

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

Д. К. Кугучева

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Учебно-методическое пособие – локальный электронный методический материал по изучению дисциплины для студентов бакалавриата по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Калининград
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
2023

УДК 621.311

Рецензент

кандидат технических наук, доцент кафедры энергетики
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»
М.С. Харитонов

Кугучева, Д. К.

Электрооборудование электростанций: учебно-методическое пособие – локальный электронный методический материал по изучению дисциплины «Электрооборудование электростанций» для студентов бакалавриата по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника / **Д. К. Кугучева.** – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 18 с.

В учебно-методическом пособии по изучению дисциплины содержится рекомендации по изучению теоретического материала и подготовке к практическим занятиям. Дано описание видов текущего контроля, критерии оценок и условия допуска к текущей и промежуточной аттестации.

Табл. – 3, рис. – 1, список литературы – 3 наименования

Локальный электронный методический материал. Учебно-методическое пособие. Рекомендовано к использованию в учебном процессе методической комиссией института морских технологий, энергетики и строительства 25.01.2023 г., протокол № 05

УДК 621.311

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Калининградский государственный
технический университет», 2023 г.
© Кугучева Д. К., 2023 г.

Оглавление

Введение	4
Критерии оценивания результатов освоения дисциплины	5
Структура учебно-методического пособия	7
1 Тематический план дисциплины	8
2 Содержание дисциплины.....	8
Раздел 1. Электрическая часть электростанций и подстанций	8
Раздел 2. Режимы работы основного электрооборудования электростанций и подстанций	9
Раздел 3. Проектирование электростанций и подстанций.....	10
Раздел 4. Электроэнергетические системы и сети.....	11
3 Методические указания по самостоятельной работе студентов	12
Заключение.....	14
Рекомендуемая литература.....	15
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	16

Введение

Дисциплина «Электрооборудование электростанций» обеспечивает формирование у обучающихся готовности к использованию системы знаний в области электроэнергетики.

Целью освоения дисциплины является формирование у студентов знаний и навыков по решению профессиональных задач, связанных с электрооборудованием электростанций, изучение основного электрооборудования, его характеристик и параметров, режимов и условий его работы, методов расчета и проверки на термическую и термодинамическую стойкость, изучение главных схем, схем собственных нужд, основ релейной защиты и автоматики.

Задачи изучения дисциплины:

- ознакомление обучающихся с назначением, основными параметрами, конструкцией и принципами работы электротехнического оборудования электростанций и подстанций;
- изучение схем электрических соединений электрических станций и подстанций, распределительных устройств, систем собственных нужд электроустановок;
- овладение методом расчета электрооборудования электростанций и подстанций и проверки на термическую и электродинамическую стойкость.

По завершении изучения дисциплины «Электрооборудование электростанций» у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

знать:

- основное электрооборудованием электростанций, его параметры, характеристики и режимы работы;
- главные схемы и схемы собственных нужд электростанций;
- основные элементы релейной защиты и автоматики;
- физические процессы электрического пробоя в различных средах;

уметь:

- выбрать электрическую схему электростанций в соответствии с технологическим процессом;
- выбрать электрическое оборудование;
- провести расчет токов короткого замыкания и проверку оборудования на электродинамическую и термодинамическую стойкость;

владеть:

- навыками конструктивного выполнения воздушных и кабельных линий электропередачи;
- навыками проектирования систем электроснабжения городов, промышленных предприятий;
- навыками выполнения и испытания изоляции высокого напряжения

Текущая и промежуточная аттестация студентов

Для проведения текущей аттестации используются следующие оценочные средства:

- устный опрос на практических занятиях (по очной форме обучения);
- проверка выполнения индивидуальных практических заданий (для всех форм обучения);
- тестовые задания по дисциплине (для всех форм обучения);
- контрольная работа (для заочной формы обучения) – приложение 1.

Промежуточная аттестация по дисциплине Электрооборудование электростанций проводится в форме зачета.

Критерии оценивания результатов освоения дисциплины

Устный опрос проводится на практических занятиях (по очной форме обучения) с целью уточнения правильного понимания рассматриваемых вопросов, оценивается как «верно» или «неверно».

Проверка выполнения индивидуальных практических заданий (для всех форм обучения) осуществляется по критерию: «зачтено» или «не зачтено». Задание считается невыполненным, если в результатах расчетов допущены грубые

ошибки, повлиявшие на общий результат, использованы устаревшие (недействующие) нормативные документы, неправильно составлен рабочий чертеж (схема).

Тестовые задания по дисциплине Электрооборудование электростанций используются для оценки освоения тем дисциплины студентами. Тестирование обучающихся проводится на занятиях после изучения на лекциях соответствующих разделов.

По итогам выполнения тестовых заданий оценка выставляется по пятибалльной шкале в следующем порядке при правильных ответах на:

- 85–100 % заданий – оценка «5» (отлично);
- 70–84 % заданий – оценка «4» (хорошо);
- 51–69 % заданий – оценка «3» (удовлетворительно);
- менее 50 % – оценка «2» (неудовлетворительно).

Зачет выставляется по результатам текущего контроля успеваемости при условии выполнения и успешной защиты практических заданий, контрольной работы (для студентов заочной формы обучения).

Положительные результаты оцениваются оценкой «зачтено». Результат зачета объявляется обучающемуся непосредственно после его сдачи и заносится преподавателем в электронную ведомость. Оценивание результатов аттестации («зачтено» или «не зачтено») осуществляется в соответствии со следующими критериями:

«зачтено» - изучен весь объем учебного материала по дисциплине, верно выполнены индивидуальные практические задания, верно выполнена контрольная работа (для заочной формы обучения), ответы на вопросы при сдаче зачета являются полными.

«не зачтено» - при отсутствии одного и более критериев, представленных выше.

Структура учебно-методического пособия

Структура учебно-методического пособия представлена тематическим планом изучаемой дисциплины, содержащим: темы занятий; содержание занятий; указания для самостоятельной работы студентов по изучению отдельных тем. Также пособие содержит список рекомендованной литературы. Содержание и структура практических занятий изложены в учебно-методическом пособии по проведению практических занятий по дисциплине.

1. Тематический план дисциплины

Разделы и темы занятий приведены в таблице 1.1. Для заочной формы обучения предполагается изучение тем 1.4, 2.2, 3.1, 4.1, 4.2, 4.3 самостоятельно.

Таблица 1.1 – Разделы и темы занятий по дисциплине

№ п/п	Темы занятий по дисциплине
1	Раздел 1. Электрическая часть электростанций и подстанций
1.1	Типы электростанций и их особенности
1.2	Электрическое оборудование электростанций и подстанций
1.3	Главные схемы электростанций и подстанций
1.4	Заземляющие устройства электроустановок
2	Раздел 2. Режимы работы основного электрооборудования электростанций и подстанций
2.1	Режимы синхронных генераторов
2.2	Режимы работы электродвигателей
2.3	Режимы трансформаторного оборудования
3	Раздел 3. Проектирование электростанций и подстанций
3.1	Основы проектирования
3.2	Электрическая часть
3.3	Конструкции электрической части электростанций и подстанций
4	Раздел 4. Электроэнергетические системы и сети
4.1	Структура электрических сетей
4.2	Устройство электрических сетей
4.3	Режимы и проектирование электрических сетей

Примечание: Чтение лекций осуществляется традиционным способом с использованием технических средств обучения.

2. Содержание дисциплины

Раздел 1. Электрическая часть электростанций и подстанций

1.1 Типы электростанций и их особенности

Особенности технологического процесса функционирования электрических станций различного типа. Вопросы экологии при эксплуатации электростанций.

1.2 Электрическое оборудование электростанций и подстанций

Графики нагрузки электрических станций и их регулирование. Оборудование электростанций. Влияние роста единичной мощности генераторов, силовых трансформаторов, электродвигателей и электростанций в целом на построение схем электрических соединений электростанций и требования к электрическим аппаратам и проводникам.

1.3 Главные схемы электростанций и подстанций

Особенности структуры главных схем и схем собственных нужд электростанций различного типа. Термическое и динамическое воздействие токов короткого замыкания. Методы и средства ограничения токов короткого замыкания. Координация уровней токов короткого замыкания. Эксплуатационные характеристики аппаратов, методика их выбора. Эксплуатационные характеристики и конструктивные особенности токоведущих элементов и контактных соединений, методика их выбора.

1.4 Заземляющие устройства электроустановок

Заземляющие устройства электроустановок.

Вопросы, выносимые для самостоятельного изучения (повторения):

Источники электрической энергии в электроэнергетических системах. Особенности технологического процесса функционирования электрических станций различного типа: тепловых, атомных, гидравлических и других. КЭС: особенности электрической части. ТЭЦ: особенности электрической части. АЭС: особенности электрической части. Вопросы экологии при эксплуатации электростанций. Структура и основные параметры электроэнергетической системы России

Форма проведения занятий по данной теме:

Предусмотрены занятия лекционного (лекции) и семинарского (практические и лабораторные занятия) типов. Задания представлены в соответствующих методических пособиях. Номера необходимых к выполнению практических и лабораторных работ задаются преподавателем.

Раздел 2. Режимы работы основного электрооборудования электростанций и подстанций

2.1 Режимы синхронных генераторов

Режимы работы синхронных генераторов, синхронных компенсаторов, синхронных двигателей и их систем возбуждения. Методика анализа режимов работы синхронных машин.

2.2 Режимы работы электродвигателей

Режимы работы асинхронных и синхронных электродвигателей собственных нужд электростанций в нормальных и аномальных условиях.

2.3 Режимы трансформаторного оборудования

Режимы работы силовых трансформаторов и автотрансформаторов на электростанциях и подстанциях.

Вопросы, выносимые для самостоятельного изучения (повторения):

Генераторы, трансформаторы, электрические аппараты, коммутационные аппараты, электродвигатели, токоведущие элементы, изоляторы. Синхронные и асинхронные генераторы. Синхронные и асинхронные электродвигатели. Выключатели переменного тока. Разъединители. Шины, шинопроводы, токопроводы. Измерительные трансформаторы.

Форма проведения занятий по данной теме:

Предусмотрены занятия лекционного (лекции) и семинарского (практические и лабораторные занятия) типов. Задания представлены в соответствующих методических пособиях. Номера необходимых к выполнению практических и лабораторных работ задаются преподавателем.

Раздел 3. Проектирование электростанций и подстанций

3.1 Основы проектирования

Основы проектирования электростанций. Состав и основные характеристики систем автоматизированного проектирования (САПР) электрических установок.

3.2 Электрическая часть

Проектирование главной электрической схемы. Проектирование электроустановок собственных нужд. Проектирование системы управления.

3.3 Конструкции электрической части электростанций и подстанций

Конструкция распределительных устройств. Основные характеристики комплектных распределительных устройств (КРУ). Компоновка электрических станций и подстанций. Методы оценки технико-экономических показателей и надежности схем электрических соединений электроустановок.

Вопросы, выносимые для самостоятельного изучения (повторения):

Распределительные устройства (РУ). РУ с одной системой сборных шин. РУ с двумя системами сборных шин. РУ с двумя системами сборных шин ГРУ ТЭЦ. Типы главных схем подстанций. Схемы систем собственных нужд электростанций и подстанций. РУ с двумя системами сборных шин и обходной шиной. РУ по схеме четырехугольника. РУ по схеме шестиугольника. РУ по схеме 3/2 и 4/3. Упрощенные схемы РУ. Системы постоянного оперативного тока.

Форма проведения занятий по данной теме:

Предусмотрены занятия лекционного (лекции) и семинарского (практические и лабораторные занятия) типов. Задания представлены в соответствующих методических пособиях. Номера необходимых к выполнению практических и лабораторных работ задаются преподавателем.

Раздел 4. Электроэнергетические системы и сети

4.1 Структура электрических сетей

Основные сведения об истории развития энергетики. Модели оптимального развития энергосистем.

Особенности оптимизации структуры энергосистемы при ее проектировании и развитии (структура и размещение электростанций, структура электрических сетей).

Методы оптимизации развития и функционирования энергосистем: линейное и нелинейное математическое программирование.

4.2 Устройство электрических сетей

Электрические станции, электрические сети, потребители электроэнергии как элементы энергосистем.

Сведения об условиях работы и конструктивном исполнении линий электропередачи электрических сетей. Основные сведения о проектировании конструктивной части воздушных линий.

Режимы заземления нейтралей в сетях различного напряжения.

Характеристики и параметры элементов электрической сети.

Элементы теории передачи энергии по линиям электрической сети. Расчеты установившихся режимов электрических сетей, требования к режимам. Регулирование режимов электрических сетей.

Основы технико-экономических расчетов электрических сетей. Качество электрической энергии. Регулирование напряжения в электроэнергетических системах, районных электрических сетях и системах электроснабжения.

4.3 Режимы и проектирование электрических сетей

Проектирования электрических сетей, выбор их основных параметров при проектировании.

Требования к электрическим схемам распределительных сетей. Потери электроэнергии в распределительных сетях, структура потерь. Применение различных методов расчета потерь в зависимости от исходных данных. Методы и средства снижения потерь электроэнергии.

Методы расчета нормируемых ГОСТом показателей качества электроэнергии. Методы и средства введения показателей качества электроэнергии в допустимые ГОСТ пределы.

Вопросы, выносимые для самостоятельного изучения (повторения):

Режимы работы электроэнергетических систем. Определения терминов. Нормальные режимы работы электроэнергетических систем. Выбор проводов и кабелей по допустимому нагреву. Расчет и выбор параметров электрических сетей по потере напряжения. Определение расчетных нагрузок и выбор источников питания.

Форма проведения занятий по данной теме:

Предусмотрены занятия лекционного (лекции) и семинарского (практические и лабораторные занятия) типов. Задания представлены в соответствующих методических пособиях. Номера необходимых к выполнению практических и лабораторных работ задаются преподавателем.

3. Методические указания по самостоятельной работе студентов

Самостоятельная работа студентов – это планируемая работа, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия, является одним из основных видов деятельности обучающихся.

Самостоятельная работа студентов включает в себя изучение лекционного материала и первоисточников, подготовку к практическим занятиям и сообщения, выступления на групповых занятиях, другие задания преподавателя, а также работу над курсовым проектом.

Целью самостоятельных занятий является более глубокое изучение студентами отдельных вопросов курса с использованием рекомендуемой дополнительной литературы и других информационных источников.

Задачами самостоятельной работы обучающихся являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умения использовать нормативную и справочную литературу;

- развитие познавательных способностей и активности, творческой инициативы, ответственности и организованности.

Основными формами внеаудиторной самостоятельной работы, используемыми при изучении дисциплины «Электрооборудование электростанций», являются индивидуальные занятия, включающие:

- изучение программного материала дисциплины (работа с учебником и конспектом лекции);

- изучение и конспектирование рекомендуемых источников;

- работа с электронными информационными ресурсами (ЭИОС КГТУ) и ресурсами Internet;

- подготовка презентаций;

- работа с компьютерными программами;

- получение консультаций по вопросам изучаемой дисциплины (очно, в дни консультаций по расписанию; в любой доступной форме в электронной образовательной среде ЭИОС КГТУ и другими доступными способами);

- поиск (подбор) литературы (в том числе электронных источников информации) по заданной теме;

- подготовка к зачету и другим формам контроля.

Для подготовки к занятиям, текущему контролю и промежуточной аттестации обучающиеся могут воспользоваться электронной библиотекой Университета, где имеется возможность получить доступ к учебно-методическим материалам как библиотеки Университета, так и иных электронных библиотечных систем. Также студенты могут взять на дом необходимую литературу на абонементе или воспользоваться читальным залом. Ответы на вопросы, выносимые для самостоятельного изучения (повторения), должны быть кратко законспектированы в тетради для лекций. При подготовке к практическим занятиям студентам рекомендуется изучить лекционный материал, а также вопросы, выносимые для самостоятельного изучения.

Заключение

В настоящем учебно-методическом пособии даны рекомендации по изучению курса «Электрооборудование электростанций». Объем сведений, рассматриваемых в настоящем курсе, призван обеспечить лишь необходимый уровень знаний и умений студентов-бакалавров и предполагает значительный объем самостоятельной работы.

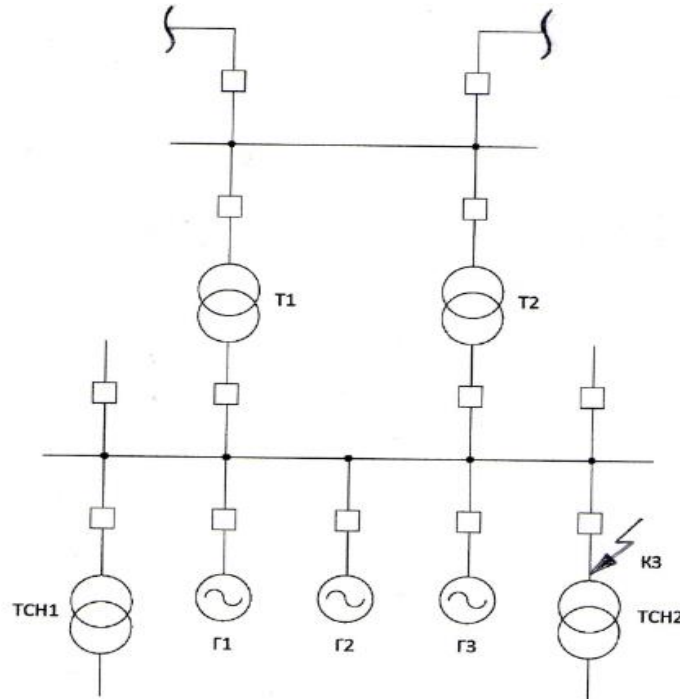
В данном пособии содержится рекомендации по изучению теоретического материала и подготовке к практическим занятиям. Полученные знания в области электроэнергетики, полученные с использованием данного курса, позволят будущим специалистам в дальнейшем успешно решать практические задачи в области производства электроэнергии.

Рекомендуемая литература

1. Балаков, Ю. Н. Проектирование схем электроустановок : учеб. пособие / Ю. Н. Балаков, М. Ш. Мисриханов, А. В. Шунтов. - 3-е изд., стер. - Москва : МЭИ, 2009. - 287 с.
2. Вольдек, А.И. Электрические машины. Введение в электромеханику. Машины постоянного тока и трансформаторы : учеб. / А. И. Вольдек, В. В. Попов . - Санкт-Петербург [и др.] : Питер, 2008. - 319 с.
3. Сибикин, Ю.Д. Эксплуатация электрооборудования электростанций и подстанций [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов высших учебных заведений / Ю.Д. Сибикин. - Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2017. - 448 с. (ЭБС «Университетская библиотека онлайн»).

ЗАДАНИЯ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

Проверить на термическую стойкость токопровод. Исходные данные к контрольной работе представлены в таблице 1.



Электрическая схема станции

Исходные данные по контрольной работе.

Таблица 1 - Данные турбогенератора Г1 и ГN ($\cos\varphi_{\text{НОМ}} = 0,8$).

Вариант	Мощность, МВт	Напряжение, кВ	$T_{\text{АГ}}$, Сек	X_d^{11}
1	100	10,5	0,3	0,125
2	160	15,76	0,25	0,25
3	60	6,3	0,26	0,132
4	25	10,5	0,3	0,15
5	25	6,3	0,2	0,15

Таблица 2 - Данные трансформаторов собственных нужд

Вариант	Мощность, МВА	$\cos\varphi_{\text{НОМ}}$
1	10	0,85
2	16	0,9
3	25	0,85
4	10	0,75
5	16	0,8

Преподаватель по комбинации из таблиц 1 и 2 задает данные по турбогенератору и трансформатору собственных нужд, что формирует вариант контрольной работы. Причем число генераторов задается преподавателем в количестве от 2 до 3.

Студенту необходимо выбрать тип трансформатора связи Т1 и Т2. Далее рассчитать сопротивление системы X_C . Аперiodическую постоянную систему принять равной 0,06 с.

Далее выбрать по наибольшему продолжительному току и проверить на термическую стойкость алюминиевые шины к трансформатору собственных нужд станции (рисунок).

Пример решения аналогичной задачи приведен в учебном пособии: Электрическая часть станций и подстанций: учеб. для вузов по спец. "Электр. станции" / И. П. Крючков [и др.] ; под ред. А. А. Васильева. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Энергоатомиздат, 1990. - 575 с.

Локальный электронный методический материал

Дарья Константиновна Кугучева

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Редактор И. Голубева

Локальное электронное издание
Уч.-изд. л. 1,4. Печ. л. 1,2.

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