

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

**С. А. Панкратов**

## **АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ СТАНЦИЯМИ**

Учебно-методическое пособие – локальный электронный методический  
материал по изучению дисциплины для студентов бакалавриата  
по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Калининград  
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»  
2023

Рецензент

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

**Панкратов, С. А.**

Автоматизированные системы управления электрическими станциями: учеб.-методич. пособие – локальный электронный методический материал по изучению дисциплины для студ. бакалавриата по направлению подгот. 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника / **С. А. Панкратов.** – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 30 с.

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

Табл. – 9, рис. – 1, список литературы – 4 наименования

Локальный электронный методический материал. Учебно-методическое пособие. Рекомендовано к использованию в учебном процессе методической комиссией института морских технологий, энергетики и строительства 31.05.2023 г., протокол № 09

## Оглавление

Введение .....	4
1 Содержание дисциплины.....	7
2 Общие указания по изучению дисциплины .....	12
3 Методические указания по самостоятельной работе студентов .....	15
4 Материалы для практических занятий.....	18
5 Материалы для контрольной работы .....	26
Заключение.....	28
Библиографический список.....	29

## **Введение**

Дисциплина «Автоматизированные системы управления электрическими станциями» входит в модуль по выбору 1 «Электрические станции» образовательной программы 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Целью освоения дисциплины является формирование знаний и навыков в области электрических станций в части автоматизированных систем управления технологическим процессам, необходимых для обеспечения требуемых режимов и заданных параметров их эксплуатации.

Основные задачи дисциплины заключаются в следующем:

- изучение общих понятий об энергетической системе России и систем управления энергетическими объектами;
- изучение общей структуры и принципов управления электростанциями;
- формирование знаний, умений и навыков для анализа, проектирования и эксплуатации современных систем и комплексов в области автоматизации управления электрическими станциями.

По завершении изучения дисциплины у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

### Знать:

- общие принципы управления электростанциями;
- силовое оборудование и его технологические связи при производстве и передачи электроэнергии;
- элементную базу АСУ электростанциями;
- основы алгоритма ликвидации аварий и восстановления нормального режима функционирования.

### Уметь:

- выбирать из каталогов технические средства АСУ электростанциями;
- рассчитывать электрические параметры схем;
- выбирать необходимые меры по ликвидации и восстановлению нормального режима функционирования электротехнического оборудования.

### Владеть:

- методами оперативного управления контролем АСУ электростанциями;
- методами диагностики электрооборудования электростанциями;
- навыками ликвидации аварий и восстановление нормального режима функционирования электротехнического оборудования.

Дисциплина изучается в течение 8 семестра. Общая трудоемкость дисциплины составляет 180 академических часов. Для студентов очной формы обучения учебным планом предусмотрены лекции (32 ч) и практические занятия (32 ч). Для студентов заочной формы обучения учебным планом предусмотрены лекции (4 ч) и практические занятия (6 ч).

### *Текущая и промежуточная аттестация студентов*

Для оценки результатов освоения дисциплины используются:

- оценочные средства текущего контроля успеваемости;
- оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине.

К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся:

- тестовые задания;
- задания по темам практических занятий;
- задания по контрольной работе (для студентов заочной формы обучения).

К оценочным средствам для промежуточной аттестации по дисциплине, проводимой в форме экзамена, относятся:

- вопросы к экзамену.

Тестовые задания 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 соответствии с критериями, представленными в таблице 1.

Результаты выполнения практических заданий, представленных в четвертом разделе пособия, оцениваются по системе «зачтено / не зачтено» в соответствии с критериями, представленными в таблице 1.

Контрольная работа (для обучающихся по заочной форме обучения) выполняется в виде реферата по индивидуальному варианту задания. Защита контрольной работы проводится по содержанию работы. В ходе защиты оценивается степень владения студента предметной областью и соответствующим методологическим аппаратом. Результаты защиты контрольной работы оцениваются по системе «зачтено / не зачтено» в соответствии с критериями, представленными в таблице 1.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена. Экзамен проходит в форме ответа на экзаменационные вопросы, содержащиеся в экзаменационном билете. Экзаменационный билет содержит два экзаменационных вопроса. Перечень вопросов к экзамену приведен в фонде оценочных средств по дисциплине. Оценка за экзамен выставляется по пятибалльной шкале в соответствии с критериями, представленными в таблице 1.

### *Структура учебно-методического пособия*

Структура учебно-методического пособия включает перечень разделов и тем, изучаемых в дисциплине, содержание каждой темы дисциплины, указания по изучению дисциплины, указания для самостоятельной работы студентов, задания для практических занятий, задания по контрольной работе, библиографический список.

Таблица 1 – Система оценок и критерии выставления оценки

Система оценок	2	3	4	5
	0-40 %	41-60 %	61-80 %	81-100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
Критерий				
<b>1 Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов</b>	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	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
<b>2 Работа с информацией</b>	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
<b>3. Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта</b>	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
<b>4. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач</b>	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

## 1 Содержание дисциплины

### *Тема 1 Введение*

Цели и задачи дисциплины, ее место и значение в электроэнергетике. Содержание дисциплины, источники информации.

Форма проведения занятия: лекция.

Рекомендуемая литература:

1. Костин, В.Н. Электроэнергетические системы и сети: учеб. пособие / В. Н. Костин. - Санкт-Петербург: Троицкий мост, 2015. - 304 с.

*Тема 2 Общие понятия об энергетической системе. Электростанции в энергетической системе России.*

Общее понятие об энергетической системе России. Виды энергосистем по составу генерирующих мощностей. Структура мощностей в энергосистеме. Производственный процесс энергетических объектов.

Форма проведения занятий: лекция.

Рекомендуемая литература:

1. Ананичева, С.С. Модели развития электроэнергетических систем [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.С. Ананичева, П.Е. Мезенцев, А.Л. Мызин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина. - Екатеринбург: УрФУ, 2014. - 149 с. (ЭБС «Университетская библиотека онлайн»)

### *Тема 3 Требования к электроснабжению потребителей*

Обеспечение бесперебойности электроснабжения. Надежность электроснабжения. Обеспечение качества энергии. Экономичность энергоснабжения потребителей.

Форма проведения занятий: лекции и практические занятия.

Рекомендуемая литература:

1. Костин, В.Н. Электроэнергетические системы и сети: учеб. пособие / В. Н. Костин. - Санкт-Петербург: Троицкий мост, 2015. - 304 с.

### *Тема 4 Иерархичность управления энергетическими системами*

Принципы управления энергетической системе России. Уровни управления энергетической системе России. Состав Единой энергетической системы

(ЕЭС) России. Объединенные энергетические системы ЕЭС России. Параллельная работа с энергосистемами приграничных государств. Энергосистема Калининградской области.

Форма проведения занятий: лекция.

Рекомендуемая литература:

1. Костин, В.Н. Электроэнергетические системы и сети: учеб. пособие / В. Н. Костин. - Санкт-Петербург: Троицкий мост, 2015. - 304 с.

*Тема 5 Средства и системы управления энергетическими объектами. Оперативно-диспетчерское управление*

Средства и системы автоматического управления. Релейная защита, режимная и противоаварийная автоматика. Цифровое дистанционное управление объектами электроэнергетики. О частоте в Единой энергетической системе России. Диспетчерские системы управления в отечественной энергетике. Схема средств и систем оперативного управления энергетическими системами и объектами.

Форма проведения занятий: лекции и практические занятия.

Рекомендуемая литература:

1. Овчаренко, Н.И. Автоматика электрических станций и электроэнергетических систем: учеб. / Н. И. Овчаренко; ред. А. Ф. Дьяков. - Москва: Изд-во НЦ ЭНАС, 2000. – 503 с.

2. Переходные процессы в электроэнергетических системах: учеб. / И. П. Крючков [и др.]. - 2-е изд., стер. - Москва: МЭИ, 2009. - 414 с.

*Тема 6 Уровни автоматизированных систем управления предприятием*

Информационные потоки АСУТП и АСУП предприятия. Задачи в иерархии управления производством. Пирамида классификации аппаратных и программных средств по уровням автоматизации предприятия.

Форма проведения занятий: лекции.

Рекомендуемая литература:

1. Овчаренко, Н.И. Автоматика электрических станций и электроэнергетических систем: учеб. / Н. И. Овчаренко; ред. А. Ф. Дьяков. - Москва: Изд-во НЦ ЭНАС, 2000. - 503с.

*Тема 7 Динамика развития информационно-измерительных и информационно-вычислительных систем ТЭС. Техничко-экономические показатели ТЭС*

Цель развития автоматизации технологических процессов и централизации систем управления механизмов электростанций. Требования повышения энергетической эффективности на законодательном уровне. Техничко-экономические показатели для оценки эффективности работы электростанции. Информационно-измерительные и информационно-вычислительные системы ТЭС.

Форма проведения занятий: лекции и практические занятия.

Рекомендуемая литература:

1. Овчаренко, Н.И. Автоматика электрических станций и электроэнергетических систем: учеб. / Н. И. Овчаренко; ред. А. Ф. Дьяков. - Москва: Изд-во НЦ ЭНАС, 2000. – 503 с.

*Тема 8 АСУТП как системообразующая структура энергоблока ТЭС*

Системы контроля и управления (СКУ) и информационно-вычислительные системы (ИВС). Техническая структура современных автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП), обзор АСУ ТП ГТУ-ТЭЦ «Маяк-Энергия». Функции АСУТП тепловых электростанций

Форма проведения занятий: лекции и практические занятия.

Рекомендуемая литература:

1. Овчаренко, Н.И. Автоматика электрических станций и электроэнергетических систем: учеб. / Н. И. Овчаренко; ред. А. Ф. Дьяков. - Москва: Изд-во НЦ ЭНАС, 2000. – 503 с.

*Тема 9 Базовые технические средства АСУ ТП. Роль и место промышленных компьютеров и контроллеров в структуре систем управления*

Классы базовых устройств в многоуровневой системе автоматизации и управления современным электростанциями – промышленные компьютер и контроллеры. Выбор между промышленным компьютером и контроллером. Виды управления и способы связи элементов в системе автоматизации с применением локальных устройств связи с объектом. Цель функциональной децентрализации системы контроля и управления.

Форма проведения занятий: лекции.

Рекомендуемая литература:

1. Овчаренко, Н.И. Автоматика электрических станций и электроэнергетических систем: учеб. / Н. И. Овчаренко; ред. А. Ф. Дьяков. - Москва: Изд-во НЦ ЭНАС, 2000. – 503 с.

*Тема 10 Промышленные компьютеры. Основные типы и классы. Принципы и особенности конструктивного и логического построения*

Отличительные особенности промышленных компьютеров от офисных. Классификация и виды промышленных компьютеров. Модули промышленных компьютеров и основные конструктивные решения по их объединению. Спецификации и стандарты компьютерных модулей. Особенности программного обеспечения.

Форма проведения занятий: лекции и практические занятия.

Рекомендуемая литература:

1. Овчаренко, Н.И. Автоматика электрических станций и электроэнергетических систем: учеб. / Н. И. Овчаренко; ред. А. Ф. Дьяков. - Москва: Изд-во НЦ ЭНАС, 2000. – 503 с.

*Тема 11 Промышленные контроллеры. Виды, классификация контроллеров. Критерии выбора контроллеров.*

Специализированные и универсальные контроллеры. Архитектура свободно программируемых контроллеров, совокупность общих структурных и логических подходов к созданию аппаратных средств, программного обеспечения и принципов организации взаимосвязанной работы их компонентов. Классификация свободно-программируемых контроллеров. Стандарт МЭК 61131 «Промышленные контроллеры».

Форма проведения занятий: лекции и практические занятия.

Рекомендуемая литература:

1. Овчаренко, Н.И. Автоматика электрических станций и электроэнергетических систем: учеб. / Н. И. Овчаренко; ред. А. Ф. Дьяков. - Москва: Изд-во НЦ ЭНАС, 2000. – 503 с.

*Тема 12 Программно-технические комплексы средств создания АСУТП. Состав и характеристики комплексов. Классификация ПТК. Особенности выбора ПТК*

Структура, стандартизация, типизация и открытость программно-технических комплексов (ПТК). Общие требования к подсистемам ПТК. Состав, характеристики и классификация ПТК. Особенности выбора ПТК.

Форма проведения занятий: лекции и практические занятия.

Рекомендуемая литература:

1. Овчаренко, Н.И. Автоматика электрических станций и электроэнергетических систем: учеб. / Н. И. Овчаренко; ред. А. Ф. Дьяков. - Москва: Изд-во НЦ ЭНАС, 2000. – 503 с.

*Тема 13 Цифровые промышленные сети. Общие принципы их построения. Типовые сетевые протоколы*

Требования к промышленным сетям. Системы и средства передачи информации. Построение вычислительной сети в условиях режима реального времени. Уровни модели взаимодействия открытых систем. Типовые промышленные проводные и кабельные сетевые протоколы. Специализированные сетевые интерфейсы. Преобразователи интерфейсов.

Форма проведения занятий: лекции и практические занятия.

Рекомендуемая литература:

1. Овчаренко, Н.И. Автоматика электрических станций и электроэнергетических систем: учеб. / Н. И. Овчаренко; ред. А. Ф. Дьяков. - Москва: Изд-во НЦ ЭНАС, 2000. – 503 с.

*Тема 14 Устройства связи с объектами (УСО). Общее назначение и классификация УСО. Интеллектуальные датчики и исполнительные устройства.*

Назначение и место УСО в структуре систем управления. Назначение и виды датчиков и исполнительных устройств.

Форма проведения занятий: лекции и практические занятия.

Рекомендуемая литература:

1. Овчаренко, Н.И. Автоматика электрических станций и электроэнергетических систем: учеб. / Н. И. Овчаренко; ред. А. Ф. Дьяков. - Москва: Изд-во НЦ ЭНАС, 2000. – 503 с.

*Тема 15 Типовые средства организации человеко-машинного интерфейса. Операторные панели. Панельные контроллеры.*

Назначение, функции и средства организации человеко-машинного интерфейса. Области знаний для проектирования человеко-машинного интерфейса. Виды и назначение операторных панелей и панельных контроллеров.

Форма проведения занятий: лекции и практические занятия.

Рекомендуемая литература:

1. Овчаренко, Н.И. Автоматика электрических станций и электроэнергетических систем: учеб. / Н. И. Овчаренко; ред. А. Ф. Дьяков. - Москва: Изд-во НЦ ЭНАС, 2000. – 503 с.

*Тема 16 Пути и средства интеграции уровней АСУ. Горизонтальная и вертикальная интеграция в АСУ. Стандарт OPC. SCADA-системы.*

Необходимость и преимущества интеграции уровней АСУ. Технология OPC в общей структуре многоуровневой АСУТП. Назначение и архитектура SCADA-системы. Области АСУ, охватываемые SCADA-системами.

Форма проведения занятий: лекции и практические занятия.

Рекомендуемая литература:

1. Овчаренко, Н.И. Автоматика электрических станций и электроэнергетических систем: учеб. / Н. И. Овчаренко; ред. А. Ф. Дьяков. - Москва: Изд-во НЦ ЭНАС, 2000. – 503 с.

## **2 Общие указания по изучению дисциплины**

При изучении дисциплины студентам целесообразно следовать следующим рекомендациям.

Для успешного освоения дисциплины необходимо знать и при необходимости повторить теоретический материал дисциплин: Электрические машины; Электрические и электронные аппараты; Электрические станции и подстанции, Электроэнергетические системы и сети, Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем.

Для понимания процессов в автоматизированных системах управления электрическими станциями необходимо освоить общие понятия об энергетической системе России и систем управления энергетическими объектами, общую структуру и принципы управления электростанциями. Помимо знаний о силовом оборудовании и элементов автоматизации электростанции, следует уяснить их технологические связи при производстве и передаче электроэнергии.

Сложные разделы полезно законспектировать, при этом излагая материал своими словами, что способствует лучшему пониманию и запоминанию.

Особенность заочной формы обучения, проходящей в основном в режиме самоподготовки, без непосредственного участия преподавателя, предполагает самостоятельное изучение дисциплины, работу с учебными пособиями и со справочной литературой, выполнение, оформление и защиту контрольной работы в виде реферата, подготовку к экзамену. Для хорошего усвоения материала нужна

систематическая работа с учебной и методической литературой. Нельзя приступать к изучению последующих разделов, не усвоив предыдущих. Для теоретической подготовки следует использовать только рекомендованные и изданные в авторитетных издательствах учебники и учебные пособия.

Задание на написание реферата выполняется в следующей последовательности:

- определяется тема в соответствии индивидуальным вариантом задания;
- поиск и изучение литературных источников по выбранной теме;
- составление плана;
- изложение материала по плану со ссылками на использованные источники;
- оформление реферата в соответствии с рекомендациями.

Реферат должен иметь следующую структуру: титульный лист, содержание, введение, основная часть (может включать несколько разделов), заключение, список использованной литературы.

Титульный лист является первым листом реферата. Он оформляется в соответствии с существующими в университете нормами. После титульного листа приводится «Содержание», где последовательно перечисляются заголовки разделов и подразделов и указываются номера страниц, с которых они начинаются. Все разделы и подразделы, кроме введения, заключения, списка использованной литературы и приложения, должны быть пронумерованы.

Введение – это краткое изложение всей работы. Здесь нужно определить предмет и объект исследования, обосновать актуальность выбранной темы, описать цель работы, выделить несколько задач, помогающих достичь цели, указать методы исследования.

Основная часть реферата, как правило, содержит несколько разделов, где излагаются результаты исследования, раскрывающие рассматриваемую проблему. Названия разделов должны быть сформулированы так, чтобы было понятно их содержание. Изложение подобранного по выбранной теме материала должно быть логичным и последовательным, выстроенным хронологически или по смыслу. В основной части могут быть представлены рисунки (схемы, графики и т. д.), таблицы, формулы.

Заключение является обобщением всего исследования. В заключении подводятся итоги всей работе, даются ответы на поставленные во введении задачи, формулируются выводы, делается заключение о достижении цели реферата.

Список использованной литературы должен содержать сведения об источниках, которые были использованы в процессе работы над рефератом. Рекомендуется использовать не менее пяти источников информации. При формировании списка лучше отдать предпочтение изданным за последние пять лет источникам.

Количество более старой литературы не должно превышать 30 % от общего объема списка использованных источников. Не допускается включение в список источников информации, которыми студент не пользовался. На каждый источник в тексте должна быть ссылка. Список использованной литературы оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления». Список формируется в алфавитном порядке или в порядке появления в тексте ссылок на использованные источники. Ссылки приводятся в квадратных скобках и соответствуют порядковому номеру источника в списке литературы.

Объем реферата должен быть от 8-10 листов основного текста (на введение и заключение выделяется по 1-2 страницы) и при необходимости представления информации в Приложениях - не более 30 листов.

Реферат выполняется печатным способом на стандартных листах формата А4 без рамок и распечатывается с одной стороны листа бумаги. Рекомендуется набирать текст работы шрифтом Times New Roman размером (кеглем) 12 через полуторный межстрочный интервал с выравниванием основного текста по ширине и автоматической расстановкой переносов. Цвет шрифта – черный. Отступ первой строки – 1,25 см. Поля страницы слева – не менее 30 мм, вверху, внизу и справа – не менее 20 мм. Номера страниц проставляются внизу, посередине. Титульный лист включается в общую нумерацию страниц работы, но номер страницы на нем не ставится. Заголовки разделов и подразделов печатаются полужирным шрифтом с выравниванием текста по центру. Подчеркивание и перенос слов в заголовках не допускается, точка в конце заголовка не ставится. От текста заголовки отделяются одним интервалом.

Рисунки, таблицы, формулы следует нумеровать арабскими цифрами. Нумерация может быть как сквозной по всему тексту, так и внутри раздела. В тексте реферата на все таблицы и рисунки обязательно должны быть ссылки. Таблицы и рисунки помещают после упоминания о них в тексте или на следующей странице. От основного текста рисунки, таблицы и формулы отделяются отступом в один интервал. Слово «Таблица» указывается слева над таблицей, следом идет номер и название таблицы. Если таблица занимает несколько страниц, то в начале каждой следующей страницы пишут: «Продолжение таблицы», с указанием ее номера. При этом столбцы таблицы должны быть пронумерованы. Рисунки нумеруются и подписываются снизу посередине. Если в реферате только одна таблица или один рисунок, они не нумеруются.

Изучение дисциплины должно вестись систематически. Не допускается приступать к изучению последующих разделов, не усвоив предыдущих.

Студент должен развивать навыки самостоятельной работы с технической литературой, что предполагает умение привлекать дополнительные источники.

Рекомендуется использовать рекомендованные, проверенные временем и изданные в авторитетных издательствах учебники и учебные пособия.

Важную роль играют практические занятия. Студент должен освоить методы расчетов оптимального режима энергосистемы по активной мощности, оптимального распределения активной нагрузки энергосистемы между ТЭС и между ТЭС и ГЭС. На практических занятиях с использованием специального стенда-тренажера учащийся должен получить практические навыки ввода на параллельную работу генераторов электростанции в ручном, полуавтоматическом и автоматическом режимах, изучить документацию и ознакомиться с составом, элементной базой оборудования и алгоритмом управления генераторными агрегатами. Работа со стендом-тренажером дает возможность непосредственно наблюдать явления и процессы, теория которых излагается в учебниках и на лекциях, увидеть различные режимы (в том числе аварийные) физической модели электростанции. Поэтому студент должен активно участвовать в выполнении всех работ на практических занятиях.

### **3 Методические указания по самостоятельной работе студентов**

#### **3.1 Общие положения о самостоятельной работе**

Самостоятельная работа, выполняемая студентами в аудиторное и внеаудиторное время - учебная деятельность, методически организованная преподавателем, без его непосредственного участия. Самостоятельная работа студентов является обязательной и неотъемлемой частью образовательного процесса.

Цели самостоятельной работы:

- систематизация, углубление, расширение и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений и навыков обучающихся;
- формирование умений использовать нормативную, справочную документацию, учебную и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности, творческой инициативы, самостоятельности, ответственности, организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, совершенствованию и самоорганизации;
- формирование профессиональных компетенций;
- развитие исследовательских умений.

Самостоятельная работа студентов в данной дисциплине реализуется в виде внеаудиторной самостоятельной работы – планируемой учебной деятельности студентов, выполняемой ими вне аудиторных занятий, самостоятельно, по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия. Внеаудиторная самостоятельная работа включает следующие формы:

- подготовка к лекциям;
- подготовка к практическим занятиям;
- конспектирование источников;
- работа с электронными ресурсами;
- чтение учебной литературы, конспектов лекций;
- подготовка и написание рефератов;
- подготовка к экзамену.

Задачи преподавателя по организации самостоятельной работы студента заключаются в следующем:

- информирование о разделах дисциплины, которые будут изучены самостоятельно;
- информирование о формах самостоятельной работы, сроках выполнения и формах контроля;
- разработка и выдача заданий для самостоятельной работы;
- проведение консультаций по вопросам выполнения заданий;
- контроль хода выполнения и результатов самостоятельной работы.

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется в процессе изучения дисциплины, а также в период проведения текущих консультаций. Используются следующие формы контроля самостоятельной работы:

- устные опросы;
- тестирования;
- проверка отчетов по практическим работам;
- прием экзамена.

### 3.2 Методические рекомендации по отдельным формам самостоятельной работы

#### *Самостоятельная работа с литературой*

Самостоятельная работа с учебниками, книгами, статьями является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации. От того насколько осознана читающим собственная внутренняя установка при обращении к источнику (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность обучения.

Выделяют четыре основные установки в чтении специальной литературы:

- информационно-поисковая (найти, выделить искомую информацию);
- усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить как сами сведения, излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений);

- аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему);
- творческая (создает готовность в том или ином виде использовать суждения автора, ход его мыслей, дополнить их, подвергнуть проверке).

Основным видом систематизированной записи прочитанного является конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного. Конспект позволяет всесторонне охватить содержание материала. Читая и конспектируя тот или иной раздел источника, необходимо твердо усвоить основные определения и понятия.

Особенно настоятельно рекомендуется выполнять рукописное изложение пройденного материала ходе изучения сложных вопросов. Хорошим методом контроля усвоения материала являются ответы на вопросы для самопроверки.

#### *Подготовка к практическим занятиям*

При подготовке к практическому занятию обучающемуся необходимо изучить лекционный материал по заданной теме, рекомендованные основную и дополнительную литературу; запомнить основные понятия и методы расчетов по выполняемой работе; соотнести теоретический материал по осваиваемой теме с теоретическим материалом по ранее изученным темам осваиваемого курса; также выполнить задания, рекомендованные для самостоятельного решения при подготовке к занятию.

#### *Подготовка к экзамену*

Подготовка к экзамену способствует закреплению, углублению и обобщению знаний, получаемых в процессе обучения, а также применению их к решению практических задач.

Основная задача подготовки к экзамену – устранить пробелы теоретических знаний, систематизировать знания, полученные в ходе освоения курса, осмыслить их практическое применение. Обучающимся рекомендуется использовать предэкзаменационную консультацию, которая будет проведена экзаменатором перед проведением экзамена по итогам курса, для устранения затруднений в подготовке к экзамену, для обсуждения с экзаменатором порядка проведения экзамена, требований к ответу.

## 4 Материалы для практических занятий

### Задание 1 – Критерий оптимальности режима энергосистемы по активной мощности

1. Изучить теоретические сведения и дать ответы на контрольные вопросы.
2. По заданному преподавателем номеру варианта выбрать исходные данные для работы и провести предварительную подготовку к ней. Построить необходимые графики и сделать выводы. Характеристики относительных приростов (ХОП) взять из таблицы 3.
3. Провести расчеты и оформить результаты.
4. Составить отчет, включающий все полученные данные, графики, распечатку и сделанные выводы.

Таблица 2 - Варианты исходных данных

ХОП № 1 и 2	№ варианта	1	2	3	4	5	6
	Рс, МВт	200	210	220	230	240	250
ХОП № 1 и 3	№ варианта	9	10	11	12	13	14
	Рс, МВт	220	230	240	250	260	270
ХОП № 3 и 4	№ варианта	17	18	19	20	21	22
	Рс, МВт	255	260	270	275	280	290

Таблица 3 - Характеристики относительных приростов

№ ХОП	Кт	В0	Параметры характеристик					
1	5	20	b, тyт/ МBт P, МBт	0,30 80	0,31 100	0,33 110	0,36 130	0,38 150
2	5	22	b, тyт/ МBт P, МBт	0,31 90	0,32 140	0,34 170	0,36 180	0,39 200
3	5	25	b, тyт/МBт P, МBт	0,32 120	0,33 140	0,35 160	0,38 190	0,40 210
4	5	30	b, тyт/МBт P, МBт	0,33 110	0,34 130	0,36 140	0,38 160	0,42 190

#### Контрольные вопросы

1. Дать определение расходной характеристики относительных приростов. В каких единицах они измеряются?
2. Как по расходной характеристике графически построить ХОП?

3. Как по ХОП приблизительно определить расходную характеристику?
4. На что используется минимальный расход топлива  $B_0$ ?
5. Вывести критерий оптимального распределения мощности между станциями.

## Задание 2 – Оптимизация распределения активной нагрузки энергосистемы между ТЭС

1. Изучить теоретические сведения и дать ответы на контрольные вопросы.
2. По номеру варианта, заданному преподавателем, подготовить исходные данные в следующем порядке:

- количество расчетных станций  $m$ ;
- количество расчетных интервалов  $t$  (допускается от 1 до 24 часов);
- график нагрузки энергосистемы;
- характеристики относительных приростов станций.

Сначала количество точек « $n$ » на ХОП и начальный расход  $B_0$ . Затем координаты точек ХОП:  $[b_1 P_1], \dots, [b_n P_n]$ ;

3. Построить характеристики  $b_i = f(P_i)$  для каждой из станций и суммарную  $b_c = f(P_c)$ .

4. Произвести графическое распределение графика  $P_c(t)$  между электростанциями. Результаты свести в таблицу 4.

Таблица 4 - Результаты графического распределения графика

Расчетный час	1	2	3	4
$P_c$ , МВт				
$P_1$ , МВт				
$P_2$ , МВт				
$P_n$ , МВт				

### Контрольные вопросы

1. Как записать функцию Лагранжа для концентрированной ЭЭС?
2. Дать определение составляющим функции Лагранжа.
3. Каким образом определяется минимум функции Лагранжа?
4. Каков критерий оптимального распределения активных мощностей между ТЭС?
5. Как практически решается задача оптимального распределения между ТЭС?
6. Как по определенным характеристикам  $b_i = f(P_i)$  станций построить  $b_c = f(P_c)$ ?

### Задание 3 – Оптимизация распределения активной нагрузки между ТЭС и ГЭС

1. Ознакомится с краткими теоретическими сведениями и ответить на контрольные вопросы.

2. Подготовить в соответствии с заданным преподавателем номером варианта исходные данные (таблица 5).

Таблица 5 - Варианты исходных данных

№ варианта	Расходные характеристики				График нагрузки ЭЭС				Расход воды	Начальное значение
		a <sub>0</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	Q <sub>3</sub>	$\lambda^{(0)}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
01	ГЭС	100	0,05	0,003	400	600	800	500	300	1,3
	ТЭС	60	0,05	0,003						
02	ГЭС	120	0,09	0,005	400	600	800	500	350	0,8
	ТЭС	60	0,05	0,003						
03	ГЭС	140	0,15	0,005	450	700	900	480	400	1,2
	ТЭС	100	0,20	0,003						
04	ГЭС	100	0,05	0,003	430	580	750	480	300	1,3
	ТЭС	60	0,05	0,003						
05	ГЭС	100	0,05	0,003	420	550	770	510	300	1,3
	ТЭС	60	0,05	0,003						
06	ГЭС	120	0,09	0,005	380	570	780	450	350	0,8
	ТЭС	80	0,10	0,002						
07	ГЭС	120	0,05	0,005	440	590	750	460	350	0,8
	ТЭС	80	0,10	0,002						
08	ГЭС	120	0,09	0,002	410	550	710	500	350	0,8
	ТЭС	80	0,10	0,005						
09	ГЭС	140	0,15	0,005	450	700	900	500	400	1,2
	ТЭС	100	0,20	0,003						
10	ГЭС	140	0,15	0,005	470	690	850	480	400	1,2
	ТЭС	100	0,20	0,003						
11	ГЭС	140	0,15	0,005	430	650	820	490	400	1,2
	ТЭС	100	0,20	0,005						
12	ГЭС	160	0,20	0,006	500	700	900	540	400	1,6
	ТЭС	120	0,20	0,004						
13	ГЭС	160	0,20	0,006	480	670	850	470	400	1,6
	ТЭС	120	0,20	0,004						
14	ГЭС	160	0,20	0,006	450	680	870	440	400	1,6
	ТЭС	120	0,20	0,004						
15	ГЭС	170	0,25	0,006	500	800	900	600	450	2
	ТЭС	140	0,20	0,005						

16	ГЭС	170	0,25	0,006	470	770	860	590	450	2
	ТЭС	140	0,20	0,005						
17	ГЭС	170	0,25	0,006	480	800	890	610	4450	2
	ТЭС	140	0,20	0,005						
18	ГЭС	160	0,20	0,006	600	800	1000	500	450	2,3
	ТЭС	160	0,25	0,005						
19	ГЭС	160	0,20	0,006	580	760	970	490	450	2,3
	ТЭС	160	0,25	0,005						
20	ГЭС	160	0,20	0,006	550	790	950	470	450	2,3
	ТЭС	160	0,25	0,005						
21	ГЭС	100	0,10	0,003	400	600	800	500	300	1
	ТЭС	80	0,5	0,002						
22	ГЭС	100	0,05	0,003	390	570	750	490	300	1
	ТЭС	80	0,10	0,002						
23	ГЭС	100	0,05	0,003	420	610	790	470	300	1
	ТЭС	80	0,10	0,002						
24	ГЭС	120	0,10	0,005	400	600	800	500	300	1,4
	ТЭС	60	0,09	0,003						
25	ГЭС	120	0,09	0,005	420	580	790	480	300	1,4
	ТЭС	60	0,05	0,003						

3. Провести расчёт, используя следующую информацию:

- общее количество ТЭС и ГЭС в энергосистеме;
- число расчётных интервалов;
- расходные характеристики ГЭС в виде полиномов

$$Q = a_0 + a_1 P_G + a_2 P_T^2,$$

- задать коэффициенты  $a_i$  в последовательности  $a_0, a_1, a_2$ ;
- задать расходные характеристики ТЭС

$$Q = c_0 + c_1 P_G + c_2 P_T^2;$$

- задать расход воды  $Q_{вод}$  и  $\lambda^{(i)}$  для каждой ТЭС;
- задать график нагрузки энергосистемы. Для каждого интервала  $T$  задаётся  $P_G = const$ ;
- задать желаемую точность расчёта  $\varepsilon$  в процентах к небалансу расхода воды  $\Delta Q$  на ГЭС.

Получить результат. Если небаланс  $|\Delta Q| < \varepsilon$ , то расчёт окончен. В противном случае введите новые значения  $\lambda^{(i)}$  в зависимости от величины и знака  $\Delta Q$ .

4. Заполнить таблицу результатов (таблица 6)

Таблица 6 – Результаты расчетов

$t$ , час	1	2	...	24
$P_G$ , МВт				
$Q_G$ , Мвар				
$P_T$ , МВт				
$Q_T$ , Мвар				

5. Определить окончательное значение  $\lambda$ , максимальный небаланс мощности  $\Delta Q$ , расходные характеристики ТЭС и ГЭС. График нагрузки энергосистемы представлен на рисунке 1.

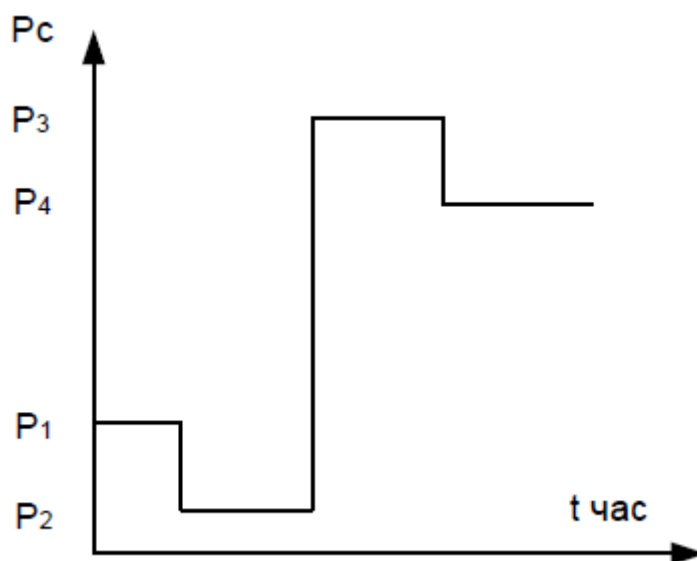


Рисунок 1 - График нагрузки энергосистемы

#### Контрольные вопросы

1. Каков вид принимает функция Лагранжа для схемы, содержащей ГЭС и ТЭС?
2. Что представляют собой составляющие функции Лагранжа?
3. Как определить минимальный расход условного топлива на ТЭС и ГЭС?
4. Что является критерием оптимального распределения нагрузки между ГЭС и ТЭС?
5. Что показывает функция Лагранжа?
6. Как определить значение  $\lambda$  методом подбора?

#### Задание 4 – Состав и содержание документации проекта АСУ ТП

1. Изучить теоретическую часть по теме практического занятия.
2. Подготовить проект раздела документации в соответствии с заданным преподавателем номером варианта (таблица 7).

Таблица 7 - Варианты исходных данных

№ варианта	Раздел документации
1	Документ "Ведомость проекта"
2	Документ "Пояснительная записка к проекту"
3	Документ "Описание автоматизируемых функций"
4	Документ "Описание постановки задач (комплекса задач)"
5	Документ "Общее описание системы"
6	Документ "Программа и методика испытаний (компонентов, комплексов средств автоматизации, подсистем, систем)"
7	Документ "Ведомость эксплуатационных документов"
8	Документ "Паспорт"
9	Документ "Формуляр"
10	Документ "Проектная оценка надежности системы"
11	Требования к содержанию документов с решениями по Техническому обеспечению
12	Документ "Описание комплекса технических средств"
13	Документ "План расположения оборудования АСУТП на объекте"
14	Документ "Схема структурная комплекса технических средств"
15	Документ "Спецификация оборудования"
16	Документ "Планы расположения оборудования и проводок в ЦПУ"
17	Документ "Чертеж общего вида системных шкафов и установки технических средств"
18	Документ "Таблица внутрисистемных соединений и подключений"
19	Документ "Таблица соединений кросс-система"
20	Документ "Схемы питания и заземления"
21	Документ "Схемы электрические принципиальные контуров измерения, регулирования, сигнализации и блокировок" (Loop Diagrams)
22	Документ "Инструкция по эксплуатации и обслуживанию КТС"
23	Документ "Схема соединения внешних проводок"
24	Документ "Схема подключения внешних проводок"
25	Требования к содержанию документов с решениями по Информационному обеспечению
26	Документ "Перечень входных и выходных сигналов РСУ"
27	Документ "Перечень входных и выходных сигналов ПАЗ"
28	Документ "Перечень сигналов взаимодействия РСУ и ПАЗ"
29	Документ "Описание информационного обеспечения системы"
30	Документ "Описание организации информационной базы"

№ варианта	Раздел документации
31	Документ "Описание систем классификации и кодирования"
32	Документ "Описание массивов исторических данных (архивов)"
33	Документ "Альбом документов и видеокадров"
34	Документ "Состав выходных данных (сигнализаций, сообщений)"
35	Документ "Каталог баз данных"
36	Документ "Инструкция по формированию и ведению базы данных"
37	Требования к содержанию документов с решениями по Стандартному программному обеспечению
38	Документ "Описание стандартного программного обеспечения"
39	Документ "Методы и средства разработки (конфигурирования)"
40	Требования к содержанию документов с решениями по Прикладному программному обеспечению
41	Документ "Описание и логические схемы алгоритмов"
42	Документ "Функциональные схемы автоматизации (P&IDs)"
43	Документ "Блок-схемы алгоритмов РСУ"
44	Документ "Блок-схемы алгоритмов ПАЗ"
45	Документ "Детальная конфигурация функциональных блоков"
46	Требования к содержанию документов с решениями по Организационному обеспечению
47	Документ "Описание организационной структуры"
48	Документ "Схема организационной структуры"
49	Документ "Технологическая инструкция"
50	Документ "Руководство пользователя"

### **Задание 5 – Состав и содержание технического задания на создание АСУ ТП**

1. Изучить теоретическую часть по теме практического занятия.
2. Подготовить проект раздела документации в соответствии с заданным преподавателем номером варианта (таблица 8).

Таблица 8 - Варианты исходных данных

№ варианта	Раздел технического задания для проработки
1	Титульный лист, общие сведения, назначение и цели создания Системы
2	Характеристика объекта автоматизации
3	Требования к Системе
4	Требования к функциям, реализуемым Системой
5	Требования к видам обеспечения
6	Состав и содержание работ по созданию АСУТП
7	Порядок контроля и приемки
8	Требования к составу и содержанию работ по подготовке объекта к вводу АСУТП в действие
9	Требования к документированию
10	Источники разработки
11	Программа и методика испытаний АСУТП
12	Назначение, цели создания, и функции АСУТП
13	Объект испытаний
14	Цель испытаний
15	Объем испытаний
16	Условия и порядок проведения испытаний <sup>9</sup>
17	Материально-техническое обеспечение испытаний
18	Метрологическое обеспечение испытаний
19	Оформление результатов испытаний
20	Процедура (методика) испытаний
21	Содержание организационно-распорядительных документов
22	Типовая форма Протокола организационного заседания комиссии
23	Типовая форма Протокола предварительных испытаний
24	Протоколы и отчеты по разделам Программы испытаний. АКТ Приемки АСУТП в опытную (промышленную) эксплуатацию
25	Программа и методика испытаний на площадке поставщика
26	Внутреннее тестирование поставщика
27	Объем испытаний в присутствии заказчика
28	Процедура (методика) испытаний

## 5 Материалы для контрольной работы

Задание по контрольной работе, выполняемой студентами заочной формы обучения, предполагает подготовку реферата. Реферат – это форма самостоятельной работы студентов. Написание реферата студентом рассматривается как творческое задание, выполняемое по учебной дисциплине, с целью самостоятельного приобретения студентом новых знаний и навыков чтения специальной литературы. Тема выбирается согласно варианту (таблица 9). Подготовка работы осуществляется студентом самостоятельно с использованием лекционного материала и учебной литературы.

Таблица 9 – Темы рефератов

Вариант	Тема
1	Принципы и особенности конструктивного и логического построения промышленных компьютеров АСУ электростанции
2	Особенности программного обеспечения промышленных компьютеров АСУ электростанции
3	Современные промышленные компьютеры АСУ электростанции.
4	Стандарт МЭК 61131 «Промышленные контроллеры»
5	Языки программирования программируемый логический контроллер АСУ электростанции
6	Современный рынок программируемый логический контроллер АСУ электростанции
7	Автоматизированная информационно-измерительная система коммерческого учета электроэнергии (АИИС КУЭ) электростанции
8	Система обмена технологической информацией с автоматизированной системой системного оператора (СОТИ АССО) электростанции
9	Система мониторинга переходных электрических режимов электростанции
10	Локальная автоматика предотвращения нарушения устойчивости (ЛАПНУ) электростанции
11	Программно-технические комплексы средств создания АСУТП электростанции
12	Типовые промышленные проводные и кабельные сетевые протоколы АСУ электростанции
13	Современные тенденции развития сетевых технологий в АСУ ТП электростанции

14	Система технологических обходов и осмотров оборудования электростанции - «Мобильный обходчик»
15	Устройства удаленного сбора данных и управления АСУ электростанции
16	Интеллектуальные датчики и исполнительные устройства АСУ электростанции
17	Типовые средства организации человеко-машинного интерфейса АСУ электростанции
18	Рынок операторных панелей в России
19	Панельные контроллеры и операторные панели на электростанциях
20	Преобразователи частоты для управления двигателями на электростанциях
21	Горизонтальная и вертикальная интеграция в АСУ электростанции
22	Технология стандарта OPC в АСУ электростанции
23	Диспетчерское управление и сбор данных. SCADA-системы АСУ электростанции
24	Горизонтальная и вертикальная интеграция в АСУ электростанции
25	Информационно-измерительных и информационно-вычислительных систем электростанций
26	АСУТП как системообразующая структура энергоблока ТЭС

## **Заключение**

В учебно-методическом пособии даны рекомендации по изучению дисциплины «Автоматизированные системы управления электростанциями». Объем сведений, рассматриваемых на аудиторных занятиях по данной дисциплине, обеспечивает формирование базового уровня знаний и умений студентов и предполагает значительный объем самостоятельной работы для более широкого и качественного освоения основных тем дисциплины.

В пособии содержатся рекомендации по изучению теоретического материала, выполнению практических заданий, контрольных работ и самостоятельной подготовке. Знания, умения и навыки в соответствующем разделе электроэнергетики и электротехники, приобретенные в ходе изучения дисциплины, позволят будущим специалистам в дальнейшем успешно решать практические задачи в профессиональной деятельности.

### **Библиографический список**

1. Костин, В.Н. Электроэнергетические системы и сети: учеб. пособие / В. Н. Костин. – Санкт-Петербург: Троицкий мост, 2015. – 304 с.
2. Овчаренко, Н.И. Автоматика электрических станций и электроэнергетических систем: учеб. / Н. И. Овчаренко; ред. А. Ф. Дьяков. - Москва: Изд-во НЦ ЭНАС, 2000. - 503с.
3. Переходные процессы в электроэнергетических системах: учеб. / И. П. Крючков [и др.]. - 2-е изд., стер. - Москва: МЭИ, 2009. - 414 с.
4. Ананичева, С.С. Модели развития электроэнергетических систем [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.С. Ананичева, П.Е. Мезенцев, А.Л. Мызин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина. - Екатеринбург: УрФУ, 2014. - 149 с. (ЭБС «Университетская библиотека онлайн»)

Локальный электронный методический материал

Сергей Александрович Панкратов

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ СТАНЦИЯМИ

*Редактор И. В. Голубева*

Уч.-изд. л. 2,1. Печ. л. 1,9.

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