа тұйықталу тогын есептеуге арналған орынбасу сұлбасы

Базистік қуат: $S_6 = 1000$ мВА

Базистік кернеу: $U_6 = U_{cp} = 10,5$ кВ

Базистік тоқтың есептелуі:

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} * U_6} \quad (4.1)$$

$$I_6 = \frac{1000}{\sqrt{3} * 10,5} = 54.9 \text{ кА}$$

4.1 – кесте - АТДЦТН – 63000/220/110 паспорттық деректері

Жүйе трансформаторының типі	S _н , кВА	U, кВ			БЖ Тогы, I _{б.ж.} %	Шығындары, кВТ		ЖК-ОК %	ЖК-ТК %	ОК-ТК %
		ЖК	ОК	ТК		ΔР _{б.ж.}	ΔР _{к.т.}			
АТДЦТН	63000	230	121	38,5	0,5	45	215	11	35	21,9

$$U_{KB} = 0,5 \cdot (u_{kBC} + u_{kBH} - u_{kCH}) = 0,5 \cdot (11 + 35 - 22) = 24 \quad (4.2)$$

$$U_{KC} = 0,5 \cdot (u_{kBC} + u_{kCH} - u_{kCB}) = 0,5 \cdot (11 + 22 - 35) = 0 \quad (4.3)$$

$$U_{KH} = 0,5 \cdot (u_{kBH} + u_{kCH} - u_{kCB}) = 0,5 \cdot (35 + 22 - 11) = 23 \quad (4.4)$$

$$X_{\text{Ж}} = \frac{X_T \times X_T}{X_T + X_T} + X_{\text{Ж}} \quad (4.5)$$

$$X_{\text{Ж}} = \frac{3.65 \times 3.65}{3.65 + 3.65} + 3.8 = 5,62 \text{ с. б}$$

Жүйе трансформаторының толық кедергісі:

$$X_{\text{Ж}} = \frac{U_{\text{к}} \times S_{\text{Б}}}{100 \times S_{\text{Н}}} \quad (4.6)$$

$$X_{\text{Ж}} = \frac{24 \times 1000}{100 \times 63} = 3.8 \text{ с. б.}$$

$$X_{\text{Т}} = \frac{23 \times 1000}{100 \times 63} = 3.65 \text{ с. б.}$$

ЭБЖ кедергісі:

$$X_{\text{желі}} = X_0 * L * \frac{S_6}{U_{\text{ср}}^2} \quad (4.7)$$

$$X_{\text{желі}} = 0.44 * 20 * \frac{1000}{115^2} = 0.66 \text{ с. б.}$$

БТҚС трансформаторы:

$$X_{\text{БТҚС}} = \frac{U_{\text{к}} \times S_{\text{Б}}}{100 \times S_{\text{Н}}} \quad (4.8)$$

$$X_{\text{БТҚС}} = \frac{10.5 \times 1000}{100 \times 10} = 10.5 \text{ с. б.}$$

КЗ нүктесіндегі қысқа тұйықталу тоғы:

$$I_{\text{КТ}} = \frac{I_{\text{Б}}}{X_{\text{ж}} + X_{\text{ЭБЖ}} + X_{\text{БТҚС}}} \quad (4.9)$$

$$I_{\text{КТ}} = \frac{54,98}{5.62 + 0,66 + 10,5} = 4,38 \text{ кА}$$

Өндірістік орында 2 түрлі СҚ бар. Толық қуатын келесі формулада есептедік.

4.2 – кесте -СҚ техникалық деректері

№	Түрі	Саны	Номиналды қуаты, кВт	Кернеу, В	Айналу жиілігі, айн/мин	cosφ	ПӘ К	Жүктелу коэффициенті Кз
9	СДК2-19-51-16 УХЛ	4	2000	10000	375	0,805	0,85	0,85
10	СДЭ2-16-46-6У2	4	1250	10000	1000	0,805	0,85	0,85

№9 цехындағы СҚ-ның кабель есептік тогын табамыз.

$$I_{\text{р}} = \frac{P \cdot K_{\text{з}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}} \cdot \cos \phi_{\text{н}} \cdot \eta} \quad (4.10)$$

$$I_{\text{р}} = \frac{2000 \cdot 0,85}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,805 \cdot 0,94} = 130 \text{ А}$$

Синхронды қозғалтқышқа кабель таңдаймыз:

Кабельдің қимасы экономикалық тығыздық арқылы таңдалады:

мұнда $J=1 \text{ А/мм}^2$

$$F_{\text{с}} = \frac{130}{1} = 130 \text{ мм}^2;$$

Экономикалық тығыздықтың минималды қимасы мына формуламен шығарылады:

$$F_{\text{э}} = a \cdot I_{\text{қт. кз}} \cdot \sqrt{t_{\text{пр}}} \quad (4.11)$$

мұндағы a — алюминий желісі үшін 12 ге тең етіп алынады желі жасаушысының материалының түріне байланысты таңдалып:

$$\sqrt{t_{\text{пр}}} = 0,4 \text{ қорғаныстың жұмыс уақыты}$$

$$F_{\text{э}} = 12 \cdot 4,38 \cdot \sqrt{0,4} = 36,96 \text{ мм}^2$$

АВББШв-(3х120) маркалы кабель таңдалынды;

$$I_{\text{доп}} = 165 \text{ А} > I_{\text{р}} = 130 \text{ А.}$$

Кабель кедергісі: $x_0 = 0,095 \text{ Ом/км}$, $r_0 = 0.253 \text{ Ом/км}$.

$$X_{\text{каб}} = L \cdot x_0 \cdot \frac{S_{\text{б}}}{U_{\text{ср}}^2} \quad (4.12)$$

$$X_{\text{каб}} = 0,02 \cdot 0,095 \cdot \frac{1000}{10,5^2} = 0,0017 \text{ о. е.}$$

СҚ параметрлерін анықтаймыз

$$E_d = E_H^{\text{II}} \cdot \frac{U_n}{U_{\text{б}}} \quad (4.13)$$

$$E_d = 1,1 \cdot \frac{10}{10,5} = 1,05 \text{ с.б.}$$

$$X_{\text{сд9}} = X_d^{\text{II}} \cdot \frac{S_{\text{б}}}{S_n} \quad (4.14)$$

$$X_{\text{сд9}} = 0,2 \cdot \frac{1000}{2111,8} = 94 \text{ с. б.}$$

$$X_{\text{клсд9}} = (X_{\text{сд}} + X_{\text{кл}}) / 2 \quad (4.15)$$

$$X_{\text{клсд}9} = (0,0017 + 94) / 2 = 47 \text{ с.б.}$$

№10 цехындағы СҚ-ның есептік тогын табамыз

$$I_p = \frac{1250 \cdot 0,85}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,805 \cdot 0,94} = 81 \text{ А}$$

Синхронды қозғалтқышқа кабель таңдаймыз:

Кабельдің қимасы экономикалық тығыздық арқылы таңдалады:

мұнда $J = 1 \text{ А/мм}^2$

$$F_9 = \frac{81}{1} = 81 \text{ мм}^2;$$

Экономикалық тығыздықтың минималды қимасы мына формуламен шығарылады:

АВББШВ-(3х70) маркалы кабель таңдалынды;

$$I_{\text{доп}} = 115 \text{ А} > I_p = 81 \text{ А.}$$

Кабель кедергісі: $x_0 = 0,09 \text{ Ом/км}$, $r_0 = 0,23 \text{ Ом/км}$.

$$X_{\text{каб}} = 0,02 \cdot 0,09 \cdot \frac{1000}{10,5^2} = 0,0017 \text{ о. е.}$$

СҚ параметрлерін анықтаймыз

$$E_d = 1,1 \cdot \frac{10}{10,5} = 1,05 \text{ с.б.}$$

$$X_{\text{сд}10} = 0,2 \cdot \frac{1000}{855,31} = 233 \text{ с. б.}$$

$$X_{\text{клсд}9} = (0,0017 + 233) / 2 = 116 \text{ с.б.}$$

$$X_{\text{клсд}} = \frac{X_{\text{клсд}9} \times X_{\text{клсд}10}}{X_{\text{клсд}9} + X_{\text{клсд}10}}$$

$$X_{\text{клсд}} = \frac{47 \times 116}{47 + 116} = 33 \text{ с. б.}$$

БТҚС шиналарындағы қысқаша тұйықталу тогы:

$$I_{\text{кд}} = \frac{I_{\sigma} \cdot E_d}{X_{\text{кЛСД}} + X_{\text{шинРП}} + X_{\text{кЛРП}}} \quad (4.16)$$

$$I_{\text{кд}} = \frac{54,986 \cdot 1,05}{33 + 0,45 + 0,75} = 1,68 \text{ кА}$$

$$I_{\text{кБТҚС}} = I_{\text{кс}} + I_{\text{кд}} \quad (4.17)$$

$$I_{\text{кБТҚС}} = 5,1 + 1,68 = 6,78 \text{ кА}$$

$$i_{\text{уБТҚС}} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{\text{к}} \quad (4.18)$$

$$i_{\text{уБТҚС}} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 6,78 = 17,25 \text{ кА}$$

4.2 Ажыратқыштарды таңдау

$S_{\text{р.завода}} = 19781 \text{ кВА.}$

Есептік ток:

$$I_{\text{р}} = \frac{S_{\text{р.Зав}}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}} \quad (4.19)$$

$$I_{\text{р}} = \frac{19781}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 550 \text{ А}$$

Авариялық ток:

$$I_{\text{а}} = 2 \times 550 = 1100 \text{ А}$$

4.3 - кесте -кіріс ажыратқыш: ВВ/TEL-10-20/ 1600У2 вакуумды сөндіргіштерін таңдаймыз.

Паспорттық	Есептік
$U_{\text{н}}=10 \text{ кВ}$	$U=10 \text{ кВ}$
$I_{\text{н}}=1600 \text{ А}$	$I_{\text{ав}}=1100 \text{ А}$
$I_{\text{откл}}=20 \text{ кА}$	$I_{\text{кзГПП}}=6,78 \text{ кА}$
$I_{\text{дин}}=51 \text{ кА}$	$I_{\text{удГПП}}=17,25 \text{ кА}$

БТҚС шинасындағы секционды сөндіргіш арқылы кіріс сөндіргіші арқылы өтетін қуаттың жартысы өтеді. Сондықтан есепті ток:

$$I_p = 550 \text{ A.}$$

4.4 - кесте - секционды ажыратқыш: ВВ/TEL-10-20/ 1000У2 вакуумды ажыратқыштарын таңдаймыз.

Паспорттық	Есептік
U _н =10 кВ	U=10 кВ
I _н =1000А	I _р =550 А
I _{откл} =20 кА	I _{кзГПП} =6,78 кА
I _{дин} =51 кА	I _{удГПП} =17,25 кА

№1 магистраль

БТҚС – дан ТҚ1-ге арналған ажыратқыш магистралі

$$I_p = \frac{Sp_{TK1,2}}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot 2} \quad (4.20)$$

$$I_p = \frac{2632,54}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 76 \text{ A}$$

Апаттық жағдайдағы ток:

$$I_{ав.М1} = 2 \times 76 = 152 \text{ A}$$

4.5 – кесте -М1 магистралға арналған вакуумды ажыратқыш: ВВ/TEL-10-12,5/ 630 вакуумды ажыратқыштарын таңдаймыз.

Паспорттық	Есептік
U _н =10 кВ	U=10 кВ
I _н =630А	I _{ав} =152 А
I _{откл} =20 кА	I _{кзБҚТС} = 6,78 кА
I _{дин} =51 кА	I _{удБТҚС} = 17,25 кА

4.6 – кесте -Келесі магистралдардың ажыратқыштарыда осылай есептеледі:

№	Ажыратқыш маркасы	Кернеу кВ	Ток бойынша		Қ.т бойынша		Соққы тоғы	
			$I_{н\text{ отк}}$	$I_{ав}$	$I_{отк}$	$I_{кт}$	$I_{дин}$	$I_{у\text{ к3}}$
ТҚС2	ВВ/TEL	10	630	153	20	6,78	51	17.25
ТҚС3-4	ВВ/TEL	10	630	177	20	6,78	51	17,25

БТҚС – дан СҚ-ға ажыратқыш таңдау:

4.7 – кесте -СҚ арналған вакуумды ажыратқыштар

№	Ажыратқыш маркасы	Кернеу кВ	Ток бойынша		Қ.т бойынша		Соққы тоғы	
			$I_{н\text{ отк}}$	$I_{ав}$	$I_{отк}$	$I_{кт}$	$I_{дин}$	$I_{у\text{ к3}}$
СҚ 9-цех	ВВ/TEL	10	630	130	20	6,78	51	17.25
СҚ 10-цех	ВВ/TEL	10	630	162	20	6,78	51	17,25

4.3 Ток трансформаторларын таңдау

Ток трансформаторлары келесі шарттар бойынша таңдалады:

қондырғы кернеуі бойынша: $U_{ном\text{ тт}} \geq U_{ном\text{ уст-ки}}$;

ток бойынша: $I_{ном\text{ тт}} \geq I_{расч}$;

электродинамикалық беріктігі ойынша: $K_{дин} \geq \frac{i_{уд}}{\sqrt{2} \times I_{ном\text{ тт}}}$;

екіншілік жүктеме бойынша: $S_{н2} \geq S_{нагр\text{ расч}}$;

термикалық беріктігі бойынша: $K_{тс} = \frac{I_{об} \times \sqrt{t}}{I_{ном\text{ тт}} \times t_{нт}}$;

конструкция және дәлдік классы бойынша.

Кіріс және секционды ажыратқыштардағы ток трансформаторларын таңдау.

4.8 – кесте – қондырғы параметрлері

Қондырғы	Түрі	А, ВА	В, ВА	С, ВА
А	Э-350	0,5	0,5	0,5
Wh	СА3-И681	2,5	2,5	2,5
Varh	СР4-И689	2,5	2,5	2,5
W	Д-355	0,5	-	0,5
Var	Д-345	0,5	-	0,5
Барлығы		6,5	5,5	6,5

ТПЛ-10У3 тоқ трансформаторын аламыз: $I_H=1500$ А; $U_H=10$ кВ; $S_H=30$ ВА.

Есептелетін мәндер	Каталог бойынша
$U_H=10$ кВ	$U_H=10$ кВ
$I_{ав}=1100$ А	$I_H=1500$ А
$i_{уд}=17,25$ кА	$I_{дин}=81$ кА
$S_{2p}=10,5$ ВА	$S_{2H}=30$ ВА

ТТ-ң екінші реттік жүктемесін есептейік.

Екіншілік жүктеменің кедергісі құрал кедергілерінен, жалғайтын сымдардан және контактілердің ауыспалы кедергісінен тұрады:

$$R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-тов}} \quad (4.21)$$

$$R_2 = 0,26 + 0,056 + 0,1 = 0,416 \text{ Ом}$$

Құрал кедергілерін мына формуламен анықтаймыз

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} \quad (4.22)$$

$$r_{\text{приб}} = \frac{6.5}{5^2} = 0.26 \text{ Ом}$$

$$r_{2H-ка} = \frac{S_{2H \text{ ТТ}}}{I_2^2} \quad (4.23)$$

$$r_{2H-ка} = \frac{30}{5^2} = 1.2 \text{ Ом}$$

мұнда $S_{\text{приб}}$ – құралдармен тұтынатын қуат;

I_2 – құралдың екіншілік номиналдық тоғы.

Желі кедергілерінің мүмкін болатын шегі

$$r_{\text{доппр}} = r_{2H-ка} - r_{\text{приб}} - r_{\text{кон}} \quad (4.24)$$

$$r_{\text{доппр}} = 1.2 - 0.26 - 0.1 = 0.84 \text{ Ом}$$

$$(4.25)$$

$$q_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{r_{\text{доп}}}$$

$$q_{\text{пров}} = \frac{0,028 \times 5}{0,84} = 0,16 \text{ мм}^2$$

АКРВГ F=2,5мм² сымын қабылдаймыз.

$$R_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{F} = \frac{0,028 \times 5}{2,5} = 0,056 \text{ Ом}$$

$$S_2 = R_2 \times I_2^2 \quad (4.26)$$

$$S_2 = 0,416 \times 52 = 10,5 \text{ ВА}$$

БТҚС шиналарындағы секциялық ажыратқышқа ток трансформаторын таңдаймыз: I_p=550А; ТЛМ-10-У3-800/5: I_н=800 А; U_н=10 кВ.

Есептелетін мәндер	Каталог бойынша
U _н =10 кВ	U _н =10 кВ
I _p =550 А	I _н =800А
i _{уд} =17,25 кА	I _{дин} =100 кА
S _{2 p} =4,4 ВА	S _{2 н} =10 ВА

БТҚС -(ТҚ1, ТҚ2, ТҚ3-4), линияларының ТТ-н таңдау;

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} = \frac{5,5}{5^2} = 0,22 \text{ Ом},$$

$$r_{2 \text{ н-ка}} = \frac{S_{2 \text{ н-тг}}}{I_2^2} = \frac{10}{5^2} = 0,4 \text{ Ом},$$

$$r_{\text{доппр}} = r_{2 \text{ н}} - r_{\text{приб}} - r_{\text{кон}} = 0,4-0,22-0,1=0,08 \text{ Ом}$$

$$q_{\text{пров}} = \frac{c \times L}{r_{\text{доп}}} = \frac{0,028 \times 5}{0,08} = 1,75 \text{ мм}^2.$$

АКРТВ сымын аламыз; F=2,5мм².

$$R_{\text{пров}} = \frac{c \times L}{F} = \frac{0,028 \times 5}{2,5} = 0,056 \text{ Ом},$$

$$S_2 = R_2 \times I_2^2 = 0,376 \text{ } 52 = 9,4 \text{ ВА,}$$

$$R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-тов}} = 0,22 + 0,056 + 0,1 = 0,376 \text{ Ом.}$$

4.9 – кесте - Келесі магистралдардың тт осылай есептеледі:

№	Маркасы	Кернеу кВ	Ток бойынша		S _{2н}	S _{2р}	Соққы тоғы	
			I _{н отк}	I _{ав}			I _{дин}	I _{у к3}
ТҚС1	ТПЛК-10У3	10	300	152	10	9,4	74,5	17.25
ТҚС2	ТПЛК-10У3	10	300	153,4	10	9,4	74,5	17,25
ТҚС3-4	ТПЛК-10У3	10	300	177	10	9,4	74,5	17,25

4.10 – кесте - СҚ-ң ток трансформаторлары

№	Маркасы	Кернеу кВ	Ток бойынша		S _{2н}	S _{2р}	Соққы тоғы	
			I _{н отк}	I _р			I _{дин}	I _{у к3}
СҚ1	ТЛМ10-У3	10	200	130	10	7,9	74,5	17.25
СҚ2	ТПЛК-10У3	10	100	81	10	7,9	74,5	17,25

4.4 Кернеу трансформаторларын таңдау

Кернеу трансформаторлары төмендегі шарттар бойынша таңдалады:

құрылғы кернеуі бойынша: $U_{\text{ном}} \geq U_{\text{уст}}$;

екіншілік жүктеме бойынша: $S_{\text{ном2}} \geq S_{2\text{расч}}$;

дәлдік класы бойынша;

конструкциясы және жалғану схемасы бойынша.

4.11 – кесте - қондырғы параметрлері

Құрал	Түрі	S _{об-ки} , ВА	Орам саны	cosφ	sinφ	Құрал саны	P _{общ} , Вт	Q _φ , вар
V	Э-335	2	2	1	0	2	8	-
W	Д-335	1,5	2	1	0	1	3	-
Var	И-335	1,5	2	1	0	1	3	-
Wh	СА3- И681	3 Вт	2	0,38	0,925	7	42	102
Varh	CP4-И689	3 вар	2	0,38	0,925	7	42	102
Барлығы							98	204

Есептелетін екіншілік жүктеме

$$S_{2p} = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{98^2 + 204^2} = 226 \text{ ВА.}$$

НТМИ-10-66УЗ типті КТ қабылдаймыз

U _{HT} =10 кВ	U _{HT} =10 кВ
S _{H2} =300 кВА	S _{p2} =226 ВА
Орамдардың жалғану схемасы Y _o /Y _o /Δ _o -0	

4.5 ТҚ жүктеме ажыратқыштарын таңдау

$$I_p = \frac{S_H}{\sqrt{3} \cdot U_H} \quad (4.27)$$

$$I_p = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 10} = 92,3 \text{ А}$$

Барлық трансформаторларға ВНПу –10/400 –10зп ЗУЗ с ПК-10/100 типті жүктеме ажыратқыштарын аламыз.

Таңдалған жүктеме ажыратқышын тексереміз.

Паспорттық	Есептік
U _H =10 кВ	U=10 кВ
I _H =400 А	I _p =92,3 А
I _{сKB} =25 кА	i _{уд} =17,25 кА

4.6 ТҚ автоматты ажыратқыштарын таңдау

$$I_p = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 0.38} = 2430 \text{ А}$$

Schneider Electric Masterpact NW25H1 ажыратқышы I_{доп}=2500А.

4.7 Шығыстағы желілердің күштік кабелдерін таңдау

Кабелдер таңдау төмендегі шарттар бойынша жүргізіледі:
токтың экономикалық тығыздығы бойынша

$$F_{\text{э}} = \frac{I_p}{\gamma_{\text{э}}};$$

минималдық қима бойынша

$$F_{\text{мин}} = \alpha \times I_{\text{кз}} \times \sqrt{t_{\text{п}}};$$

жұмыстық тоқ қызуының шартты бойынша

$$K_{\text{поп}} \times I_{\text{доп каб}} \geq I_p;$$

апаттық режим бойынша

$$I_{\text{доп ав}} = 1,3 \times I_{\text{доп каб}} \geq I_{\text{ав}};$$

кернеу шығыны бойынша

$$\Delta U_{\text{доп}} \geq \Delta U_{\text{рас}}$$

Күштік кабелдерді таңдау үшін ең қуатты және алыс БТҚС - (ТҚ1,ТҚ2,ТҚ3-4) аралығын қарастырайық $S_{\text{рТҚ1}} = 3066$ кВА.

$$I_p = \frac{S_{\text{рТҚ1}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}} \cdot 2} \quad (4.28)$$

$$I_p = \frac{3066}{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot 10} = 88,5 \text{ A},$$

Дәл осы аралық үшін апаттық ток мәні:

$$I_{\text{ав}} = 2 \times 88,5 = 177 \text{ A}$$

Токтың экономикалық тығыздығы бойынша

$$F_9 = \frac{88,5}{1,2} = 73,75 \text{ мм}^2$$

мұнда $j_{\text{эк}}=1,2$ ток тығыздығы

Таңдалған кабелді термикалық шыдамдылығы:

$$F_{\text{мин}} = \alpha \times I_{\text{кз}} \times \sqrt{t_{\text{привед}}} \quad (4.29)$$

$$F_{\text{мин}} = 12 \times 17,25 \times \sqrt{0,4} = 130,9 \text{ мм}^2$$

мұнда $\alpha=12$ - жол бастаушы материалының тәуелді коэффициенті
 $t_{\text{привед}}=0,4\text{с}$ – қысқа тұйықталу өшіру уақыты.

АСБ-10-10-(3×150) маркалы кабелін таңдаймыз; $I_{\text{доп}}=240 \text{ А}$.

$K_{\text{поп}}$ түзету коэффициентін еске ала отырып жұмыс режимі бойынша тексеру, ол бір арыққа салынған кабелдер санына тәуелді $K_{\text{поп}}=0,9$.

$$I_{\text{доп ав}} = K_{\text{поп}} \times I_{\text{доп.ном}} \quad (4.30)$$

$$I_{\text{доп ав}} = 0,9 \times 240 = 216 \text{ А}$$

Апаттық режим бойынша:

$$I_{\text{доп ав}} = 1,3 \times 240 = 312 \text{ А}$$

$$312 \text{ А} \geq 177 \text{ А}$$

Қалған кабелдердің барлық есептелген мәндері 4.10 - кестесінде «Кабелдік журналға» енгізілген.

4.12 - кесте - «Кабелдік журнал»

Атауы	S_p , кВА	Траншея- дағы кабель саны	Жүктеме		Экономик алық тығыздығы бойынша		Шектен аспаған жүктеме бойынша		Қысқа тұйықталу тоғы бойынша		Таңдалған кабель	$I_{доп}$, А
			I_p , А	$I_{ав}$, А	$j_{э, A/M}$ $М^2$	$F_{э, M}$ $М^2$	K_p	$I_{доп}$, А	I_k , А	S_{min} , мм		
БТҚС - (ТҚ1)	2632, 54	2	76	152	1,2	63,3	0,9	165	6,78	130, 9	ААШВ-10- (3x70)	165
БТҚС - (ТҚ2)	2660	2	76,7	153,4	1,2	63,9 1	0,9	165	6,78	130, 9	ААШВ-10- (3x70)	165
БТҚС - (ТҚ3-4)	3066	2	88,5	177	1,2	73,7 5	0,9	165	6,78	130, 9	ААШВ-10- (3x150)	275
РП-СД1	8000	4	130	---	1,2	108, 33	0,9	165	6,78	130, 9	АВБШВ- (3x120)	165
РП-СД2	5000	4	81	---	1,2	67,5	0,9	165	6,78	130, 9	АВБШВ- (3x70)	115

5. Бағытталған желілік қорғаныс

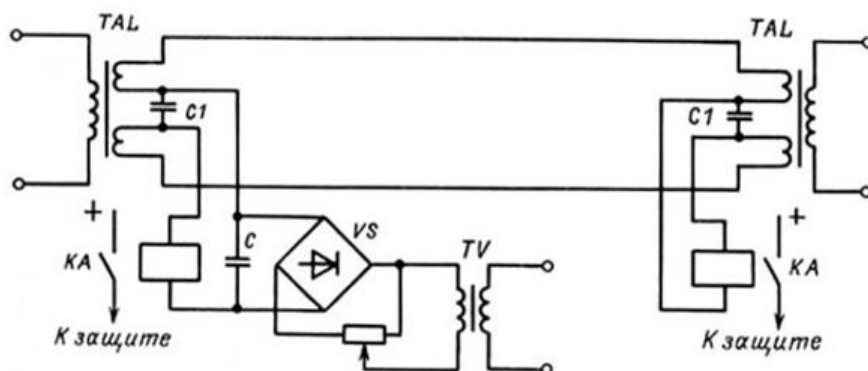
Токтық бағытталған қорғаныстар (ТБҚ) — бұл салыстырмалы селективтілігі бар, қосылу нүктесінде қысқа тұйықталу (ҚТ) тоғына және қуат бағытына әсер ететін қорғаныс түрлері.

Токтық бағытталған қорғаныстарды қолдану қажеттілігі екі жақты қоректендірілетін желілерде және бір қорек көзімен қоректенетін сақиналы (тұйықталған) желілерде туындайды. Екі жақты қоректендіру кезінде ҚТ-ны жою үшін қорғалатын әуе желісінің (ӘЖ) екі жағынан да қорғаныс орнатылуы тиіс.

5.1 Желі үшін көлденең бағытталған дифференциалдық токтық қорғаныс

Қорғаныс параллель қосылған, бірдей электрлік кедергіге ие және бір жұмыс шиналар жүйесіне немесе әртүрлі шиналар жүйесіне, бірақ шиналарды байланыстырушы ажыратқыш қосулы тұрған кезде, жалғанған желілерде қолданылады. Бұл қорғанысты жүзеге асыру үшін қорғалатын желілердің ток трансформаторларының (ТА) екінші реттік орамалары бір-бірімен әртүрлі атаулы

қысқыштар арқылы (қарсы полярлықта) қосылады. Ток трансформаторларының екінші реттік орамаларына параллель түрде токтық орган (ТО) және қуат бағытын анықтайтын органның токтық орамалары (ОНМ) қосылады.



5.1 - сурет - Желінің дифференциалдық токтық қорғанысы үшін қосу сымдарының жарамдылығын бақылаудың жеңілдетілген сұлбасы

Сұлбада токтық орган іске қосу органы қызметін атқарады, ал қуат бағытын анықтау органы ақауы бар желіні анықтауға қызмет етеді. Қай желіде ақау орын алғанына байланысты, Қуат бағытын анықтау органы сол жақтағы немесе оң жақтағы контактісін тұйықтап, сәйкесінше Q1 немесе Q2 ажыратқышына сөндіру импульсін жібереді.

ҚБАО-да кернеу параллель қосылған желілер жалғанған шиналар жүйесіне орнатылған кернеу трансформаторларынан беріледі.

Ақауы бар желіні екі жағынан ажырату үшін қорғалатын тізбектердің екі ұшында бірдей қорғаныс жиынтықтары орнатылады.

Қорғаныс жұмысының принципін қарастырайық, қарапайым болу үшін параллель желілер тек бір жақтан қоректенеді деп есептейік.

Жүйе қалыпты режимде жұмыс істеп тұрған кезде немесе сыртқы қысқа тұйықталу (ҚТ) кезінде екінші реттік токтар I_1 және I_2 шамасы жағынан тең және фазасы бірдей болады. Ток трансформаторларының екінші реттік орамалары жоғарыда айтылғандай қосылғандықтан, ТО орамасындағы ток I_p (1 және 2 қосалқы станцияларында) нөлге жуық болады, сондықтан қорғаныс құрылғылары іске қосылмайды.

Номиналды ток:

$$I_{\text{НОМ}} = \frac{S_T}{\sqrt{3} \times U_{\text{НОМ}}}$$

$$I_{\text{НОМ ЖК}} = \frac{63000}{\sqrt{3} \times 230} = 158 \text{ A}$$

$$I_{\text{НОМ ОК}} = \frac{63000}{\sqrt{3} \times 115} = 316 \text{ A}$$

$$I_{\text{НОМ ТК}} = \frac{63000}{\sqrt{3} \times 38,5} = 944 \text{ A}$$

ТТ трансформация коэффициенті:

$$K_{1\Delta} = \frac{K_{\text{сх}} \times I_{\text{НОМ ЖК}}}{5}$$

$$K_{1\Delta} = \frac{\sqrt{3} \times 158}{5} = 54 \text{ A}$$

$$K_{2\Delta} = \frac{\sqrt{3} \times 316}{5} = 109 \text{ A}$$

$$K_{3Y} = \frac{1 \times 944}{5} = 188 \text{ A}$$

мұндағы $K_{\text{сх}}$ бұл сұлба коэффициенті. Яғни трансформатордың орамаларының байланысу сұлбасы бойынша алынады.

Δ жалғанған кезде - $\sqrt{3}$,

Y жалғанған кезде – 1.

Осы шыққан мәндер бойынша біз ток трансформаторын таңдаймыз.

5.1 – кесте – ток трансформатор параметрлері

Түрі	Номиналды ток		Төзімділік тогы		Уақыт $t_{\text{тер}}, \text{с}$
	Бастапқы $I_{1\text{НОМ}}, \text{A}$	Екіншілікті $I_{2\text{НОМ}}, \text{A}$	$I_{\text{дин}}$	$I_{\text{тер}}$	
ТФЗМ220-У1	300	5	127	31	3
ТФЗМ110-У1	600	5	126	26	3
ТФЗМ35-У1	1000	5	50	19,6	3

Трансформатордың номинал қуатына сәйкес қорғаныс иықтарындағы екінші реттік ток:

$$I_{2\text{НОМ}} = \frac{K_{\text{СХ}} \times I_{\text{НОМ ЖК}}}{K_{1\Delta}}$$

$$I_{2\text{НОМ}1} = \frac{\sqrt{3} \times 158}{60} = 4,5 \text{ A}$$

$$I_{2\text{НОМ}2} = \frac{\sqrt{3} \times 316}{120} = 4,5 \text{ A}$$

$$I_{2\text{НОМ}3} = \frac{1 \times 944}{200} = 4,7 \text{ A}$$

Реленің іске қосылу тогы:

$$I_{\text{ср}} = \frac{K_{\text{СХ}} \times I_{\text{с.з.}}}{K_{1\Delta}}$$

$$I_{\text{ср}1} = \frac{\sqrt{3} \times 173,88}{60} = 5 \text{ A}$$

$$I_{\text{ср}2} = \frac{\sqrt{3} \times 347}{120} = 5 \text{ A}$$

$$I_{\text{ср}3} = \frac{1 \times 1000}{200} = 5 \text{ A}$$

Қорғалатын трансформатордың негізгі жағындағы НТТ релесінің орам санының есептік мәні. Әдетте, негізгі жақ ретінде реленің іске қосылу тогы ең жоғары болатын жақ алынады.

$$\omega_{\text{осн.реч}} = \frac{F_{\text{с.р}}}{I_{\text{ср}}}$$

$$\omega_{\text{осн.реч}} = \frac{100}{5} = 20 \text{ A}$$

Қорғалатын трансформатордың негізгі емес жағындағы НТТ релесінің орам

санының есептік мәні:

$$\omega_{\text{не осн.реч}} = \frac{I_{2\text{ном осн}} \times \omega_{\text{осн.реч}}}{I_{2\text{ном не осн}}}$$

$$\omega_{\text{не осн.реч}} = \frac{4,7 \times 20}{4,5} = 20,8 \approx 20$$

$$\omega_{\text{не осн.реч}} = \frac{4,7 \times 20}{4,5} = 20,8 \approx 20$$

Есептік орам саны жуықталған кезде негізгі емес жағында пайда болатын бастапқы ток небаланса құраушысы:

$$I_{\text{нб}} = \frac{\omega_{\text{не осн.реч}} - \omega_{\text{не осн}}}{\omega_{\text{не осн.реч}}} \times I_{\text{кз}}$$

$$I_{\text{нб}} = \frac{20,8 - 20}{20,8} \times 5000 = 192,3 \text{ A}$$

$$I_{\text{нб}} = \frac{20,8 - 20}{20,8} \times 5000 = 192,3 \text{ A}$$

Біріншілікті есептік ток небаланса:

$$I_{\text{н.б.реч.макс}} = 800 + 192,3 + 192,3 = 1184,6 \text{ A}$$

Негізгі жақтағы реленің іске қосылу тогының нақтыланған мәні:

$$I_{\text{ср.осн}} = \frac{F_{\text{с.р}}}{\omega_{\text{осн.реч}}}$$

$$I_{\text{ср.осн}} = \frac{100}{20} = 5 \text{ A}$$

Негізгі жақтағы қорғаныстың іске қосылу нақтыланған мәні:

$$I_{\text{с.з}} = \frac{I_{\text{ср.осн}} \times K_{1\text{осн}}}{K_{\text{сх}}}$$

$$I_{с.з} = \frac{5 \times 200}{1} = 1000 \text{ A}$$

Коэффициент отстройки нақты мәні:

$$K_{отс} = \frac{I_{н.б.реч.макс}}{I_{с.з}}$$

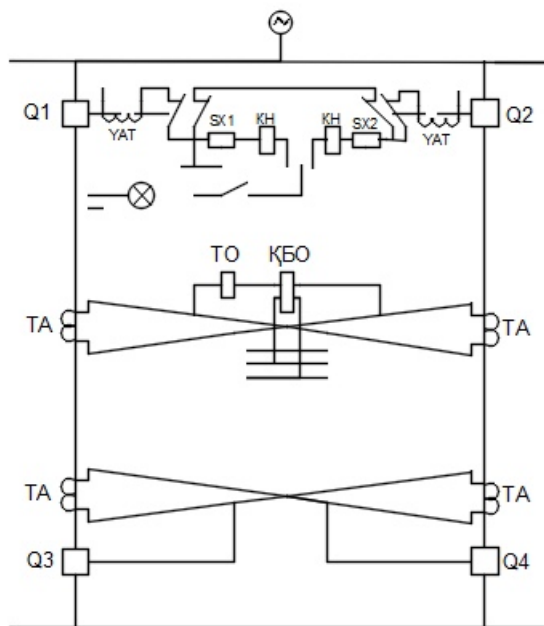
$$K_{отс} = \frac{1184,6}{1000} = 1,18$$

Сезімталдық коэффициенті (чувствительности):

$$K_q = \frac{K_{сх} \times I_{кз}}{K_{сх} \times I_{с.з}}$$

$$K_q = \frac{1 \times 3840}{1 \times 1000} = 3,84$$

Қорғаныс сезімталдығы талапты қанағаттандырады, себебі $K_q = 3,84 > 2$.



5.2 - сурет - Екі параллель желіге арналған көлденең бағытталған тоқтық қорғаныстың принципіалдық сұлбасы

5.2 Максималды тоқтық бағытталған қорғаныс

Токтық бағытталған қорғаныс әдетте бірнеше кезеңмен жүзеге асырылады. Бірінші және екінші кезең - бұл қуат бағыты элементімен толықтырылған кідіріссіз және уақыт кідірісімен токты өшіру. Үшінші кезең ретінде максималды бағытталған ток қорғаныстары қолданылады. Қуат бағытының элементін пайдалану бір қуат көзі бар сақиналы желілерде және кез келген қуат көздері бар бір жолдар тізбегі түріндегі желілерде ток қорғанысының селективтілігіне мүмкіндік береді.

Токтық бағытталған қорғаныстың 1-кезеңі кідіріссіз уақыт арқылы жұмыс жасайды. Токтан қорғаудың бірінші кезеңдерін орындаған кезде бағытталған өшіру токтары КА және КБ нүктелеріндегі үш фазалы сыртқы қысқа тұйықталу токтарының максималды мәндерінен ауытқу жағдайына сәйкес таңдалады.

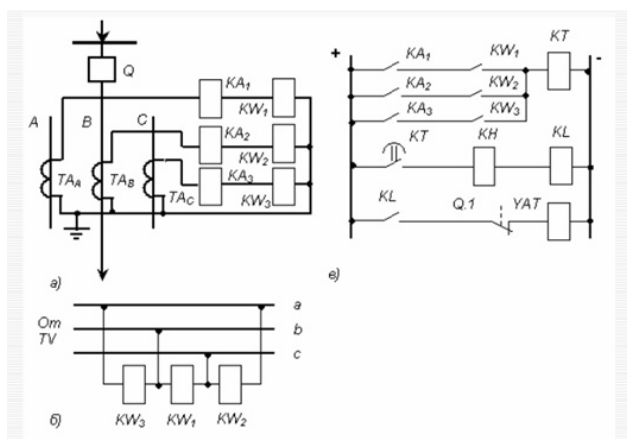
Токтық қорғанысы таңдау:

Токтық бағытталған қорғаныстың 2-кезеңі:

Екінші кезең уақытша кідірісті бағытталған токтық ажыратқыштар үшін іске қосу тогы $I_{сз}$ және уақыт кідірісі $t_{сз}$ мәндерін таңдау және сезімталдықты тексеру — бағытталмаған уақытша токтық ажыратқыштарға ұқсас жүргізіледі, бірақ бағытталған бірінші сатылы токтық қорғау үшін қарастырылған ескертулер мен негіздемелер ескеріле отырып жүзеге асырылады. Шамадан тыс токтан қорғау уақытының кідірісі селективтілік деңгейінде қабылданады. Δt - реттеу жүргізілетін қорғаныстардың уақыт кідірісінен үлкен. Жанама әрекет релесін пайдаланған кезде, $\Delta t = 0,2 - 0,6$ с. Көп жағдайда Δt 0,5 с тең қабылданады. Тәуелді сипаттамалары бар қорғау жүйелері үшін уақыт кідірісі $\Delta t = 0,8 - 1,0$ с.

Токтық бағытталған қорғаныстың 3-кезеңі:

Бағытталған қорғаныстың іске қосушы токтық релелері үшін іске қосу тогы максималды токтық қорғанысқа ұқсас түрде, арнайы формулалар бойынша таңдалады.



5.3 – сурет – максималды тоқтық қорғаныстың сұлбалары

5.3 Нөлдік тізбектің бағытталған тоқтық қорғанысы

Нөлдік тізбекті тоқтың бағытталған қорғанысы жоғары вольтты электр беру желілерін бір фазалы қысқа тұйықталудан - электр желісіндегі фазалық сымдардың бірінің жерге тұйықталуынан қорғауды қамтамасыз ету қажет болған кезде қолданылады. Бұл қорғаныс 110 кВ кернеу класындағы электр беру желілерін резервтік қорғау рөлінде қолданылады. төменде осы қорғаудың жұмыс принципін келтіреміз, 110 кВ электр желілерінде (НТБҚ) қалай және қандай құрылғылардың көмегімен жүзеге асырылатынын қарастырамыз.

Электротехникада фазалық токтардың немесе кернеулердің симметриялы және асимметриялық жүйелері туралы түсінік бар. Симметриялық жүйе үш фазалы желінің фазалық токтарының (кернеулерінің) теңдігін қамтамасыз етеді. Бұл жағдайда фазалық токтардың векторлары бір-біріне тікелей, кері, сондай-ақ нөлдік тізбекте (NP) салыстырмалы түрде тұра алады.

Тікелей реттілікпен фазалық токтардың векторлары А, В, С тізбегінде жүреді, фазалардың әрқайсысы екіншісінен 120° артта қалады. Кері реттілік-А, С, В фазаларының ауысуы, фазалардың сдysу бұрышы бірдей – 120° . Нөлдік реттілікпен үш фазаның векторлары бағыт бойынша сәйкес келеді. Асимметриялық жүйе ток мәні ретінде ұсынылады - түзудің, кері және нөлдік тізбектің барлық компоненттерінің векторларының геометриялық қосындысы.

Электр желісінің қалыпты жұмыс режимінде Токтар мен кернеулер жүйесі симметриялы, фазааралық қысқа тұйықталуларға да қатысты. Бұл жағдайда кернеу де, NP тогы да нөлге тең. Жерге бір фазалы тұйықталу пайда болған жағдайда жүйе асимметриялы болады - НП тогы мен кернеуі пайда болады.

Бұл жағдайда нөлдік тізбектің бір фазасының тогы (кернеуі) симметриялы емес жүйенің векторларының қосындысының үштен біріне тең, сәйкесінше симметриялы емес жүйенің векторларының қосындысы үштік ток (кернеу) NP.

Электр желілеріндегі қысқа тұйықталу есептеулерінің нәтижелері сонымен қатар электр желілеріндегі жерге бір фазалы тұйықталу тогы NP – $3I_0$ тогының үш еселенген мәніне, ал трансформатордың бейтараптығы мен қысқа тұйықталу нүктесі арасында пайда болатын кернеу NP – $3U_0$ кернеуінің үш еселенген мәніне тең екенін көрсетеді.

Нөлдік тізбектегі ток қорғанысының жұмыс принципі электр желісіндегі $3I_0$ мәнін бақылау және оның белгілі бір мәніне жеткен жағдайда – белгілі бір уақыт шегінде электр желісінің ажыратқышын автоматты түрде өшіруді жүзеге асыру болып табылады.

Іс жүзінде $3I_0$ баланстық емес токтар нөлдік тізбекті ток сүзгісі деп аталатын шығыста алынады. Бұл сүзгі желінің әр фазасының ток трансформаторларының орамаларының басталуы мен ұштарын бір-бірімен электрлік байланыстыру арқылы алынады.

Электр желісі учаскесінің қалыпты жұмыс режимінде НП ток сүзгісінің шығысында ток болмайды. Зақым туындаған жағдайда - электр желісінің фазалық сымдарының бірі жерге құлаған жағдайда тепе – теңдік болмайды-кейбір $3I_0$ ток мәні пайда болады, оның мәні НП ток сүзгісінің шығысында бекітіледі.

НТБҚ әдетте көп сатылы қорғаныс болып табылады. Қорғаныс кезеңдерінің әрқайсысының өзіндік жұмыс уақыты бар. Іргелес қосалқы станциялардағы қорғаныс жұмыстарының селективтілігін қамтамасыз ету үшін электр желісінің учаскелері учаскелерге (әрекет ету аймақтары) бөлінеді. Осылайша, қорғаныс осы қорғаныс жиынтығы орнатылған қосалқы станциядан қуат алатын электр желісін қорғауды қамтамасыз етеді және іргелес қосалқы станцияларды резервтік қорғау рөлін атқарады.

Жүйеде тербеліс сияқты құбылыс бар. Егер фазааралық қысқа тұйықталудан қорғау, мысалы, қашықтықтан қорғау, осы құбылыс пайда болған кезде жалған іске қосылуы мүмкін болса, онда жалған іске қосылуы алынып тасталады, өйткені бұл қорғаныс тек нөлдік тізбектегі токтардың пайда болуына жауап береді, олардың пайда болуы энергия жүйесіндегі тербеліс құбылысына тән емес.

Қандай құрылғылар электр желілерінде нөлдік тізбекті бағытталған токтан қорғау функциясын орындайды

Электр желілерін зақымданудың барлық түрлерінен қорғауды қамтамасыз ету үшін (бір фазалы және фазааралық қысқа тұйықталу) нөлдік тізбекті ток қорғанысы қашықтықтан қорғаумен бірге жүзеге асырылады. Осы қорғаныс функцияларын орындайтын құрылғылар электромеханикалық жұмыс принципінің релесінде де, қазіргі заманғы құрылғыларда – микропроцессорлық қорғаныс терминалдарында да орындалуы мүмкін.

Электромеханикалық қорғаныстардың ішінде бірнеше түрлі модификациялары бар ЭПЗ-1636 типті жиынтықтар ең танымал болды. Қазіргі жағдайда жаңа тарату қосалқы станцияларын салу немесе ескі объектілерді техникалық қайта жарақтандыру кезінде микропроцессорлық қорғаныс құрылғыларына артықшылық беріледі. 110 кВ желілерінің, соның ішінде TNZNP резервтік қорғанысын жүзеге асыру үшін ABB компаниясының микропроцессорлық терминалдары жиі қолданылады, мысалы, REL650 көпфункционалды құрылғысы.

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық жұмыста турбогенератор зауытының электрмен жабдықтау желісінде тоқтық бағытталған қорғаныс жүйесін жобалау мен оңтайландыру мәселелері жан-жақты қарастырылды. Зерттеу барысында 230/115/35 кВ кернеулі қосалқы станциядан зауытқа дейінгі электрмен жабдықтау желісі үшін авариялық режимдер есептеліп, қысқа тұйықталу токтарының мәндері анықталды.

Токтық бағытталған қорғаныстың параметрлері есептеліп, түрлі нұсқасы салыстырылды. Салыстыру нәтижесінде сенімділігі, селективтілігі және экономикалық тиімділігі бойынша ең оңтайлы қорғаныс схемасы таңдалып алынды. Сонымен қатар, қорғаныс жүйесінің жұмысын тұрақтандыру үшін реле қорғанысының жұмысы зерттеліп, параметрлерді оңтайландыру ұсынылды.

Жоба барысында таңдалған қорғаныс құрылғылары техникалық және экономикалық жағынан негізделіп, нормативтік талаптарға толық сәйкес келетіні дәлелденді. Жасалған есептеулер желінің сенімділігі мен апаттық жағдайлар кезінде қауіпсіздігін арттырып, өндірістік процестің үздіксіз жүруіне жағдай жасайтыны көрсетілді.

Сондай-ақ, жұмыс барысында электр жабдықтарының қауіпсіз пайдаланылуы мен энергия үнемдеуді қамтамасыз ету жолдары да қарастырылып, жобаның өмір қауіпсіздігі және экономикалық тиімділігіне баға берілді.

Осының нәтижесінде, дипломдық жұмыста қойылған барлық міндеттер толық орындалып, нақты инженерлік шешімдер ұсынылды. Зерттеу нәтижелері өндірістік желілерде қолдануға жарамды және практикалық маңызға ие.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 РЭА. Электрлік құрылғыларды есептеу әдістемесі – Алматы: Энергетика, 2020.
- 2 ГОСТ Р 50571.5.51-2013. Электр қондырғылары. Қысқа тұйықталуға төзімділік бойынша талаптар.
- 3 IEC 60909-0. Short-circuit currents in three-phase a.c. systems.
- 4 Касаткин С.А. Электр энергетика жүйелеріндегі реле қорғаныс – М.: Энергоатомиздат, 2019.
- 5 Ток трансформаторлары мен релелік қорғаныс құралдарының каталогы – Schneider Electric, 2023.
- 6 Электр желілері мен қосалқы стансалар – Әбдіқадыров Е.Ж., Алматы: ҚазҰТЗУ баспасы, 2021.
- 7 Мұхамеджанов А.М. Электрмен жабдықтау жүйелері – Алматы: Білім, 2022.
- 8 Қазақстан Республикасының Энергетика министрлігінің нормативтік құжаттары – www.gov.kz
- 9 Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ әдістемелік нұсқаулары, 2023.
- 10 IEEE Std C37.2-2008 – IEEE Standard for Electrical Power System Device Function Numbers.
- 11 Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования. Под ред. Барыбина Ю.Г. – М.: Энергоатомиздат, 2001. (397-4306)
- 12 Релейная защита систем электроснабжения. В.А.Андреев, 2008.
- 12 <http://www.poroselectromotor.ru/sdk>
- 13 <https://www.электромаркет.рф>
- 14 <https://oooevna.ru>
- 15 <https://powersystem.info>
- 16 СТ КазННТУ – 09 – 2023. Работы учебные. Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию текстового и графического материала. КазННТУ, 2023.