

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Институт энергетики

Высшая школа электроэнергетических систем

ЗАДАНИЕ

по дисциплине «Электрические станции и подстанции»

Выполнил

студент гр. 33231302/21301

Руководитель

доцент, канд. техн. наук

М.А. Шахова

«___» _____ 2025 г.

г. Санкт-Петербург

2025

Привести свое задание

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	Ошибка! Закладка не определена.
1 ВЫБОР ГЛАВНОЙ СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ СОЕДИНЕНИЙ.....	3
1.1 Выбор генераторов	Ошибка! Закладка не определена.
1.2 Выбор вариантов структурной схемы, силовых трансформаторов и автотрансформаторов	4
1.2 Выбор рабочих и резервных трансформаторов собственных нужд	Ошибка! Закладка не определена.
1.3 Расчет экономической целесообразности варианта схемы.....	Ошибка! Закладка не определена.
1.4 Главная схема электрических соединений	7

1. Технологический процесс производства электроэнергии на АЭС с реактором ВВЭР-1000

На станции устанавливаются 4 реактора мощностью 1000 МВт.

Ядерный реактор серии реакторов ВВЭР с номинальной электрической мощностью 1000 МВт, тепловой — 3000 МВт. Он предназначен для выработки тепловой и электрической энергии за счет теплоты, выделяющейся при протекании цепной реакции деления атомных тяжелых ядер. В качестве замедлителя и теплоносителя для реактора этого типа используется вода.

Технологический процесс производства электроэнергии на АЭС с реактором ВВЭР-1000 приведен на рисунке 1.

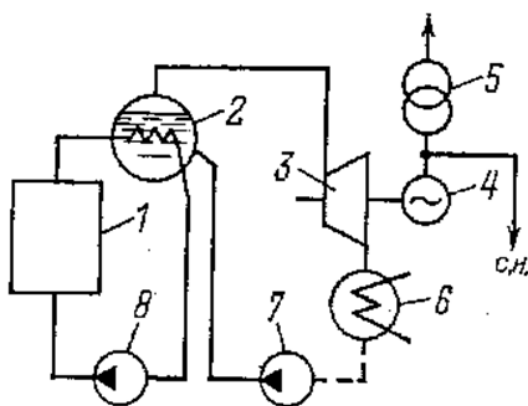


Рисунок 1. Технологический процесс производства электроэнергии на АЭС с реактором ВВЭР-1000: 1 – реактор типа ВВЭР, 2 – парогенератор, 3 – паровая турбина, 4 – турбогенератор, 5 – блочный повышающий трансформатор, 6 – конденсатор, 7 – питательный насос, 8 – главный циркуляционный насос.

Первый контур – радиоактивный. Он включает в себя реактор типа ВВЭР и циркуляционные петли охлаждения. Каждая петля содержит главный циркуляционный насос (ГЦН), парогенератор и две главные запорные задвижки (ГЗЗ). К одной из циркуляционных петель первого контура подсоединен компенсатор давления, с помощью которого в контуре поддерживается заданное давление воды, являющейся в реакторе одновременно и теплоносителем, и замедлителем нейтронов. На энергоблоке с реактором ВВЭР-1000 - 4 циркуляционные петли.

Второй контур - нерадиоактивный. Он включает в себя парогенераторы, паропроводы, паровую турбину, питательные насосы и трубопроводы и другое оборудование. Парогенератор является общим оборудованием для первого и второго контуров. В нем тепловая энергия, выработанная в реакторе, от первого контура через теплообменные трубки передается второму контуру. Насыщенный пар, вырабатываемый в парогенераторе, по паропроводу поступает на турбину, которая приводит во вращение генератор, вырабатывающий электрический ток.

2. Выбор силового оборудования станции

2.1. Выбор генераторов

В соответствии с исходными данными на станции установлено ___ генераторов мощностью ___ МВт. Выбор генератора производится в соответствии с его мощностью и данными, приведенными в справочной литературе [1, 2]. Выбран турбогенератор _____, его номинальные параметры приведены в Таблице 1.

Таблица 1 – Основные параметры турбогенератора

Тип турбогенератора	
Номинальная полная мощность, МВА	
Номинальная активная мощность, МВт	
Номинальная частота вращения, об/мин	
Номинальное напряжение, кВ	
Номинальный $\cos \varphi$	
Номинальный ток, кА	

Привести тип и расшифровать условное обозначение генератора и способ охлаждения. Например,

Выбран турбогенератор ТВФ-60-2У3:

Т – турбогенератор;

ВФ – непосредственное (форсированное) охлаждение обмотки ротора и сердечника статора водородом;

60 – номинальная активная мощность генератора, МВт;

2 – число полюсов;

У – генератор принадлежит к использованию для «умеренного» климата;

3 – в закрытом помещении с естественной вентиляцией.

или

ТВВ-1000-2УЗ – турбогенератор с водородно-водяным охлаждением (обмотки статора – непосредственно водой, сердечника статора – непосредственно водородом, обмотки ротора – непосредственно водородом), номинальная активная мощность 1000 МВт, число полюсов 2, умеренного климатического исполнения и 3-ей категории размещения (в закрытом помещении).

2.2. Выбор блочного повышающего трансформатора

Мощность блочных повышающих трансформаторов $S_{\text{ном Т}}$ выбирается по мощности присоединенных к ним генераторов $S_{\text{ном Г}}$.

$$S_{\text{ном Т}} \geq S_{\text{ном Г}} - S_{\text{с.н.}} \quad (1).$$

Необходимо рассчитать расход мощности на собственные нужды станции $S_{\text{с.н.}}$.

Расход мощности на собственные нужды $S_{\text{с.н.}}$ производится по таблице, приведенной в п.1.7 [5].

$$P_{\text{с.н.}} = (5-8)\% P_{\text{ном Г}}; S_{\text{с.н.}} = 7\% S_{\text{ном Г}} = 0,07 \cdot 1111 \approx 78 \text{ МВА} - \text{для примера}$$

$$S_{\text{с.н.}} =$$

Тогда условие для выбора мощности трансформатора:

$$S_{\text{ном Т}} \geq S_{\text{ном Г}} - S_{\text{с.н.}} =$$

Согласно выражению (1) и справочной литературе [1, 2] тип и параметры блочных трансформаторов приведены в таблице 2.

Приводим данные своих выбранных трансформаторов по примеру.

Таблица 2. Основные параметры трансформатора в блоке с генератором ТГВ-300-2У3

<i>Тип трансформатора</i>	<i>ТДЦ-400000/220</i>
Номинальная полная мощность, МВА	400
Напряжение обмотки ВН, кВ	242
Напряжение обмотки НН, кВ	20
Напряжение короткого замыкания, %	11
Мощность потерь короткого замыкания, кВт	880
Мощность потерь холостого хода, кВт	330

Привести расшифровку условного обозначения, включая систему охлаждения, например,

ТНЦ-630000/220 – трансформатор трёхфазный, система охлаждения с принудительной циркуляцией воды и масла с направленным потоком масла, двухобмоточный, номинальная мощность 630 МВА, высшее номинальное напряжение 220 кВ.

ОРНЦ-533000/500 – трансформатор однофазный с расщепленной обмоткой НН, система охлаждения с принудительной циркуляцией воды и масла с направленным потоком масла, двухобмоточный, номинальная мощность 533 МВА, высшее номинальное напряжение 500 кВ.

3. Выбор структурной схемы

Схема выдачи мощности определяет распределение генераторов между РУ разных напряжений, трансформаторную и автотрансформаторную связь между РУ, способ соединения генераторов с блочными трансформаторами, точки подключения рабочих и резервных трансформаторов собственных нужд.

АЭС имеет четыре генератора мощностью 1111 МВА (1000 МВт). Для выдачи такой мощности в сеть применяется блочное включение генераторов.

Исходя из исходных данных, количества генераторов и напряжения распределительного устройства к рассмотрению принимаем следующую структурную схему: два единичных блока генератор-трансформатор мощностью 1000 МВт каждый подключим к РУ-330 кВ.

3.1 . Определение количества отходящих линий электропередачи.

Число линий определяют исходя из экономически целесообразной мощности для одной линии данного напряжения. Связь с потребителями осуществляется на напряжении 220 кВ. Максимально передаваемая мощность на данном напряжении в соответствии с исходными данными составляет 500 МВт. Согласно справочным материалам [5, п.1.1] предельная передаваемая мощность ЛЭП 220 кВ равна $P_{\text{пред}} = 135$ МВт. Таким образом, количество линий определяется как:

$$n = \frac{P_{\text{макс}}}{P_{\text{пред}}} + 1 = \frac{500}{135} + 1 = 4.7 \approx 5.$$

+1 – учет возможного отключения одной из линий.

Возможная структурная схема станции представлена на рисунке 2.

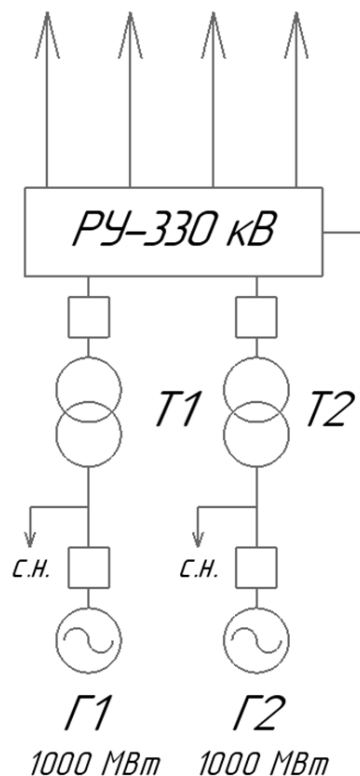


Рисунок 2. Структурная схема АЭС

1.4 Выбор главной схемы электрических соединений

На основе выбранного варианта структурной схемы производится выбор главной схемы распределительного устройства высокого напряжения.

Возможные варианты для РУ 110 и 220 кВ – это схемы с двумя рабочими и одной обходной сборной шиной (для открытого исполнения

распределительного устройства – ОРУ) или с двумя сборными шинами (если РУ выполняется в виде КРУЭ).

Для РУ 330 кВ и выше могут применяться схемы: 3/2, 4/3, многоугольники и др.

Выбор схемы нужно обосновать и привести ее описание.

Например:

Для РУ 330 кВ число присоединений равно 6. Для этого РУ принимается схема «Двойная система сборных шин с тремя выключателями на два присоединения» (3/2). При этом выполнено чередование мест присоединений источников питания и линий для исключения выхода из строя одноименных элементов схемы при одновременном ремонте одного выключателя, коротком замыкании и отказе в отключении другого выключателя.

или

РУ-110 и РУ-220 кВ выполняются как КРУЭ (для уменьшения занимаемой территории). Целесообразно применить схему РУ с двумя системами сборных шин (СШ). Возможны два варианта работы схемы: 1) Когда одна СШ находится под напряжением, а другая в резерве; 2) Когда обе СШ находятся под напряжением. В первом варианте короткое замыкание на рабочей СШ приведет к потере всех присоединений. Если источники питания и линии равномерно распределить между СШ, то во втором варианте при КЗ на любой СШ теряется лишь половина присоединений. При эксплуатации схемы в таком режиме шиносоединительный выключатель (ШСВ) постоянно включен и выполняет функции секционного выключателя. Достоинства схемы: разъединители во всех цепях предназначены только для обеспечения безопасности выполнения ремонтных работ, что соответствует их главному назначению; простота схемы. Существенный недостаток схемы состоит в том, что она не позволяет ремонтировать выключатели без отключения присоединений

Эскиз главной схемы электрических соединений станции приведена на рисунке 3.

Список использованных источников

1. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: учебное пособие. – СПб.: БХВ-Петербург, 2014. – 608 с.
2. Рожкова Л. Д., Карнеева Л.К., Чиркова Т.В. Электрооборудование электрических станций и подстанций: учебник. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 448 с.
3. Петрова С.С., Шахова М.А., Васильева О.А. Электрические станции и подстанции: учебное пособие. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2021. – 278 с.
4. Петрова С.С., Васильева О.А. Производство электрической энергии: учебное пособие. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2012. – 146 с.
5. Оперативные переключения в электроустановках электростанций и подстанций: учеб. пособие/А.А. Лapidус и др. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2023. – 81 с.
6. Выбор главных схем и электрооборудования АЭС: методические указания; составители: Кузнецов С.В., Черновец А. К., Чижков К.Г., Шаргин Ю.М. – Л.: ЛПИ, 1990. – 52 с.
7. Алексеева О. Н., Черновец А. К., Шаргин Ю. М. Электрическая часть атомных и гидравлических электростанций: учебное пособие. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1998. – с.
8. Двоскин Л. И. Схемы и конструкции распределительных устройств. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 240 с.

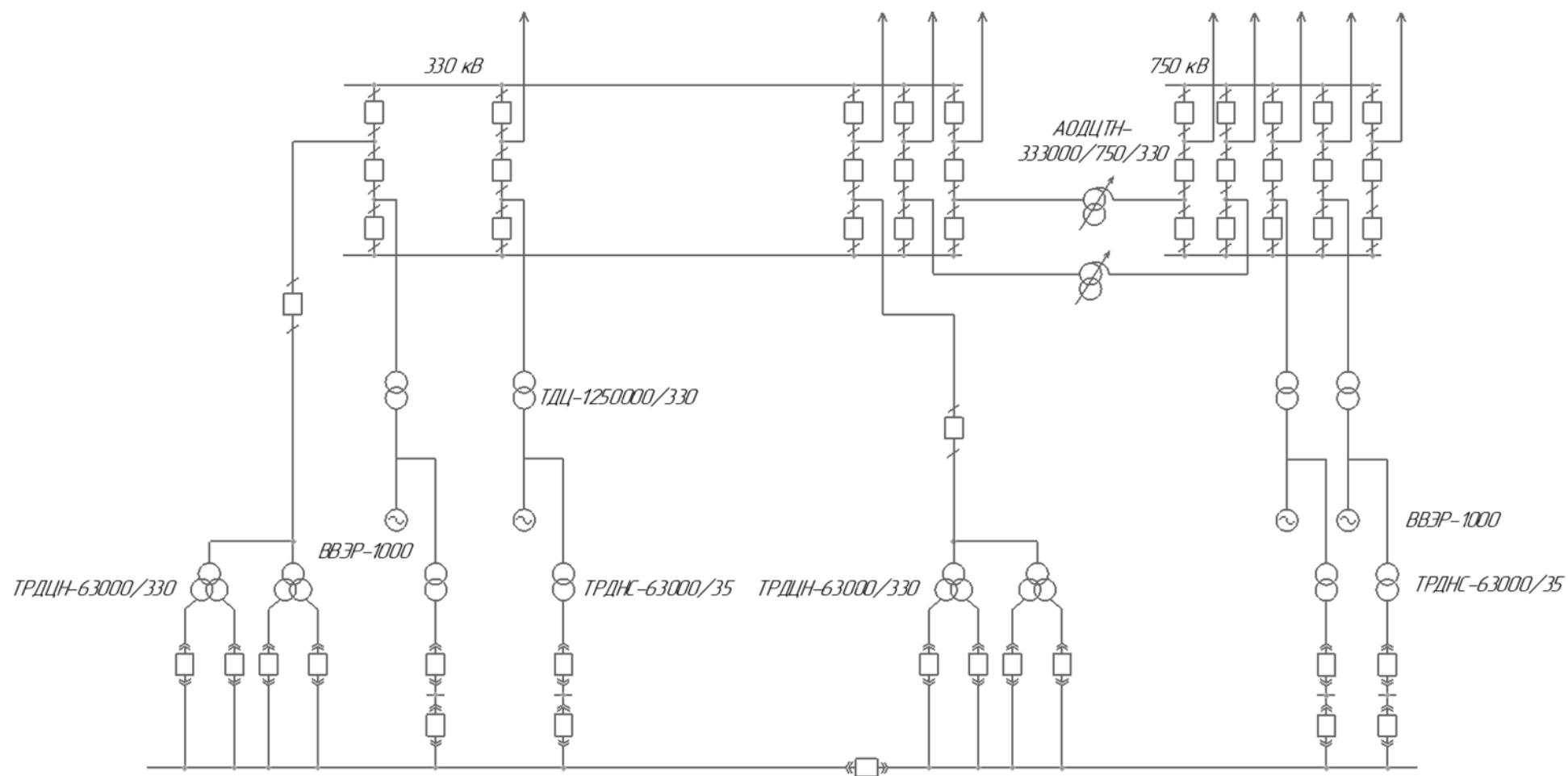


Рисунок 1 – Главная схема электрических соединений АЭС