# Аннотация

Тема дипломного проекта – Электрическая часть ТЭЦ-400 мВт. На станции установлено три генератора, мощностью по 100 мВт, типа ТВФ-120-У3. Топливо проектируемой электростанции газ. На основании НТП, на станции произведен выбор схемы выдачи электроэнергии и ее технико-экономическое обоснование. Был произведен выбор трансформаторов связи 2ЧТРДН-100000/110/10–10 и блочных трансформаторов ТДЦ-125000/220/10. На станции произведен выбор и обоснование упрощенных схем РУ различных напряжений, на ОРУ 220 кВ-схема с двумя рабочими системами шин.

На станции выбрана схема снабжения собственных нужд и выбраны трансформаторы собственных нужд типа ТМНС-6300/10/6,3, также были выбраны пускорезервные трансформаторы собственных нужд типа ТМНС-6300/10/6,3.

На станции был произведен расчет токов короткого замыкания, на основании которого, выбраны электрические аппараты на:

ОРУ 220 кВ в цепи трансформатора связи:

Выключатели: ВГП-220.

Разъединители: РГ-220/1000 УХЛ1.

Трансформаторы тока: ТГФ-220.

Трансформаторы напряжения: НКФ-220–58У1.

ОРУ 220 кВ в цепи линии:

Выключатели: ВГП-220.

Разъединители: РГ-220/1000 УХЛ1.

Трансформаторы тока: ТГФ-220.

Трансформаторы напряжения: НКФ-220–58У1.

И токоведущие части на:

ОРУ 220 кВ в цепи трансформатора связи:

Провода типа в пределах ОРУ: АС-400/51.

Провода типа за пределами ОРУ: АС-400/51.

ОРУ 220 кВ в цепи линии:

Провода типа в пределах ОРУ: АС-400/51.

Провода типа за пределами ОРУ: АС-400/51.

Также выбраны опорные изоляторы типа С20–450IIУХЛ.

Был выбран способ синхронизации, методом точной синхронизации.

Был произведен расчет релейной защиты, выбраны трансформаторы тока и напряжения, и реле.

Произведено описание конструкции распределительного устройства ОРУ 220 кВ.

На станции произведен расчет заземляющего устройства, на основании которого было выбрано заземляющее устройство типа сетки, по контуру забиты электроды длинной 5 метров и в рабочих местах произведена подсыпка щебня.

# 1. Выбор генераторов

Для выработки электроэнергии на электростанциях устанавливаются синхронные генераторы переменного тока.

Выбор генераторов производится по его мощности.

Таблица 1 [10] с. 610

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип турбогенератора | Рном  МВт | Sном  МВА | Cos  град. | Uном  кВ. | nном.  об/мин. | К.П.Д.  % | Х» d | Iном  кА. | Система возб. | Охлаждение | | |
| Об. Ст. | Об. Рот. | Стали Ст. |
| ТВФ-120-У3 | 100 | 125 | 0,8 | 10,5 | 3000 | 98,4 | 0,192 | 6,475 | ВЧ | КВр | НВр | Вр |

Охлаждение обмоток статора

КВр – косвенное водородное охлаждение

Охлаждение обмоток ротора

НВр – непосредственное водородное охлаждение

Охлаждение стали статора

Вр – водородное охлаждение

В генераторах серии ТВФ применяется высокочастотное возбуждение. Возбудитель 3-ех фазный, высокочастотный генератор индукционного типа, который находится на валу вместе с генератором.

Трех фазная обмотка переменного тока и три обмотки возбудителя заложены в пазах статора, т.е. неподвижны. Ротор набран из листов электротехнической стали, и представляет собой зубчатое колесо с десятью зубцами. Переменная Э.Д.С. наводится в трехфазной обмотке от пульсации величины магнитной индукции в пазах статора.

LGE1 включается последовательно с LG и обеспечивает основное возбуждение возбудителя. LGE2 и LGE3 питаются от высокочастотного возбудителя GEA через выпрямители. Подвозбудитель – высокочастотная машина с постоянными магнитами. Регулирование тока в LGE2 и LGE3 осуществляется с помощью А.В.Р и У.Б.Ф.

Основное достоинство этого способа состоит в том, что возбуждение синхронного генератора не зависит от режима электрической сети и поэтому является более надежным.

электростанция синхронизация распределительный заземляющий

# 2. Выбор и обоснование двух вариантов схем проектируемой электростанции

Вариант 1



На станции установлены 4 генератора типа ТФ-100–2 мощностью по 100 МВт. Генератор G3 и G4 соединены в блок с повышающими трансформаторами Т3 и Т4, подключенным к шинам высокого напряжения. Генераторы G1 и G2 подключены к шинам ГРУ 10 кВ. Нагрузка получает питание с шин ГРУ. Связь с системой осуществляется по воздушным линиям 220 кВ.

Вариант 2



В отличии от первого варианта станция построена по блочному принципу, нагрузка получает питании отпайкой от блоков G1, G2, G3, G4.

# 3. Выбор силовых трансформаторов

Вариант 1

**3.1 Выбор блочных трансформаторов**

Мощность блочных трансформаторов определяется по мощности генератора за вычетом мощности собственных нужд.

(1)



где: PG и QG – активная и реактивная мощность генератора

Pс.н. и Q с.н. – активная и реактивная мощность собственных нужд

Sс.н.= ·PG·Кс, МВА (2)



где: n% – расход электроэнергии на собственные нужды

PG – активная мощность генератора

Кс – коэффициент спроса

По формуле (2)

Sс.н. =·100·0,8= 5,6 МВА



tgG = 0,75



tgс.н.=0,75



QG= PG· tgG =100·0,75=75 Мвар



Pс.н.= =5,6·0,8=4,48 МВт



Q с.н.= Pс.н. · tgс.н =4,48·0,75=3,36 Мвар



По формуле (1)



К установке принимаем трансформатор типа:

ТДЦ – 125/110/10

**3.2 Выбор трансформаторов связи**

Выбор трансформаторов связи производится по наибольшему перетоку мощности между распределительными устройствами 220 кВ и 10 кВ в трёх режимах работы.

**3.2.1 Режим максимальной нагрузки**

МВА (3)



Где:

– активная и реактивная мощность генератора.



– активная и реактивная мощность нагрузки в максимальном режиме.



– активная и реактивная мощность собственных нужд.



– число блоков подключенных к ГРУ.



где:

– максимальная мощность ВЛ.



– минимальная мощность ВЛ.



– число ВЛ.



– активная максимальная мощность всех ВЛ.



– активная минимальная мощность всех ВЛ.



где:

– реактивная минимальная мощность всех ВЛ.



– реактивная максимальная мощность всех ВЛ.



По формуле (3)



**3.2.2 Режим минимальной нагрузки**

**МВА** (4)



По формуле (4)



**3.2.3 Аварийный режим один блок отключен**

МВА **(**5)



По формуле (5)



**(**6)



где:

– наибольшая мощность из трех режимов.



– коэффициент учитывающий допустимую аварийную перегрузку на 40%.



К установке принимаем трансформаторы типа:

ТРДЦН – 160000/220/10–10

Вариант 2

**3.3 Выбор блочных трансформаторов**

Мощность блочного трансформатора определяется по мощности генератора за вычетом мощности собственных нужд.

По формуле (1)



К установке принимаем трансформатор типа:

ТДЦ – 125/220/10,5

**3.4 Выбор трансформаторов Т1, Т2**

**(**7)



К установке принимаем трансформатор типа:

ТРДЦН – 100000/220/10–10

Таблица 2 [7] c. 618–620

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип трансформатора | Номинальное напряжение, кВ | | Потери, кВт | | Напряжение к.з. % | Ток х.х. % |
| ВН | НН | х.х. | к.з. |
| ТДЦ-125000/220/10 | 230 | 10,5 | 200 | 580 | 11 | 0,45 |
| ТРДЦН-100000/220/10–10 | 230 | 11–11 | 167 | 525 | 12 | 0,6 |
| ТРДЦН-160000/220/10–10 | 230 | 11–11 | 165 | 320 | 11 | 0,6 |

# 4. Технико-экономическое сравнение вариантов схем проектируемой электростанции

Экономическая целесообразность схемы определяется минимальными приведёнными затратами.

# *тыс. руб./год* (8)



Где:

К – капиталовложения на сооружение электроустановки, тыс. руб.;

Рн – нормативный коэффициент экономической эффективности, равный 0,12;

И – годовые эксплуатационные издержки, тыс. руб./год;

У – ущерб от недоотпуска электроэнергии, тыс. руб./год.

Капиталовложения К при выборе оптимальных схем выдачи электроэнергии и выборе трансформаторов определяют по укрупнённым показателям стоимости элементов схем

тыс. руб./год (9)



где:

РА = 6,4% и РО = 3% – отчисления на амортизацию и обслуживание;

W – потери электроэнергии в трансформаторе, кВт.ч;



– Стоимость 1кВт/ч потерь электроэнергии (=3 руб./кВт\*ч)



КИ = 80 коэффициент инфляции.

Вариант 1

**4.1 Расчёт потерь электроэнергии в двухобмоточных трансформаторе Т3, Т4**

(10)



где:

Рх – потери мощности холостого хода, кВт·ч;

Рк – потери короткого замыкания, кВт·ч;

Smax – расчётная (максимальная) мощность трансформатора, МВА;

Т – продолжительность работы трансформатора, ч (обычно 8760);

ф – продолжительность максимальных потерь.

*, ч* (11)



По формуле (11)



По формуле (10)



**4.2 Расчёт потерь электроэнергии в трансформаторах связи Т1, Т2**

По формуле (11)



По формуле (10)



**4.3 Определяем общие потери для первого варианта**



Вариант 2

* 1. **Расчёт потерь в трансформаторах Т1, Т2**

По формуле (10)



**4.5 Потерь электроэнергии в двухобмоточных трансформаторе Т3, Т4 определяются также как в первом варианте**



Таблица 3. Таблица технико-экономического сравнения двух вариантов схем проектируемой электростанции

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Оборудование | Стоимость единицы, тыс. руб. | Варианты | | | |
| Первый | | Второй | |
| Кол-во едениц, шт. | Общая стоимость, тыс. руб. | Кол-во едениц, шт. | Общая стоимость, тыс. руб. |
| ТДЦ-125000/220/10 | 243·80 | 2 | 38880 | 2 | 38880 |
| ТРДЦН-160000/220/10 | 345·80 | 2 | 55200 | - | - |
| ТРДЦН-100000/220/10 | 251·80 | - | - | 2 | 40160 |
| Секционный выключатель с реактором МГ-10 | 21·80 | 1 | 1680 | - | - |
| Ячейка генераторного выключателя МГ-20 | 15·80 | 6 | 7200 | 4 | 4800 |
| Итог: |  |  | 102960 |  | 83840 |
| Отчисления на амортизацию  и обслуживание  ·К, тыс. руб./год | | ·102960=8648,64 | | ·83840=7042,56 | |
| Стоимость потерь электроэнергии  W·10-3,тыс. руб./год | | 3·9,8·106·10-3=29400 | | 3·9,6·106·10-3=28800 | |
| Годовые эксплуатационные  издержки  И=·К+W·10-5, тыс. руб./год | | 8648,64+29400=38048,64 | | 7042,56+28800=35842,56 | |
| Минимальные приведённые  затраты З=Рн·К+И, тыс. руб./год | | 0,12·102960+38048,64=50403,84 | | 0,12·83840+35842,56=45903,36 | |

На основании технико-экономического сравнения двух вариантов проектируемой станции второй вариант более экономичен, в дальнейшем принимаем его в расчётах

# 5. Выбор и обоснование упрощённых схем распределительных условий всех напряжений

**5.1 Выбор числа воздушных линий на ОРУ 220 кВ (связь с системой)**

(12)



По формуле (10)



(13)



где: Р1w мощность одной линии (для линии 220 кВ равна 100 МВт)

По формуле (11)



К установке принимаем четыре воздушные линии – связь с системой.

**5.2 Выбор схемы ОРУ 220 кВ**

На основании НТП электростанций на ОРУ 220 кВ с числом присоединений 8 принимаем схему с двумя рабочими и одной обходной системами сборных шин, но так как на ОРУ применяются элегазовые выключатели, срок службы которых 25 лет и они не ремонтируются, а заменяются, то применяем схему с двумя рабочими системами сборных шин.



Достоинства:

1) Ремонт любой системы шин без перерыва электроснабжения.

2) При коротком замыкании на любой системе шин все присоединения могут быть переведены на другую систему шин.

Недостатки:

1) Отказ в работе шиносоединительного выключателя равносильно короткому замыканию на обеих системах шин.

2) Большое количество операций с разъединителями под напряжением.

**5.3 Выбор схемы блока**

Достоинства:

Генераторный выключатель служит для включения и отключения генератора, при этом не затрагивается схема на стороне ВН, т.е. если генератор выведен в ремонт, то нагрузка все равно продолжает получать питание с шин высокого напряжения.

# 6. Выбор схемы собственных нужд и трансформаторов собственных нужд

**6.1 Выбор схемы собственных нужд**

Все механизмы и приспособления, которые обеспечивают нормальную работу станции, входят в систему собственных нужд.

Данная станция сооружена по блочному принципу. Рабочие ТСН присоединяются отпайкой от энергоблоков. Распределительное устройство собственных нужд выполняется с одной секционированной системой шин. В данной схеме принимается одна секция с.н., т.к. мощность энергоблока меньше 160 МВт.

Резервное питание секции с.н. осуществляется от резервных магистралей, которые связаны с пускорезервными ТСН. Для увеличения гибкости и надежности резервные магистрали секционируют через каждые 2–3 блока.

На данной станции установлены генераторные выключатели поэтому число ПРТСН принимаем равное 2:

– один присоединяется к источнику питания;

– один не подключен, но готов к работе.

ПРТСН присоединяются к сборным шинам, которые имеют связь с энергосистемой.

**6.2 Выбор трансформаторов собственных нужд.**

(14)



Где:

n% – расход электроэнергии на с.н., зависит от типа станции, мощности станции и вида топлива;

РG – мощность генератора;

Кс– коэффициент спроса.



К установке принимаем трансформаторы типа:

ТМНС-6300/10/6,3.

**6.2 Выбор ПРТСН**

(15)



Т.к. в данной схеме присутствуют генераторные выключатели.

К установке принимаем ПРТСН типа ТМНС-6300/10/6,3.

Таблица 4 [7] c. 618–620

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип трансформатора | Номинальное напряжение, кВ | | Потери, кВт | | Напряжение к.з. | Ток х.х. % |
| ВН | НН | х.х. | к.з. |
| ТМНС-6300/10/6,3 | 10,5 | 6,3 | 12 | 60 | 8 | 0,75 |

# 7. Расчёт токов короткого замыкания

Расчёт токов короткого замыкания необходим для правильного выбора оборудования и токоведущих частей.

## 7.1 Схема связи проектируемой электростанции с электрической системой и данные, необходимые для расчета токов короткого замыкания



**7.2 Схема замещения**



**7.3 Определяем сопротивление элементов в относительных единицах Sб=1000МВА**

Система:



Трансформаторы Т1, Т2:



Трансформаторы Т3, Т4:



Генераторы:



Трансформаторы собственных нужд:



**7.4 Преобразование схемы в точку k-1**



Таблица 5

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Источники/формулы** | **G1, G2,** | **C** | **G3, G4** |
|  | 1,3 | 0,13 | 1,19 |
|  |  |  |  |
|  | 1 | 1 | 1,08 |
|  |  |  |  |
|  | 1,95 | 1,78 | 1,95 |
|  | 0,26 | 0,03 | 0,26 |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
|  | 0,87 | 0,77 | 0,87 |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

**7.4 Преобразование схемы в точку k-2**



Таблица 6

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Источники/формулы** | **СН** | **C, G3, G4, G1, G2** | **∑** |
|  | - | 18,37 |  |
|  | - |  |  |
|  | - | 1 |  |
|  | - |  | 7,69 |
|  |  | - |
|  | 1,65 | 1,965 |  |
|  | 0,04 | 0,26 |  |
|  |  |  | 20,12 |
|  | 0,2 | 0,2 |  |
|  |  |  | 2,418 |
|  | - | 4,99 |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  | 5,008 |
|  |  |  | 3,045 |

**7.6 Расчёт тока однофазного короткого замыкания**

**7.6.1 Схема замещения прямой последовательности, аналогична схеме трехфазного короткого замыкания в точке k-1**



**7.6.2 Схема замещения обратной последовательности аналогична схеме замещения прямой последовательности**



**7.6.3 Схема замещения нулевой последовательности**



(14)



По формуле (14)

кА



# 8. Выбор электрических аппаратов и токоведущих частей для заданных цепей

**8.1 Расчётные условия для выбора электрических аппаратов и токоведущих частей по режиму короткого замыкания и продолжительному режиму**

Таблица 7 [7] c. 206

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Расчётные условия | Цепь трансформатора | Цепьлинии |
|  |  |
|  | 220 | 220 |
|  | 328 | 130 |
|  | 492 | 173,3 |
|  | 23,38 | 23,38 |
|  | 59,67 | 59,67 |
|  | 18,41 | 18,41 |
|  | 2,75 | 2,75 |
|  | 404,5 | 404,5 |

**Цепь трансформатора**



**Цепь линии**



**8.2 Выбор выключателей и разъединителей в цепи трансформатора**

Таблица 8 [7] c. 627

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Условия выбора | Расчётные условия | Каталожные данные | |
| Выключатель ВГП-220 | разъединитель РГ-220/1000 УХЛ1 |
| ≤ | 220 | 220 | 220 |
| , А | 328 | 2000 | 1000 |
| , А | 492 | 2000 | 1000 |
| , кА | 18,41 | 40 | - |
| , кА | 59,85 | 25,38 | 31,5 |
| , кА | 3,95 | 102 | 80 |
| , кА | 23,38 | 102 | - |
| Вк ≤ I2тер ·t тер, кА2·с | 404,5 | 40І∙3=4800 | 31,5І∙3=2976,8 |
| Привод |  | пружинный | Ручной ПРГ-69ХЛ1 |

**8.3 Выбор трансформатора тока в цепи трансформатора**

Таблица 9 [7] c. 632

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Условия выбора | Расчётные данные | Каталожные ТГФ-220 |
|  | 220 | 220 |
|  | 328 | 300 |
|  | 492 | 300 |
| По конструкции и классу точности | 0,2S-0.2S | 0,2S-2/5Р/10Р |
|  | 23,38 | 125 |
|  | 59,67 | - |
| Вк ≤ I2тер ·t тер, кА2·с | 404,5 | 7500 |
| Z2 расч ≤ Z2 ном Ом | 0,245 | 1,2 |



Таблица 10 [7] c. 635

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Прибор | Тип | Нагрузка на фазу, ВА | | |
| А | В | С |
| Амперметр | Э-335 |  | 0,5 |  |
| Итого: |  |  | 0,5 |  |



так как количество приборов меньше трех



Принимаем кабель с алюминиевой жилой КВВГ-4



Схема подключения приборов:



**8.4 Выбор трансформаторов напряжения в цепи трансформатора связи**

Таблица 11 [7] с. 378

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Расчётные условия | Каталожные данные НКФ-220–58У1 |
| Uуст ≤ Uном, кВ | 220 | 220 |
| S2 расч ≤ S2 ном, ВА | 111,45 | 400 |
| По конструкции и классу точности | 0,5 | 0,5 |

Определяем вторичную нагрузку трансформатора напряжения.

Таблица 12 [7] c. 378

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Прибор | Тип | S одной обмотки, ВА | Число обмоток | cosц | sinц | Число приборов | Общая потребляемая мощность | |
| Р, Вт | Q, вар |
| Вольтметр | Э-335 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 | 4 | 0 |
| Ваттметр | Д-335 | 1,5 | 2 | 1 | 0 | 4 | 12 | 0 |
| Варметр | Д-335 | 1,5 | 2 | 1 | 0 | 4 | 12 | 0 |
| Счетчик активной энергии | И-680 | 2Вт | 2 | 0,38 | 0,925 | 8 | 32 | 77,6 |
| Колонка синхронизации |  | | | | | | | |
| Вольтметр | Э-335 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 | 4 | 0 |
| Синхроскоп | Э-327 | 10 | 1 | 1 | 0 | 1 | 10 | 0 |
| Частотомер | Э-372 | 3 | 1 | 1 | 0 | 2 | 6 | 0 |
| Итого: |  | | | | | | 80 | 77,6 |



**8.5 Выбор ошиновки в цепи трансформатора связи, в пределах ОРУ**

**8.5.1 Ошиновка в пределах ОРУ выбирается по нагреву**

Условие выбора:



Принимаем провод марки: АС-240/32



Условие выполняется

**8.5.2 Проверка сечения на термическое действие токов**



**8.5.3 Проверка по условия короны**



D=3,5 м



Условие не выполняется принимаем провод АС-400/51



Условие выполняется

**8.6 Выбор ошиновки в цепи трансформатора, связи за пределами ОРУ**

**8.6.1 Ошиновка за пределами ОРУ выбирается по экономической плотности тока**

Условия выбора:



Принимаем провод марки: АС-400/22



Условие выполняется

**8.6.2 Проверка сечения на термическое действие токов**



Условие выполняется

**8.6.3 Проверка по условия короны**



D=3,5 м



Условие не выполняется - принимаем провод АС-500/27



**8.7 Выбор опорных изоляторов, в цепи трансформатора связи**



Принимаем изолятор типа С20–450IIУХЛ



Условие выполняется



**8.8 Выбор выключателей и разъединителей в цепи линии**

Таблица 13 [7] c. 627

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Условия выбора | Расчётные условия | Каталожные данные | |
| Выключатель ВГП-220 | разъединитель РГ-220/1000 УХЛ1 |
| Uуст ≤ Uном | 220 | 220 | 220 |
| Iнорм ≤ Iном, А | 328 | 2000 | 1000 |
| Imax ≤ Iном, А | 492 | 2000 | 1000 |
| Iп,ф ≤ Iотк, кА | 18,41 | 40 | - |
| ia,ф ≤ iа ном, кА | 59,85 | 25,38 | 31,5 |
| iу ≤ iдин, кА | 3,95 | 102 | 80 |
| Iп,0 ≤ Iдин, кА | 23,38 | 102 | - |
| Вк ≤ I2тер ·t тер, кА2·с | 404,5 | 40І∙3=4800 | 31,5І∙3=2976,8 |
| Привод |  | пружинный | Ручной ПРГ-69ХЛ1 |

**8.9 Выбор трансформатора тока в цепи линии**

Таблица 14 [7] c. 632

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Условия выбора | Расчётные данные | Каталожные ТГФ-220 |
|  | 220 | 220 |
|  | 328 | 300 |
|  | 492 | 300 |
| По конструкции и классу точности | 0,2S-0.2S | 0,2S-2/5Р/10Р |
|  | 23,38 | 125 |
|  | 59,67 | - |
| Вк ≤ I2тер ·t тер, кА2·с | 404,5 | 7500 |
| Z2 расч ≤ Z2 ном Ом | 0,515 | 1,2 |



Таблица 15 [7] c. 635

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Прибор | Тип | Нагрузка на фазу, ВА | | |
| А | В | С |
| Амперметр | Э-335 |  | 0,5 |  |
| Ваттметр | Д-335 | 0,5 |  | 0,5 |
| Варметр | Д-304 | 0,5 |  | 0,5 |
| Счетчик активной энергии | СА3-И674 | 2,5 |  | 2,5 |
| Счетчик активной энергиии | СА3-И674 | 2,5 |  | 2,5 |
| Итого: |  | 6 | 0,5 | 6 |



так как количество приборов больше трех



Принимаем кабель с алюминиевой жилой КВВГ-4



Схема подключения приборов:



**8.10 Выбор трансформаторов напряжения в цепи линии**

Таблица 16 [7] с. 378

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Расчётные условия | Каталожные данные НКФ-220–58У1 |
| Uуст ≤ Uном, кВ | 220 | 220 |
| S2 расч ≤ S2 ном, ВА | 117,37 | 400 |
| По конструкции и классу точности | 0,5 | 0,5 |

Определяем вторичную нагрузку трансформатора напряжения.

Таблица 17 [7] c. 378

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Прибор | Тип | S одной обмотки, ВА | Число обмоток | cosц | sinц | Число приборов | Общая потребляемая мощность | |
| Р, Вт | Q, вар |
| Вольтметр | Э-335 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 | 4 | 0 |
| Ваттметр | Д-335 | 1,5 | 2 | 1 | 0 | 4 | 12 | 0 |
| Варметр | Д-335 | 1,5 | 2 | 1 | 0 | 4 | 12 | 0 |
| Счетчик активной энергии | И-680 | 2Вт | 2 | 0,38 | 0,925 | 8 | 32 | 77,6 |
| Фиксирующий прибор |  |  |  |  |  | 1 |  |  |
| Счетчик реактивной энергии | И-673 | 3Вт | 2 | 0,38 | 0,925 | 1 | 6 | 2,28 |
| Колонка синхронизации |  | | | | | | | |
| Вольтметр | Э-335 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 | 4 | 0 |
| Синхроскоп | Э-327 | 10 | 1 | 1 | 0 | 1 | 10 | 0 |
| Частотомер | Э-372 | 3 | 1 | 1 | 0 | 2 | 6 | 0 |
| Итого: |  | | | | | | 86 | 79,88 |



Схема подключения приборов:



**8.5 Выбор ошиновки в цепи линии, в пределах ОРУ**

**8.5.1 Ошиновка в пределах ОРУ выбирается по нагреву**

Условие выбора:



Принимаем провод марки: АС-240/32



Условие выполняется

**8.5.2 Проверка сечения на термическое действие токов**



**8.5.3 Проверка по условия короны**



D=3,5 м



Условие не выполняется принимаем провод АС-400/51



Условие выполняется

**8.6 Выбор ошиновки в цепи линии за пределами ОРУ**

**8.6.1 Ошиновка за пределами ОРУ выбирается по экономической плотности тока**

Условия выбора:



Принимаем провод марки: АС-150/34



Условие выполняется

**8.6.2 Проверка сечения на термическое действие токов**



Условие не выполняется принимаем провод марки: АС-240/32



**8.6.3 Проверка по условия короны**



D=3,5 м



Условие не выполняется принимаем провод АС-400/51



Условие выполняется

**8.7 Выбор опорных изоляторов, в цепи трансформатора связи**



Принимаем изолятор типа С20–450IIУХЛ



.



# 9. Выбор способа синхронизации

Синхронные генераторы включаются на параллельную работу способом точной синхронизации.

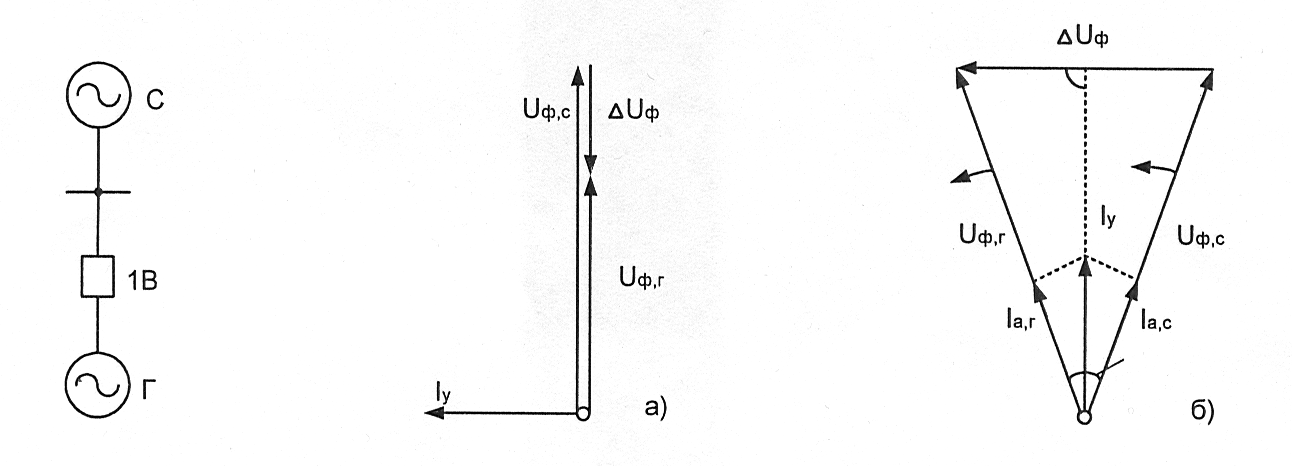
При этом, необходимо, чтобы в момент его включения были выполнены следующие условия:

– равенство действующих значений напряжений подключаемого генератора и сети.

– равенство частот напряжения генератора и сети.

– совпадение фаз одноименных напряжений генератора и сети.

Не соблюдение хотя бы одного из указанных условий при точной синхронизации приводит к большим толчкам тока, опасным не только для подключаемого генератора, но и для устойчивой работы энергосистемы.



а – векторная диаграмма при б – векторная диаграмма при



При нарушении сформулированных выше условий точной синхронизации возможны три случая:

1 – векторы фазных напряжений генератора и энергосистемы не равны по значению, но совпадают по фазе и изменяются во времени с одинаковой частотой:fr=f***c***



2 –векторы фазных напряжений разошлись по фазе на некоторый угол : fr=fc



3-генератор вращается с разными угловыми скоростями: ***frfc***



В двух первых случаях в момент включения генератора появляется разность напряжений , которая обусловит протекание уравнительного тока. Уравнительный ток возникает и в третьем случае сразу же в момент включения генератора (если) или спустя время, когда векторы напряжения разойдутся на некоторый угол:



Где:и *X"d* – значения э.д.с. и сопротивления генератора в момент включения,



Хс – сопротивление энергосистемы, которое обычно невелико и может не учитываться в расчете.

Ток имеет индуктивный характер по отношению к, так как активные сопротивления генератора и энергосистемы незначительны.



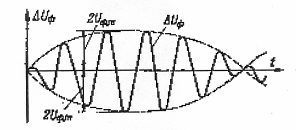
В первом из рассматриваемых случаев уравнительный ток сохраняет реактивный характер по отношению к вследствие чего он не вызывает механические перегрузки на валу генератора. Разность напряжений при включении генератора в сеть допускают равной 5–10%номинального напряжения, вследствие чего опасных перегрузок генератора по току не возникает.



Во втором случае рисунок (б) уравнительный ток по отношению к имеет значительную активную составляющую. Вектор опережает вектор, поэтому активная составляющая уравнительного тока создает вращающий момент, направленный на торможение ротора генератора. Если бы вектор напряжения отставал от вектора , то активная составляющая уравнительного тока создавала бы момент, ускоряющий ротор. Включение генератора в этом случае сопровождается значительными толчками нагрузки на его вал, что может повлечь за собой серьезные механические повреждения агрегата. Во избежание этого угол расхождения векторов напряжения синхронизируемых источников в момент включения не должен превышать 10 – 20 электрических Град.



В третьем случае, когда угол непрерывно изменяется, изменяется и разность напряжений ,которую называют напряжением биения*.* Напряжение биения изменяется от 0 до и частотой, равной полусумме частот напряжений синхронизируемых источников. Огибающая, проведенная через амплитуды напряжения биения, имеет частоту, равную полуразность частот генератора и системы.



Таким образом, при неравенстве частот всегда существует опасность включения в неблагоприятный момент при значительной величине. Кроме того, при большой разности частот машина может не втянуться в синхронизм. Это заставляет ограничивать допустимую разность частот при включении до значения 0,1%.



Наибольший уравнительный ток возникает при угле  *=* 180 эл. град. Если предположить, что генератор включается на параллельную работу с мощной энергосистемой , то



При этом ток в два раза больше тока трехфазного к. з. на выводах генератора. Такой ток опасен как в отношении нагрева обмоток, так и вследствие электродинамических усилий между проводниками, особенно в лобовых частях обмотки статора.

Итак, включение возбужденного генератора на параллельную работу с другими генераторами при несоблюдении условий точной синхронизации может повлечь за собой тяжелые повреждения машины.

Приближение частоты вращения генератора к синхронной и плавное регулирование е осуществляется воздействием на регуляторы частоты вращения первичных двигателей (паровых или гидротурбин). Изменение напряжения подключаемого генератора осуществляется путем воздействия на уменьшение или увеличение тока в обмотке возбуждения.

Визуальный контроль за выполнением условий точной синхронизации производится с помощью двух вольтметров (контроль равенства напряжений генератора и сети), двух частотомеров, один из которых показывает частоту сети, другой – частоту подключаемого генератора, а также с помощью специального прибора – синхроноскопа, который дает возможность контролировать совпадение векторов напряжения одноименных фаз. Эти приборы входят в состав так называемых щитков или колонок синхронизации и имеются на всех электростанциях.



Схема включения измерительных приборов колонки синхронизации

При точной синхронизации момент подачи импульса на включение определяется по стрелке синхроноскопа, которая вращается с угловой скоростью скольжения (разности частот). Воздействуя на регуляторы скорости первичного двигателя, добиваются уравнивания частот, так чтобы стрелка синхроноскопа делала не более одного оборота за 20 с. На шкале синхроноскопа нанесена черта, соответствующая совпадению напряжений по фазе. Импульсы на включение выключателя генератора следует подавать в момент, когда стрелка синхроноскопа немного не дошла до черты, так как необходимо учесть собственное время включения выключателя.

Точная синхронизация может быть ручной и автоматической.

Недостатки способа точной синхронизации являются сложность и длительность процесса, особенно в условиях аварийного режима работы энергосистемы, сопровождающегося колебаниями частоты и напряжения, необходимость высокой квалификации обслуживающего персонала, возможность тяжелых аварий при нарушении условий синхронизации.

# 10. Расчет релейной защиты для заданной цепи

## 10.1 Выбор типа защит трансформатора собственных нужд

Расчёт установок всех трансформаторов типа ТМНC 6300/10.5/6.3.

Схема соединения обмоток силового трансформатора -12.



Диапазон регулирования ±10% Uном.

Согласно ПУЭ на трансформаторе устанавливаются следующие защиты.

1. Продольная дифференциальная защита – от всех видов КЗ в обмотке трансформатора и на выводах.

2. Газовая – от всех повреждений в нутрии бака трансформатора а также от понижения уровня масла в баке.

3. Защита от внешних межфазных КЗ – МТЗ с комбинированной блокировкой по напряжению

4. Защита от симметричной перегрузки на стороне ВН

1. Продольная дифференциальная защита

Определение номинальных токов трансформатора

А (20)



По формуле (20)

А



А (21)



А



**1.2** **Выбор трансформаторов тока дифференциальной защиты**

(24)



По формуле (24)



Принимаем



(25)



По формуле (25)



Принимаем



**1.3** **Расчёт вторичных токов в плечах защиты**

(26)



По формуле (26)

А



(27)



По формуле (27)

А



Сторону НН принимаем за основу т. к. у нёё больше вторичный ток.

Расчёт тока срабатывание защиты Iсз:

Из условия отстройки от броска намагничивающего тока:



А



**1.5 Из условия отстройки от тока небаланса при внешним КЗ**

Где:



Где:

- ток небаланса, обусловленный погрешностью трансформаторов тока



- ток небаланса, обусловленный наличием РПН



- ток небаланса, обусловленный неточной установкой числа витков уравнительной обмотки



Ка - коэффициент периодичности

Кодн - коэффициент однотипности ТА



А



**1.6 Определяем предварительное значение Iнб (без Iнб)**



A



A



Принимаем наибольшее значение Iсз=2977 А

Проверка чувствительности.

(28)



По формуле (28)



Продолжаем расчёт с реле РНТ-565

1.**7 Расчёт числа витков основной стороны**



(29)



Где:



А



По формуле (29)

витков



Принимаем ближайшее меньшее значение 4

(30)



По формуле (30)

А



**1.8 Определяем число витков не основной стороны.**

(31)



По формуле(31)

витков



Принимаем ближайшее целое витков



Определяем число витков уравнительной обмотки.



виток



**1.9 Определяем ток не баланса, обусловленный неточной установкой числа витков**

(32)



По формуле(32)



2.1 Расчёт уточненного значения Iсз

(33)



По формуле (33)

А



А



(34)



По формуле (34)

А



Сравниваем уточненный и действительный ток срабатывания



Продолжаем расчёт с пункта 1.8

По формуле (29)



Принимаем 3 витков



По формуле(30)

А



По формуле (31)

витка



Принимаем витков



Определяем число витков уравнительной обмотки.



витка



По формуле(32)

А



А



По формуле (34)

А



По формуле (28)



Защита от внешних междуфазных КЗ

В качестве такой защиты применяют – МТЗ с комбинированной блокировкой по напряжению на двухобмоточных трансформаторах устанавливаются со стороны основного питания. Блокировка по напряжению устанавливается со стороны противоположной питанию.

Расчёт установок реле тока



А



А



Принимаем реле РТ-40/10

Расчёт уставок реле минимального напряжения.



Где:



В



(35)



В



Принимаем реле РН-54/160



. Не проверяется, т.к. при КЗ на сборных шинах 6,3 кВ



Расчёт уставок реле напряжения обратной последовательности.



В



Принимаем реле РНФ-1М.

По формуле (35)

В



Защита от симметричной перегрузки.

Защита устанавливается на стороне высокого напряжения.



А



А



Принимаем реле РТ-40/10

Время срабатывания реле 5–9 секунд, что бы реле не работало при кратковременных перегрузках и КЗ.

# 11. Описание конструкций распределительного устройства

Для широко распространенной схемы с двумя рабочими без обходной системы шин принимается типовая компоновка ОРУ, разработанная институтом «Энергосетьпроект». В принятой компоновки все выключатели ВГП-220 размещаются в один ряд вдоль дороги около второй секции системы шин, что облегчает их обслуживание. Таки ОРУ называются однорядными.

Каждый полюс шинных разъединителей РГ-220/1000 УХЛ1 второй системы сборных шин расположены под проводами соответствующих фаз, сборных шин. Такое расположение позволяет выполнить соединение разъединителей непосредственно под сборными шинами. Такие разъединители имеют пополюсное управление.

Ошиновка ОРУ выполняется гибкими сталеалюминевыми проводами. Ошиновка выполнена проводами марки АС-400/51.

Шаг ячейки: 15,4 м

Длинна ячейки: 86,5 м

Площадь ОРУ: 11988,6 м



**12. Расчет заземляющего устройства**

В эффективно-заземленных сетях электробезопасность считается обеспеченной, если потенциал заземлителя не превышает 10000 В, а напряжение прикосновения и шага в любое время года не превышает допустимых значений.

В целях выравнивания электрического потенциала и обеспечения присоединения электрооборудования к заземлителю на территории, занятой оборудованием прокладываются продольные и поперечные горизонтальные заземлители (полосы стали 404), которые соединяются между собой в заземляющую сетку.



Определение площади ОРУ 220кВ

Шаг ячейки 220кВ=15,4 м

Длинна ячейки 220кВ=86,5 м

ОРУ имеет 9 ячеек-ширина=15,4∙9=138,6 м

Площадь ОРУ: А=86,5·138,6=11988,6 м



Суммарная длина продольных и поперечных полос: L=9∙138,6+86,5·19=2890,9 м

Определение сопротивления заземлителя типа сетки без вертикальных элнктродов

,



Где:

g =



А-площадь сетки, 11988,6 м



-общая длина проводников, 2890,6 м



-удельное сопротивление верхнего слоя земли, 110 Ом/м



- удельное сопротивление нижнего слоя земли, 60 Ом/м



-толщина верхнего слоя земли, 1,2 м



, Ом



Определение сопротивления заземляющего устройства, включая естественные заземлители

Ом



Определение напряжения, приложенное к человеку

=, В



Где:

-ток, стекающий с заземлителя, 26780 А



-коэффициент напряжения прикосновения



- коэффициент, определяемый по сопротивлению тела человека и сопротивлению растекания тока от ступней.



Где:

=1000 Ом-сопротивление человека



-удельное сопротивление верхнего слоя грунта



Где:

-эквивалентное удельное сопротивление земли для определения напряжения прикосновения



=170



=26780·0,52·0,48·0,86=5748,49 В



>



5748,49>400 В.

Безопасность прикосновения не обеспечена, следовательно по контуру сетки забиваются электроды =5 м на расстоянии 3 друг от друга. Далее производится расчёт заземлителя типа сетки с вертикальными электродами.



Определяем количество вертикальных электродов

шт.



где: P-периметр сетки, м

Определение сопротивления сетки с вертикальными электродами



1-горизонтальный заземлитель

2-вертикальный заземлитель

, Ом



, Ом



, Ом



, м



, м



, м



, Ом



Определение сопротивления заземляющего устройства, включая естественные заземлители

Ом



Определение напряжения прикосновения

=, В



-функция отношения=



-расстояние между вертикальными электродами



, м



, м



=26780·0,52·0,23·0,86=2754,48 В



>



2754,48>400 В

Напряжение прикосновения больше допустимого 400 В, следовательно безопасность прикосновения не обеспечена.

Для снижения напряжения прикосновения необходимо выполнить подсыпку слоя щебня, толщиной 0,1–0,2 м. удельное сопротивление щебня составляет не менее 5000 Ом·н.

Определение напряжения прикосновения

=2678·0,09·0,52·0,23=393,15 В



<



288,26<400 В

Безопасность прикосновения обеспечена.

**Список литературы**

## 1. Правила устройства электроустановок (шестое издание, переработанное и дополненное с изменениями) «Главэнергонадзор Росси» М. 1998

2. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. ПОТ РМ-016–2001 РД 153–34.0–03.150–00

3. Нормы технологического проектирования тепловых электрических станций и тепловых сетей: ВНТП-81 Миэнерго СССР – М. ЦНТИ Информэнерго, 1981

4. Схемы принципиальные электрические распределительных устройств 6–750 кВ Северо-западное отделение Энергосетьпроекта – Ленинград: 1993

5. Типовые материалы для проектирования 407–03–539.90. Открытые распределительные устройства 110 кВ на унифицированных конструкциях

6. Типовые материалы для проектирования 407–03–630.92. Открытые распределительные устройства 220 кВ на унифицированных конструкциях

7. Л.Д. Рожкова; В.С. Козулин Электрооборудование станций и подстанций: третье издание, переработано и дополнено. – Москва: Энергоатомиздат, 1987–648 с.

8. И.П. Крючков, Н.Н кувшинский, Б.Н Неклипаев. Электрическая часть станций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования третье издание, переработано и дополнено – Москва: Энергия, 1978.

9. Руководящие указания по релейной защите, выпуск 13А. «Релейная защита понижающих трансформаторов и автотрансформаторов 110–500 кВ». Схемы.

– М.: Эноргоатомиздат, 1985.

10. Методическое руководство по выбору варианта и расчету среднегодовых технико-экономических показателей работы электрических станций в курсовом проекте и экономической части дипломного проекта М.: 1988

11. Методическое пособие для дипломного проектирования по расчету заземляющего устройства в установках 110 кВ и выше с эффективно заземленной нейтралью, 1999

12. Электрическая часть электрических станций и подстанций. Справочные материалы. Под редакцией Б.Н. Неклепаева – М.: Энергия, 1978.

13. Электрическая часть электрических станций и подстанций. Справочный материал для курсового и дипломного проектирования. Учебное пособие для электроэнергетических специальностей ВУЗов / Крючков И.П. Кувшинский Н.Н., Неклепаев Б.Н. – третье издание, переработанное и дополненное – М.: Энергия, 1978.

14. Справочнок по электрическим установкам высокого напряжения, под редакцией И.А. Баумштейн С.А. Божанова – третье издание, переработанное и дополненное – М.: Энергоатомиздат, 1989.

15. Методическое пособие по выбору электрообуродавания. 2007.

16. Чернобровов Н.В., Семенов В.А. Релейная защита энергетических систем. Учебное пособие для техникумов. – М.: Энергоатомиздат. – 1998.

17. Мандрыкин С.А. и Филатов А.А. Эксплуатация и ремонт электрооборудования станций и сетей: Учебник для техникумов. – второе издание, переработанное и дополненное. – М.: Энергоатомиздат, 1983. -344 с.