Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

Институт Энергетики

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Высшая школа высоковольтной энергетики

Пояснительная записка к расчетному заданию

по дисциплине: «Электрооборудование атомных и тепловых электростанций»

Выполнил   
студент гр. з3231301\_00101 В.А. Иванов

Руководитель Л. А. Байназарова

«\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2024 г.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Кафедра "Электрические станции и автоматизация энергетических систем"

**РАСЧЕТНОЕ ЗАДАНИЕ**

по курсу

**"Электрооборудование ТЭС и АЭС"**

**Студенту – Иванову Владиславу Александровичу группы № з3231301\_00101**

**ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:**

1.Тип станции, топливо КЭС, газ

2.Число и мощность агрегатов 6 х 300 МВт

3.Выдача мощности:

|  |  |
| --- | --- |
|  | Мощность, МВт |
| на напряжении 220 кВ | 240-250 |
| на напряжении 500 кВ |  |

4.Связь с системой на напряжениях:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Напряжение, кВ | Число линий связи, шт. | Длина линий,  км | Мощность к.з. на шинах системы, МВ⋅А |
| 220 | 6 | 80 | 5300 |
| 500 | 3 | 130 | 8400 |

**СОДЕРЖАНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ:**

Выбор генераторов, повышающих трансформаторов, автотрансформаторов связи.

Технико-экономическое обоснование структурной схемы электрических соединений станции.

Выбор главной схемы электрических соединений станции.

Выбор схемы рабочего и резервного электроснабжения потребителей с.н., выбор типа и мощности рабочих и резервных трансформаторов с.н.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**ЧЕРТЕЖИ:**

1. Главная схема электрических соединений и схема электроснабжения с.н. электростанции

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**ЛИТЕРАТУРА:**

Методическая:

- общий подход и расчеты:

1. С.С.Петрова. Проектирование электрической части станций и подстанций.
2. Л.Д.Рожкова, В.С.Козулин. Электрооборудование станций и подстанций.

Справочная*:*

1. Под редакцией Б.Н.Неклепаева. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования.

СОДЕРЖАНИЕ

[ВВЕДЕНИЕ 5](#_Toc180413874)

[1. ВЫБОР СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ 6](#_Toc180413875)

[2. ВЫБОР ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ 8](#_Toc180413876)

[2.1 Выбор турбогенератора 8](#_Toc180413877)

[2.2 Выбор трансформатора собственных нужд (ТСН) 8](#_Toc180413878)

[2.3 Выбор резервных трансформаторов собственных нужд (РТСН) 9](#_Toc180413879)

[2.4 Выбор повышающих блочных трансформаторов 10](#_Toc180413880)

[3. ВЫБОР АВТОТРАНСФОРМАТОРА СВЯЗИ 12](#_Toc180413881)

[4. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ 14](#_Toc180413882)

[4.1 Расчет капиталовложений 14](#_Toc180413883)

[4.2 Расчет потерь электроэнергии в трансформаторе 15](#_Toc180413884)

[5. ВЫБОР ГЛАВНОЙ СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ СТАНЦИИ 17](#_Toc180413885)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 18](#_Toc180413886)

# ВВЕДЕНИЕ

КЭС, или конденсационная тепловая электростанция, ранее называлась   
ГРЭС – государственной районной электростанцией. Со временем значение термина изменилось, и теперь оно чаще всего относится к крупным конденсационным электростанциям мощностью в тысячи мегаватт, работающим в объединённой энергосистеме.

В котёл под давлением подается питательная вода, топливо и воздух для горения. В процессе сгорания топлива происходит преобразование химической энергии в тепловую. Питательная вода нагревается и превращается в пар, который затем перегревается и подается в паровую турбину.

Паровая турбина, электрогенератор и возбудитель вместе образуют турбоагрегат. В турбине пар расширяется, превращая свою потенциальную энергию в кинетическую, что приводит в действие электрогенератор, вырабатывающий электрический ток.

Конденсатор конденсирует пар, создавая вакуум, что способствует его расширению в турбине и преобразованию энергии в механическую работу.

КЭС строятся рядом с источниками топлива и вдали от крупных электрических нагрузок, а вся вырабатываемая энергия поступает в сеть с повышенным напряжением.

В работе проектируется электрооборудование конденсационной электрической станции для работы на газовом топливе, проводятся выбор оборудования и технико-экономические расчеты.

# ВЫБОР СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Структурная схема – распределение блоков генератор-трансформатор по РУ повышенного напряжения. В задании 6 блоков, 2 РУ напряжениями   
220 кВ и 500 кВ, которые соединены автотрансформатором.

Необходимо рассмотреть различные варианты распределения блоков. В качестве примера приводится расчёт перетоков в нормальном и аварийном режимах для схемы с подключением 3 блоков к РУ ВН и 3 блоков к РУ НН.

Нормальный режим:

Аварийный режим:

*–* количество блоков;

– активная мощность генератора в МВт;

– соответственно мощности в режиме минимальных нагрузок в нормальном режиме и в ремонтном режиме, в режиме максимальных нагрузок в нормальном режиме и ремонтном режиме в МВт. Результаты расчётов для остальных вариантов представлены в   
таблице 1:

Таблица 1– Расчёт различных структурных схем

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |
| **«0 – 6»** | -240 | -250 | -540 | -550 |
| **«1 – 5»** | 60 | 50 | -240 | -250 |
| **«2 – 4»** | 360 | 350 | 60 | 50 |
| **«3 – 3»** | 660 | 650 | 360 | 350 |
| **«4 – 2»** | 960 | 950 | 660 | 650 |
| **«5 – 1»** | 1260 | 1250 | 960 | 950 |
| **«6 – 0»** | 1560 | 1550 | 1260 | 1250 |

Оптимальную структурную схему выбирают из условия минимизации мощности .

Таким образом, наименьшие перетоки имеют варианты «1 – 5» и «2 – 4»   
(рисунки 1, 2). Выберем эти две структурные схемы для дальнейшего выбора автотрансформатора и технико-экономического анализа.

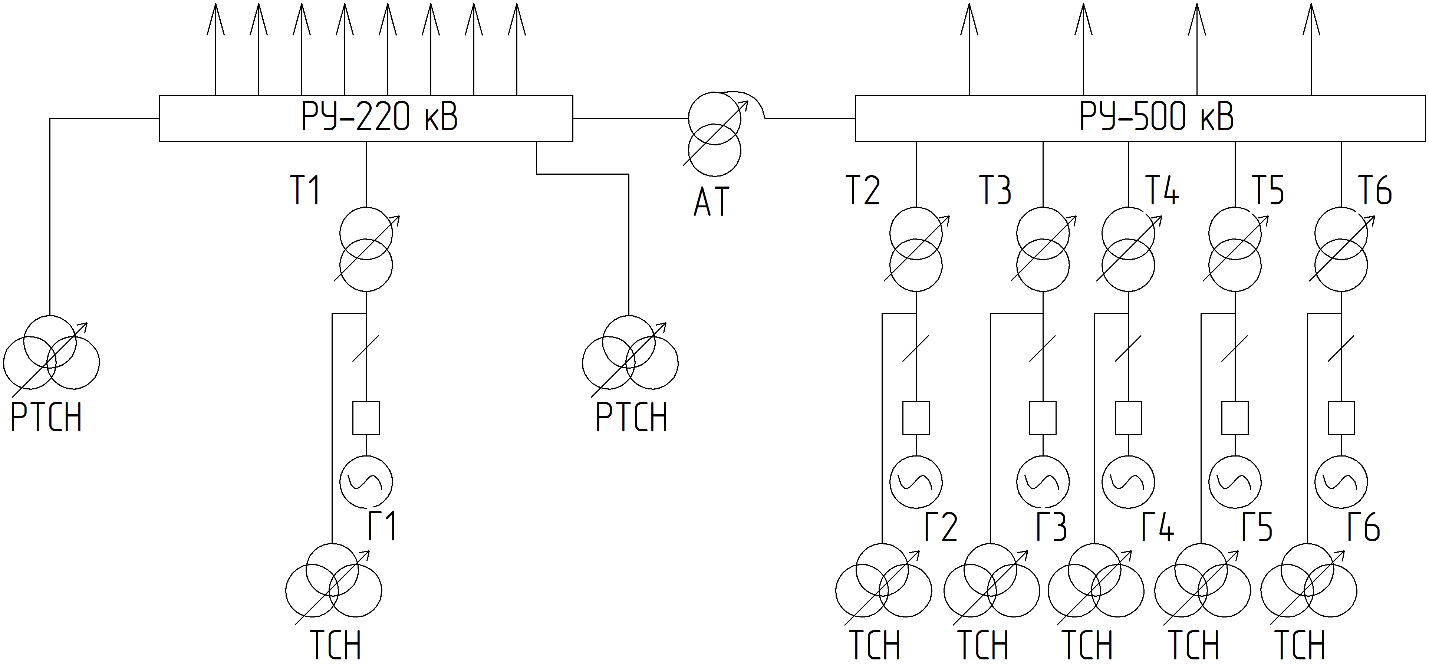


Рисунок 1 – Структурная схема выдачи мощности (вариант «1 – 5»)

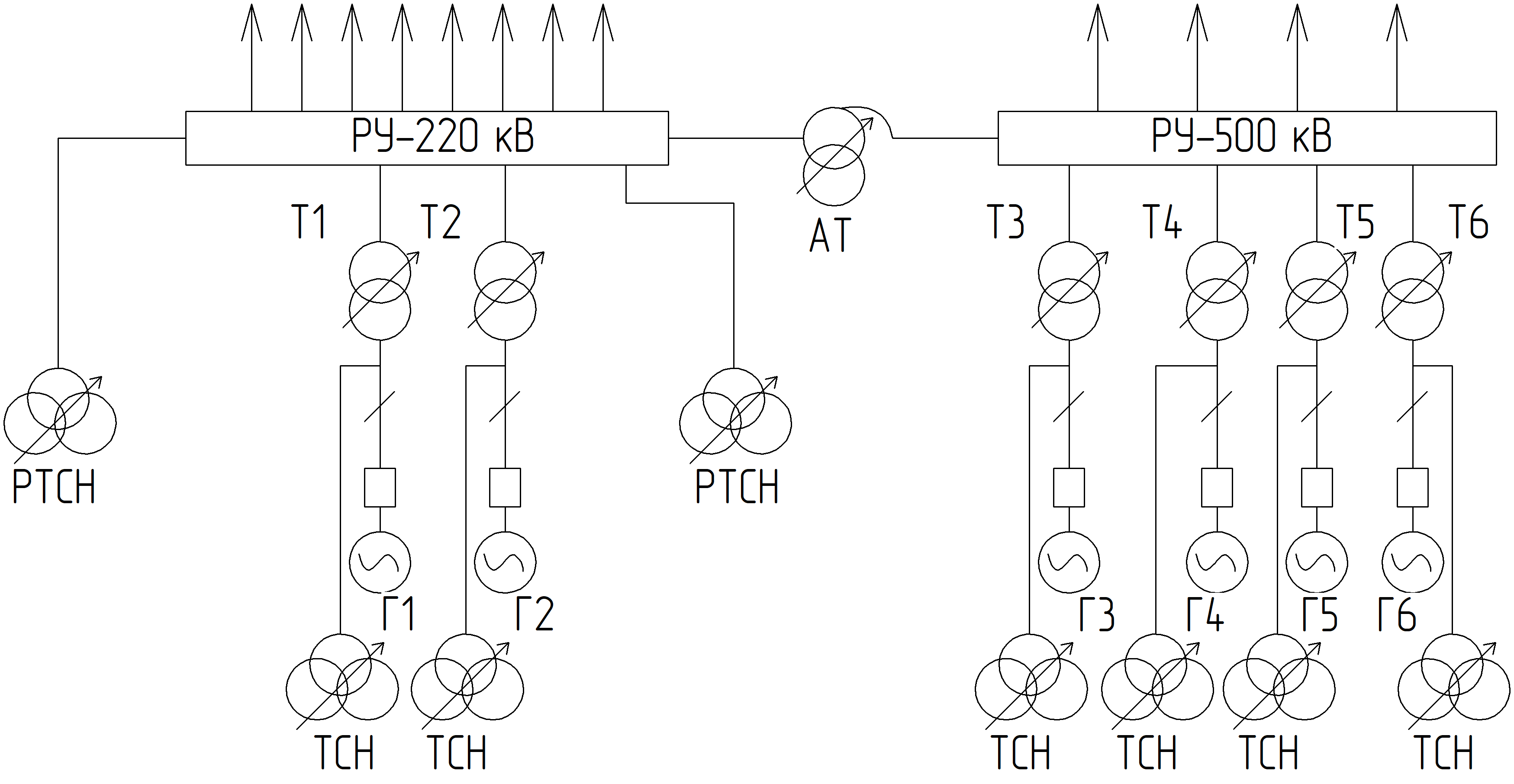


Рисунок 2 – Структурная схема выдачи мощности (вариант «2 – 4»)

# ВЫБОР ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

## 2.1 Выбор турбогенератора

В данной работе производится проектирование электрической части газомазутной КЭС 6х300 МВт. Для начала необходимо выбрать генераторы, трансформаторы и автотрансформаторы.

Исходя из заданной мощности генератора выбирается турбогенератор ТГВ-300-2УЗ с параметрами, представленными в   
таблице 2 [3, стр. 76]:

Таблица 2 – Данные турбогенератора ТГВ-300-2УЗ

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Наименование параметра** | **Обозначение** | **Значение** |
| Тип турбогенератора | - | ТГВ-300-2УЗ |
| Номинальная частота вращения, об/мин |  | 3000 |
| Номинальная мощность |  | |
| полная, МВ·А |  | 353 |
| активная, МВт |  | 300 |
| Номинальное напряжение, В |  | 20,0 |
|  | **-** | 0,85 |
|  |  | 900 |

**Расшифровка:**

ТГВ – турбогенератор с газовым водородным охлаждением обмоток;

2 – количество полюсов;

У – для районов с умеренным климатом;

З – для работы в закрытых помещениях с естественной циркуляцией.

## 2.2 Выбор трансформатора собственных нужд (ТСН)

На каждый ТГ требуется один трансформатор собственных нужд (ТСН).

Для газо-мазутных КЭС расход мощности на собственные нужды:   
(3–5)% от .

Мощность для выбора ТСН принимают больше или равной расчетной:

Напряжение обмотки высшего напряжения (ВН) принимают равной номинальному напряжению генератора:

По справочнику оборудования [3, стр. 130] был выбран подходящий трансформатор: ТРДНС-25000/35. Характеристики трансформатора представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристики ТРДНС-25000/35

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип | ,  МВ·А | Напряжение обмотки, кВ | | Потери, кВт | | Цена, тыс. рублей |
| ВН | НН |  |  |
| ТРДНС-25000/35 | 25 | 20 | 6,3 | 25 | 115 | 62 |

**Расшифровка:**

Т – трансформатор трёхфазный;

Р – расщепленная обмотка низшего напряжения;

Д – естественная циркуляция масла и принудительная (дутье) циркуляция воздуха;

Н – регулирование напряжения под нагрузкой;

С – для использования в электрических сетях собственных нужд электростанции;

25000 – номинальная мощность, кВ·А;

35 – класс напряжения обмотки на стороне высокого напряжения, кВ.

## 2.3 Выбор резервных трансформаторов собственных нужд (РТСН)

Для заданной схемы из шести блоков необходимо два резервных трансформатора собственных нужд (РТСН). Оба подключаются к РУ-220 кВ (РУ1).

Номинальная мощность РТСН равна номинальной мощности выбранного ТСН:

ВН РТСН равно напряжению на РУ-220 кВ:

НН РТСН принимается 6,6 кВ.

По справочнику оборудования [3, стр. 156] был выбран подходящий трансформатор: ТРДНС-25000/220. Характеристики трансформатора представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Характеристики РТСН ТРДНС-25000/220

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип | ,  МВ·А | Напряжение обмотки, кВ | | Потери, кВт | | Цена, тыс. рублей |
| ВН | НН |  |  |
| ТРДНС-25000/220 | 25 | 230 | 6,6 | 45 | 130 | 114,6 |

**Расшифровка:**

Т – трансформатор трёхфазный;

Р – расщепленная обмотка низшего напряжения;

Д – естественная циркуляция масла и принудительная (дутье) циркуляция воздуха;

Н – регулирование напряжения под ынагрузкой;

С – для использования в электрических сетях собственных нужд электростанции;

25000 – номинальная мощность, кВ·А;

220 – класс напряжения обмотки на стороне высокого напряжения, кВ.

## 2.4 Выбор повышающих блочных трансформаторов

Найдем расчетную мощность, протекающую через блочный трансформатор:

Выбор повышающих трансформаторов осуществлялся по следующим условиям:

Для РУ 220 кВ и 500 кВ и мощности генератора можно выбрать блочные трансформаторы ТДЦ-400000/220 и ТДЦ-400000/500. Параметры трансформаторов представлены в таблице 5 [3, стр. 156, 157].

Таблица 5 – Характеристики ТДЦ-400000/220-78Т1 и ТДЦ-400000/500

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип трансформатора |  |  | |  | |  | Цена, тыс. руб. |
| ВН | НН |  |  |
| ТДЦ-400000/220 | 400 | 237 | 20 | 315 | 850 | 11 | 389 |
| ТДЦ-400000/500 | 400 | 525 | 20 | 315 | 790 | 13 | 418 |

**Расшифровка:**

Т – трансформатор трёхфазный;

ДЦ – с принудительной циркуляцией масла и воздуха с ненаправленным потоком;

400000 – номинальная мощность, кВ·А;

220, 500 – класс напряжения обмотки на стороне ВН, кВ.

# ВЫБОР АВТОТРАНСФОРМАТОРА СВЯЗИ

Выбор автотрансформатора производится с помощью расчета перетоков в полных мощностях с учетом расхода электроэнергии на собственные нужды и в двух возможных режимах работы – номинальный и ремонтный, когда один блок отключен.

В качестве примера приводится расчёт перетоков в нормальном и аварийном режимах для **схемы «1 – 5»**.

Перетоки полной мощности через автотрансформатор вычисляются по следующим формулам:

Нормальный режим:

Аварийный режим:ы

*–* количество блоков;

– полная мощность генератора в МВ·А;

– полная мощность собственных нужд в МВ·А;

– минимальная и максимальная мощности нагрузки в МВт.

– коэффициент нагрузки.

Результаты расчётов для остальных вариантов представлены в   
таблице 6:

Таблица 6 – Перетоки мощностей в структурных схемах

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |
| «1 – 5» | 45,6 | 33,9 | -282,4 | -249,1 |
| «2 – 4» | 373,6 | 361,9 | 45,6 | 33,9 |

В структурной схеме «1 – 5» максимальный переток – 282,4 МВ·А. В структурной схеме «2 – 4» максимальный переток – 373,6 МВ·А. Для данной мощности выбираем один автотрансформатор АТДЦН-500000/500/220, параметры указаны в таблице 7 [3, стр. 158].

Таблица 7 – Основные параметры АТДЦН-500000/500/220

|  |  |
| --- | --- |
| **Наименование параметра** | **Значение** |
| Тип автотрансформатора | АТДЦН-500000/500/220 |
|  | 500 |
|  | 38,5 |
|  | 220 |
|  | 1050 |
|  | 12 |
| Цена, тыс. руб. | 375,5 |

Структурные схемы «1 – 5» и «2 – 4» с перетоками полных мощностей представлены на рисунках 3 и 4.

# ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

## 4.1 Расчет капиталовложений

Количество ячеек выключателей для **схемы «1–5»**:

Количество ячеек выключателей для **схемы «2–4»**:

В таблице 8 представлены результаты расчета капиталовложений.

Таблица 8 – Расчет капиталовложений

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Капитальные затраты | | | | | |
| Оборудование | Цена  1 шт.,  тыс. руб. | Схема «1 – 5» | | Схема «2 – 4» | |
| Кол-во | Стоимость, тыс. руб. | Кол-во | Стоимость, тыс. руб. |
| ТГВ-300-2УЗ | 900 | 6 | 5400 | 6 | 5400 |
| ТРДНС-25000/35 | 62 | 6 | 372 | 6 | 372 |
| ТРДНС-25000/220 | 114,6 | 2 | 229,2 | 2 | 229,2 |
| ТДЦ-400000/220 | 389 | 1 | 418 | 2 | 836 |
| ТДЦ-400000/500 | 418 | 5 | 2090 | 4 | 1672 |
| АТДЦН-500000/500/220 | 375,5 | 1 | 375,5 | 1 | 375,5 |
| Выкл. 220 кВ | 33,76 | 10 | 337,6 | 11 | 371,4 |
| Выкл. 500 кВ | 98,17 | 5 | 490,9 | 6 | 589,0 |
| Итого | | К1 | 9713,2 | К2 | 9845,1 |

## 4.2 Расчет потерь электроэнергии в трансформаторе

Время ремонта блока:

Количество часов в году:

Потери энергии в трансформаторах, кВт·ч:

Потери энергии в автотрансформаторе, кВт·ч:

– потери активной мощности холостого хода, МВт;

– потери активной мощности короткого замыкания, МВт;

– максимальная полная мощность трансформатора, МВА;

– номинальная мощность трансформатора, МВА;

– время, которое трансформатора работает в течение года, ч.;

– время наибольших потерь, ч.

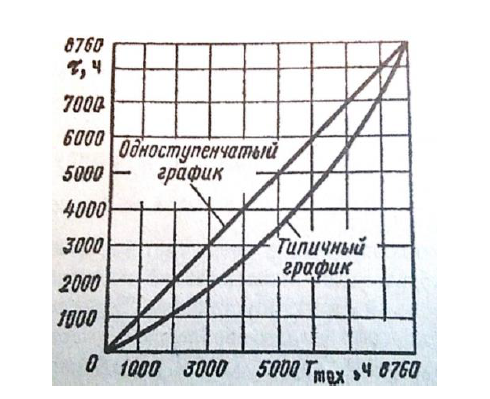


Рисунок 3 – График зависимости максимальных потерь   
от числа часов максимальной нагрузки

Для блочных трансформаторов КЭС продолжительность использования максимальной нагрузки ;

Для АТ связи – среднее между генератора и нагрузки на шинах повышенных напряжений.

для АТ связи также будет принято равным . Из графика, представленного на рисунке 3, при получаем   
.

Годовые потери энергии в электроустановке, кВт·ч:

Минимальные приведённые затраты, тыс. руб.:

– нормативный коэффициент экономической эффективности (0,12…0,15);

– отчисления на обслуживание (8…9%);

– себестоимость электроэнергии (1,5 руб/кВт·ч);

– капитальные затраты, тыс. руб.;

Результаты расчета для обеих схем представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Результаты расчета потерь электроэнергии

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |
| **Размерность** | кВт·ч | кВт·ч | кВт·ч | кВт·ч | тыс. руб |
| **Схема «1–5»** | 5 885 332 | 28 256 684 | 5 328 151 | 39 470 167 | 61 439 |
| **Схема «2–4»** | 11 770 664 | 22 605 347 | 5 328 151 | 39 704 163 | 61 821 |

# ВЫБОР ГЛАВНОЙ СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ СТАНЦИИ

Схема «1–5» экономичнее варианта схемы «2–4» по минимальным приведенным затратам, поэтому окончательно принимается этот вариант. Схема состоит из:

1. Шесть турбогенераторов ТГВ-300-2УЗ;

2. Шесть трансформаторов собственных нужд ТРДНС-25000/35;

3. Два резервных трансформатора ТРДНС-25000/220;

4. Один повышающий трансформатор ТДЦ-400000/220;

5. Пять повышающих трансформаторов ТДЦ-400000/500;

6. Один автотрансформатор связи АТДЦН-500000/500/220.

Полная главная схема электрических соединений станции, представленная в Приложении 1. Выбор типа РУ-ВН производится с учетом числа присоединений.

**К РУ 500 кВ подключены:**

5 блоков трансформаторов (Т);

3 линии электропередачи (Л);

1 автотрансформатор связи (АТ);

**Итого**: 9 присоединений.

**К РУ 220 кВ подключены:**

1 блок трансформатор (Т);

6 линии электропередачи (Л);

1 автотрансформатор связи (АТ);

2 резервных трансформатора собственных нужд (РТСН);

**Итого**: 8 присоединений.

Для РУ 500 кВ выбираем двойную схему сборных шин с четырьмя выключателями на три присоединения (4/3), а для РУ 220 кВ выбираем схему с двумя рабочими и обходной системами шин.

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе расчетного задания были выбраны генераторы, блочные, резервные трансформаторы, трансформаторы собственных нужд и автотрансформатор; выбрана структурная схемы и главная схемы электрических соединений станции; была спроектирована схема электроснабжения собственных нужд КЭС; был сделан выбор мощности ТСН и РТСН; а также был выполнен расчет технико-экономического обоснования структурной схемы. По данным расчет выбрана структурная схема «1–5» по наименьшим капитальным затратам, готовым потерям в электроустановке и приведенным затратам (Приложение 1).

**ПРИЛОЖЕНИЕ 1**

