

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Энергетика және машина жасау институты

Энергетика кафедрасы

Кенжетайұлы Байбол

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Екібастұз ГРЭС-2 500 МВт қондырғылардың тиімділігін арттыру»

5B071700 - «Жылу энергетикасы»

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті
Энергетика және машина жасау институты
Энергетика кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
Допущен к защите
Кафедра меңгерушісі
НАО «КазНТУ им.К.И.Сәтбаев»
Институт энергетика
и машиностроения
PhD докторы, қауым., профессор
Е.А. Сарсенбаев
«19» 05 2022 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы «Екібастұз ГРЭС-2 500 МВт қондырғылардың тиімділігін арттыру»

5В071700-«Жылу энергетикасы»

Орындаған

Кенжетайұлы Б.

Пікір беруші

Ғылыми жетекші

PhD, АЭЭБҰ аға оқытушысы

PhD қауым., профессор

К.А. Яманбекова

Е.А. Сарсенбаев

«19» 05 2022 ж.

«19» 05 2022 ж.



Қолтаңбаны растаймын
Подпись заверяю
«19» 05 2022 ж.

Алматы 2022

Кенжетайұлы Байбол
(аты-жөні)

SB021700 - Жылу энергетика мамандығы бойынша
(мамандығы)

Екібастұз қаласы ГРЭС-2 500 МВт қондырғыларының тиімділігін арттыру
(дипломдық жұмыс тақырыбы)
тақырыбындағы дипломдық жұмысына

СЫН – ШІКІР

Бұл дипломдық жұмыста Екібастұз қаласы ГРЭС-2 500 МВт қондырғыларының тиімділігін арттыру қарастырылған. Бұл жұмыстың негізгі бөлімінде тексерулік есептеулер жүргізіледі. Жұмыста қуаты 3000 МВт ГРЭС құрылымдық сұлбаларының нұсқалары жасалынды, жоғары кернеуді РУ сұлбалары таңдалды, ТГВ 500 генератор блогының релелік қорғанысы құрылып жұмыс жылу энергетикасына тікелей қатысы болғандықтан станцияның отын сипаттамалары есептеліп шикізат пен отынның шығындары есептелді. Қатты отын ретінде Екібастұз көмірін қабылданды және шартты отынның жылдық шығыс шығыны есептелінді.

Жоба бойынша ескерту:

Пайдаланған әдебиеттер тізімі бойынша жаңа мәліметтер пайдаланылуы керек. Оған қарамастан жұмыс толықтай дайын. Мәліметтер жеткілікті.

Жұмысты бағалау

Ұсынылған дипломдық жұмыспен танысу және талқылану негізінде Satbayev University – нің «Жылуэнергетикасы» мамандығы бойынша түлегі Кенжетайұлы Байбол аталғыш мамандық бойынша «бакалавр» академиялық дәрежесін беруге лайық, ал дипломдық жұмысты жоғары бағалауға болады деп санаймын.

Шікір беруші

«Алматы энергетика және байланыс университеті»
«Инженериядағы менеджмент және кәсіпкерлік» кафедрасының
аға оқытушысы, PhD



К.А. Яманбекова

К.А. Яманбекова
«19» 05 2022 ж.

» мамыр 2022 жыл

Ф.КазІВІТУ 706-17. Ресмиіне

Кенжетайұлы Байбол
(аты-жөні)

53071700 - Жылу энергетика мамандығы бойынша
(мамандығы)

Екібастұз қаласы ГРЭС-2 500 МВт қондырғылардың тиімділігін арттыру
(дипломдық жұмыстың тақырыбы)
тақырыбындағы дипломдық жобасына

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

Бұл дипломдық жұмыста Екібастұз қаласы ГРЭС-2 500 МВт қондырғылардың тиімділігін арттыру қарастырылған. Бұл жұмыстың негізгі бөлімінде тексерулік есептеулер жүргізілді. Жұмыста қуаты 3000 МВт ГРЭС құрылымдық сұлбаларының нұсқалары жасалынды, жоғары кернеулі РУ сұлбалары таңдалды, ТГВ 500 генератор блогының релейлік қорғанысы құрылып жұмыс жылу энергетикасына тікелей қатысы болғандықтан станцияның отын сипаттамалары есептеліп шикізат пен отынның шығындары есептелді. Қатты отын ретінде Екібастұз көмірін қабылданды және шартты отынның жылдық шығыс шығыны есептелінді.

Ұсынылған дипломдық жұмыспен танысу және талқылану негізінде Satbayev University – нің «Жылуэнергетикасы» мамандығы бойынша түлегі Кенжетайұлы Байбол аталғыш мамандық бойынша «бакалавр» академиялық дәрежесін беруге лайық, ал дипломдық жұмысты жоғары бағалауға болады деп санаймын.

Ғылыми жетекші
«Энергетика» кафедрасының
қауымдастырылған профессоры, PhD



Е.А. Сарсенбаев

«9» мамыр 2022 жыл

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Энергетика және машина жасау институты


Энергетика кафедрасы

5B071700 – Жылу энергетикасы

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі

PhD, қауым. профессор

 Е.А. Сарсенбаев

« 24 » 01 2022 ж.

**Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Кенжетайұлы Байбол

Тақырыбы «Екібастұз ГРЭС-2 500 МВт қондырғылардың тиімділігін арттыру»

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

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «26» мамыр 2022 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

Екібастұз ГРЭС-2-нің өз мұқтаждарын электрмен жабдықтауды (ОК) жобалауға арналған бастапқы деректер.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Қуаты 3000 МВт ГРЭС құрылымдық сұлбаларының нұсқаларын жасау;

ә) Жоғары кернеулі РУ сұлбаларын таңдау;

б) ТГВ 500 генератор блогының релелік қорғанысы;

в) Статордың отын сипаттамалары

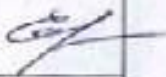
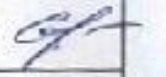
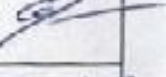
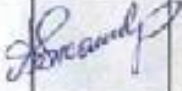
Сызбалық материалдар тізімі: Сызбалық материалдар слайдпен көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер 12 атау

Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Екібастұз ГРЭС-2-нің өз мұқтаждарын электрмен жабдықтауды (ОК) жобалауға арналған бастапқы деректерді	30.03.2022	72016
Электр аппараттары мен ток сымдарын таңдау	16.04.2022	72016
Турбогенератордың негізгі қорғанысы	16.04.2022	72016
Станцияның отын сипаттамалары	5.05.2022	72016

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Негізгі бөлім	Е.А.Сарсенбаев PhD докторы, қауым профессор	12.05.2022	
Электр аппараттары мен ток сымдарын таңдау	Е.А.Сарсенбаев PhD докторы, қауым профессор	12.05.2022	
Станцияның отын сипаттамалары	Е.А.Сарсенбаев PhD докторы, қауым профессор	17.05.2022	
Норма бақылау	Ә.О. Бердібеков сениор-лектор	19.05.2022	

Ғылыми жетекші



Е.А.Сарсенбаев

Тапсырманы орындауға алған білім алушы
Күні

12/04 Кенжетайұлы.Б.
« 29 » 04 2022 ж.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Кенжетайұлы Балбол

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Екібақты ГРЭС-2 500 МВт қондырғылардың тиімділігін арттыру

Научный руководитель: Ерлан Сарсенбаев

Коэффициент Подобия 1: 13.4

Коэффициент Подобия 2: 2.1

Микропробелы: 3

Знаки из других алфавитов: 400

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

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 превышает 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:

допущен к защите

Дата

19.05.2022

Заведующий кафедрой *Сарсенбаев Е.А.*



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Кенжетайұлы Байбол

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа *

Название работы: Екібастұз ГРЭС-2 500 МВт қондырғылардың тиімділігін арттыру

Научный руководитель: Ерлан Сарсенбаев

Коэффициент Подобию 1: 13,4

Коэффициент Подобию 2: 2,1

Микропробелы: 3

Знаки из других алфавитов: 400

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобию 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 укрывания 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: Дипломная работа выполнена самостоятельно, не является плагиатом. Рекомендуется к защите.

Дата
18.05.2022

протоколирующий эксперт
А.Сенбаев Е.А.


АНДАТПА

Дипломдық жұмыстың тақырыбы «Екібастұз ГРЭС-2 500 МВт қондырғылардың тиімділігін арттыру». Екібастұз ГРЭС-2-нің өз мұқтаждарын электрмен жабдықтауды (ОК) жобалауға арналған бастапқы деректер толық қарастырылды және келесі мәселелер шешілді: қуаты 3000 МВт ГРЭС құрылымдық сұлбаларының нұсқаларын жасалынды, жоғары кернеулі РУ сұлбалары таңдалды, ТГВ 500 генератор блогының релелік қорғанысы құрылып жұмыс жылу энергетикасына тікелей қатысы болғандықтан станцияның отын сипаттамалары есептеліп шикізат пен отынның шығындары есептелді.

АННОТАЦИЯ

Тема дипломной работы «Повышение эффективности работы блоков 500 МВт Экибастузской ГРЭС-2». Подробно рассмотрены исходные данные для проектирования электроснабжения (ОК) собственных нужд Экибастузской ГРЭС-2 и решены следующие вопросы: разработаны варианты конструктивных схем ГРЭС мощностью 3000 МВт, выбраны схемы РУ высокого напряжения, создана релейная защита генераторного блока ТГВ 500, рассчитаны топливные характеристики станции, так как работа имеет непосредственное отношение к теплоэнергетике.

ANNOTATION

The topic of the thesis is "Improving the efficiency of the 500 MW units of Ekibastuz GRES-2". The initial data for the design of power supply (OK) for the own needs of Ekibastuz GRES-2 were considered in detail and the following issues were resolved: variants of the design schemes of the GRES with a capacity of 3000 MW were developed, high-voltage RC circuits were selected, relay protection of the TGV 500 generator block was created, the fuel characteristics of the station were calculated, since the work is directly related to thermal power engineering.

МАЗМҰНЫ

	Аңдатпа	6
	Кіріспе	7
1	Негізгі бөлім	7
1.1	Екібастұз ГРЭС-2-нің өз мұқтаждарын электрмен жабдықтауды (ОК) жобалауға арналған бастапқы деректер	7
1.2	Өндірістің технологиялық процесі	8
1.3	Қуаты 3000 МВт ГРЭС құрылымдық сұлбаларының нұсқаларын жасау	12
1.4	Генераторларды таңдау	13
1.5	Блок трансформаторларын таңдау	13
1.6	Автотрансформаторды таңдау	15
1.7	Жоғары кернеулі РУ сұлбаларын таңдау	16
1.7.1	Кернеуі 220 кВ әуе желілері	16
1.7.2	Кернеуі 500 кВ әуе желілері	17
1.7.3	Кернеуі 220 кВ ашық тарату құрылғысы	17
1.7.4	Кернеуі 500 кВ ашық тарату құрылғысы	18
2	Электр аппараттары мен ток сымдарын таңдау	20
2.1	Ток өткізгіштерді таңдау	20
2.1.1	Ажыратқыштарды таңдау	21
2.1.1.1	500 кВ ажыратқыштарды таңдау	21
2.1.2	220 кВ ажыратқыштарды таңдау	21
2.1.3	20 кВ ажыратқыштарды, айырғыштарды таңдау	22
2.2	Оқшаулағыштарды таңдау	23
2.2.1	Өлшеу ток және кернеу трансформаторларын таңдау	
2.2.1.1	Кернеуі 500 кВ тізбектер	23
2.2.2	Кернеуі 220кВ тізбектері	26
2.2.3	Генератор тізбегі	28
2.3	Асқын кернеу шектегіштерін таңдау	30
2.4	ТГВ 500 генератор блогының релелік қорғанысы	30
2.4.1	Турбогенератордың негізгі қорғанысы	31
2.5	Генератордың бойлық дифференциалды ток қорғанысы	31
2.4.1	Генератордың көлденең дифференциалды ток қорғанысы	33
2.4.2	Трансформатордың бойлық дифференциалды қорғанысы.	34
3	Станцияның отын сипаттамалары	41
	Қорытынды	43
	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	44

1 Негізгі бөлім

1.1 Екібастұз ГРЭС-2-нің өз мұқтаждарын электрмен жабдықтауды (ОК) жобалауға арналған бастапқы деректер

- 1) Бір энергоблоқтың электр жүктемелері туралы мәліметтер.
 - 2) Электр станциясы тәулік бойы жұмыс істейді.
- 1.1-кестеде электр жүктемелері көрсетілген.

1.1-кесте - 500 МВт энергоблоқтың ОК (орташа кернеу) механизмдерінің электр жүктемелері

Механизм	Қозғалтқыш қуаты, кВт	Секцияға саны, дана	
		А	Б
Қыздырылған ауа желдеткіші	630	1	1
Сорғы ВНАГ	630	-	1
ГЗУ сорғысы	800	1	1
Үрлеу желдеткіші	2500	1	1
Дымосос	3150	1	1
Балға диірмені	1250	4	4
Айналым сорғысы	1000	1	1
1 сатылы конденсатты сорғы	630	1	1
Конденсатты сорғы 2 кезең	1250	1	1
Май суытуды көтеру сорғысы	250	2	1
Желілік сорғы	630	-	1
Газды салқындату сорғысы	250	1	1
Су төгетін сорғы ПНД	250	1	1
Өрт сорғысы	250	-	1
Құбырларды салқындату сорғысы	400	-	1
Сорғы АГ	1250	1	-
ПЭ сорғысы	400	-	1
Трансформатор ОК	2500	1	1
Трансформатор ОК	1000	5	2

1.2 Өндірістің технологиялық процесі

Бұл дипломдық жұмыста біз Қазақстанның Павлодар облысы Екібастұз қаласындағы ең ірі жылу электр станциясы ГРЭС-2-нің Екібастұз ГРЭС-2 500 МВт қондырғылардың тиімділігін арттыруды қарастырамыз. Жобалық қуаты 4000 МВт ГРЭС-2 қуаты 500 МВт сегіз моноблок орнату және жақын орналасқан бірегей Екібастұз кен орнында ашық тәсілмен өндірілетін тас көмірді жағу үшін қолдану негізінде құрылған. Электр станциясына отын «Богатырь» разрезінен темір жол құрам – вертушкаларда түседі. Соңғы жылдары электр станциясында Майкөбен разрезінің неғұрлым арзан қоңыр көмірін жағу игерілуде.

Электр станциясы Женгелді көлінің солтүстік жағалауында, Екібастұз қаласынан солтүстікке қарай 16 км жерде орналасқан. Су турбиналардың конденсаторларында буды салқындатуға және механизмдерді салқындатуға бұрынғы Женгелді тұзды көлінің табиғи қазаншұңқырында жасалған қолдан жасалған су қоймасынан-салқындатқыштан беріледі. Су қоймасын толтыру және химиялық су тазарту Ертіс-Қарағанды каналынан қамтамасыз етіледі.

Күл мен шлактарды жою біріктірілген, гидравликалық, ағартылған суды қайтарусыз жүзеге асырылады. Күл-қожды қойыртпақ эрлифт көмегімен 21,8 м биіктікке көтеріледі, содан кейін ол электр станциясынан 22 км жерде орналасқан күл үйіндісіне өздігінен ағумен тасымалданады.

Негізгі корпусының өлшемдері: ұзындығы — 500 м, ені — 132 м, биіктігі — 64 м, ал түтін құбырларының биіктігі-300 және 330 метр.

Жылу электр станцияларында жағылатын отынның химиялық энергиясы қазандықта турбоагрегатты (генераторға қосылған Бу турбинысын) айналдыруға әкелетін су буының энергиясына айналады. Механикалық айналу энергиясы генератормен электр энергиясына айналады.

КЭС-тің негізгі ерекшеліктері: электр энергиясын тұтынушылардан қашықтық, бұл негізінен жоғары және ультра жоғары кернеулерде қуат беруді және электр станциясын құрудың блок принципі анықтайды.

Барлық осы элементтердің қалыпты жұмыс істеуін қамтамасыз ететін механизмдер мен қондырғылар станцияның (Энергия блогының) әлеуметтік қажеттіліктері деп аталатын жүйеге кіреді.

Электр станция арқылы өндірілетін электр энергиясы 220, 500 кВ кернеуде беріледі және оның бір бөлігі ғана генератордың терминалдарына қосылған жеке қажеттілік трансформаторы арқылы жеке қажеттіліктерге алынады.

Генераторлар мен күшейткіш трансформаторлар энергия блоктарына қосылады және әдетте ашық (АТҚ) орындалатын жоғары кернеулі тарату құрылғысына қосылады.

1 және 2-блоктардың генераторлары АТҚ-220 кВ, АТҚ-500кВ-ға 3 және 4-блоктар, 5-6 және 7-8-блоктар «қосарланған блоктар» сұлбасы бойынша АТҚ-500кВ-ға қосылған.

Қазіргі уақытта алты энергоблок жұмыс істеуде. 2014 жылы №2 блокты, ал 2016 жылы №1 блокты қалпына келтіруді аяқтау жоспарлануда

Әрі қарай, біз электр энергиясын өндіру процесін егжей-тегжейлі қарастырамыз.

ГРЭС-ке отын жеткізуден бастап электр энергиясын беруге дейінгі технологиялық процестердің тізбегі технологиялық сұлбада 1.1 - суретте көрсетілген.

Қатты отынды жеткізу темір жол арқылы жүзеге асырылады. Көмірі бар вагондарды темір жол таразысында өлшейді. Қысқы уақытта көмірі бар вагондар вагон қабырғаларын жылытылған ауамен жылыту жүзеге асырылатын ерітетін жылу қоймасы арқылы өткізіледі. Содан кейін вагон түсіру құрылғысына- 1 вагон аударғышқа итеріледі, онда ол бойлық осьтің айналасында шамамен 180° бұрышқа айналады; көмір 2 қабылдау бункерлерін жабатын торларға тасталады. Бункерлерден көмірді Қоректендіргіштер тасымалдағышқа береді, ол бойынша 3 құю торабына түседі; осы жерден көмір тасымалдаушылармен 4 көмір қоймасына немесе 5 ұнтақтау бөлімшесі арқылы 6 қазандықтың шикі көмір бункерлеріне жеткізіледі, оларға көмір қоймасынан да жеткізуге болады.

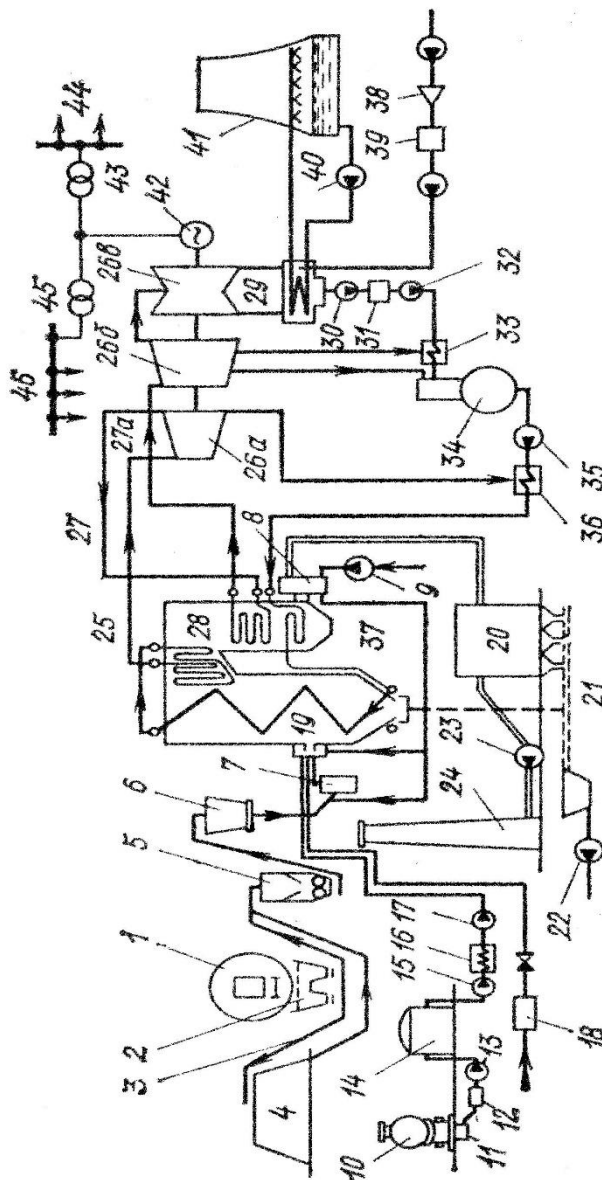
Барлық осы отын жолы көмір қоймасымен бірге ГРЭС отын-көлік цехының персоналы қызмет көрсететін отын беру жүйесіне жатады. Ұсақталған көмірді ұнтақтау 7 диірменде, шаң-ауа қоспасын қыздырғыштар арқылы пешке тікелей үрлеу арқылы жүзеге асырылады. 8 ауа жылытқышында алдын — ала қыздырылған ауа 9 үрлеу желдеткішімен үрленеді, ішінара диірменге (бастапқы ауа) және ішінара тікелей қыздырғыштарға (екінші ауа) беріледі. Үрлеу желдеткіші ауаны сору қорабы арқылы қазандықтың жоғарғы бөлігінен (жазда) немесе негізгі корпустың сыртынан (қыста) сорады. Ауаны жылытқышқа жібермес бұрын ауаны бумен немесе ыстық сумен жылыту кеңінен таралған.

Көмір қазандықтарында міндетті түрде жанармай, әдетте мазут бар. Мазут 10 темір жол цистерналарында жеткізіледі, онда ол ағызу алдында бумен қыздырылады. Қыздырылған мазут жылытылатын рельс аралық науа бойынша 11 қабылдау резервуарына 12 құйылады, одан 13 айдау сорғыларымен негізгі резервуарға 14 беріледі. Бірінші көтеру сорғысымен 15 мазут бумен жылытылатын 16 жылытқыштар арқылы сорылады, одан кейін екінші көтеру сорғысымен 17 мазут форсункаларына беріледі. Газ құбырынан 18 газ реттеу пункті арқылы қазандыққа түсетін табиғи газ да жағу отыны болуы мүмкін.

Сұйық қож шығаратын қазандықтарда қатты отын жағатын ГРЭС-те 19 қазандықтың оттығында жағылған отынның күлі ішінара сұйық қож түрінде пештің еденінің торы арқылы ағып кетеді, ал ішінара қазандықтан түтін газдарымен шығарылады, содан кейін 20 электр сүзгісінде ұсталып, ұшатын күл бункерлерінде жиналады. Шайынды құрылғылар арқылы қождар мен Ұшпа күл гидрозолданудың 21 өздігінен ағатын арналарына беріледі, олардан гидросол шлак қоспасы алдын ала металл тұтқыш пен шлак ұсатқыштан өтіп, оны күл

үйінділеріне күл құбырлары арқылы тасымалдайтын 22 Багер сорғысына түседі. Гидрозолданумен қатар, күл суланбайтын және құрылыс материалдарын дайындау үшін қолдануға болатын пневмозолдануды қолданады.

Күлтұтқыштан кейін түтін газдары түтін сорғымен 23 түтін құбырына беріледі 24. Қазандықты үрлеген кезде түтін сорғыштарды орнату қажеттілігі жоғалады. Жаңа бу 25 бу құбыры арқылы бу қыздырғыштың Шығыс коллекторынан жылытылған бу 26а бу турбинасының жоғары қысымды цилиндріне (ЖҚЦ) түседі. ЖҚЦ-нен кейін бу аралық қызып кетудің «Суық» бу құбыры бойынша 27 қазандыққа оралады және 28 аралық бу қыздырғышқа



1.1-сурет - ГРЭС технологиялық сызбасы

түседі, онда ол жаңа бу температурасына дейін немесе оған жақын қайтадан қызып кетеді. 27а аралық қызып кетудің «Ыстық» желісі арқылы бу орташа қысымды цилиндрге түседі. (ОҚЦ) 26б, содан кейін — төмен қысымды цилиндрге (ТҚЦ) 26в және одан турбинаның конденсаторына 29.

Конденсатордың конденсатор жинағышынан I сатыдағы 30 конденсат сорғылары 31 конденсатты тазарту қондырғысының сүзгілеріне конденсат береді, содан кейін 32 екінші сатыдағы конденсат сорғысы 33 төмен қысымды жылытқыштар тобы (ТҚЖТ) арқылы 34 деаэраторға жіберіледі. Ауасыздандырғышта су қайнатылады және сонымен бірге онда ерітілген агрессивті газдардан O₃ және CO₂ босатылады, бұл бу-су жолында коррозияның алдын алады. 35 сорғымен қоректенетін деаэратордың аккумуляторлық ыдысынан ауасыздандырылған қоректік су жоғары қысымды жылытқыштар тобы (ЖҚЖ) арқылы 36 экономайзерге беріледі 37. Бұл қазандық пен турбиналық қондырғының бу-су жолдарын қамтитын бу-су жолын жабады.

Судағы оттегінің концентрациясы 200-400 мкг/кг тұзсыздандырылған конденсаттың Жоғары сапасы және органикалық қосылыстардың болмауы кезінде конденсатты-қоректік трактіде, ПВД және бу қазандығының қыздыру беттерінде пассивирлі тотықты қабыршақтардың пайда болуын қамтамасыз етеді. Бұл әдісті жаңа энергия блоктарында қолдану аэраторсыз сұлбаға әкеледі.

ГРЭС бу-су жолы ең күрделі және жауапты болып табылады, өйткені бұл жолда металдың ең жоғары температурасы және бу мен судың ең жоғары қысымы бар. Бу-су жолының жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін жұмыс денесінің жоғалуын толтыру үшін қосымша Су дайындау және беру жүйесі және турбинаның конденсаторына салқындатқыш су беру үшін ГРЭС техникалық сумен жабдықтау жүйесі қажет.

Қосымша су химиялық су тазартудың арнайы ион алмасу сүзгілерінде жүзеге асырылатын шикі суды химиялық тазарту нәтижесінде алынады 38. Тұзсыздандырылған су ыдысынан 39 қосымша су турбиналық конденсаторға айдау сорғысымен беріледі.

Салқындатқыш су конденсатордың түтіктері арқылы 40 айналым сорғысымен сорылады, содан кейін 41 мұнара салқындатқышына (салқындатқыш мұнараға) түседі, онда булану арқылы су конденсаторда қызған температура айырмашылығына салқындатылады. ГРЭС-та суыту тоғандары бар сумен жабдықтау жүйелері қолданылады. Суды буландыратын салқындату кезінде булану турбиналардың конденсаторларда конденсацияланатын бу мөлшеріне тең болады. Сондықтан сумен жабдықтау жүйелерін, әдетте өзен суын толтыру қажет.

Бу турбинасымен айналатын 42 электр генераторы айнымалы электр тогын шығарады, ол 43 трансформаторы арқылы ГРЭС ашық тарату құрылғысының (АТҚ) 44 құрама шиналарына өтеді. 45 жеке қажеттілік трансформаторы арқылы генератордың шығыстарына 46 өзіндік Шығыс шиналары да қосылған. Осылайша, энергия блогының жеке қажеттіліктері (жеке қажеттілік қондырғыларының электр қозғалтқыштары — сорғылар, желдеткіштер, диірмендер және т.б.) Энергия блогының генераторымен қоректенеді. Ерекше жағдайларда (авариялық жағдайлар, жүктемені түсіру, іске қосу және тоқтату) өз мұқтаждарын қоректендіру АТҚ шиналарынан резервтік трансформатор арқылы қамтамасыз етіледі.

Жеке қажеттілік агрегаттарының электр қозғалтқыштарын сенімді электрмен қоректендіру тұтастай ГРЭС-ке энергия блоктарының жұмыс істеу сенімділігін қамтамасыз етеді. Өз қажеттіліктерінің электрмен қоректенуінің бұзылуы істен шығуға және аварияларға әкеп соғады.

Осылайша, ГРЭС-тің сипатталған технологиялық сұлбасы өзара байланысты трактілер мен жүйелердің күрделі кешені болып табылады: отын жолы, шаң дайындау жүйесі, бу-су жолы, газ-ауа жолы, шлак-күлді шығару, электр бөлігі, қосымша Су дайындау жүйесі, техникалық сумен жабдықтау жүйесі.

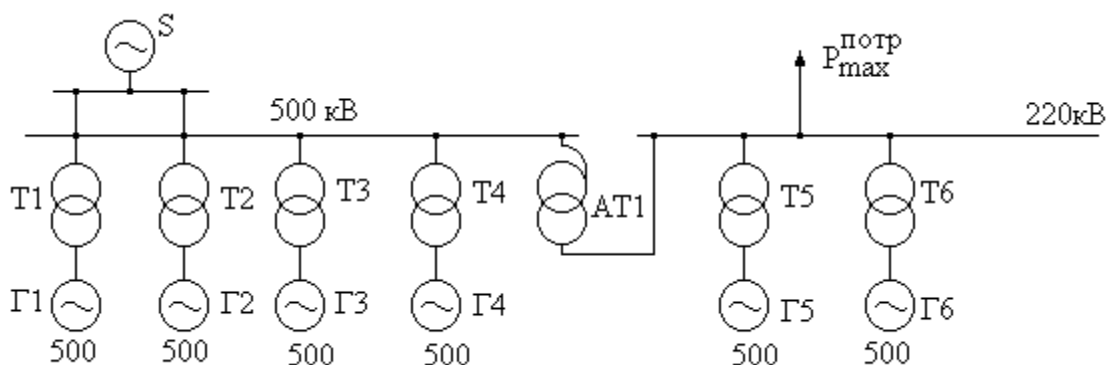
1.3 Қуаты 3000 МВт ГРЭС құрылымдық сұлбаларының нұсқаларын жасау

Станцияны жобалау кезінде негізгі сұлбаны жасамас бұрын электр энергиясын берудің құрылымдық сұлбасы жасалады, онда станцияның функционалды негізгі бөліктері көрсетіледі: тарату құрылғылары, трансформаторлар, генераторлар және олардың арасындағы байланыс.

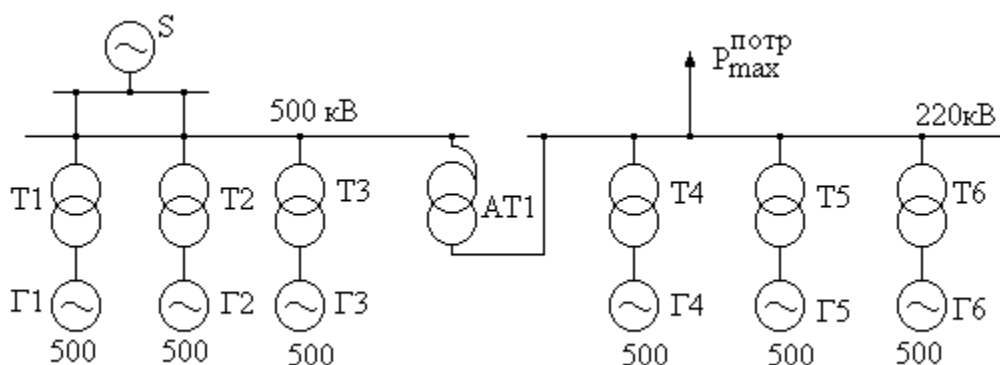
Құрылымдық сұлбалар егжей-тегжейлі және толық сұлбаларды одан әрі зерттеуге және дамытуға қызмет етеді.

Электр станциясында екі Жоғары кернеу бар, содан кейін құрылымдық тізбекті құрудың келесі нұсқалары мүмкін: РВН мен РУСН арасындағы жеке АТС.

1.2 және 1.3 суреттерде станцияның сұлбаларының нұсқалары көрсетілген.



1.2-сурет - Станцияның сұлбасының бірінші нұсқасы



1.3-сурет - Станцияның сұлбасының екінші нұсқасы

1.4 Генераторларды таңдау

Бастапқы қозғалтқыштың механикалық энергиясын электр энергиясына түрлендіретін электр станциясының негізгі элементі электр генераторы болып табылады. Қазіргі электр станцияларында тек үш фазалы айнымалы ток генераторлары қолданылады. Турбогенераторлар бу турбиналарына тікелей қосылуға арналған және бұл турбиналардың ерекшелігі олардың жылдамдығы, жоғары айналу жылдамдығына ие.

Біз турбогенераторларды таңдаймыз, мысалы, ТГВ-500-2У3. Турбогенераторлардың деректері одан әрі есептеулер үшін қажетті 1.2-кестеде келтірілген.

1.2-кесте - Турбогенераторлардың деректері

Түрі	ТГВ-500-2У3
Саны	6
Айналу жиілігі, об/мин.	3000
$S_{\text{НОМ Г}}$, МВА	588
$P_{\text{НОМ Г}}$, МВт	500
$U_{\text{НОМ Г}}$, кВ	20
$\cos \varphi_{\text{НОМ Г}}$	0,85
$I_{\text{НОМ Г}}$, кА	17
x''_{α}	0,243

1.5 Блок трансформаторларын таңдау

Блок трансформаторларын таңдау үшін $K_{\text{сн}}=8\%$, $k_c=0,9$ қабылдаймыз.

Генератордың максималды реактивті қуаты келесі формула бойынша есептеледі

$$Q_{\Gamma} = P_{\Gamma} \operatorname{tg} \varphi_{\Gamma} = 500 \cdot 0.62 = 310 \text{ Мвар} \quad (1.1)$$

мұндағы $\operatorname{tg}\varphi_{\Gamma}=\operatorname{tg}(\arccos \varphi_{\Gamma \text{ ном}})$. $\cos \varphi_{\text{НСМ } \Gamma}$ 1.2 кестеден алынған.

P_{Γ} – генераторлардың белсенді қуаты МВт.

Энерго блогының жеке қажеттіліктерінің жүктемесін анықтаймыз:

Өз қажеттіліктерінің активты қуаты мынадай формула бойынша анықталады:

$$P_{\text{сн}}=(K_{\text{сн}}/100) \cdot P_{\Gamma} \cdot k_{\text{с}}=(8/100) \cdot 500 \cdot 0.9=36 \text{ МВт} \quad (1.2)$$

Өз қажеттіліктерінің реактивті қуаты мынадай формула бойынша анықталады:

$$Q_{\text{сн}}=(K_{\text{сн}}/100) \cdot Q_{\Gamma} \cdot k_{\text{с}}=(8/100) \cdot 310 \cdot 0.9=22.32 \text{ Мвар} \quad (1.3)$$

Жеке қажеттіліктердің толық қуаты мына формула бойынша анықталады:

$$S_{\text{сн}}=\sqrt{P_{\text{сн}}^2+Q_{\text{сн}}^2}=\sqrt{36^2+22.32^2}=42.358 \text{ МВА} \quad (1.4)$$

$$\cos \varphi_{\text{сн}}=P_{\text{сн}} / S_{\text{сн}}=36/42.358=0.85 \quad (1.5)$$

мұндағы $K_{\text{сн}}$ – электр энергиясын тұтыну коэффициенті ОК, %;

P_{Γ} – генераторлардың белсенді қуаты, МВт;

$k_{\text{с}}$ – сұраныс коэффициенті СН;

Q_{Γ} – генераторлардың реактивті қуаты, Мвар.

Блоктық трансформатордың максималды жүктемесі келесі формула бойынша анықталады:

$$S_{\text{бл.}}=\sqrt{(P_{\Gamma}-P_{\text{сн}})^2+(Q_{\Gamma}-Q_{\text{сн}})^2}=\sqrt{(500-36)^2+(310-22.32)^2}=545.944 \text{ МВА} \quad (1.6)$$

Блок трансформаторының максималды жүктемесіне сәйкес біз 6 трансформаторды таңдаймыз:

бірінші нұсқа үшін - Т1-Т4 типі ТДЦ-630 000/500,

Т5, Т6 типі ТДЦ-630 000/220-74У1.

екінші нұсқа үшін - Т1-Т3 типі ТДЦ-630 000/500,

Т4-Т6 типі ТДЦ-630 000/220-74У1.

Блок трансформаторларының параметрлері 1.3 кестеде жинақталған.

1.3-кесте - Блок трансформаторларының түрлері

Түрі	U _{НОМ} кВ		Шығындар,кВт		U _к ,%	I _х , %	α	Толық бағасы млн.тг
	ВН	НН	P _х	P _к				
ТДЦ-630 000/220	242	20	380	1200	12.5	0.35	1.35	123.674
ТДЦ-630 000/500	525	20	420	1210	14	0,4	1.35	126.044

1.6 Автотрансформаторды таңдау

220 кВ орташа кернеу жағындағы жүктемені анықтаймыз.
Тұтынушылардың максималды жүктемесі:

$$P_{c \max} = 1500 \text{ МВт}$$

$$Q_{c \max} = P_{c \max} \cdot \text{tg } \varphi = 1500 \cdot 0.484 = 726 \text{ МВар}$$

Тұтынушылардың минималды жүктемесі:

$$P_{c \min} = 1000 \text{ МВт}$$

$$Q_{c \min} = P_{c \min} \cdot \text{tg } \varphi = 1000 \cdot 0.484 = 484 \text{ Мвар}$$

мұндағы $\text{tg } \varphi = 0.484$, так как $\cos \varphi = 0.91$ таралатын желілер үшін 220 кВ.

1.6.1 Келесі формула бойынша бірінші нұсқа үшін 500/220 кВ автотрансформатордың қуатын есептейміз:

$$S_{\text{расч}} = \sqrt{(\sum P_{\Gamma} + \sum P_{c.н.} + P_c)^2 + (\sum Q_{\Gamma} + \sum Q_{c.н.} + Q_c)^2} \quad (1.7)$$

Автотрансформатордың ортаңғы жағындағы максималды жүктеме кезіндегі АТС қуаты:

$$S_{\text{расч.1}} = \sqrt{(1000 - 72 - 1500)^2 + (620 - 44.64 - 726)^2} = 591.5 \text{ МВА}$$

Автотрансформатордың ортаңғы жағындағы ең аз жүктеме кезіндегі АТС қуаты:

$$S_{\text{расч.2}} = \sqrt{(1000 - 72 - 1000)^2 + (620 - 44.64 - 484)^2} = 116.32 \text{ МВА}$$

220 кВ шиналарға қосылған 500 МВт 1 блокты ажыратқан кезде АТС қуаты.

$$S_{\text{расч.3}} = \sqrt{(500 - 36 - 1500)^2 + (310 - 22.32 - 726)^2} = 1124.91 \text{ МВА}$$

Ең нашар режимге сәйкес біз автотрансформатордың қуатын таңдаймыз:

$$S_{\text{ном}} \geq S_{\text{расч.мах}} / K_{\text{п}} = 1124.91 / 1.4 = 803,5 \text{ МВА} \quad (1.8)$$

мұндағы $K_{\text{п}}=1.4$, жүктеме кестесі мен байланыс автотрансформаторының жұмыс жағдайы белгісіз болғандықтан.

Біз АТДЦН-500000/500/220 сияқты 2 автотрансформаторды таңдаймыз.

Автотрансформатордың параметрлері 1.4-кестеде келтірілген

1.4-кесте - Автотрансформатор параметрлері

Түрі	$S_{\text{ном}}$, МВА	$U_{\text{ном}}$, кВ			Шығындар, кВт		I_x , %	U_k , %		
		ВН	СН	НН	P_x	P_k		ВН	СН	ВС
АТДЦН- 500000/500/220	500	500	-	230	220	1050	0,3	12	-	-

1.6.2 екінші нұсқа үшін 500/220 кВ байланыс автотрансформаторының қуатын есептеңіз.

Автотрансформатордың ортаңғы жағындағы ең жоғары жүктеме кезінде:

$$S_{\text{расч.1}} = \sqrt{(1500 - 108 - 1500)^2 + (930 - 66.96 - 726)^2} = 174.48 \text{ МВА}$$

Автотрансформатордың ортаңғы жағындағы ең аз жүктеме кезінде:

$$S_{\text{расч.2}} = \sqrt{(1500 - 108 - 1000)^2 + (930 - 66.96 - 484)^2} = 545.28 \text{ МВА}$$

220 кВ шиналарға жалғанған 500МВт 1 блокты ажыратқан кезде:

$$S_{\text{расч.3}} = \sqrt{(1000 - 72 - 1500)^2 + (620 - 44.64 - 726)^2} = 591.5 \text{ МВА}$$

Ең нашар режимге сәйкес біз автотрансформатордың қуатын таңдаймыз.

$$S_{\text{ном}} \geq S_{\text{расч.мах}} / K_{\text{п}} = 591.5 / 1.4 = 422.5 \text{ МВА}$$

мұндағы $K_{\text{п}}=1.4$, байланыс автотрансформаторының жүктеме кестесі мен жұмыс шарттары белгісіз болғандықтан.

Автотрансформатор түрін таңдаңыз АТДЦН-500000/500/220.

1.4-кестедегі АТС параметрлері.

1.7 Жоғары кернеулі РУ сұлбаларын таңдау

1.7.1 Кернеуі 220 кВ әуе желілері

Шиналардан берілетін максималды қуат ОРУ-220 $P_{\text{погр}}^{\text{max}}=1500\text{МВт}$. Бір тізбекке берілетін ең үлкен қуат 100-200 МВт. $P_I^{220}=200\text{МВт}$ деп қабылдаймыз. Сонда ОРУ-220 -дан шығатын әуе желілерінің саны мына формула бойынша анықталады

$$n_{220}^{\text{ВЛ}} = \frac{P_{\text{погр}}^{\text{max}}}{P_I^{220}} = \frac{1500}{200} = 7.5 \quad (1.9)$$

Тұтынушыларды электрмен жабдықтау үшін 8 220 кВ әуе желісін қабылдаймыз.

1.7.2 Кернеуі 500 кВ әуе желілері

Әуе желілерінің бір тізбегіне берілетін ең үлкен қуат 500 кВ 700-900 МВт деп қабылдаймыз. $P_I^{500}=800\text{МВт}$. Содан кейін жүйемен байланыс желілерінің саны формула бойынша анықталады:

$$n_{500}^{\text{ВЛ}} = \frac{N_{\text{уст}} - P_{\text{погр}}^{\text{min}}}{P_I^{500}} = \frac{3000 - 1000}{800} = 2.5 \quad (1.10)$$

мұндағы $N_{\text{уст}}$ – станцияның орнатылған қуаты, МВт,

$P_{\text{погр}}^{\text{min}}$ - ОРУ-220 шиналардан берілетін ең аз қуат, МВт.

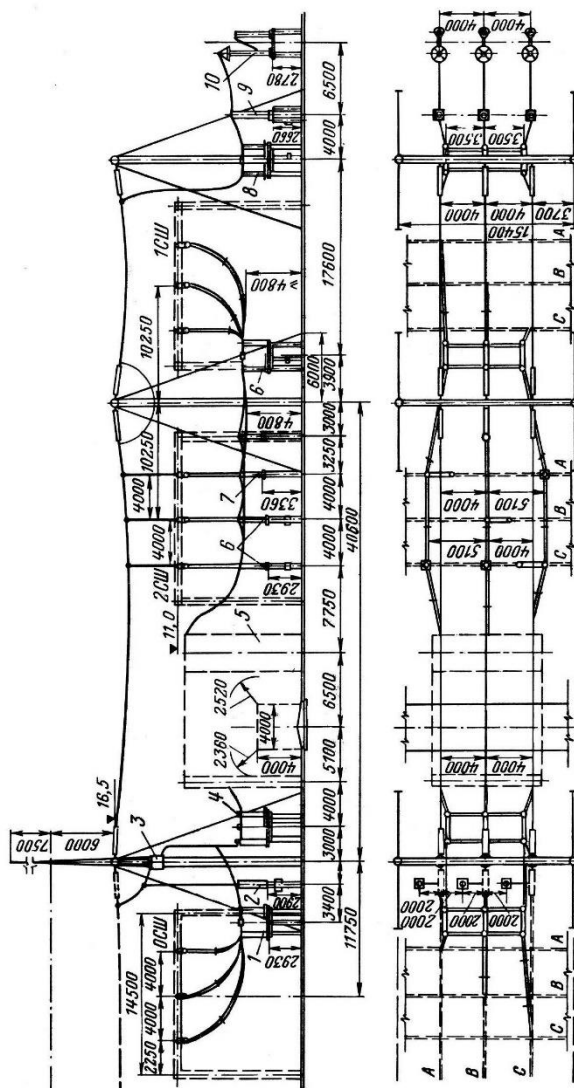
Жүйемен байланыс үшін 500 кВ 3 әуе желісін қабылдаймыз.

1.7.3 Кернеуі 220 кВ ашық тарату құрылғысы

Бірінші нұсқада ОРУ-220-ға 2 энергоблок, 2 автотрансформатор және тұтынушыларға 8 ӘЖ қосылған. ОРУ-220-ға 12 қосылу үшін біз екі жұмыс секциялы және айналмалы шиналар жүйесі бар сұлбаны қабылдаймыз. Ұяшықтар саны-14.

Екінші нұсқада ОРУ-220-ға 3 энергия блогы, байланыс автотрансформаторы және тұтынушыларға 8 ӘЖ қосылған. ОРУ-220-ға 12 қосылу үшін біз екі жұмыс секциялы және айналмалы шиналар жүйесі бар сұлбаны қабылдаймыз. Ұяшықтар саны-14.

1.4-суретте 220 кВ ОРУ ұяшығының жоспары мен қимасы көрсетілген.



1-шиналардың айналма жүйесінің ажыратқышы, 2-байланыс конденсаторы, 3-кедергі, 4-сызықты ажыратқыш, 5-ажыратқыш пен Шина тірегін орнату торабы, 6-Шина ажыратқыштары, 7-тірек оқшаулағыштары, 8-Шина аппараттарының ажыратқышы, 9-кернеу трансформаторы, 10-разрядтаушы.

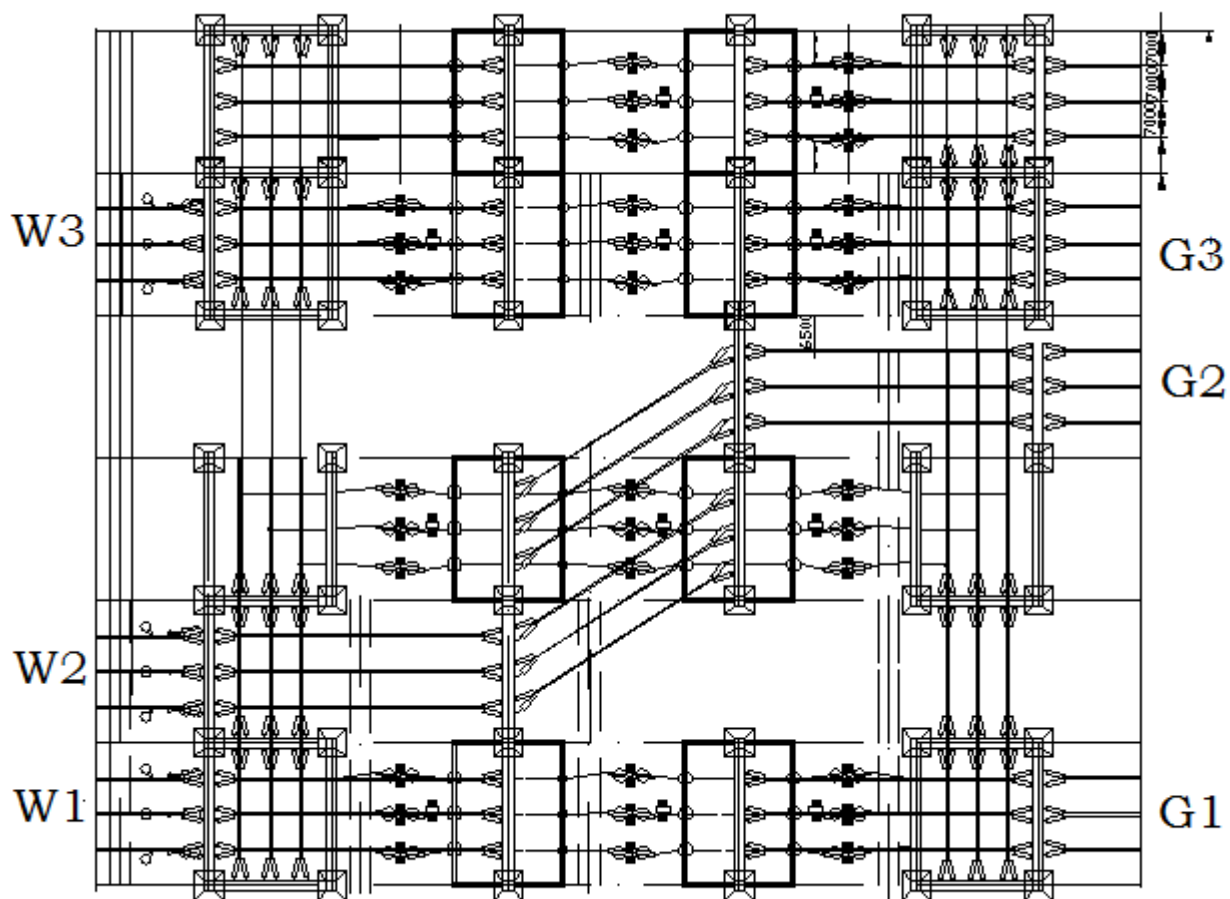
1.4-сурет - ОРУ-220 кВ желісі ұяшығының қимасы мен жоспары

1.7.4 Кернеуі 500 кВ ашық тарату құрылғысы

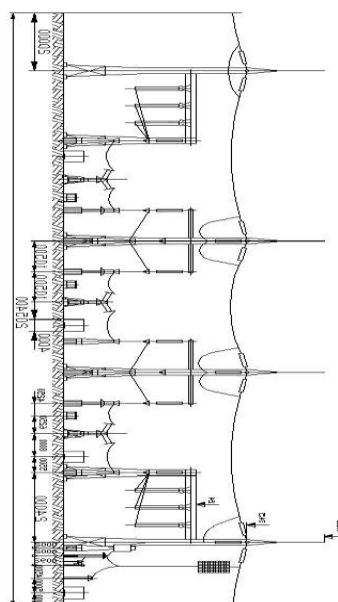
Бірінші нұсқада ОРУ-500-ге 4 энергоблок, 2 автотрансформатор және жүйемен 3 байланыс ӘЖ қосылған. ОРУ-500-ге 9 қосылу үшін біз 2 қосылымға үш ажыратқышы бар тізбекті қабылдаймыз. Ұяшықтар саны-5.

Екінші нұсқада ОРУ-500-ге 3 энергоблок, автотрансформатор және жүйемен 3 ВЛ байланыс қосылған. ОРУ-500-ге 7 қосылу үшін біз 2 қосылымға үш ажыратқышы бар тізбекті қабылдаймыз. Ұяшықтар саны-4.

1.5 және 1.6-суреттерде 500 кВ АТҚ ұяшығының жоспары мен кесіндісі, үстіңгі және бүйір көрінісі бейнеленген.



1.5-сурет - ОРУ-500 кВ желісінің қимасы және ұяшық жоспары.



1.6-сурет - ОРУ-500 кВ желісінің қимасы және ұяшық жоспары. бүйір көрінісі

2.1 Ток өткізгіштерді таңдау

500 кВ тізбектегі ең жоғары ток мынадай формула бойынша анықталады:

$$I_{\max} = (S_{\text{пер}}^{\max} + 3 \cdot S_{\text{бл}}) / \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} = \quad (2.1)$$
$$= (591.5 + 3 \cdot 545.944) / \sqrt{3} \cdot 500 = 2574.21 \text{ А}$$

мұндағы $S_{\text{пер}}^{\max}$ – шиналарға түсетін қуаттың максималды ағыны 500кВ, МВА;

$S_{\text{бл}}$ – блок трансформаторының ең үлкен жүктемесі 500 МВт, шиналарға қосылған 500 кВ, МВА;

$U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение электроустановки, кВ.

АС-400/64 алюминий сымдарды таңдаймыз, $I_{\text{доп}}=860\text{А}$, сыртқы диаметрі $d=27,7\text{мм}$.

Шиналарды шайқауға тексеру жүргізілмейді, себебі

$$I_{\text{поК1}}=10,47 \text{ кА} < 20\text{кА}$$

Біз фазада 3 сымды қабылдаймыз: $I_{\text{доп}}=3 \times 860=2580 \text{ А} > I_{\max}^{500}=2574,21 \text{ А}$

Осылайша, ОРУ-500-де 3хАС-400/64 сымдар қолданылады.

Тізбектегі максималды ток 220 кВ келесі формула бойынша анықталады:

$$I_{\max}^{220} = 3 \cdot S_{\text{бл}} / 2\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} = \quad (2.2)$$
$$= 3 \cdot 545.944 / 2\sqrt{3} \cdot 220 = 1949.09 \text{ А}$$

мұндағы $S_{\text{бл}}$ – 500 блоктық трансформатордың максималды жүктемесі, сәйкесінше 220 кВ, МВА шиналарына қосылған.

$U_{\text{ном}}$ – номиналды кернеу, кВ.

АС-400/64 алюминий сымдарын таңдаймыз, $I_{\text{доп}}=860\text{А}$, сыртқы диаметрі $d=27,7\text{мм}$.

Фазада 3 сымды таңдаймыз $I_{\text{доп}}=3 \times 860=2580 \text{ А} > I_{\max}^{220}=1949,09 \text{ А}$

Осылайша, ОРУ-220-да 3хАС-400/64 сымдары қолданылады.

Максимальный ток в цепи генератора определяется по формуле:

$$I_{\max} = P_{\text{г.ном}} / \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot 0.95 \cdot \cos\varphi_{\text{г.ном}} = \quad (2.3)$$
$$= 500 / \sqrt{3} \cdot 20 \cdot 0.95 \cdot 0.85 = 17874.621 \text{ А}$$

мұндағы $P_{\text{г.ном}}$ – номиналды активті генератор қуаты, МВт;

$U_{\text{ном}}$ – құрылғының номиналды кернеуі, кВ;

$\cos\varphi_{\text{г.ном}}$ – генератордың номиналды қуат коэффициенті.

Генератордың терминалдарынан бас корпусының алдыңғы қабырғасына дейін ток өткізгіш бөліктер толық фазалық-экрандалған ток өткізгіштерден

жасалған. ТГВ-500-2У3 генераторы үшін ТЭКМ-Е-2000-560 тоқ өткізгішін таңдаймыз, $U_{ном}=20кВ$, $I_{ном}=20000А$, $i_{дин}=560кА$.

Тоқ өткізгішті тексереміз:

$$I_{max}=17874.621А < I_{ном}=20000А$$

$$i_{удкз}=341.3кА < i_{дин}=560кА$$

Таңдалған тоқ өткізгіш талаптарға жауап береді.

2.1.1 Ажыратқыштарды таңдау

2.1.1.1 Кернеуі 500 кВ ажыратқыштарды таңдау

$$I_{max}^{500}=2574.21 А .$$

I_{max500} и $U_{ном}$ бойынша элегаз түріндегі ажыратқышты таңдаймыз ВГУ-500Б/3150 У1(ХЛ1) және типті ажыратқыштар РПД-5005-1/3200 УХЛ1.

Ажыратқыштар мен айырғыштарды тексеруді 2.1-кестеде жүргіземіз.

2.1-кесте-500 кВ ажыратқыштар мен айырғыштар

Есептік деректер	Тексеру шарттары	Каталогтық деректер	
		Ажыратқыш ВГУ-500Б/3150	Айырғыш РПД-1(2)-500/3200 УХЛ1.
$U_{уст}=500 кВ$	$U_{уст} \leq U_{ном}$	$U_{ном}=500 кВ$	$U_{ном}=500 кВ$
$I_{max}=2574.21А$	$I_{max} \leq I_{ном}$	$I_{ном}=3150 А$	$I_{ном}=3200 А$
$I_{по}=10.47 кА$	$I_{по} \leq I_{дин}$	$I_{дин}=40кА$	-
$i_{уд}=29 кА$	$i_{уд} \leq i_{дин}$	$i_{дин}=102 кА$	$i_{дин}=260 кА$

Таңдалған ажыратқыштар мен ажыратқыштар барлық талаптарды толығымен қанағаттандырады.

2.1.2 Кернеуі 220 кВ ажыратқыштарды таңдау

$$I_{max}^{220}=1949,09 А$$

I_{max}^{220} и $U_{ном}$ ВГУ-220/3150 типті элегазды Ажыратқышты таңдау және РНД3.2-220/2000у1 түріндегі ажыратқыштарды таңдау. Ажыратқыштар мен айырғыштарды тексеруді 2.2-кестеде жүргіземіз.

2.2-кесте - 220 кВ ажыратқыштар мен айырғыштар

Есептік деректер	Тексеру шарттары	Каталогтық деректер	
		Ажыратқыш ВГУ-220/3150	Айырғыш РНДЗ-(1)2-220/3200У1
$U_{уст}=220$ кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$	$U_{ном}=220$ кВ	$U_{ном}=220$ кВ
$I_{max}=1949.09$ А	$I_{max} \leq I_{ном}$	$I_{ном}=3150$ А	$I_{ном}=3200$ А
$I_{по}=23.87$ кА	$I_{по} \leq I_{дин}$	$I_{дин}=45$ кА	-
$i_{уд}=66.1$ кА	$i_{уд} \leq i_{дин}$	$i_{дин}=150$ кА	$i_{дин}=125$ кА

Таңдалған ажыратқыштар мен ажыратқыштар барлық талаптарды толығымен қанағаттандырады.

2.1.3 Кернеуі 20 кВ ажыратқыштарды, айырғыштарды таңдау

$$I_{max}^{20..500}=17874,621 \text{ А.}$$

$I_{max}^{20..500}$ бойынша ажыратқыштар мен ажыратқыштарды таңдау. Яғни 500 МВт генератор тізбектерінде пайдалану жағдайларын жақсарту, жөндеу қабілеттілігін арттыру және жабдықты біріктіру үшін бір типті ажыратқыштар мен ажыратқыштар орнатылады.

$I_{max}^{20..500}$ ип жоғарыда келтірілген дәлелдерді басшылыққа ала отырып, біз ВВГ-20-160/20000У3 қосқыштарын таңдаймыз-20-160/20000У3 және РВПЗ-20-18500У3 ажыратқыштары.

Ажыратқыштар мен айырғыштарды тексеруді 2.3-кестеде жүргіземіз.

2.3-кесте - 20кВ ажыратқыштар мен айырғыштар

Есептік деректер	Тексеру шарттары	Каталогтық деректер	
		Ажыратқыш ВВГ-20-160/20000У3	Айырғыш РВПЗ-20-18500У3.
$U_{уст}=20$ кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$	$U_{ном}=20$ кВ	$U_{ном}=20$ кВ
$I_{max}=17874.621$ А	$I_{max} \leq I_{ном}$	$I_{ном}=20000$ А	$I_{ном}=18500$ А
$I_{по}=120.76$ кА	$I_{по} \leq I_{дин}$	$I_{дин}=160$ кА	-
$i_{уд}=341.3$ кА	$i_{уд} \leq i_{дин}$	$i_{дин}=410$ кА	$i_{дин}=490$ кА

Таңдалған ажыратқыштар мен ажыратқыштар барлық талаптарды толығымен қанағаттандырады.

2.2 Оқшаулағыштарды таңдау

500 МВт генератор тізбегінде толық фазалы-экраңдалған ТЭКН-Е-20-20000-560 ток сымы орнатылған-20-20000-560. Ток өткізгішіне ОФР-24-750 типті оқшаулағыштар орнатылған. 3000 мм оқшаулағыштар арасындағы қадам.

2.2.1 өлшеу ток және кернеу трансформаторларын таңдау

2.2.1.1 Кернеуі 500 кВ тізбектер

Орнатылған аспаптар бойынша деректер 2.4-кестеге жинақталған.

2.4-кесте -500кВ өлшеу аспаптары

Аспаптың атауы	Түрі	Дәлдік класы	Саны	Ораманың қуат тұтынуы, ВА	
				Токтың	Кернеудің
амперметр	Э-335	1.0	3	0.5	-
ваттметр	Д-335	1.0	1	0.5	1.5
варметр	Д-335	1.0	1	0.5	1.5
бекіту құрылғысы	ФИП	-	1	-	3.0
белсенді қуат сенсоры	Е-829	0.5	1	1.0	10.0
реактивті қуат сенсоры	Е-830	0.5	1	1.0	10.0

Ток трансформаторының қайталама жүктемесін есептеу үшін фазалар бойынша жүктемені бөлудің 2.5 кестесін құрамыз.

2.5-кесте - 500 кВ ток трансформаторының фазалары бойынша жүктемені бөлу

Аспап	Түрі	Жүктеме фаза, ВА		
		А	В	С
амперметр	Э-335	0.5	0.5	0.5
ваттметр	Д-335	0.5	-	-
варметр,	Д-335	0.5	-	-
белсенді қуат сенсоры датчики	Е-829	-	1.0	-
реактивті қуат сенсоры	Е-830	-	-	1.0
жалпы		1.5	1.5	1.5

Құрылғының кедергісі:

$$r_{\text{приб}} = S_2 / I_2^2 = 1.5 / 1^2 = 1.5 \text{ Ом} \quad (2.4)$$

мұндағы S_2 – ток трансформаторының екінші жүктемесі, ВА,
 I_2 – ток трансформаторының қайталама тогы, А.

Орнату үшін ТФРМ-500БУ1, $I_2=1\text{А}$, $r_{2\text{ном}}=40 \text{ Ом}$ сияқты ток трансформаторын таңдаңыз. Біз $r_k=0,1 \text{ Ом}$ контактілердің кедергісін қабылдаймыз.

Сым кедергісі

$$r_{\text{пров}} = r_{2\text{ном}} - r_{\text{приб}} - r_k = 40 - 1.5 - 0.1 = 38.4 \text{ Ом} \quad (2.5)$$

мұндағы $r_{2\text{ном}}$ – ток трансформаторының екінші орамасының номиналды кедергісі, Ом;

$r_{\text{приб}}$ – ток трансформаторына қосылған аспаптардың кедергісі, Ом;

r_k – контактілердің кедергісі, Ом.

Ток трансформаторын 2.6-кестеде тексереміз.

2.6-кесте - 500кВ ток трансформаторлары

Есептік деректер	Тексеру шарттары	Каталогтық деректер
$U_{\text{уст}}=500 \text{ кВ}$	$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$	$U_{\text{ном}}=500 \text{ кВ}$
$I_{\text{max}}=2574.21\text{А}$	$I_{\text{max}} \leq I_{\text{ном}}$	$I_{\text{ном}}=3000 \text{ А}$
$i_{\text{уд}}=29 \text{ кА}$	$i_{\text{уд}} \leq i_{\text{дин}}$	$i_{\text{дин}}=120 \text{ А}$
$r_{\text{приб}}=1.5 \text{ Ом}$	$r_{\text{приб}} \leq r_{2\text{ном}}$	$r_{2\text{ном}}=40 \text{ Ом}$

Осылайша, таңдалған Ток трансформаторы талаптарды толығымен қанағаттандырады.

Кернеу трансформаторының негізгі орамасының жүктемесін есептеу 2.7-кестеде жүргізілді.

Кернеу трансформаторының жалпы қайталама жүктемесі:

$$S_{\Sigma 2} = \sqrt{P_{\Sigma}^2 + Q_{\Sigma}^2} = \sqrt{29.0^2 + 0^2} = 29\text{ВА} \quad (2.6)$$

мұндағы P_{Σ} - жалпы активті қуат тұтыну, Вт ,

Q_{Σ} - жалпы реактивті қуат тұтыну, ВАр .

2.7-кесте - 500 Кв кернеу трансформаторының жүктемесі

Аспап	Түрі	S _{обм} , ВА	n _{обм}	cosφ	sinφ	n _{приб}	Жалпы қуат тұтыну	
							P, Вт	Q, Вар
Екі жақты шкаласы бар ваттметр	Д-335	1.5	2	1	0	1	3.0	0
Екі жақты шкаласы бар варметр	Д-335	1.5	2	1	0	1	3.0	0
Бекіту құралы	ФИП	3.0	1	1	0	1	3.0	0
Активті қуат датчигы	Е-829	10.0	-	1	0	1	10.0	0
Реактивті қуат датчигы	Е-830	10.0	-	1	0	1	10.0	0
Жиыны							29.0	0

Біз НДЕ-500-72У1 сияқты кернеу трансформаторын таңдаймыз. Кернеу трансформаторын 2.8-кестеде тексереміз.

2.8-кесте - 500кВ кернеу трансформаторы

Есептік деректер	Тексеру шарттары	Каталогтық деректер
U _{уст} =500 кВ	U _{уст} ≤ U _{ном}	U _{ном} =500 кВ
S _{Σ2} =29 ВА	S _{Σ2} ≤ S _{ном/2}	S _{ном/2} =300ВА

Осылайша, таңдалған трансформатор талаптарға толық жауап береді. Жалғағыш сымдардың қимасы:

$$q = \frac{\rho \cdot L_{\text{расч}}}{r_{\text{пров}}} = \frac{0.0283 \cdot 175}{38.4} = 0.129 \text{ мм}^2 \quad (2.7)$$

мұндағы ρ – сым материалының кедергісі, Ом/м;

L_{расч} – расчетная длина, м;

r_{пров} – сым кедергісі, Ом .

ρ=0.0283 Ом/м алюминий өткізгіштер үшін қабылдаймыз,

L_{расч}=175 м.

Өлшеу құралдары мен трансформаторларды қосу үшін біз АКРВГ басқару кабелін -2.5 мм² көлденең қимасы бар өзектермен қабылдаймыз.

2.2.2 Кернеуі 220кВ тізбектері

Біз ТФЗМ-220Б-ІVУ1, $I_2=1A$, $r_{2ном}=30$ Ом сияқты ток трансформаторын орнатуға кірісеміз .

(2.6), (2.7) формулаларына сәйкес біз қарсылықты табамыз

$$r_{приб} = \frac{10,5}{I^2} = 10,5 \text{ Ом}$$

$$r_{пров} = 30 - 10,5 - 0,1 = 29,4 \text{ Ом}$$

Ток трансформаторын 2.9-кестеде тексереміз.

2.9-кесте - Өлшеу аспаптары 220кВ

Аспаптың атауы	Түрі	Дәлдік класы	Саны	Ораманың қуат тұтынуы, ВА	
				Токтың	Кернеудің
Амперметр	Э-335	1.0	3	0.5	-
Ваттметр	Д-335	1.0	1	0.5	1.5
Варметр	Д-335	1.0	1	0.5	1.5
Бекіту құралы	ФИП	-	1	-	3.0
Белсенді энергия есептегіші	И-680	1.0	6	2.5	2.0
Реактивті энергия есептегіші	И-689	1.5	6	2.5	3.0

Ток трансформаторының қайталама жүктемесін есептеу үшін фазалық жүктеменің таралуының 2.10 кестесін құрамыз.

2.10-кесте - 220 кВ ток трансформаторының фазалары бойынша жүктемені бөлу

Аспап	Тип	Нагрузка фазы, ва		
		А	В	С
Әр фазадағы амперметр,	Э-335	0.5	-	-
Екі жақты шкаласы бар ваттметр,	Д-335	-	0.5	-
Екі жақты шкаласы бар варметр,	Д-335	-	-	0.5
Белсенді энергия есептегіші	И-680	5.0	5.0	5.0
Реактивті энергия есептегіші	И689	5.0	5.0	5.0
Жиыны		10.5	10.5	10.5

2.11-кесте - 220кВ ток трансформаторлары

Есептік деректер	Тексеру шарттары	Каталогтық деректер
$U_{уст}=220$ кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$	$U_{ном}=220$ кВ
$I_{max}=1949,09$ А	$I_{max} \leq I_{ном}$	$I_{ном}=2000$ А
$i_{уд}=66.1$ кА	$i_{уд} \leq i_{дин}$	$i_{дин}=100$ А
$r_{приб}=10,5$ Ом	$r_{приб} \leq r_{2ном}$	$r_{2ном}=30$ Ом

Осылайша, таңдалған Ток трансформаторы талаптарды толығымен қанағаттандырады .

Кернеу трансформаторының негізгі орамасының жүктемесін есептеу 2.12 -кестеде жүргізілді.

2.12-кесте -220 кВ кернеу трансформаторының жүктемесі

Аспап	Түрі	$S_{обм}$,ВА	$n_{обм}$	$\cos\phi$	$\sin\phi$	$n_{приб}$	Жалпы қуат тұтыну	
							Р, Вт	Q, Вар
Ваттметр	Д-335	1,5	2	1	0	1	3.0	0
Варметр	Д-335	1,5	2	1	0	1	3.0	0
Бекіту құралы	ФИП	3,0	1	1	0	1	3.0	0
Белсенді энергия есептегіші	И-680	2 Вт	2	0.38	0.925	6	24.0	22.2
Реактивті энергия есептегіші	И-689	3 Вт	2	0.38	0.925	6	36.0	33.3
Жалпы							69.0	55.5

Формула бойынша жиынтық қайталама жүктеме (1.36)

$$S_{\Sigma 2} = \sqrt{69.0^2 + 55.5^2} = 88.551 \text{ ВА} .$$

Біз НКФ-220-58У1 сияқты кернеу трансформаторын таңдаймыз . Кернеу трансформаторын 2.13 - кестеде тексереміз.

Осылайша, таңдалған трансформатор талаптарға толық жауап береді. Алюминий өзектері үшін $\rho=0,0283$ Ом/м, $L_{расч}=150$ м қабылдаймыз. (2.8) формуласы бойынша сымдардың қимасын есептейміз:

$$q = \frac{0.0283 \cdot 150}{24.4} = 0.144 \text{ мм}^2$$

2.13-кесте - Трансформатор напряжения 220кВ

Есептік деректер	Тексеру шарттары	Каталогтық деректер
$U_{уст} = 220 \text{ кВ}$	$U_{уст} \leq U_{ном}$	$U_{ном} = 220 \text{ кВ}$
$S_{\Sigma 2} = 88.551 \text{ ВА}$	$S_{\Sigma 2} \leq S_{ном/2}$	$S_{ном/2} = 600 \text{ ВА}$

Өлшеу құралдары мен трансформаторларды қосу үшін біз 2.5 мм² көлденең қимасы бар АКРВГ басқару кабелін қабылдаймыз.

2.2.3 Генератор тізбегі

Орнатылған аспаптар бойынша деректер 2.14-кестеге жинақталған.

2.14-кесте - Генератор тізбегіндегі өлшеу құралдары

Аспаптың атауы	Түрі	Дәлдік класы	Саны	Ораманың қуат тұтынуы, ВА	
				Токтың	Кернеудің
Амперметр	Э-335	1.0	3	0.5	-
Вольтметр	Д-335	1.0	4	-	2.0
Ваттметр	Д-335	1.5	1	0.5	1.5
Варметр	Д-304	1.5		0.5	2.0
Белсенді энергия есептегіші	И-674	1.0	1	2.5	3.0
Белсенді қуат сенсоры	Е-829	0.5	1	1.0	10.0
Реактивті қуат сенсоры	Е-830	0.5	1	1.0	10.0
Тіркейтін ваттметр	Н-395	1.5	1	10.0	10.0
Тіркейтін амперметр	Н-393	1.5	2	10.0	-
Тіркеуші вольтметр	Н-393	1.5	1	-	10.0

Ток трансформаторының қайталама жүктемесін есептеу үшін фазалар бойынша жүктемені бөлудің 2.15 кестесін құрамыз.

Кернеу трансформаторының негізгі орамасының жүктемесін есептеу 2.16-кестеде жүргізілді.

Жиынтықтық екіншілік жүктемесі (1.36)

$$S_{\Sigma 2} = \sqrt{71^2 + 14.6^2} = 72.486 \text{ ВА} .$$

500 МВт генератор тізбегі:

ТЭКН-Е-20-20000-560 токөткізгіші ағын трансформаторы ТШВ-24-24000/5, $I_2=5\text{A}$, $r_{2\text{ном}}=4,0\ \text{Ом}$ орнатылған. Тұрақты байланыс саны $0,1\ \text{Ом}$, $\rho=0,0283\ \text{Ом/м}$, $L_{\text{расч}}=40\ \text{м}$.

2.15-кесте - Генератор тізбегінің ток трансформаторының фазалары бойынша жүктемені бөлу

Аспап	Тип	Нагрузка фазы,ва		
		А	В	С
Амперметр	Э-335	0.5	0.5	0.5
Ваттметр	Д-335	0.5	-	-
Варметр	Д-304	-	-	0.5
Белсенді энергия есептегіші	И-674	-	2.5	-
Белсенді қуат сенсоры	Е-829	1.0	-	-
Реактивті қуат сенсоры	Е-830	-	-	1.0
Тіркейтін амперметр	Н-393	10.0	-	10.0
Тіркейтін ваттметр	Н-395	-	10.0	-
Жиыны		12.0	13.0	12.0

2.16-кесте - Генератор тізбегіндегі кернеу трансформаторының жүктемесі

Аспап	Түрі	$S_{\text{обм}}$, ВА	$N_{\text{об}}$ м	$\text{Cos}\varphi$	$\text{Sin}\varphi$	$N_{\text{приб}}$	Жалпы қуат тұтыну	
							P, Вт	Q, Вар
Вольтметр	Э-335	2	1	1	0	4	8	0
Ваттметр	Д-335	1.5	2	1	0	1	3	0
Варметр	Д-304	2	2	1	0	1	4	0
Белсенді энергия есептегіші	И-674	3	2	0.38	0.935	1	6	14.6
Белсенді қуат сенсоры	Е-829	10	-	1	0	1	10	0
Реактивті қуат сенсоры	Е-830	10	-	1	0	1	10	0
Тіркейтін ваттметр	Н-395	10	2	1	0	1	20	0
Тіркеуші вольтметр	Н-393	10	1	1	0	1	10	0
Жиыны							71	14.6

(2.6), (2.7), (2.9) формулалары бойынша есептейміз

$$r_{\text{приб}} = \frac{13.0}{5^2} = 0.52 \text{ Ом}$$

$$r_{\text{пров}} = 4.0 - 0.52 - 0.1 = 3.38 \text{ Ом}$$

$$q = \frac{0.0283 \cdot 40}{3.38} = 0.335 \text{ мм}^2$$

Ток трансформаторын 2.17-кестеде тексереміз.

Осылайша, таңдалған Ток трансформаторы талаптарды толығымен қанағаттандырады. ТЭКМ-ЕЕ-20-2000-560 ток өткізгішіне 3НОМ-20 трансформаторы кіргізілген кернеу. Кернеу трансформаторын 2.18-кестеде тексереміз.

2.17-кесте - 500 МВт генератордың 20 кВ ток трансформаторлары

Есептік деректер	Тексеру шарттары	Каталогтық деректер
$U_{\text{уст}} = 20 \text{ кВ}$	$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$	$U_{\text{ном}} = 24 \text{ кВ}$
$I_{\text{max}} = 17874,621 \text{ А}$	$I_{\text{max}} \leq I_{\text{ном}}$	$I_{\text{ном}} = 24000 \text{ А}$
$i_{\text{уд}} = 341.3 \text{ кА}$	$i_{\text{уд}} \leq i_{\text{дин}}$	$i_{\text{дин}} = 560 \text{ кА}$
$r_{\text{приб}} = 0,52 \text{ Ом}$	$r_{\text{приб}} \leq r_{2\text{ном}}$	$r_{2\text{ном}} = 4,00 \text{ Ом}$

2.18-кесте - 20кВ кернеу трансформаторы

Есептік деректер	Тексеру шарттары	Каталогтық деректер
$U_{\text{уст}} = 20 \text{ кВ}$	$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$	$U_{\text{ном}} = 20 \text{ кВ}$
$S_{\Sigma 2} = 72.486 \text{ ВА}$	$S_{\Sigma 2} \leq S_{\text{ном}/2}$	$S_{\text{ном}/2} = 150 \text{ ВА}$

Осылайша, таңдалған трансформатор талаптарға толық жауап береді.

2.3 Асқын кернеу шектегіштерін таңдау

Асқын кернеуден қорғаудың негізгі құралы-кернеу шектегіштері (ОПН), сондай-ақ разрядтағыштар. Қазіргі уақытта станциялық оқшаулауды қорғау үшін ОПН қолдану ұсынылады. ОПН трансформатордың жоғары кернеуінің жартысына таңдалады. ОПН мен разрядтауыштарды таңдау нәтижелері 2.19-кестеде келтірілген.

2.4 ТГВ 500 генератор блогының релелік қорғанысы

Турбогенератор-трансформатор блоктарында әртүрлі зақымданулардан және қалыпты емес режимдерден Релелік қорғаныстың бірқатар негізгі және резервтік құрылғылары көзделген.

2.4.1 Турбогенератордың негізгі қорғанысы:

1) Статор орамасындағы және турбогенератордың шықпаларындағы көп фазалы ҚТ - дан-бойлық дифференциалды қорғаныс, уақыт ұстамай әрекет етеді және блокты толық тоқтатуды жүргізеді және УРОВқа әсер етеді.

2) Статор орамасындағы жерге тұйықталудан – сезгіштік аймағынсыз бірінші және үшінші гармоника кернеуін қорғау, уақыт ұстамынсыз әрекет етеді және блокты тоқтатады, жарылысқа әсер етеді.

2.19-кесте - Асқын кернеу шектегіштері мен разрядтауыштарды таңдау нәтижелері

Разрядтауышты орнату орны	U _{ном} , кВ	Марка
АТҚ 500 кВ құрама шиналары Автотрансформаторлардың байланыс тізбектері Блок трансформаторларының тізбектері	500	ОПН – 500 У1
АТҚ 220 кВ құрама шиналары Автотрансформаторлардың байланыс тізбектері Блок трансформаторларының тізбектері	220	ОПН – 220 У1
СН 6 кВ құрама шиналары	6,3	ОПН-РС/TEL6/6.7 УХЛ1

3) Генератордың көлденең дифференциалды ток қорғанысы қалыпты тармақтардың бейтараптары арасындағы қосылыста орнатылған ток трансформаторына қосылған бір ток релесінің көмегімен орындалады. Қорғаныс генератордың дифференциалды бойлық қорғанысына ұқсас ажыратуға уақыт кідіріссіз әрекет етеді. Бұл генератор статор орамасының бір фазасының бұрылыстары арасындағы қысқа тұйықталудан қорғау.

Трансформатордың негізгі қорғанысы:

1) Барлық түрлерден К.з. трансформатордың орамалары мен терминалдарында, оның ішінде орамалардағы тұйықталу – айналмалы токтары бар бойлық дифференциалды ток қорғанысы блоктың толық тоқтауына уақыт ұстамастан әрекет етеді.

2) Маймен толтырылған трансформатор багының ішіндегі газ бөлінуімен сүйемелденетін тұйықталудан – уақыт ұстамай, екі әрекет сатысымен газды қорғау блоктың толық тоқтауына және өрт сөндіруге әрекет етеді.

2.5 Генератордың бойлық дифференциалды ток қорғанысы

Қорғау жұмыс орамасы $W_{раб} = 144$ орамы бар ДЗТ-11/5 типті релемен үш фазалы, үш релелі орындалады. Қорғау үшін генератордың терминалдарына орнатылған ТШВ – 24 – 24000/5 ток трансформаторлары қолданылады. Сыртқы максималды ток $I_{внеш.рас.макс}$ мына формула бойынша есептеледі

$$I_{внеш.рас.макс} = 1/x_d'' \cdot I_{ном.г.} = 1/0.243 \cdot 17 = 69.96 \text{ кА} \quad (2.8)$$

мұндағы x_d'' - генератордың шамадан тыс кедергісі;

$I_{ном.г.}$ - номиналды генератор тогы, кА.

Сыртқы максималды ток трансформаторлары арқылы ағудың тұрақты режиміндегі бастапқы теңгерімсіздік тогының максималды мәні., $I_{нб.рас.макс}$ кА, формула бойынша есептеледі

$$I_{нб.рас.макс.} = k_{од.} \cdot \varepsilon \cdot I_{внеш.рас.макс} = 1 \cdot 0.1 \cdot 69.96 = 6.996 \text{ кА} \quad (2.9)$$

мұндағы $k_{од} = 1,0$ - ток трансформаторларының бір типтілік коэффициенті;

$\varepsilon = 0,1$ - ток трансформаторларының толық қателігі;

$I_{внеш.рас.макс}$ - сыртқы максималды ток, кА.

Есептелген магнит қозғаушы күш тепе-теңдік емес токтың жұмыс орамасы арқылы ағып жатқан кезде анықталады, $F_{раб}$ формула бойынша есептеледі:

$$F_{раб} = k_{отс} \cdot I_{нб.рас.макс} \cdot W_{раб} / k_I = 1.6 \cdot 6996 \cdot 144 / (24000/5) = 308.8 \text{ А} \cdot \text{в} \quad (2.10)$$

мұндағы $k_{отс} = 1,6$ - түзету коэффициенті;

$I_{нб.рас.макс}$ - теңгерімсіз ток, кА;

$W_{раб}$ - жұмыс орамасының пайдаланылған орамдарының саны;

k_I - ток трансформаторының трансформация коэффициенті.

$F_{торм}$ -тежегіш магнит-қозғаушы күші мына формула бойынша анықталады:

$$F_{торм} = 136 \cdot (\sqrt{F_{раб}^2 / 100^2 - 1}) = 136 \cdot (\sqrt{308.8^2 / 100^2 - 1}) = 397.4 \text{ А} \cdot \text{в} \quad (2.11)$$

Тежегіш орамасының тогының екінші мәні:

$$F_{торм} = I_{внеш.рас.макс} / k_I = 6996 / 24000/5 = 14.575 \text{ А} \quad (2.12)$$

мұндағы $I_{внеш.рас.макс}$ - сыртқы максималды ток, А;

k_I - ток трансформаторының трансформация коэффициенті.
Тежегіш орамасының бұрылыстарының саны:

$$W_{\text{торм.}} = F_{\text{торм.}} / I_{\text{торм.}} = 397.4 / 14.575 = 27.265 \text{ витков} \quad (2.13)$$

мұндағы $F_{\text{торм.}}$ - тежегіш магнит қозғаушы күш, А;

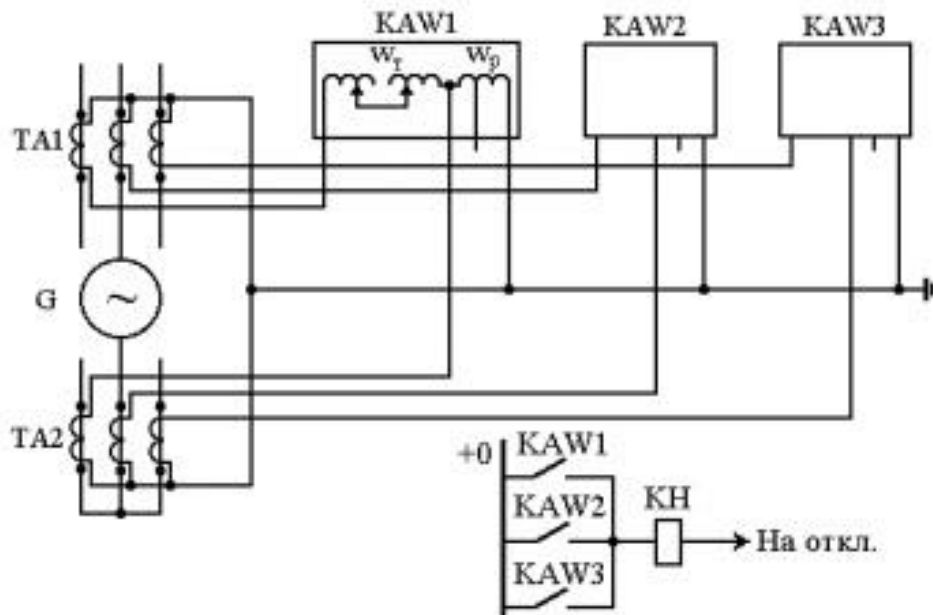
$I_{\text{торм.}}$ - тежегіш орамасының қайталама тогы, А.

Тежегіш орамасының бүтін саны $W_{\text{торм.уст}} = 27$ бұрылыс. Қарастырылып отырған қорғаныстың сезімталдығы тексерілмейді, өйткені ол үлкен қорымен қамтамасыз етіледі. 1.16-суретте ТА1 және ТА2 ток трансформаторларының трансформация коэффициенттерінің бірдей мәндерінде ДЗТ-11/5 релесі бар генератордың бойлық дифференциалды қорғаныс сұлбасында көрсетілген.

2.4.1 Генератордың көлденең дифференциалды ток қорғанысы

Екі параллель тармақтары бар статор орамасындағы орамалық тұйықталудан қорғау үшін көрсетілген параллель тармақтардағы үш фазаның жалпы токтарының айырмашылығына жауап беретін бір жүйелі көлденең дифференциалды қорғаныс қолданылады.

Бұл қорғаныс бір фазаның бұтақтары арасындағы, Әртүрлі фазалардың тармақтары арасындағы және бір тармақтың бұрылыстары арасындағы жабуларға жауап береді.



2.1- сурет - Генератордың бойлық дифференциалды қорғаныс сұлбасы

Қорғаныс РТ-40 типті ток релесінде жоғары гармоникалық сүзгілермен орындалады. Жобалау кезіндегі қорғаныс тогы:

$$I_{c.3.} = 0.2 \cdot I_{\text{НОМ.Г}} = 0.2 \cdot 17 = 3.4 \text{ кА} \quad (2.14)$$

мұндағы $I_{\text{НОМ.Г}}$ - номиналды генератор тогы, кА.
Реле кірісіндегі іске қосу тогы:

$$I_{c.p} = I_{c.3.} / k_I = 3400 / 12000 / 5 = 1.416 \text{ А} \quad (2.15)$$

мұндағы $I_{c.3.}$ - қорғаныс тогы, А;

k_I - ток трансформаторының трансформация коэффициенті.

2.4.2 Трансформатордың бойлық дифференциалды қорғанысы.

ДЗТ-2 қорғау блоктардың трансформаторларында ҚТ барлық түрлерінен негізгі қорғаныс ретінде қарастырылады. Ол уақыт - импульстік принцип және екінші гармоникалық токты тежеу комбинациясын токтардан ажырату үшін қолданудың арқасында жоғары сезімталдыққа ие. ДЗТ-21 қорғанысымен жиынтықта қорғаныс иықтарының токтарын теңестіру диапазонын кеңейту үшін ток автотрансформаторларының екі түрі орнатылуы мүмкін.

Қорғаныс иығындағы қайталама ток:

$$I_B = S_{\text{НОМ.Т}} \cdot k_{cX} / \sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}} \cdot k_I \quad (2.16)$$

мұндағы $S_{\text{НОМ.Т}}$ – қуат трансформаторының номиналды қуаты, кВА;

k_{cX} – сұлба коэффициенті;

$U_{\text{НОМ}}$ – қорғаныс жағының кернеуі;

k_I - ток трансформаторының трансформация коэффициенті.

500кВ тізбектері үшін ТВТ 500 Ток трансформаторы $k_I = 2000/1$, $k_{cX} = \sqrt{3}$. қабылдаймыз.

Ток трансформаторындағы генератор тізбектері үшін ТШВ – 24 $k_I = 24000/5$, $k_{cX} = 1$ қабылдаймыз.

Ток трансформаторының ТСН жоғары жағы үшін ТВТ-35 қабылдаймыз $k_I = 3000/5$, $k_{cX} = 1$.

(1.59) формуласы бойынша қайталама токтар тең:

$$I_{B.B} = 630000 \cdot \sqrt{3} / \sqrt{3} \cdot 525 \cdot 2000 / 1 = 0.6 \text{ А},$$

$$I_{B.H} = 630000 \cdot 1 / \sqrt{3} \cdot 20 \cdot 24000 / 5 = 3.789 \text{ А},$$

$I_{B.B}$ мәні ток трансформаторының (2,5 – 5А) номиналды токтарының диапазонынан 0,5 А-дан асып кететіндіктен, бұл иықта $I_{\text{ОТВ.АТТ}}$ -тен жоғары ток автотрансформаторын орнату қажет. $I_{\text{ОТВ.АТТ}} = 0,61 \text{ А}$.

Ток автотрансформаторының трансформация коэффициенті:

$$k_{I \text{ АТТ}} = I_{\text{НОМАТТ}} / I_{\text{ОТВ.АТТ}} = 2.5 / 0.61 = 4.098 \quad (2.17)$$

мұндағы $I_{\text{НОМАТТ}}$ - қорғауға қосылатын тармақтың номиналды тогы;

$I_{\text{ОТВ.АТТ}}$ - ток трансформаторына қосылатын тармақталу тогы, А.

500 кВ жағында қорғауға берілетін ток:

$$I_{B.B} = k_{I_{ATT}^{500}} \cdot I_{B.B} = 4.098 \cdot 0.6 = 2.464 \text{ A} \quad (2.18)$$

мұндағы $k_{I_{ATT}^{500}}$ -ток автотрансформаторының трансформация коэффициенті.

$I_{B.B}$ – қорғаныс иығындағы қайталама ток, А.

Қорғаныс иық үшін біз филиалды $I_{НОМ.ОТВ}^{500} = 2.5 \text{ A}$ деп таңдаймыз.

Қуат трансформаторының төменгі жағында автотрансформаторды орнату қажет емес, содан кейін біз есептік тармақтың тоғын анықтаймыз:

$$I_{ОТВ.расч.} = I_B \cdot (I_{НОМ.ОТВ} / I_{B.B}) = 4.2 \cdot (2.5 / 2.464) = 4.261 \text{ A} \quad (2.19)$$

мұндағы I_B – қорғаныс жағындағы екінші ток, А;

$I_{НОМ.ОТВ}$ - негізгі жағына номиналды тармақталу тоғы, А;

$I_{B.B}'$ – АТТ-дан кейін негізгі жағындағы қайталама ток, А.

20кВ жағы үшін біз $I_{НОМ.ОТВ}^{20} = 3.63 \text{ A}$ тармақты таңдаймыз.

ТСН жағынан токтың төмендеткіш автотрансформаторын орнату қажет. (2.19) формуласы бойынша трансформация коэффициенті:

$$k_{I_{ATT}^{20}} = 5 / 25 = 0.2$$

Токты автотрансформаторды есепке ала отырып, ТСН жағынан қорғауға берілетін ток:

$$I_{B.ТСН}' = k_{I_{ATT}^{ТСН}} \cdot I_{B.ТСН} = 0.2 \cdot 21 = 4.2 \text{ A} \quad (2.20)$$

мұндағы $k_{I_{ATT}^{ТСН}}$ - ток автотрансформаторының трансформация коэффициенті;

$I_{B.ТСН}$ – қайталама ток, жағынан тармақталудың есептік тоғы

$I_{ОТВ.расч.} = 4.261 \text{ A}$.

СН жағы үшін $I_{НОМ.ОТВ}^{ТСН} = 4.25 \text{ A}$ -ден бастап тармақты таңдаңыз.

Тежеу күш трансформаторының жоғары жағында және ТСН жағында жүзеге асырылады. Есептік тежеу тоғы:

$$I_{ТОРМ.расч} = I_B \cdot k_{I_{ATT}} \quad (2.21)$$

мұндағы I_B – ток трансформаторының қайталама тоғы, А,

$k_{I_{ATT}}$ – ток автотрансформаторының трансформация коэффициенті.

(1.51) формула бойынша тежеудің есептік токтары:

$$I_{ТОРМ.расч}^{500} = 4.098 \cdot 0.6 = 2.464 \text{ A},$$

$$I_{ТОРМ.расч}^{ТСН} = 0.2 \cdot 21 = 4.2 \text{ A}.$$

$I_{\text{Торм.расч}}^{500} = 2.464 \text{ А}$ деп қабылдаймыз тежеу тізбегінің ток трансформаторының тармақталу нөмірі-4; $I_{\text{Торм.тсн}}$ есебі $I_{\text{Торм.расч}}^{\text{тсн}} = 4.811 \text{ А}$, тежеу тізбегінің ток трансформаторының тармақталу нөмірі-1.

Тежеу басына сәйкес келетін бастапқы ток:

$$I_{\text{Торм.нач}} = 0.5 \cdot I_{\text{НОМ 1}} \cdot (k_{\text{ТОК}}^{500} \cdot I_{\text{Торм. ном}}^{500} / I_{\text{Торм. расч}}^{500} + k_{\text{ТОК}}^{\text{тсн}} \cdot I_{\text{Торм. ном}}^{\text{тсн}} / I_{\text{Торм. расч}}^{\text{тсн}}) \quad (2.22)$$

мұндағы $I_{\text{НОМ 1}}$ - күштік трансформатордың жоғары жағындағы номиналды бастапқы ток, А;

$k_{\text{ТОК}}^{500}$, $k_{\text{ТОК}}^{\text{тсн}} = 1$ – ток тарату коэффициенттері;

$I_{\text{Торм.ном}}^{500}$, $I_{\text{Торм.ном}}^{\text{тсн}}$ – тежеу тізбегінің номиналды токтары, А;

$I_{\text{Торм.расч}}^{500}$, $I_{\text{Торм.расч}}^{\text{тсн}}$ - тежеу тізбегінің есептік токтары, А.

Қуат трансформаторының жоғары жағындағы номиналды бастапқы ток:

$$I_{\text{НОМ1}} = S_{\text{НОМ..Т}} / \sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}} = 630000 / \sqrt{3} \cdot 500 = 727.461 \text{ А} \quad (2.23)$$

мұндағы $S_{\text{НОМ..Т}}$ – қуат трансформаторының номиналды қуаты, кВА,

$U_{\text{НОМ}}$ – номиналды кернеу, кВ.

Формуласы бойынша (1.52):

$$I_{\text{Торм.нач}} = 0.5 \cdot 727.461 (1 \cdot 2.5 / 2.464 + 1 \cdot 5 / 4.2) = 802.06 \text{ А}$$

Тежеу басталуына сәйкес режимдегі теңгерімсіз бастапқы ток:

$$I_{\text{НБ}} = [E k_{\text{ОДН}} + \Delta U k_{\text{ТОК}}^{500} + (I_{\text{Торм.расч}}^{500} - I_{\text{НОМ.отв}}^{500} / I_{\text{Торм.расч}}^{500} + I_{\text{Торм.расч}}^{\text{тсн}} - I_{\text{НОМ.отв}}^{\text{тсн}} / I_{\text{Торм.расч}}^{\text{тсн}})] \cdot I_{\text{Торм.нач}}, \quad (2.24)$$

мұндағы E - ток трансформаторларының толық қателігінің салыстырмалы мәні;

$k_{\text{ОДН}}$ – ток трансформаторларының бір типтілік коэффициенті;

ΔU – кернеуді реттеудің жалпы диапазонының жартысының салыстырмалы мәні;

$k_{\text{ТОК}}^{500}$ - ток тарату коэффициенті;

$I_{\text{Торм.расч}}^{500}$, $I_{\text{Торм.расч}}^{\text{тсн}}$ – қорғауға берілетін ток, А;

$I_{\text{НОМ.отв}}^{500}$, $I_{\text{НОМ.отв}}^{\text{тсн}}$ – автотрансформатордың номиналды ток күші,

А;

$I_{\text{Торм.нач}}$ - ток начала торможения, А.

$E = 0.05$, $k_{\text{ОДН}} = 1$, $\Delta U = 0.05$, $k_{\text{ТОК}}^{500} = 1$ деп қабылдаймыз. (1.54) формуласы бойынша тежелудің басындағы баланстың бастапқы тогы:

$$I_{\text{НБ}} = [0.05 \cdot 1 + 0.05 \cdot 1 + (2.464 - 2.5 / 2.464 + 4.261 - 4.25 / 4.261)] \cdot 802.06 = 70.558 \text{ А}$$

Баланстың бастапқы тогынан қалпына келтірілген қорғаныс тогы:

$$I_{c.3.1} = k_{отс} \cdot I_{нб} = 1.5 \cdot 70.558 = 105.837 \text{ А} \quad (2.25)$$

мұндағы $k_{отс}$ – түзету коэффициенті;

$I_{нб}$ – тежеу басындағы тепе-теңдік емес ток, А.

Бастапқы токтан реттелген қорғаныстың іске қосылу тогы:

$$I_{c.3.2} = 0.3 I_{ном.1} = 0.3 \cdot 727.461 = 218.238 \text{ А} \quad (2.26)$$

мұндағы $I_{ном.1}$ - номиналды бастапқы ток, А.

Біз қорғаныс тогын қабылдаймыз 218.238 а. тежеу болмаған кезде реленің салыстырмалы минималды тогы:

$$I^*_{c.p.min} = I_{c.3} \cdot k_{ток}^{500} / k_I^{500} \cdot I_{ном.отв}^{500} = 218.238 \cdot \sqrt{3/2000} \cdot 1 \cdot 2.5 = 0.076 \quad (2.27)$$

мұндағы $I_{c.3}$ – қорғаныс тогы, А;

$k_{ток}^{500}$ – жоғары жағы сұлбасының коэффициенті;

k_I^{500} - жоғары жақты ток трансформаторының трансформация коэффициенті;

$I_{ном.отв}^{500}$ – жоғары жағында АТТ филиалының номиналды тогы.

Баланстың максималды есептік тогы:

$$I_{нб \text{ расч.}} = [k_{пер} k_{одн} E + \Delta U k_{ток}^{500} + (I_{торм.расч}^{500} - I_{ном.отв}^{500} / I_{торм.расч}^{500} + I_{торм.расч}^{500} - I_{ном.отв}^{500} / I_{торм.расч}^{тсн} |)] \cdot I_{п.о.к.1} \quad (2.28)$$

мұндағы E - ток трансформаторларының қатесінің салыстырмалы мәні;

$k_{одн}$ – ток трансформаторларының бір типтілік коэффициенті;

ΔU – кернеуді реттеудің жалпы диапазонының жартысының салыстырмалы мәні;

$k_{пер}$ - өтпелі режимді ескеретін коэффициент;

$k_{ток}^{500}$ - ток тарату коэффициенті;

$I_{торм.расч}^{500}$, $I_{торм.расч}^{тсн}$ – қорғауға берілетін ток, А;

$I_{ном.отв}^{500}$, $I_{ном.отв}^{тсн}$ – номиналды ток ток автотрансформаторының жауапты тармақталу тогы, А;

$I_{п.о.к.1}$ - 500 кВ тізбектегі ток, А.

$E = 0,1$, $k_{пер} = 1$, $\Delta U = 0,05$, $k_{ток}^{500} = 1$ деп қабылдаймыз. (1.58) формуласы бойынша теңгерімсіз ток:

$$I_{нб} = [2 \cdot 1 \cdot 0.1 + 0.05 \cdot 1 + (2.464 - 2.5 / 2.464 + 4.261 - 4.25 / 4.261 |)] \cdot 10470 = 5122.14 \text{ А.}$$

Салыстырмалы бастапқы тежеу тогы:

$$I^*_{торм.расч}^{220} = I_{п.о.} \cdot k_{сх} / I_{ном.тт} \quad (2.29)$$

мұндағы $I_{п.о}$ – қысқа тұйықталу тогының мерзімді компоненті, А;
 $k_{сх}$ – сұлба коэффициенті;
 $I_{ном.тт}$ – ток трансформаторының бастапқы орамасының номиналды тогы.

1.12 кестесінен $I_{п.о.к.1} = 10470$ А, $I_{п.о.к.4} = 18500$ А. (1.59) бойынша тежелудің салыстырмалы бастапқы токтары:

$$I^*_{торм.расч}^{220} = 10470 \cdot \sqrt{3}/2000 = 16.93 \text{ А}$$

$$I^*_{торм.расч}^{ТСН} = 18500 \cdot 1/24000 = 5.7 \text{ А}$$

Баланстың салыстырмалы максималды тогы:

$$I^*_{нб.расч} = I_{нб.расч} / I_{ном.1} = 5122.14 / 727.461 = 7.04 \text{ А} \quad (2.30)$$

мұндағы $I_{нб.расч}$ – баланстың максималды есептік тогы, А;
 $I_{ном.1}$ – күштік трансформатордың жоғарғы жағындағы номиналды бастапқы ток, А.

Реле тежеу коэффициенті:

$$k_{торм} = (k_{отс} \cdot I^*_{нб.расч} \cdot I_{в.в} / I_{ном.отв}^{500} - I^*_{с.р.мин}) / (0.5 \cdot (I^*_{торм.расч} \cdot I_{торм.расч} / I_{торм.ном}) - I^*_{торм.нач.}) \quad (2.31)$$

мұндағы $k_{отс}$ – түзету коэффициенті;
 $I^*_{нб.расч}$ – салыстырмалы теңгерімсіз ток;
 $I_{в.в}$ – қуат трансформаторының жоғарғы жағындағы қайталама ток;
 $I_{ном.отв}^{500}$ – қуат трансформаторының жоғарғы жағындағы автотрансформатордың номиналды ток күші, А;
 $I^*_{с.р.мин}$ – реленің салыстырмалы минималды тогы, А;
 $I^*_{торм.расч}$ – салыстырмалы бастапқы тежеу тогы, А;
 $I_{торм.расч}$ – есептік тежеу тогы, А;
 $I_{торм.ном}$ – тежеу тізбегінің номиналды тармақталу тогы, А;
 $I^*_{торм.нач.}$ – тежеу басталуының салыстырмалы тогы.

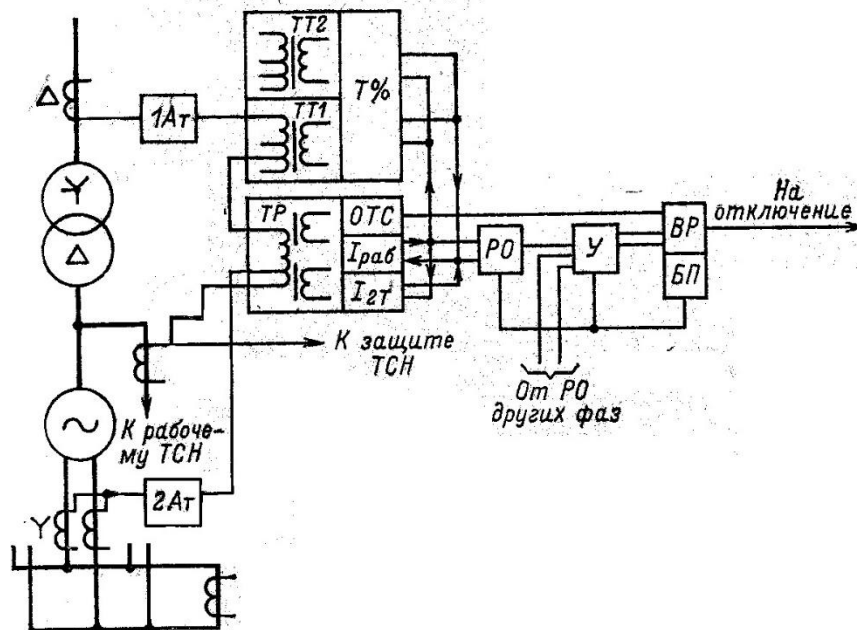
$k_{отс} = 1.5$, $I^*_{торм.расч} = 1$ деп қабылдаймыз. (1.61) формуласы бойынша реленің тежеу коэффициенті:

$$k_{торм} = (1.5 \cdot 7.04 \cdot (0.6/2.5) - 0.076) / (0.5(16.93 \cdot (2.54/2.5)) - 802.06 \cdot \sqrt{3}/2000) = 0.31$$

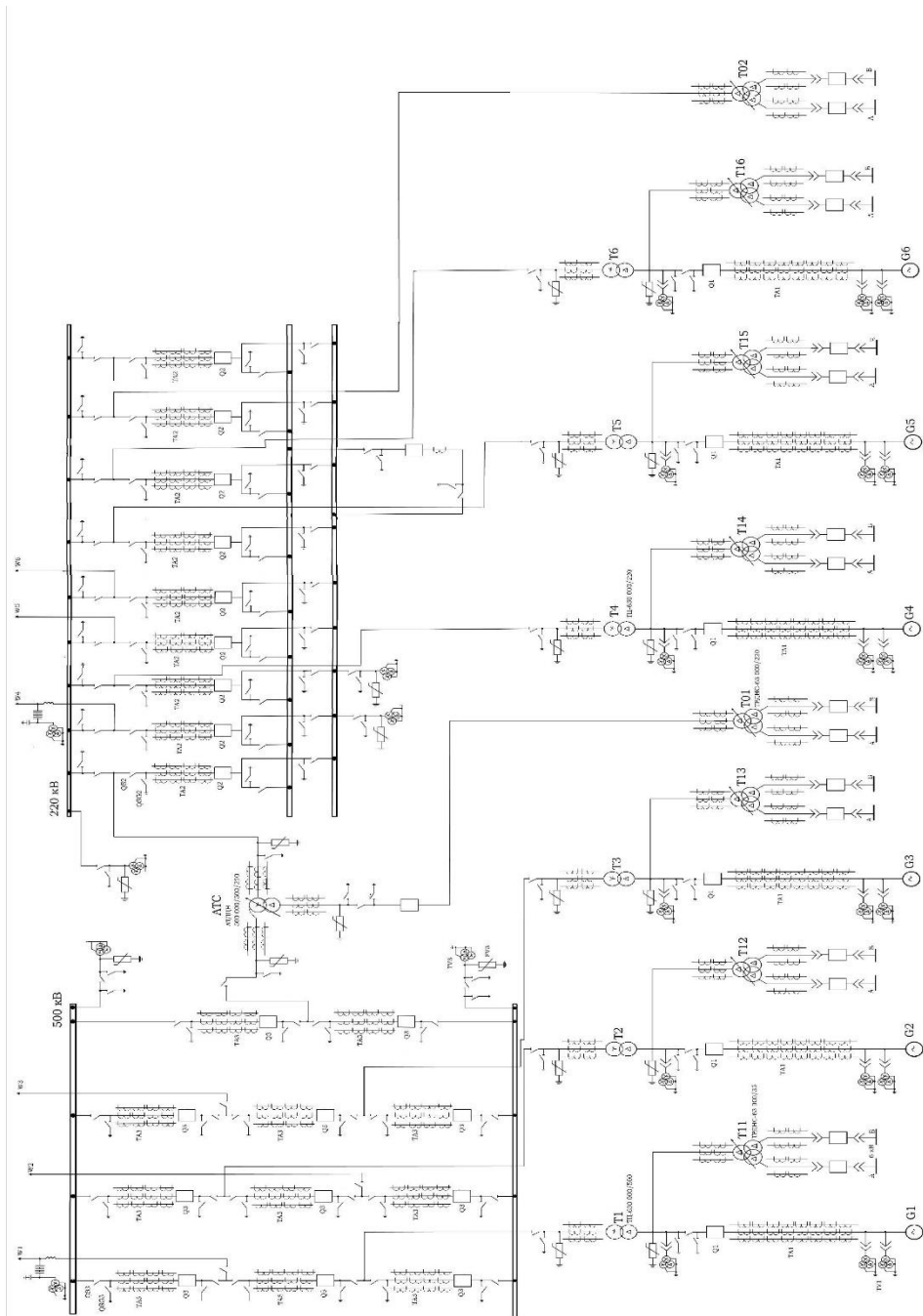
Қорғаныс сезімталдығы анықталмайды, өйткені ол әрқашан қажетті мәннен жоғары. 1.17-суретте ДЗТ-21 қорғанысының құрылымдық сұлбасы және оның генератор-трансформатор блогында қосылуы көрсетілген. Сыртқы қысқа тұйықталу кезіндегі тепе-теңдік емес токтардан түзету үшін ДЗТ-21 қорғанысында пайыздық тежеу бар. Екі тежеу тізбегі қарастырылған және арнайы консольді пайдалану кезінде қосымша тежеу тізбектерін қосуға болады.

Қорғаныс аймағын шектейтін ток трансформаторының қайталама тізбектері жұмыс тізбегіне токтарды теңестіру және 2,5-5 А диапазонындағы ең

төменгі қорғаныс тогын дискретті реттеу үшін тармақтары бар ТР трансреакторы арқылы қосылады. қосымша туралау қажет болған жағдайда автотрансформаторлар орнатылады.



2.2-суретте электр қосылыстарының негізгі сұлбасы көрсетілген.



2.3-сурет - Электр қосылыстарының негізгі сұлбасы

3 Станцияның отын сипаттамалары

Шартты отынның жылдық шығысы формулалар бойынша есептеледі:

$$V_{y,500}^{\Gamma} = \beta_{xx} \cdot t_{\text{раб}} + \beta \cdot \mathcal{E}_{\text{год}} + \Delta\beta \cdot (P_{\text{ном}} - P_{\text{кр}}) \cdot h_{\text{уст}} \quad (3.1)$$

мұндағы β_{xx} - энергия блогының бос жүрісіне шартты отынның сағаттық шығысы, т/ч;

β - шартты отын шығынының орташа салыстырмалы өсімі, т/МВт·сағ;

$\mathcal{E}_{\text{год}}$ - агрегатпен электр энергиясын жылдық өндіру, МВт·сағ;

$\Delta\beta$ - критикалық жүктемеге дейінгі салыстырғанда критикалықтан асатын жүктемелер кезінде отын шығысының орташа салыстырмалы өсімінің айырмасы, Т/МВт·сағ.

$P_{\text{ном}}$ - блоктың номиналды қуаты, МВт;

$P_{\text{кр}}$ - сынамалық жүктеме, МВт;

$h_{\text{уст}}$ - қондырғының белгіленген қуатын пайдалану сағаттарының саны.

V_{xx} , β , $\Delta\beta$, $P_{\text{кр}}$ мәндерін қабылдап, 3.1-кестеге келтіреміз. Шартты отынның жылдық шығынын есептеу 3.5-кестеде де жүргізілді.

Табиғи отынның жылдық шығыны:

$$V_{\text{н}}^{\Gamma} = V_{\text{y}}^{\Gamma} \cdot 29330 / Q_{\text{н}}^{\text{p}} \cdot (1 + \alpha_{\text{пот}} / 100) = 7536198.4 \cdot 29330 / 20306 \cdot (1 + 1.2 / 100) = 11015912 \text{ т.у.т./жыл} \quad (3.2)$$

мұндағы V_{y}^{Γ} - шартты отынның жылдық шығысы, т.у.т /сағат;

$Q_{\text{н}}^{\text{p}}$ - табиғи отынның жануының меншікті жылуы, кДж/кг;

$\alpha_{\text{пот}}$ - жолдағы отын шығыны, %.

Қатты отын ретінде Екібастұз көмірін қабылдаймыз – $Q_{\text{н}}^{\text{p}}=20306$ кДж/кг, $\alpha_{\text{пот}} = 1,2$ %.

3.1-кесте - Шартты отынның жылдық шығыс шығыны

β_{xx} , т/ сағат	β , т/МВт· сағат	$\Delta\beta$, т/МВт· сағат	$P_{\text{кр}}$, МВт	$t_{\text{раб}}$, сағат	$\mathcal{E}_{\text{год}}$, МВт· сағат	$h_{\text{уст}}$, сағат	V_{y}^{Γ} , т.у.т/жыл
14,8	0,282	0,016	410	8256	4128000	8256	1298173,4
14,8	0,282	0,016	410	8256	4128000	8256	1298173,4
14,8	0,282	0,016	410	7992	3996000	7992	1256662
14,8	0,282	0,016	410	8136	4068000	8136	1279304,6
14,8	0,282	0,016	410	7632	3816000	7632	1200055,6
14,8	0,282	0,016	410	7656	3828000	7656	1203829,4
Жалпы станция бойынша V_{y}^{Γ}							7536198,4

Электр энергиясын жіберу бойынша шартты отынның үлестік шығысы:

$$v_{\text{отп}}^{\text{э}} = B_{\text{y}}^{\text{r}} / W_{\text{отп}} = 7536198.4 \cdot 10^6 / 23029404 \cdot 10^3 = 327.242 \text{ гр.у.т./кВт}\cdot\text{сағ} \quad (3.2)$$

мұндағы B_{y}^{r} - шартты отынның жылдық шығысы, гр.у.т / год;

$W_{\text{отп}}$ - электр энергиясын жылдық босату кВт·сағ;

Электр энергиясын жіберу бойынша станцияның ПӘК:

$$\eta_{\text{отп}}^{\text{э}} = (123 / v_{\text{отп}}^{\text{э}}) \cdot 100 = (123 / 327.242) \cdot 100 = 37.58 \% \quad (3.3)$$

мұндағы $v_{\text{отп}}^{\text{э}}$ - электр энергиясын жіберу бойынша шартты отынның үлестік шығысы, гр.у.т/кВт·сағ.

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жұмыстың Екібастұз ГРЭС-2 500 МВт қондырғылардың тиімділігін арттыруға арналған. Екібастұз ГРЭС-2-нің өз мұқтаждарын электрмен жабдықтауды жобалауға арналған бастапқы деректер толық қарастырылды және келесі мәселелер шешілді: қуаты 3000 МВт ГРЭС құрылымдық сұлбаларының нұсқаларын жасалынды, жоғары кернеулі РУ сұлбалары таңдалды, ТГВ 500 генератор блогының релелік қорғанысы құрылып жұмыс жылу энергетикасына тікелей қатысы болғандықтан станцияның отын сипаттамалары есептеліп шикізат пен отынның шығындары есептелді. Қатты отын ретінде Екібастұз көмірін қабылдалынды және шартты отынның жылдық шығыс шығыны есептелінді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Электроснабжение промышленных предприятий: Методические указания по курсовому проектированию.— Норильск, 1994.-523с.
2. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования:— М.: Энергоатомиздат, 1989.-321с.
3. Правила устройства электроустановок/Минэнерго СССР. — М.: Энергоатомиздат, 1987.-385с.
4. Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий:— М.: Энергоатомиздат, 1987.-476с.
5. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. Под общ. ред. А.А. Федорова и Г.В. Сербиновского. В 2-х кн. — М.: Энергия, 1973.-489с.
6. Федоров А.А., Каменева В.В. Основы электроснабжения промышленных предприятий:— М.: Энергоатомиздат, 1984.-512с.
7. Справочник по проектированию электроснабжения/Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. — М.: Энергоатомиздат, 1990;
8. Справочник по электроустановкам промышленных предприятий/ Под общей ред. И.Е. Боричева и др. — Москва, 1963;
9. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. — Днепропетровск, 1977;
10. Епанешников М.М. Электрическое освещение. — М.: Энергия, 1973;
11. Семчинов А.М. Токопроводы промышленных предприятий. — Л.: Энергия, 1972;
12. Дорошев К.И. Эксплуатация комплектных распределительных устройств 6-220 кВ. — М.: Энергоатомиздат, 1987;