

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

В. Ф. Белей

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ И ПОДСТАНЦИИ

Учебно-методическое пособие – локальный электронный методический материал по выполнению курсового проекта для студентов бакалавриата по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Калининград
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
2023

УДК 621.311.001.63

Рецензент

кандидат технических наук, доцент кафедры энергетики
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»
И.Е. Кажекин

Белей, В. Ф.

Электрические станции и подстанции: учебно-методическое пособие – локальный электронный материал по выполнению курсового проекта для студ. бакалавриата по направлению подгот. 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» / **В. Ф. Белей.** – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 38 с.

В учебно-методическом пособии по выполнению курсового проекта представлены указания по выбору темы и порядку разработки курсового проекта, методики выполнения заданий, требования к структуре, объему, содержанию и оформлению курсового проекта, описание организации защиты курсового проекта и критерии оценивания. Курсовое проектирование предназначено для практического закрепления теоретического материала в области проектирования электрической части электростанций.

Табл. 7, рис. 13, список литературы – 21 наименование

Локальный электронный методический материал. Учебно-методическое пособие. Рекомендовано к использованию в учебном процессе методической комиссией института морских технологий, энергетики и строительства 28.06.2023 г., протокол № 10

УДК 621.311.001.63

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Калининградский
государственный технический
университет», 2023 г.
© Белей В.Ф., 2023 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. СТРУКТУРА ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА ..	6
2. ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОЕКТА.....	6
3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАЗРАБОТКЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	..
Ошибка! Закладка не определена.	
3.1. Обоснование и расчет мощности электростанции	9
3.1.1 Расчет мощности гидроэлектростанции	9
3.1.2 Расчет мощности теплоэлектроцентрали	12
3.2. Обоснование и выбор структурной схемы электростанции, схемы ее подключения к электроэнергетической системе	16
3.2.1. Методические положения обоснования и выбора структурных схем электростанций	16
3.2.2 Обоснование выбора структурной схемы ТЭЦ.....	18
3.2.3 Обоснование выбора структурной схемы гидроэлектростанции	20
3.2.4 Выдача мощности электростанций в электроэнергетическую систему .	21
3.4. Выбор схем коммутации электростанции	23
3.5. Расчет токов короткого замыкания в элементах главной схемы электростанции, выбор коммутирующих аппаратов.....	24
4. ТРЕБОВАНИЯ ПО ЗАЩИТЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	26
5. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	28
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ И РЕКОМЕНДОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ ПРИ ПОДГОТОВКЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	30
Приложение 1. Бланк титульного листа курсового проектирования	32
Приложение 2. Бланк задания на курсовое проектирование.....	33
Приложение 3. Примеры библиографического описания	34
Приложение 4. Ценовые и энергетические показатели различных типов электростанций	35
Приложение 5. Типовые схемы коммутаций присоединения одним выключателем.....	36
Приложение 6. Темы курсовых проектов по дисциплине «Электрические станции и подстанции».....	37

ВВЕДЕНИЕ

Курсовой проект является важнейшим этапом обучения студентов по дисциплине «Электрические станции и подстанции».

Задачами курсового проектирования являются:

- углубление и обобщение знаний при изучении курса «Электрические станции и подстанции» в области структуры, состава и режимов работы электрической части электростанций;

- формирование умений самостоятельно анализировать исходную информацию с целью поиска компромиссных решения в условиях многокритериальности и неопределенности при решении задач проектирования электрической части электростанций;

- развитие навыков проектирования электрической части электростанций: выбора силового, коммутационного, и измерительного и другого электрооборудования, умения работать с технической литературой (справочниками, ГОСТами, нормативными материалами и другое).

В итоге, после выполнения и защиты курсового проекта студент должен: знать:

- структуру и основные показатели электрических станций и подстанций; схемы и основное электротехническое и коммуникационное оборудование электрических станций и подстанций; основные режимы работы электротехнического оборудования электрических станций и подстанций;

уметь:

- анализировать техническую информацию по электрооборудованию, схемам электрических соединений электрических станций и подстанций; работать над проектами электрической части электрических станций; графически отображать схемы распределительных устройств;

- использовать полученные знания при решении практических задач по проектированию электрической части электростанций, в основном ориентируясь на оборудование российских производителей;

владеть:

- навыками по проектированию электрической части электростанций.

Методическое пособие предназначено для выполнения проекта на тему: «Проектирование электрической части электростанции». Электрические станции и крупные подстанции являются: опорными коммутационными узлами внутренних и межсистемных связей; пунктами по обеспечению требуемого качества электроэнергии; регуляторами параметров графиков нагрузки электроэнергетических систем; оказывают значительное влияние на надежность и экономичность их работы. Рассматриваемая перспектива при обосновании и выборе схем выдачи мощности электростанции составляет, не менее 10 лет. В

технико-экономическом обосновании сооружения электростанции рассматривают, как правило, несколько вариантов площадок сооружения. Окончательное решение о выборе места строительства принимается с учетом технических и экономических характеристик технологической части и схемы выдачи мощности. Решения, принимаемые по схемам выдачи мощности, являются исходными данными для проектирования главных схем [1].

Выполнение проекта включает: оценку первичных энергетических ресурсов, которые будут использованы для преобразования, заключенной в них энергии, в электрическую и тепловую (для теплоэлектростанций); расчет мощности электростанции; разработка структурной схемы выдачи мощности электростанции в электроэнергетическую систему; проектирование главной схемы электростанции. При проектировании главной схемы электростанции требуется обосновать и выбрать схемы коммутации (электрических соединений распределительных устройств), рассчитать токи коротких замыканий, обеспечить их ограничение, а также выбрать проводники, коммутационные аппараты, генераторы и силовые трансформаторы, проверить выбранное электрооборудование на термическую и электродинамическую стойкость.

Мировая тенденция развития электроэнергетики – это создание распределенной генерации. Это позволяет создавать умные города и сети (Smarts Grids). Пособие позволит решить ряд технических задач в этом направлении.

Для защиты курсового проекта студент представляет пояснительную записку и чертежи (плакаты), выполненные в соответствии с требованиями ГОСТ. Ориентировочный объем пояснительной записки (без приложений) 20-30 страниц, графического материала 1-2 листа.

1. СТРУКТУРА ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Пояснительная записка к курсовому проекту должна включать следующие структурные элементы:

- титульный лист;
- задание на курсовой проект;
- реферат;
- содержание;
- нормативные ссылки;
- определения;
- обозначения и сокращения;
- введение;
- основная часть;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения.

2. ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОЕКТА

Титульный лист

Форма титульного листа приведена в Приложении 1.

Техническое задание

Курсовой проект должен выполняться на основе индивидуального задания, которое выдается руководителем проекта. Форма задания приведена в Приложении 2.

Реферат

Реферат должен содержать: сведения об объеме курсового проекта, количестве иллюстраций, таблиц, приложений, количестве частей проекта, количестве использованных источников.

Курсовой проект содержит; _ листов, _ иллюстраций, _ таблиц, _ разделов основной части, _ использованных источников.

Перечень ключевых слов (от 5 до 15)

Текст реферата: объект проектирования, краткая информация о содержании проекта, результаты.

Объем – одна страница.

Содержание

Содержание включает введение, наименование всех разделов с указанием номеров страниц, с которых начинаются эти элементы курсового проекта.

Нормативные ссылки

Структурный элемент, содержащий перечень стандартов, на которые в тексте даны ссылки.

Определения

Структурный элемент, содержащий определения, необходимые для уточнения или установления терминов, используемых в курсовом проекте.

Обозначения и сокращения

Структурный элемент, содержащий перечень обозначений и сокращений в данном курсовом проекте.

Введение

Введение должно содержать оценку современного состояния решаемой технической разработки, основание и исходные данные, обоснование необходимости выполнения данного курсового проекта.

Примечание: после выполнения курсового проекта рекомендуется уточнить введение.

Основная часть

Основная часть должна содержать:

- на основе выданного преподавателем задания на проект выполнить обоснование и расчет мощности электрической станции;
- обоснование и выбор структурной схемы электростанции, схему её подключения к электроэнергетической системе, схемы коммутации (электрических соединений распределительных устройств);
- выбор проводников, коммутационных аппаратов, генераторов и силовых трансформаторов главной схемы электростанции;
- расчет токов коротких замыканий, обеспечение их ограничения при необходимости, проверка выбранного электрооборудования электрической станции на термическую и электродинамическую стойкость;
- по упрощенной методике оценить стоимость возведения электростанции.

Заключение

Заключение должно содержать: краткие выводы по результатам выполненного курсового проекта или отдельных её этапов; оценку технико-экономической эффективности (если таковое было); оценку научно-технического уровня курсового проекта.

Список использованных источников

Содержит библиографический список использованных литературных источников в соответствии с правилами оформления библиографии, установленными в ФГБОУ ВО «КГТУ». Пример оформления списка использованных источников представлен в Приложение 3.

Приложения

В приложения могут быть включены: материалы, дополняющие курсовой проект; промежуточные математические формулы и расчеты; иллюстрации

вспомогательного характера (фотографии, интерфейсы программ и так далее), предлагаемые темы курсового проекта.

Правила оформления

Курсовой проект оформляется на бумажном носителе в одном экземпляре формата А4, шрифт 12 Times Roman, интервал 1.5, поля зеркальные по 2 см.

Примечание: обязательно прилагается электронная копия.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАЗРАБОТКЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

В настоящее время основу энергетики мира составляют традиционные исчерпаемые ресурсы: уголь, нефть, природный газ и естественный уран, запасы которых ограничены и являются основными источниками загрязнения окружающей среды (таблицы 1, 2) [2-6].

Таблица 1. Мировые запасы и экологические показатели ископаемых источников энергии

Ископаемые	Доказанные запасы/ срок истощения, лет	Выбросы за жизненный цикл (грамм/кВт·час)		
		CO ₂	SO ₂	NO _x
Уголь	847,5 млрд. тонн/133	995	12	4,3
Нефть, млрд. тонн	168,6 млрд. тонн/41,6	818	14	4,0
Нефтяные сланцевые плевы	157,2 млрд. тонн			
Природный газ	177,4 трлн. м ³ /60,3	430	-	0,5
Нетрадиционный газ, в том числе сланцевый	328,0 трлн. м ³			
Естественный уран	2 000 тыс. тонн/1000лет	63	0,04	0,32

Таблица 2. Производство электрической энергии в 2019 году [6]

Источник Страны	Всего		Уголь, %	Газ, %	Вод- ная *, %	Ядер- ная, %	Про- чее	ВИЭ, %			
	ТВт·час	%						Ветро- вая	Сол- нечная	Биомасса, другие	
Мир	27 004,0	100	36,2	23,5	16,5	10,5	3,5	9,8	5,5	2,7	2,4
Китай	7 503,0	100	67,0	-	18,0	5,0	2,0	9,5	5,0	3,0	1,5
США	4 457,4	100	23,0	38,0	7,0	19,0	1,0	12,0	7,0	3,0	2,0
Дания	34,0	100	11,0	-	0,1	-	18,9	70,0	47,0	13,0	20,0
Россия	1 0800,6	100	17,6	44,9	17,6	19,1	0,8	0,67	0,13	0,19	0,35

* - Экологические проблемы крупных ГЭС: отчуждение и запление земель, парниковые газы и прочее

Как следует из таблицы 2 на долю возобновляемых источников энергии (ВИЭ), без доли электроэнергии, вырабатываемой на гидроэлектростанциях, приходится 9,8% от всей вырабатываемой в мире электроэнергии. Истощение запасов, рост цен на уголь, нефть и природный газ, глобальные задачи, связанные с решением проблем изменения климата (таблицы 1,2) - являются мощными стимулами для использования в мире ВИЭ, в первую очередь гидро, ветровой, солнечной, биомассы и геотермальной энергий. На тенденции развития мировой энергетики решающее влияние оказывает смена парадигмы развития. Каждый кризис вызывал изменение динамики мировой экономики, которая сходилась с устойчивой траектории экспоненциального развития (рисунок 1).

Мировой техникой потенциал традиционно используемых в настоящее время ВИЭ более чем в 100 раз превышает производство электроэнергии в настоящее время. Таким образом, ВИЭ потенциально могут в значительной степени заменить исчерпаемые источники энергии.

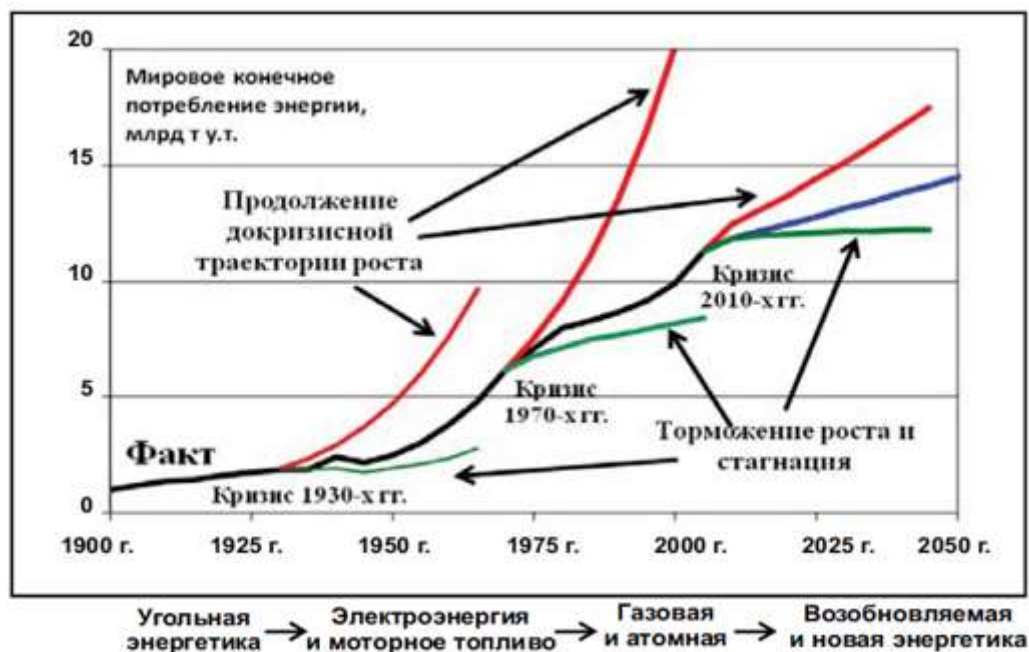


Рисунок 1 - Динамика развития мировой экономики [3,5]

Далее изложены методические рекомендации для проектирования распределенной генерации, реализуемой на использовании как традиционных, так и некоторых ВИЭ.

3.1. Обоснование и расчет мощности электростанции

В зависимости от типа проектируемой электростанции подходы по расчету ее мощности различны.

3.1.1 Расчет мощности гидроэлектростанции

Месторасположение гидроэлектростанции (ГЭС) выбирается по условиям рационального использования водотока [7]. На основе исходных данных, приведенных в задании, следует на топографической карте местности [8] показать месторасположение проектируемой ГЭС. Так как темы курсовых проектов, как правило, связаны с генерацией в Калининградской области, в качестве примера на рисунке 2 приведена топографическая карта Калининградской области. При необходимости получения более подробных данных о гидрологическом режиме водного стока реки студент может их выяснить, используя материалы, приведенные на сайте [8] и в работах [7, 9].



Рисунок 2 - Топографическая карта Калининградской области

Технологическая часть ГЭС проектируется на всю расчетную мощность водотока и дальнейшее расширение ГЭС не предусматривается.

На ГЭУ различают верхний и нижний бьефы. Водное пространство перед подпорными сооружениями, например, перед плотиной, имеет более высокую отметку уровня и называется верхним бьефом (ВБ). Водное пространство за плотиной, за зданием станции и так далее имеет низкие отметки уровней и называется нижним бьефом (НБ, рисунок 3).

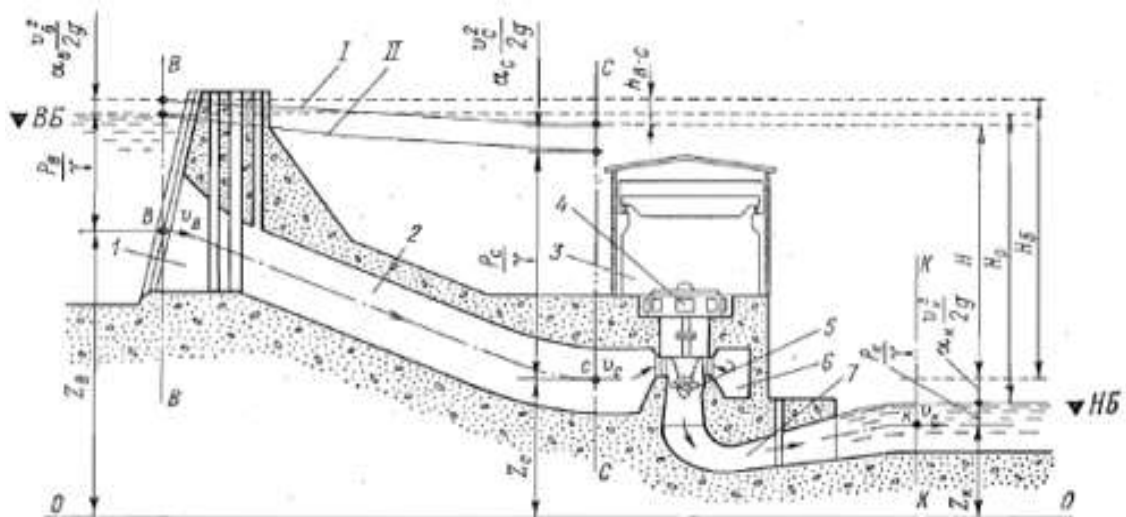


Рисунок 3 - Разрез технологической схемы гидроэлектростанции для расчета напора: 1-линия энергии; 2-пьезометрическая линия; 3- водоприемник; 4-турбинный водовод; 3-здание ГЭС;4-генератор; 5-турбина; 6-спиральная камера; 7-отсасывающая труба.

Отметки уровня воды обозначается ∇ или ∇_c соответствующим числом, которое показывает высоту над уровнем моря (абсолютная отметка) или над какой-либо другой плоскостью сравнения (условная отметка)[7].

В расчетах напор ГЭС считается равным

$$H \approx H_0 - h_{B-C} = \nabla ВВ - \nabla НБ - h_{B-C}, \quad (1)$$

где h_{B-C} - потери напора при движении воды от водозабора (сечение $B-B$) до турбинной камеры (сечение $C-C$), которые состоят из потерь напора на вход турбинный водовод, на преодоление сопротивления сороудерживающих решеток, на трение воды о стенки водовода и прочее. Эти потери составляют 2-5% от напора H_0 .

Расход воды Q , м³/с, используемый ГЭС для выработки электрической энергии зависит от притока воды к водохранилищу или верхний бьефу ГЭС, от наличия запасов воды в водохранилище и от потребности энергетической системы в данный момент в электрической энергии. При комплексном использовании водных ресурсов расход ГЭС зависит также от отъема воды из верхнего бьефа на орошение, водоснабжение, шлюзование судов и от режима водопотребления из нижнего бьефа ГЭС. **Мощность ГЭС рассчитывается из условия использования максимального расхода воды. Максимальный расход, используемый ГЭС, равен пропускной способности всех ее турбин при расчетном напоре. Если напор составляет H , м, расход воды равен Q , м³/с, то потенциальная мощность водотока в ваттах, равна**

$$P_0 = \rho * g * q * H = \gamma * Q * H = 9810 * Q * H, \quad (2)$$

где ρ - плотность воды, кг/м³;

g - ускорение свободного падения тела, м/с².

Мощность на валу турбин равна

$$P_T = P_0 * \eta_T \text{ или } P_T = 9,81 * Q * H * \eta_T, \quad (3)$$

где η_T - КПД турбины.

Значение КПД турбины зависит от ее конструкции, размеров и изменяется при изменении нагрузки. Для малых турбин, при диаметре рабочего колеса около 1 м, наибольший КПД составляет около 0,91; для крупных турбин диаметром 9-10 м КПД достигает 0,95-0,96. Электрическая мощность электрического генератора P_a меньше мощности турбины на величину потерь в генераторе

$$P_a = P_T * \eta_{ген} = 9,81 * Q * H * \eta_a, \quad (4)$$

где $\eta_{ген}$ - КПД генератора;

$\eta_a = \eta_T * \eta_{ген}$ - КПД агрегата.

Установленная электрическая мощность ГЭС $P_{уст}$ составит

$$P_{уст} = P_a * n,$$

где, n -число генераторов.

Число гидроагрегатов выбирают на основе технико-экономических расчетов. В настоящем проекте достаточно выбрать марку и число гидроагрегатов. При проектировании малых ГЭС можно использовать технические данные гидроагрегатов, приведенные в [10-13].

Стоимость турбин, генераторов и здания ГЭС, обычно возрастают с увеличением числа агрегатов. Установку только одного агрегата можно допустить для ГЭС относительно небольшой мощности, работающей в крупной энергосистеме, когда остановка ГЭС не может существенно повлиять на работу энергосистемы. Число агрегатов увеличивают сверх четырех, если: размеры колеса трудновыполнимы, неудобны для транспортировки или крупная ГЭС предназначена для работы в энергосистеме малой установленной мощностью.

3.1.2 Расчет мощности теплоэлектростанции

Теплоэлектростанции (ТЭЦ) возводят вблизи потребителей тепловой и электрической нагрузок. ТЭЦ, с учетом экологических и других ограничений, должна максимально приближена к потребителям тепловой энергии. На рисунке 4 приведены типовые графики нагрузок ТЭЦ [1].

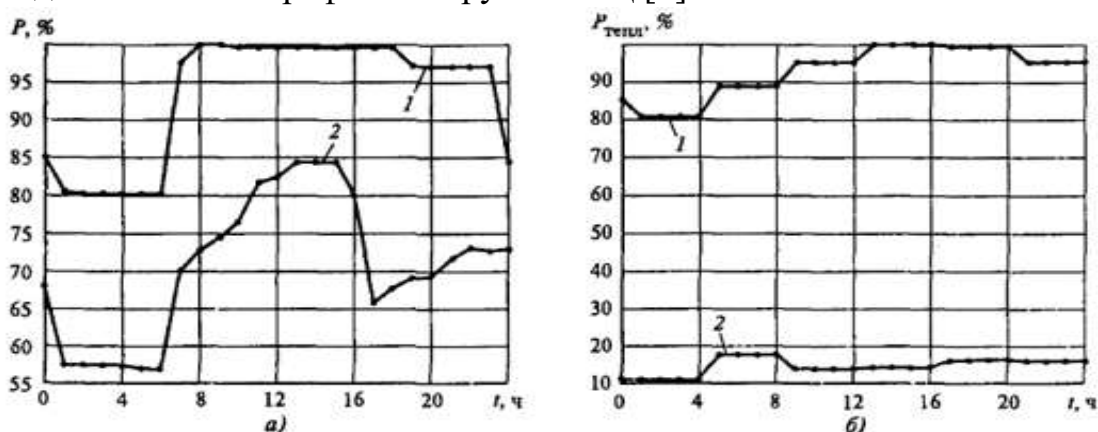


Рисунок 4. Зимний (1) и летний (2) графики нагрузок ТЭЦ
а) электрическая нагрузка; б) тепловая нагрузка.

Таким образом, район строительства ТЭЦ, в первую очередь определяется схемой теплоснабжения района и во вторую очередь схемой развития энергосистемы (топографическая карта области (Рисунок 2) и населенного пункта). Решения по размещению объектов электростанции должны учитывать существующую и перспективную (обычно принимается 10-летний период) жилую и промышленную застройки населенного пункта или микрорайона, что обуславливает также рост их электрической и тепловой нагрузок. Имея графики тепловой и электрической нагрузок населенного пункта или микрорайона с 10-ей перспективой развития, можно оценить максимальную тепловую и электри-

ческие мощности проектируемой ТЭЦ. За основу принимается, как правило, тепловая мощность ТЭЦ. Недостающая или избыточная электрическая мощности для электроснабжения пункта или микрорайона могут быть принята или передана в электроэнергетическую систему. Место расположения проектируемой ТЭЦ определяется на топографической карты населенного пункта или микрорайона, и учетом того, что производственный пар от ТЭЦ может быть передан на расстояние до 10 км, горячая вода для нужд теплофикации до 35 км [1]. При выборе места расположения ТЭЦ следует, по мере возможности, учесть рекомендации, приведенные в нормах технологического проектирования тепловых станций [14].

Выбор площадки для строительства ТЭЦ, а также определение основных характеристик электростанции производится на основании технико-экономического сопоставления конкурирующих вариантов. Площадка для строительства электростанции должна по возможности удовлетворять следующим условиям: грунты, слагающие площадку, должны допускать строительство зданий и сооружений, а также установку тяжелого оборудования без устройства дорогостоящих оснований; уровень грунтовых вод должен быть ниже глубины заложения подвалов зданий и подземных инженерных коммуникаций; при ориентации на прямоточную схему технического водоснабжения площадку следует размещать у водоемов и рек на прибрежных незатапливаемых паводковыми водами территориях с учетом наименьшей высоты подъема охлаждающей воды; компоновка генерального плана стройплощадок должна решаться с учетом подходом железных и автомобильных дорог, выводов линий электропередачи и других коммуникаций по наиболее рациональной схеме в увязке с генсхемой развития района с учетом архитектурных и экологических требований. Идеальный вариант место расположения ТЭЦ, при соблюдении экологических норм, это центр тепловых нагрузок населенного пункта и микрорайона.

Вид используемого топлива для ТЭЦ задается в задании на курсовой проект.

Таблица 3 – Энергетические характеристики типов топлива [15]

Вид топлива	Теплота сгорания, МДж/кг	Содержание в топливе, %	
		Влаги	Золы
Дизельное топливо	42,5	0	0
Антрацит	27,05	5	13
Каменный уголь	21,45	13	20
Бурый уголь	5,2	17	25
Торф:			
Фрезерный	6,0	50	6
Кусковой	6,0	40	7
Брикет	6,0	20	6
Опилки и щепа древесная	10,0	40	0,6

Для сопоставления различных видов топлива и суммарного учёта его запасов в России принята единица учёта – условное топливо (у.т.), для которого низшая теплота сгорания принята 29,31 ГДж/т (7000 ккал/кг). В зарубежной практике в качестве единицы учёта использовался нефтяной эквивалент (н.э.) с теплотой сгорания 41,868 ГДж/т. Коэффициенты перевода энергетических единиц приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Коэффициенты перевода энергетических единиц

Единицы измерения	Дж	ккал	кгс*м	кВт*ч	т. у. т.
Дж	1	0,239	0,102	$2,78 \cdot 10^{-7}$	$3,41 \cdot 10^{-11}$
ккал	4,187	1	0,427	$1,16 \cdot 10^{-6}$	$1,43 \cdot 10^{-10}$
кгс*м	9,81	2,43	1	$2,725 \cdot 10^{-6}$	$3,34 \cdot 10^{-10}$
кВт*ч	$3,6 \cdot 10^6$	$8,6 \cdot 10^5$	$3,67 \cdot 10^5$	1	$1,23 \cdot 10^{-4}$
т. у. т.	$2,931 \cdot 10^{10}$	$7 \cdot 10^9$	$2,99 \cdot 10^9$	$8,141 \cdot 10^3$	1

На графике (Рисунок 5) показаны доли энергий, которые после преобразования энергии, заключенной в первичном источнике энергии ($W_{пэ}$), выдается от ТЭЦ потребителям тепловой ($W_{тэ}$) и электрической ($W_{ээ}$) энергий.

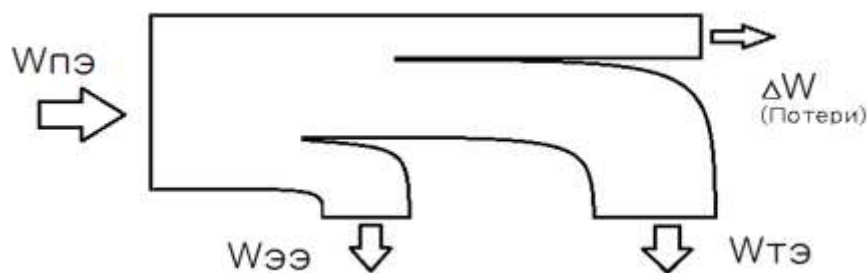


Рисунок 5. Энергетическая диаграмма ТЭЦ

Согласно стратегии развития энергетики РФ [16] планируется.

По направлению "Электроэнергетика":

создание газотурбинных установок мощностью 300 - 350 МВт и на их основе высокоэффективных конденсационных парогазовых установок мощностью 500 - 1000 МВт, работающих на природном газе, с коэффициентом полезного действия выше 60 процентов;

создание типовых модульных когенерационных парогазовых установок мощностью 100 и 170 МВт с коэффициентом полезного действия 53 - 55 процентов на теплоэлектростанциях;

создание экологически чистых угольных конденсационных энергоблоков на суперсверхкритические параметры пара с коэффициентом полезного действия 43 - 46 процентов мощностью 660 - 800 МВт;

создание экологически чистых парогазовых установок мощностью 200 - 600 МВт с газификацией твердого топлива и с коэффициентом полезного действия 50 - 52 процента и парогазовой установки на угольном синтез-газе.

При рассмотрении энергетической эффективности электростанции важнейшим показателем является КПД. Различают электрический, тепловой и общий или суммарный КПД электростанций. Электрический КПД показывает какая часть от энергии, заключенной в первичном источнике энергии электростанции, будет преобразовано в электрическую энергию (Рисунок 5).

$$\text{КПД}_{\text{эл}} = \frac{W_{\text{ЭЭ}}}{W_{\text{ПЭ}}} * 100\%, \quad (5)$$

При производстве электрической энергии часть тепловой энергии утилизируется на теплоснабжение.

$$\text{КПД}_{\text{ТЭ}} = \frac{W_{\text{ТЭ}}}{W_{\text{ПЭ}}} * 100\%, \quad (6)$$

Сумма электрического КПД и теплового КПД называется общим КПД электростанции.

или КПД использования топлива.

Таблица 6 - Электрические КПД действующих электростанций

Тип	Наименование	Электрический КПД	Топливо
ТЭЦ	Теплоэлектроцентраль	35-38%	Уголь, газ, мазут, торф
ГРЭС	Государственный районные электростанции (конденсационные)	36-42%	Уголь, газ, мазут, торф
ПГУ	Парогазовые установки	50-65%	Газ
ГТЭС	Газотрубинные электростанции	28-38%	Газ
ГПЭС	Газопоршневые электростанции	40-46%	Газ, дизтопливо (возможно на сырой нефти и жидких и газообразных нефтепродуктах)

После обоснования тепловой мощности ТЭЦ, с учетом данных приведенных в таблице 5, рисунке 5, приложении 4 и работы [16] оценивается установочная мощность электростанции, как наиболее большая. К примеру, если тепловая мощность ТЭЦ составляет 20 МВт при тепловом КПД, равном 45%, а электрическое КПД составляет 40%, то электрическая мощность составит 16 МВт (Рисунок 5).

Данные приведенные в таблице 3 позволяют оценить необходимую массу топливо-энергетических ресурсов для проектируемой ТЭЦ, что выходит за рамки проекта, но может быть использованы при выполнении бакалаврской работы.

3.2. Обоснование и выбор структурной схемы электростанции, схемы ее подключения к электроэнергетической системе

3.2.1. Методические положения обоснования и выбора структурных схем электростанций

1. Для обоснования и выбора схем анализируются нормальный, ремонтный и послеаварийные режимы их работы. В нормальном режиме все элементы схемы находятся в работе. В ремонтных один (или более при совмещении ремонтов) из элементов отключен для проведения планового ремонта. Послеаварийные режимы характеризуются отказами элементов и в данном проекте, как правило, не рассматриваются.

Исходя из анализа нормального и ремонтного режимов, выбираются параметры элементов главной схемы.

В нормальном режиме схема должна обеспечивать выдачу всей (за вычетом расхода на собственные нужды) мощности электростанции в энергосистему и полное электроснабжение потребителей. В ремонтных режимах допускается ограничение выдачи мощности электростанции в энергосистему и полное электроснабжение потребителей.

2. Структурная схема электростанции предусматривает несколько (обычно два) распределительных устройства (РУ) повышенного напряжения. На высшем напряжении осуществляется связь электростанции с системой, на среднем напряжении обеспечивается электроснабжение местного района. С целью решения вопросов о подключении электростанции к электроэнергетической системе на рисунке 6 приведена электрическая сеть Калининградской энергосистемы. Системообразующая сеть энергосистемы построена на напряжении 330кВ, сложнзамкнутая сеть на напряжении 110 кВ. Сеть 330 кВ связывает между собой три системообразующие подстанции: Северная-330; Центральная; Советск-330; Калининградскую ТЭЦ-2 с энергосистемой РФ через энергосистему Литвы. Сеть напряжением 110кВ имеет автотрансформаторную связь с сетью 330кВ и связывает между собой все крупные населенные пункты и электростанции Калининградской области. В каждом таком пункте установлены подстанции напряжением 110/6,10 или 15кВ, от которых осуществляется электроснабжение предприятий, жилых комплексов и так далее.

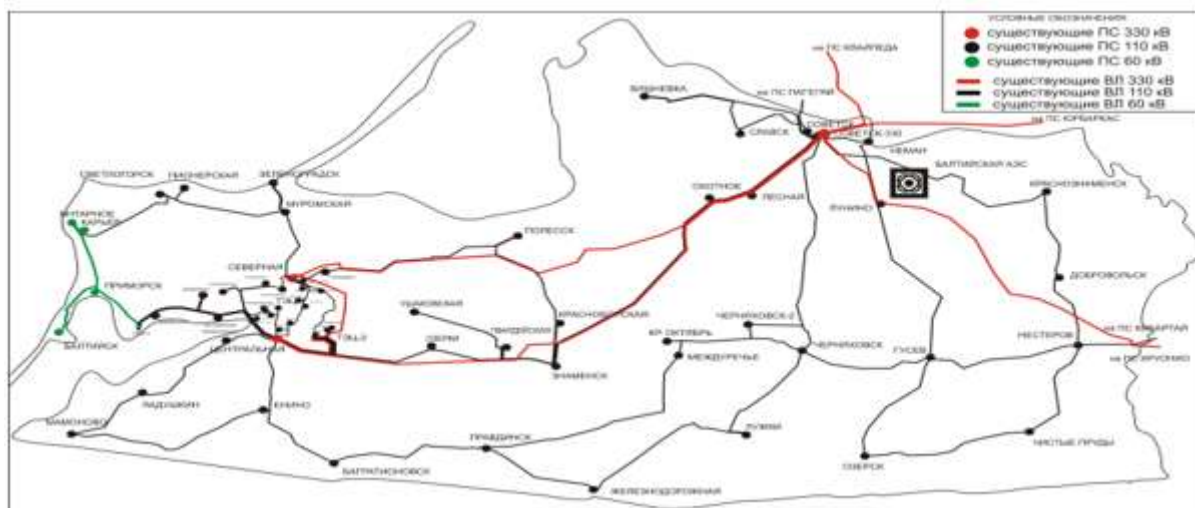


Рисунок 6 - Электрическая сеть Калининградской энергосистемы

В таблице 7 приведены технические характеристики линий электропередачи (ЛЭП) напряжением 330 и 110 кВ [17].

Таблица 7 - Пропускная способность и дальность передачи ЛЭП 110–330 кВ

Напряжение ЛЭП, кВ	Сечение проводов, мм ²	Передаваемая мощность, МВт		Длина ЛЭП, км	
		натуральная	при плотности тока 1,1 А/мм ²	предельная при КПД=0,9	средняя (между 2 ПС)
110	70-240	30	13-45	80	25
330	2*240-2*400	360	270-450	700	130

3. К РУ среднего напряжения подключается столько энергоблоков, чтобы в нормальном режиме обеспечивать электроснабжение местного района при минимальном перетоке мощности через (авто)трансформаторную связь между РУ повышенного напряжения электростанции. Мощность блочных трансформаторов выбирается из условия выдачи агрегатами всей располагаемой мощности. Например, соотношение мощностей генераторов (МВт) и блочных трансформаторов (МВА) составляют: 2,5/4; 4/6,3; 6/10; 12/16; 20/25; 32/40; 63/80; 100/125; 200/250; 300/400.

4. Мощность генераторов блочных электростанций выбирают возможно большей, исходя из условия сохранения устойчивости параллельной работы энергосистемы при расчетных отказах по критерию.

$$\Delta P_{\text{доп}} \geq \Delta P, \quad (7)$$

где ΔP – сброс генерирующей мощности при расчетных отказах;
 $\Delta P_{\text{доп}}$ – допустимое значение пор условию устойчивости.

Небаланс мощности между генерацией и нагрузкой не должен приводить к росту или снижению частоты в энергосистеме выше или ниже допустимых значений

$$\Delta f = P_{\Gamma} - P_{\text{H}}/T * p' \quad (8)$$

где P_{Γ} – генерируемая мощность;
 P_{H} – мощность нагрузки;
 T – суммарная инерция системы;
 p – символ дифференцирования;
 Δf – изменение частоты.

Данное положение не распространяется на ТЭЦ, где приоритетным является резервирование тепловой нагрузки.

3.2.2 Обоснование выбора структурной схемы ТЭЦ

К надежности теплоснабжения потребителей предъявляются жесткие требования. При обосновании и выборе структурных схем ТЭЦ в расчетных послеаварийных режимах не должно теряться свыше одного наиболее крупного турбоагрегата. По этой причине на ТЭЦ не используются укрупненные агрегаты при их подключении к РУ повышенного напряжения. Эти требования должны выполняться при N-1 (единичный отказ элемента). Снижение теплофикационной нагрузки в летний период (рисунок 4б) позволяет сохранить полное теплоснабжение потребителей и при N-2 (отказ одного элемента вовремя планового ремонта другого) за счет ведения ограничений на сезон времени проведения планового ремонта оборудования. Одним из определяющих факторов при выборе структурной схемы ТЭЦ (Рисунок 7) является уровень тока КЗ. Если он не превышает номинальные токи выключателей, то возможно создание поперечной связи генераторного напряжения. На таких электростанциях котлы работают на общий паропровод, а турбогенераторы – на общие шины, от которых обеспечивается электроснабжение местной нагрузки (НГ) в радиусе до 5-10 км на генераторном напряжении. По условию ограничения токов КЗ к генераторному РУ (ГРУ) с поперечной связью подключается не более двух турбогенераторов мощностью 100 МВт и четырех 60 МВт. Другие агрегаты присоединяются по схеме блока к РУ повышенных напряжений (рисунок 7,8).

Возможные варианты структурных схем ТЭЦ с поперечными связями изображены на рисунке 9, где количество турбоагрегатов и (авто)трансформаторов показано условно.

Если мощность электростанции выдается на одном повышенном напряжении, то все трансформаторы связи присоединяются к РУ этого напряжения (рисунок 9а). С позиций обеспечения надежности схем в нормальном и ремонтных режимах предусматривается не менее двух трансформаторов связи. Их загрузка может быть реверсивной. Например, баланс мощности на шинах

электростанции складывается так, что в нормальном режиме имеет место выдача мощности в систему, а при простое одного из генерирующих агрегатов поток мощности меняет направление на противоположное. Поэтому трансформаторы связи на ТЭЦ оснащены устройствами РПН и должны обеспечить переток этих мощностей. Структурную схему ТЭЦ можно создать, используя блочный принцип построения (рисунок 8). Такое решение является единственным для электростанций с блоками мощностью более 100 МВт. Здесь токи КЗ даже при наличии секционных реакторов на генераторном напряжении превысят коммутационные параметры выключателей. Электроснабжение местных потребителей осуществляется не менее чем от двух генераторов через понижающие трансформаторы или реакторы.

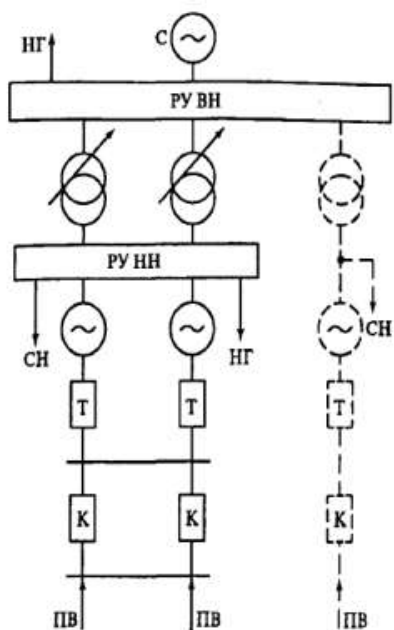


Рисунок 7 – Структурная схема ТЭЦ с поперечной и блочной схемами
К – котел, Т – турбина, ПВ – питательная вода

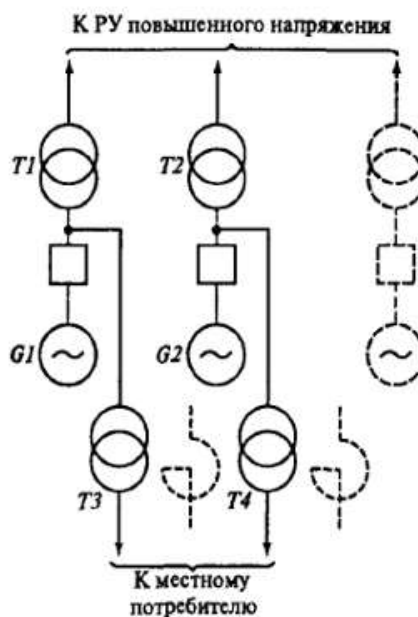


Рисунок 8 – Блочный принцип построения со структурной схемой ТЭЦ

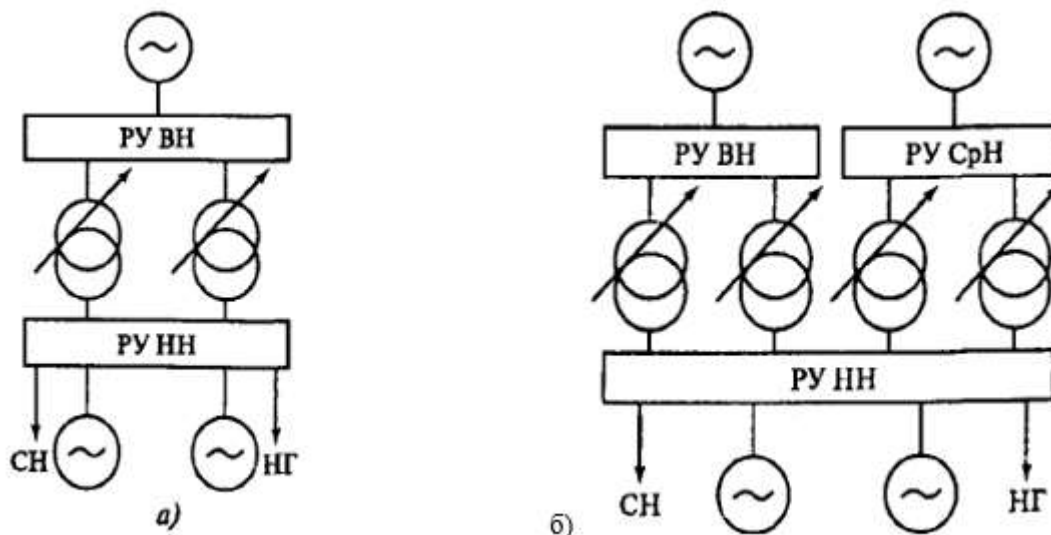


Рисунок 9 – Варианты структурных схем с поперечными связями

Далее, с учетом схемы электроснабжения района и электрической сети Калининградской энергосистемы (Рисунок 5), так как, как правило, проектируется электростанция для нужд Калининградской области, следует определиться со значениями номинальных напряжений на РУ низкого (НН), среднего (СН) и высокого (ВН) напряжений. Следует отметить, что в структурной схеме могут отсутствовать ряд РУ (Рисунок 7-9). После этого следует выбрать количество, типы и мощности синхронных генераторов для проектируемой электростанции [18,19], а также тип и мощности трансформаторов связи и блочных трансформаторов [17]. Для уточнения ряд положений при выборе структурной схемы ТЭЦ можно воспользоваться упрощенной методикой обоснования и выбора структурной схемы с поперечными связями, приведенной в работе [1]

3.2.3 Обоснование выбора структурной схемы гидроэлектростанции

Структурные схемы ГЭС формируют по блочному принципу. Распределительные устройства генераторного напряжения встречаются редко и лишь на малых гидроэлектростанциях. На малых ГЭС возможна [1] установка одного блока на электростанцию, если допустимо аварийное отключение и останов всех гидроагрегатов по режиму работы гидротехнических сооружений и экономической оправданности слива воды через водосброс во время замены поврежденного оборудования. На рисунке 10 показаны структурные схемы действующих гидроэлектростанций.

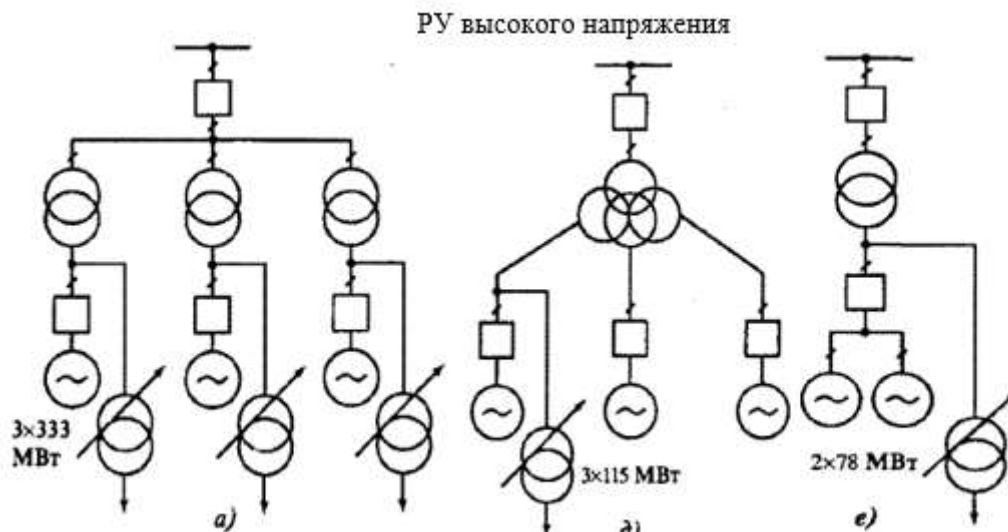


Рисунок 10 – Структурные схемы действующих ГЭС

Так как гидропотенциал Калининградской области не превышает 37МВт [15], поэтому рекомендуется выбор типа гидрогенератора малой мощности. Технические характеристики гидроагрегатов малой мощности приведены в [13] и на сайтах [10-12].

3.2.4 Выдача мощности электростанций в электроэнергетическую систему

Условия формирования схем присоединения многообразны. Это относится к радиусам выдачи мощности и мощности нагрузочных узлов, схемам прилегающих сетей, расположению электроустановки в энергосистеме. Поэтому количество линий, отходящих от электростанций, при прочих равных условиях варьируется. При обосновании количества линий выдачи мощности учитывается множество факторов. К ним относятся надежность, потери мощности и энергии, условия поддержания по узлам сети уровней напряжения в эксплуатационных режимах, стоимостные характеристики элементов и другое. Взаимное влияние факторов противоречиво. Так, увеличение количества линий связи электростанции с системой, с одной стороны, повышает надежность выдачи мощности, снижает потери мощности и энергии в сетях, уменьшает потребность в источниках реактивной мощности для поддержания требуемых напряжений по узлам сети в различных эксплуатационных режимах. С другой стороны, это требует дополнительных затрат на линии и их трассы, коммутационную аппаратуру, увеличивает токи КЗ по узлам сети. Выбранное сечение проверяется по условиям нагрева в нормальном, ремонтном и послеаварийном режимах и в режиме КЗ.

Так как целью проекта является блок вопросов, связанных с проектированием электрической части электростанции, поэтому число линий (N) напряжением более 110кВ и их сечение (F) выбираем по упрощенной методике,

с учетом данных приведенных в таблицах 6 и 7, но не менее двух от РУ высокого и среднего напряжения, без дальнейшей проверки.

$$N \geq \frac{P_{уст}}{P_{нат}}, \quad (9)$$

где $P_{уст}$ - установленная (номинальная) мощность электростанции;
 $P_{нат}$ - натуральная мощность.

Таблица 8– Натуральные мощности линий электропередачи (МВт)

$U_{ном}$, кВ	Количество проводов в фазе воздушной линии		Кабельная линия
	1	2	
6	0,1	-	1,0
10	0,25	-	2,5
35	3	-	30
110	30	-	300
330	-	360	-

При напряжении до 110 кВ включительно сечение проводов ЛЭП определяется по экономической плотности тока для нормального режима эксплуатации

$$S_{эк} = \frac{I_{н.раб}}{J_{эк}}, \quad (10)$$

где, $I_{н.раб}$ – наибольший ток нормального режима

$J_{эк} = 0,5$ А/мм² -экономическая плотность тока, соответствует мировым тенденциям, несмотря на большие плотности тока, которые приводятся в работах [14,20].

Наибольший рабочий ток определяется согласно:

$$I_{н.раб} = \frac{P_{уст}}{\sqrt{3} * U_{ном} * \cos\varphi_n * N}, \quad (11)$$

где N - количество линий.

При отключении одной из линии имеет место утяжеленный режим:

$$I_{утяж} = \frac{P_{уст}}{\sqrt{3} * U_{ном} * \cos\varphi_n * (N - 1)}, \quad (12)$$

После выбора сечения проводов ЛЭП [13,20] проводим проверку выбранного сечения по нагрузке аварийного режима:

$$I_{утяж} \leq I_{доп}, \quad (13)$$

где $I_{доп}$ – длительно допустимый ток.

С целью обеспечения надежной связи электростанции с энергосистемой число связей не должно быть менее 2.

3.4. Выбор схем коммутации электростанции

Анализ структурных схем электростанций (рисунки 7-10) показал, что на электростанциях используют обычно три вида схем коммутации (РУ) на низком, среднем и высоком напряжении. Схема коммутации на низком напряжении - это преимущественно распределительные устройства на генераторном напряжении (ГРУ). ГРУ выполняются, как правило, с одной системой сборных шин (рисунок 11). При этом рекомендуется использовать комплектные распределительные устройства (КРУ) и групповые сдвоенные реакторы для питания потребителей. Ранее при проектировании, особенно при большом числе присоединений на генераторном напряжении, широко использовали схему с двумя системами сборных шин.

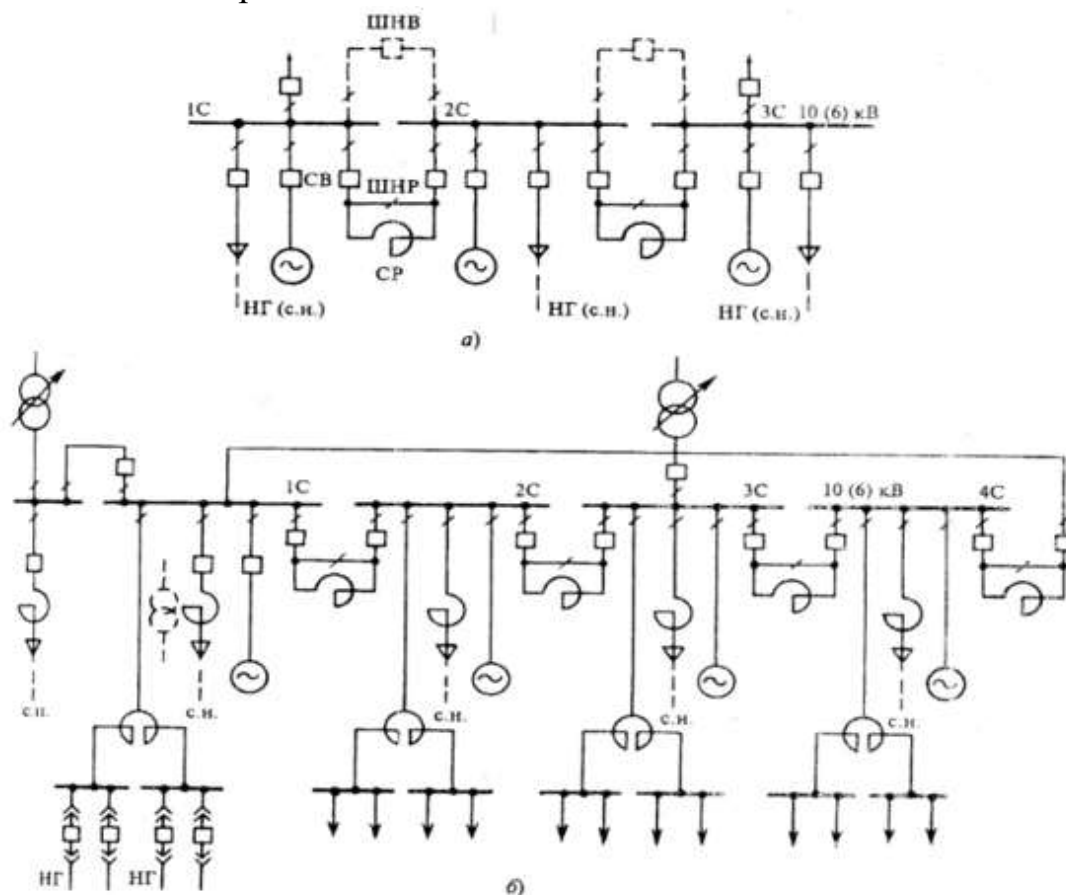


Рисунок 11 – Распределительное устройство ТЭЦ на генераторном напряжении: ШНР- шунтирующий разъединитель; СВ- секционный выключатель; СР- секционный реактор; 1С, 2С, 3С - номера секций.

Распределительные устройства среднего и высокого напряжения определяются типом, мощностью, напряжением и технологическим режимом электростанции, количеством отходящих линий и выполняются по схемам, группируемых по виду подключений: схемы с коммутацией присоединения одним (1группа), двумя (2группа), тремя и более выключателей (3группа) и упрощенные схемы (4группа) [1]. В приложении 5 приведены типовые схемы

коммутации первой группы с обходной системой шин. Схемы остальных групп даны в работе [1].

Основываясь на структурной схеме электростанции, можно составить главную схему электростанции с подключением к энергетической системе, которая будет включать: 1) распределительное устройство на генераторном напряжении (прототип-рисунок 11б) силовые трансформаторы связи; 3) распределительное устройство на среднем и высоком напряжениях; 4) линии связи (ЛЭП) с энергосистемой; 5) в упрощенном виде подстанция энергосистемы, к которой будет подключена проектируемая электростанция. Следует отметить, что 1-3 позиции могут сокращены или видоизменены в зависимости от типа, мощности электростанции, классов напряжений используемых на электростанции и в энергетической системе. Далее следует рассчитать наибольшие продолжительные токи во всех элементах главной схемы, исходя из анализа нормального и ремонтного режимов и сечение одного токопровода или шины главной схемы электростанции по указанию преподавателя [20].

3.5. Расчет токов короткого замыкания в элементах главной схемы электростанции, выбор коммутирующих аппаратов

Расчет токов короткого замыкания необходим для выбора электрооборудования, коммутирующих аппаратов, шин, кабелей и выяснения необходимости ограничения токов короткого замыкания [1]. Для упрощения расчетов трехфазного короткого замыкания не учитываем влияние двигателей собственных нужд электростанции. На основе разработанных структурной и главной схем электростанции составляем упрощенную главную схему электростанции. Такая схема показана на рисунке 12а в качестве примера. На составленной схеме необходимо показать предполагаемые точки короткого замыкания, при коротких замыканиях в этих точках будут протекать наибольшие токи короткого замыкания через элемент главной схемы (выключатель, разъединитель и так далее). Это позволит обоснованно выбрать коммутирующие аппараты и электрооборудование главной схемы. Далее для каждой точки замыкания составляется схема замещения (Рисунок 12б) и производится расчет токов короткого замыкания.

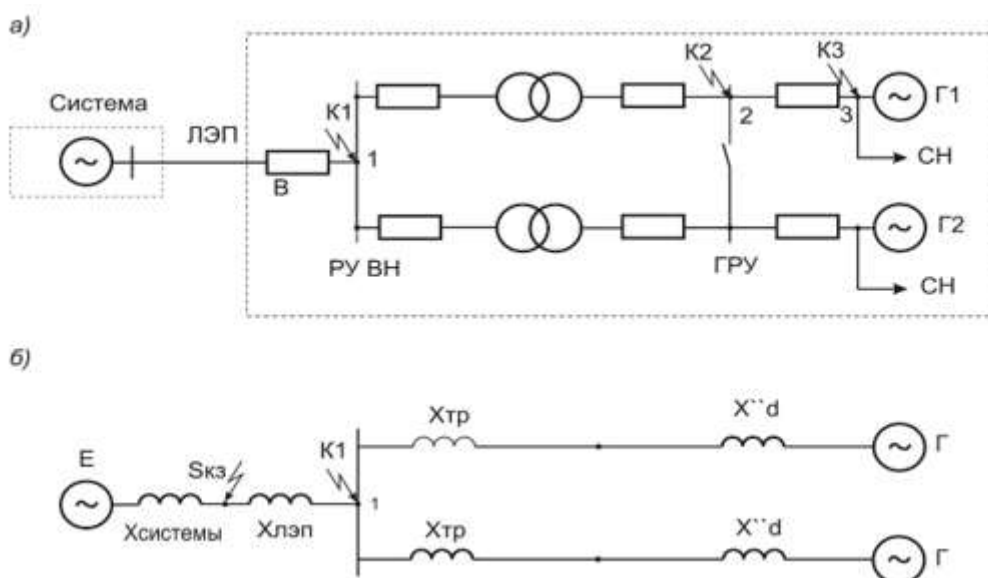


Рисунок 12 - Упрощенная главная схема ТЭЦ (а) и схема замещения для расчета тока короткого замыкания при КЗ в точке 1.

РУ ВН –распределительное устройство высокого напряжения;

ГРУ – распределительное устройство генераторного напряжения;

X – соответственно индуктивные сопротивления элементов главной схемы.

При расчетах пренебрегаем активными сопротивлениями элементов главной схемы и линий электропередачи. На рисунке 11б точка С – это место подключения электростанции к шинам подстанции энергосистемы. Как правило, в этой точке известны мощность ($S_{КЗ}$) или ток ($I_{КЗ}$) короткого замыкания. Отсюда можно определить индуктивное сопротивление системы $X_{\text{системы}}$.

$$S_{\text{КЗ}} \geq \frac{U_{\text{ном}}^2}{X_{\text{системы}}}, \quad (14)$$

Методики расчетов токов короткого замыкания и выбор коммутационных аппаратов изложены в работе [1]. Результаты расчетов токов короткого замыкания следует свести в таблицу. На основе расчетов токов короткого замыкания и величин наибольшего продолжительных токов выбрать для главной схемы электростанции выключатели и разъединители. Также следует проверить на термическую и электродинамическую стойкость, выбранную ранее по заданию преподавателя шину или токопровод [1, 20].

Технические данные выбранных генераторов, силовых трансформаторов и разъединителей привести в приложении к проекту.

Чертеж главной схемы электростанции с линиями подключения к энергосистеме следует выполнить в формате 1:1. В качестве примера показан фрагмент части главной схемы электростанции, а именно; РУ высокого напряжения по схеме с одной секционированной системой шин с обходной показан на рисунке 13.

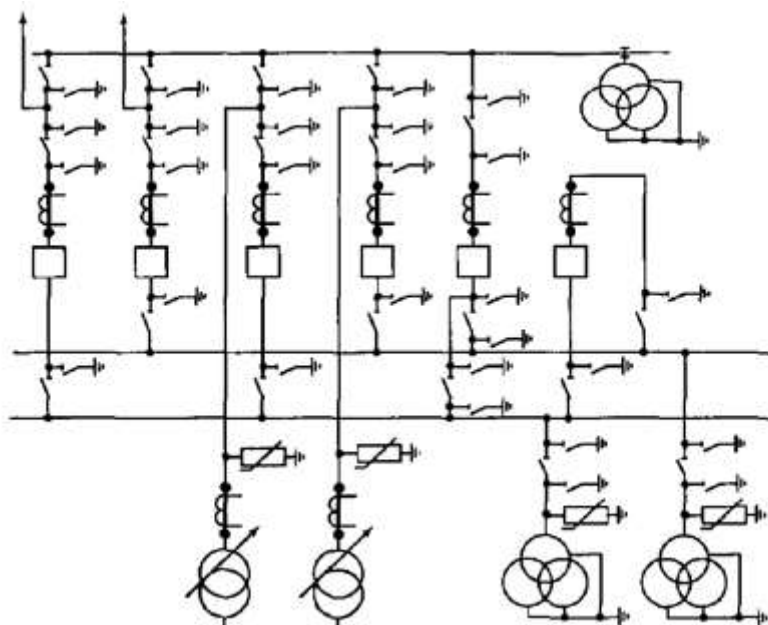


Рисунок 13 - Фрагмент главной схемы электростанции: схема с одной секционированной системой шин с обходной и двумя силовыми трансформаторами

На приведенной схеме показаны трансформаторы напряжения и тока, ОПН. Это оборудование в проекте не выбирается, но на главной их следует показать, так как это формирует у студента целостное восприятие реальной электрической схемы электростанции.

4. ТРЕБОВАНИЯ ПО ЗАЩИТЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Защита курсового проекта проводится после предоставления завершённой работы и устранения всех замечаний по расчетной части. Защита проводится устно в формате собеседования по материалам работы и в форме ответа на контрольные вопросы. Общее количество вопросов зависит от качества ответов студента и уровня владения материалом представленной работы.

Типовые контрольные вопросы:

1. Электрические станции: критерии оценки эффективности.
2. Основные характеристики электростанций: теплоцентрали, электростанции на возобновляемых и местных топливно-энергетических ресурсах, гидроэлектростанции.
3. Режимы энергосистемы и участие электростанций в выработке электрической энергии, холодный и горячий резервы.
4. Требования, предъявляемые к электрооборудованию электрических станций и подстанций.
5. Оценка первичного энергетического ресурса, который будет использован для преобразования, заключенной в них энергии, в электрическую и тепловую электростанции. Расчет мощности электростанции;

6. Структурная схема выдачи мощности электростанции в электроэнергетическую систему.
7. Выбор главной схемы электростанции. Типы главных схем.
8. Особенности конструкций и технических характеристик различных типов выключателей.
9. Общие вопросы теории нагревания, уравнение теплового баланса. Допустимые температуры для проводников и аппаратов в продолжительном режиме.
10. Особенности процесса нагревания проводников при коротком замыкании. Термическая стойкость неизолированных проводников, электрических аппаратов и кабелей.
11. Определение интеграла Джоуля.
12. Простейшие случаи электродинамического взаимодействия проводников.
13. Электродинамические силы в трехфазном токопроводе при коротком замыкании.
14. Расчет однопролетных токопроводов при статической и динамической нагрузках.
15. Анализ частотных характеристик.
16. Упрощенный метод расчета электродинамической стойкости токопроводов.
17. Типы синхронных генераторов, используемых на электрических станциях. Параметры, технические характеристики.
18. Силовые трансформаторы, автотрансформаторы и их характеристики. Регулирование напряжения.
19. Тепловой режим и нагрузочная способность трансформаторов.
20. Выбор трансформаторов для подстанции с учетом систематической перегрузки.
21. Токоограничительные реакторы: конструкция, электродинамическая и термическая стойкость, выбор.
22. Собственные нужды электрических станций, общие сведения.
36. Источники питания собственных нужд. Общие требования к схемам питания собственных нужд.
37. Измерительные трансформаторы напряжения: технические характеристики, электрические схемы, их выбор.
38. Измерительные трансформаторы тока: типы, конструкция, технические характеристики.
39. Заземляющие устройства: основные понятия, опасность замыкания на землю, роль защитного заземления, удельное сопротивление грунта.
40. Конструкция защитных заземлений. Схема расчета заземления.

5. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Критерии оценивания различаются для расчетной части и устных ответов при защите курсового проекта. По результатам выполнения расчетной части и последующей защиты проекта выставляется оценка по пятибалльной системе.

Таблица 5.1 - Критерии оценивания расчетных заданий по пятибалльной системе

Оценка	Критерий
«Отлично»	Методика и порядок расчета верные. Ошибки отсутствуют, либо имеются несущественные вычислительные ошибки.
«Хорошо»	Методика и порядок расчета верные. Имеются вычислительные ошибки, обусловленные невнимательностью при расчетах, которые не привели к существенному искажению результата.
«Удовлетворительно»	Имеются незначительные ошибки в методологии, ошибки в промежуточных расчетах или выборе коэффициентов, обусловленные неполным пониманием принципа расчета, при этом конечный результат имеет приемлемые отклонения.
«Неудовлетворительно»	Применена неверная методология, нарушен порядок расчета, имеется серьезная системная ошибка, обусловленные непониманием принципа расчета и приведшие к ошибочному результату.

Таблица 5.2 - Критерии оценивания устных ответов

Оценка по критериям	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно корректно связывать между собой (только некоторые из которых может	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект

Оценка по критериям	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	связывать между собой)			
Работа с информацией	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задачи данные	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с задан-	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает

15. Лукутин Б.В. Возобновляемая энергетика в децентрализованном электро-снабжении: монография / Б.В. Лукутин, О. А.Суржикова, Е.Б. Шандорова . - М.: Энергоатом издат.2008.-231С.
16. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года //Утв. Распоряжением Правительства РФ от 13 ноября 2009. - № 1715-р.
17. Идельчик В. И. Электрические системы и сети: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1989.–522с.
18. ООО «Электротяжмаш - Привод» <http://www.ngs-privod.ru>
19. Генеральная Схема развития энергосистемы Калининградской области на период до 2012 года с перспективой до 2022 года и Программа развития электросетевого хозяйства Калининградской области на период 2008 – 2012 годы / ОАО «Институт «Энергосетьпроект», – Калининград. – 2008. – 277 с.
20. Электрическая часть станций и подстанций: Учебник для вузов. – 2-е изд. / Ред. А.А. Васильев. – М.: Энергоатомиздат, 1990. - 575 с.
21. [https://infrastruktura.gov39.ru/Схема и программа перспективного развития электроэнергетики Калининградской области.](https://infrastruktura.gov39.ru/Схема%20и%20программа%20перспективного%20развития%20электроэнергетики%20Калининградской%20области)

Приложение 1. Бланк титульного листа курсового проектирования

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Энергетика»

Курсовой проект по дисциплине «Электрические станции и подстанции»
на тему:

Исполнитель: студент _____ группа _____
Фамилия имя отчество

Руководитель проекта:

Фамилия имя отчество, должность

Проект допущен к защите: _____ Число и подпись преподавателя
Оценка: _____ Число и подпись преподавателя

Калининград – 20__

Приложение 2. Бланк задания на курсовое проектирование

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Энергетика»

Задание № ____ на курсовой проект по дисциплине «Электрические станции и подстанции»
на тему:

студенту _____ группы _____
Руководитель проекта: _____

Исходные данные:

1. Тип электростанции _____
2. Место расположение электростанции _____
3. Используемые первичные энергоресурсы _____
4. Графики тепловых и электрических нагрузок населенного пункта (для ТЭЦ)

5. Схема электроэнергетической системы, к которой будет подключена электростанция.

Используйте [_21.https://infrastruktura.gov39.ru/](https://infrastruktura.gov39.ru/)Схема и программа перспективного развития электроэнергетики Калининградской области.

Задание выдал _____
/ _____ /

Дата

Приложение 3. Примеры библиографического описания

Книги одного - трех авторов.

Новикова, А. М. Универсальный экономический словарь / А. М. Новикова, Н. Е. Новиков, К. А. Погосов. - Москва: Экономика, 1995. - 135 с.

Книги более трех авторов.

Религии мира: пособие для преподавателей / Я. Н. Шапов [и др]. - Санкт-Петербург: Питер, 1996. - 496 с.

Книги, не имеющая индивидуальных авторов (под редакцией)

Сборник задач по физике: учеб. пособие для вузов / под ред. С. М. Павлова. - 2-е изд., доп. - Москва: Высшая школа, 1995. - 347 с.

Многотомные издания.

Издание в целом.

Книга о книгах: библиографическое пособие : в 3 т. - Москва: Книга, 1990.

Отдельный том. Книга о книгах: библиографическое пособие: в 3 т. - Москва : Книга, 1990. - Т. 1. - 407с.

Учебно-методическое пособие

Водоснабжение и водоотведение жилых и общественных зданий: пример расчета: учеб.-метод. пособие к вып. курс. проекта для студ. спец. 290700 / Г. Ф. Богатов. - Калининград: Изд-во КГТУ, 1997. - 40 с.

Сетевые ресурсы

Исследовано в России [Электронный ресурс]: многопредмет. науч. журн. / Моск. физ.-техн. ин-т. - Режим доступа: <http://zhurnal.mipt.rssi.ru>.

ОПИСАНИЕ СОСТАВНОЙ ЧАСТИ ДОКУМЕНТА.

Статья из книги.

Ткач, М. М. Технологическая подготовка гибких производственных систем / М. М. Ткач // Гибкие автоматизированные производственные системы / под ред. Л. С. Ямпольского. - Киев, 1995. - С. 42-78.

Статья из журнала.

Вольберг, Д. Б. Основные тенденции в развитии энергетики мира / Д. Б. Вольберг // Теплоэнергетика. - 1996. - № 5. - С. 5-12.

Статья из газеты.

Будиловский, Г. Здоровье человека - основа политики / Г. Будиловский // Калининградская правда. - 1997. - 28 янв. - С. 8.

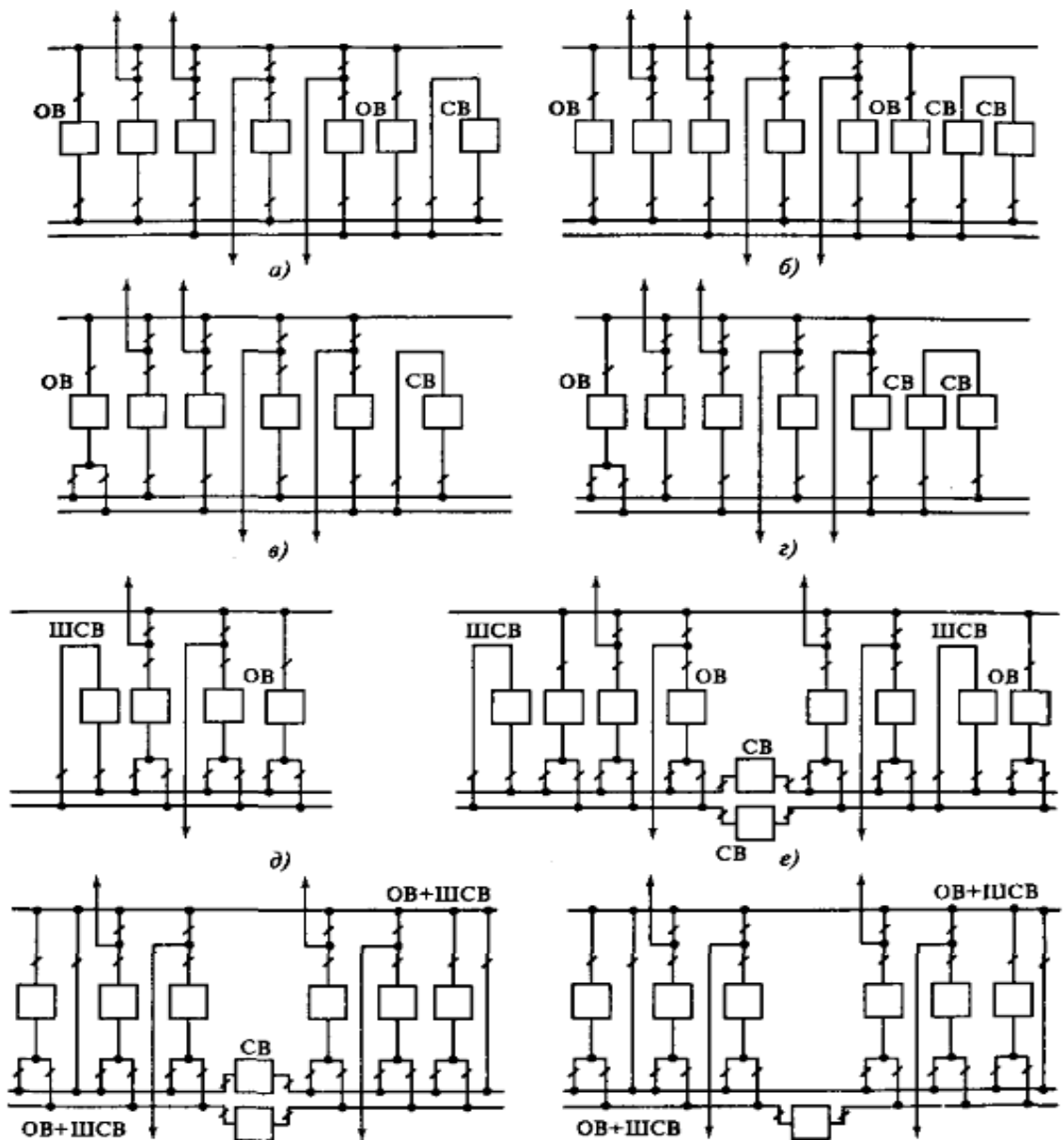
Статья из сборника трудов.

Минько, А. А. Методика определения уплотняющего усилия в торцовых прецизионных разъемах ТНВД / А. А. Минько // Эксплуатация судовых энергетических установок, систем и оборудование сельскохозяйственного производства : сб. науч. тр. / КГТУ. - Калининград: Изд-во КГТУ, 1994. - С. 57-61.

Приложение 4. Ценовые и энергетические показатели различных типов электростанций

Источник первичной энергии	Удельные капиталовложения, долл/кВт	Удельная стоимость эксплуатации, цент/кВт	Топливо		Себестоимость электроэнергии, цент/кВт*час
			коэффициент использования, %	цена, цент/кВт*час	
Возобновляемые источники энергии					
Ветер	≤1200-1600	1,0-2,0	20-40	0	4,0-4,7
Гидравлическая	900-3000	≥0,5	20-50	0	3,0 и выше
Фотоэлектрическая	6000-10000	1,5	10-20	0	≥20,0
Геотермальная	2400 и выше	1,0-1,6	70-85	0	5,0 и выше
Газификация биомассы	1100-1800	0,9-1,5	70-85	0,5-1,5	8,8
Газ свалок	550-1400	1,5-3,0	70-90	0	4,5-8,0
Городские отходы	3000-5600	5,0-8,0	70-85	-5,0**	4,3-7,0
Энергия приливов	Около 3500 и выше	Низкая	18-25	0	Около 1,0
Энергия волн	Мало реальных данных и нет коммерческого использования				≥16,0
Электростанции на ископаемом топливе					
Комбинированные газотурбинные	500-800	0,4-0,6	75-85	2,2-3,5	≥3,7
Угольные	1250-1700	0,5-0,8	75-85	1,3-2,0	5,5-8,0
Экологически чистые, угольные	1800-2400	1,2	75-85	1,5-2,0	≥7,0
Атомные	1700-2900	1,5-2,0	75-85	1,0-1,5	≥3,6-8,0

Приложение 5. Типовые схемы коммутаций присоединения одним выключателем



а — с одной секционированной системой сборных шин с отдельными обходными выключателями на каждой секции; *б* — то же, но с системой сборных шин, секционированной двумя последовательно включенными выключателями; *в* — с одной секционированной системой сборных шин с одним обходным выключателем; *г* — то же, но с системой сборных шин, секционированной двумя последовательно включенными выключателями; *д* — с двумя системами сборных шин; *е* — то же, но с секционированием обеих систем сборных шин, с двумя шиносоединительными и двумя обходными выключателями; *з* — то же, но с совмещением функций обходного и шиносоединительного выключателей; *ж* — то же, но с секционированием одной системы сборных шин; ОВ — обходной выключатель; СВ — секционный выключатель; ШСВ — шиносоединительный выключатель

Приложение 6. Темы курсовых проектов по дисциплине «Электрические станции и подстанции»

1. Проектирование генерирующего комплекса для электроснабжения автономного объекта на основе возобновляемых источников энергии.
2. Поверочные расчеты электрической части электрической части ТЭС: Приморская.
3. Поверочные расчеты электрической части электрической части ТЭС: Прегольская.
4. Поверочные расчеты электрической части электрической части ТЭС: Маяковская.
5. Проектирование электрической гидроэлектростанции..
6. Проектирование электрической части гидроаккумулирующей электростанции в Калининградской области.
7. Проектирование электрической части ветрогидроаккумулирующей электростанции в Калининградской области.
- 8 -11. Проектирование электрической части электростанции (всего 4) на основе твердых бытовых отходов.
12. Проектирование электрической части БиоЭС на использовании отходов свиноводства.
13. Проектирование ветропарка берегового базирования .
14. Проектирование ГеоЭС в КО.
15. Проектирование ТЭЦ на древесных отходах .
16. Проектирование электрической части БиоЭС на использовании отходов птицеводства.
17. Проектирование электрической части ТЭЦ на основе использования торфа.
18. Проектирование электрической части ТЭЦ (источник сырья быстрорастущие ивы).

Локальный электронный методический материал

Белей Валерий Феодосиевич

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ И ПОДСТАНЦИИ

Редактор И.В. Голубева

Уч.-изд. л. 2,6. Печ. л. 2,4.

Издательство федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Калининградский государственный технический университет».
236022, Калининград, Советский проспект, 1