

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИнЭО

_____ С.И. Качин

«_____» _____ 2014 г.

АВТОМАТИКА ЭНЕРГОСИСТЕМ

Методические указания и индивидуальные задания
для студентов ИнЭО, обучающихся по направлению
140400 «Электроэнергетика и электротехника»,
профиль «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем»

Составитель **М.В. Андреев**

Семестр	8	9
Кредиты		6
Лекции, часов	2	8
Лабораторные занятия, часов		6
Практические занятия, часов		4
Индивидуальные задания		№ 1
Самостоятельная работа, часов		126
Формы контроля		экзамен

Издательство
Томского политехнического университета
2014

УДК 621.311-52(075)

Автоматика энергосистем: метод. указ. и индивид. задания для студентов ИнЭО, обучающихся по направлению 140400 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» / сост. М.В. Андреев; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 23 с.

Методические указания и индивидуальные задания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром кафедры _____ электроэнергетических систем «___» _____ 2014 года, протокол № ____.

Зав. кафедрой ЭЭС,
доктор техн. наук, доцент _____ Ю.С. Боровиков

Аннотация

Методические указания и индивидуальные задания по дисциплине «Автоматика энергосистем» предназначены для студентов ИнЭО, обучающихся по направлению 140400 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем». Данная дисциплина изучается в одном семестре.

Приведено содержание основных тем дисциплины, указаны темы практических занятий и перечень лабораторных работ. Приведены варианты индивидуального домашнего задания. Даны методические указания по выполнению индивидуального домашнего задания.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	4
2. СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ	5
3. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ	11
3.1. Тематика практических занятий	11
3.2. Перечень лабораторных работ для студентов, изучающих дисциплину по классической заочной форме.....	11
4. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ДОМАШНИЕ ЗАДАНИЯ.....	13
4.1. Общие методические указания	13
4.2. Варианты ИДЗ и методические указания	13
5. ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ	15
5.1. Вопросы для подготовки к экзамену.....	15
5.2. Образец экзаменационного билета для студентов, изучающих дисциплину по классической заочной форме.....	16
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	17
6.1. Литература обязательная.....	17
6.2. Литература дополнительная.....	17
6.3. Интернет-ресурсы	18
ПРИЛОЖЕНИЕ	19

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Автоматика энергосистем» входит в профессиональный цикл. При изучении дисциплины студенты знакомятся с основными устройствами автоматического управления в электроэнергетических системах: автоматика синхронизации синхронных машин, автоматика повторного включения, автоматика включения резервного питания, автоматика частотной разгрузки, автоматика регулирования напряжения и реактивной мощности в энергосистеме, автоматика регулирования частоты и активной мощности, противоаварийная режимная автоматика специального назначения.

Для полноценного усвоения дисциплины большое значение имеют знания, умения, навыки и компетенции, приобретенные студентами, при изучении следующих дисциплин (пререквизиты) «Электрические машины», «Электромагнитные переходные процессы», «Электроэнергетические системы и сети», «Электрические станции и подстанции».

Кореквизиты: «Элементы устройств автоматики и энергосистем», «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем».

Для успешного освоения дисциплины студенты **должны**

знать:

– основы релейной защиты и автоматики электроэнергетических систем (ЭЭС);

– теорию электромагнитных и электромеханических переходных процессов;

уметь:

– отладить расчеты установившихся и переходных режимов, основываясь на знаниях о допустимых и реальных режимах энергосистем и отдельных ее элементов;

– разработать план проведения расчетных экспериментов и анализировать полученные результаты;

– применять информационные технологии для решения технических задач;

владеть:

– навыками работы со справочной литературой и нормативно-техническими материалами.

2. СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ

Тема 1. Автоматическое регулирование возбуждения синхронных машин, управление режимами по напряжению и реактивной мощности

Системы возбуждения синхронных генераторов и их характеристики. Синхронный генератор как регулируемый объект при решении задачи регулирования возбуждения. Главные возмущающие воздействия, регулирующие воздействия. Роль автоматического регулирования возбуждения для энергосистемы в нормальном и в аварийном режимах. Различие и общность задач регулирования возбуждения и напряжения. Система регулирования возбуждения по возмущению (компаундирование). Построение систем регулирования возбуждения пропорционального действия и сильного действия. Распределение реактивной мощности между генераторами. Устройства для установки статизма. Групповое регулирование возбуждения синхронных генераторов на электростанциях.

Рекомендуемая литература: [1, 3, 5, 6, 10, 17, 18].

Методические указания

Необходимо изучить основы теории автоматического управления, физические основы функционирования и конструктивные особенности синхронных генераторов. Необходимо знать следующие определения: «передаточная функция», «система автоматического регулирования», «система возбуждения», «автоматический регулятор возбуждения», «компаундирование». Необходимо различать автоматические регуляторы возбуждения пропорционального и сильного действия, знать их особенности принципы работы.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Почему при наличии устройства автоматические регуляторы возбуждения (АРВ) повышается устойчивость параллельной работы синхронных генераторов?
2. Чем отличаются регуляторы возбуждения пропорционального типа от регуляторов сильного действия?
3. В чем заключается влияние регуляторов возбуждения синхронных машин на процесс восстановления напряжения после отключения короткого замыкания?

4. В чем заключается влияние регуляторов возбуждения синхронных машин на процесс затухания тока короткого замыкания?
5. Опишите принцип работы регуляторов сильного действия. В чем заключается влияние введения в закон регулирования производных тока, напряжения, частоты и производной частоты?
6. Как выбирается уставка реле напряжения устройства форсировки возбуждения? Почему желательно иметь у этого реле более высокий коэффициент возврата?
7. Увеличивается ли эффективность сильного регулирования возбуждения при наличии быстродействующих систем возбуждения?
8. В чем разница между астатической и статической характеристиками регулирования напряжения?
9. Как обеспечивается заданное распределение реактивных нагрузок между генераторами при их параллельной работе на шинах генераторного напряжения?
10. Осуществление регулирования напряжения в энергетической системе. Почему для этого оказывается недостаточным использование только устройств АРВ синхронных машин?
11. В чем заключается групповое регулирование возбуждения генераторов многоагрегатной станции?

Тема 2. Автоматическое регулирование частоты и активной мощности в энергосистемах

Уравнение движения агрегата турбина-генератор. Статические характеристики нагрузок и их роль для установления состояния равновесия в энергетической системе. Агрегат турбина-генератор, как объект системы автоматического регулирования при регулировании частоты (основные возмущающие воздействия, регулирующие воздействия). Первичные регуляторы скорости вращения мощных современных турбин. Распределение активной мощности между генераторами и электростанциями в энергосистемах. Возможные способы решения задачи распределения активной мощности между генераторами и их оценка с точки зрения современных требований к качеству электроэнергии и режимам энергосистем. Управление режимом по частоте и активной мощности в объединенных энергосистемах с ограничениями потоков мощности по линиям электропередачи. Централизованные и децентрализованные системы автоматического регулирования частоты и активной мощности.

Рекомендуемая литература: [1, 3, 5, 6, 10, 11, 17, 18, 19, 21].

Методические указания

Необходимо изучить основы теории автоматического управления, физические основы функционирования и конструктивные особенности синхронных генераторов, различных типов турбин. Необходимо знать следующие определения: «устойчивость энергосистемы», «первичный регулятор скорости», «статизм (коэффициент статизма)». Необходимо различать статическое и астатическое регулирование активной мощности и частоты.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. В чем заключается значение автоматического регулирования частоты и активной мощности для работы энергетической системы?
2. Каковы допустимые отклонения частоты от номинального значения по ГОСТ на качество электроэнергии?
3. Возможно ли автоматическое регулирование частоты в энергосистеме при отсутствии вращающегося резерва активной мощности?
4. Является ли целесообразным автоматическое включение остановленных гидрогенераторов под нагрузку при снижении частоты в энергосистеме?
5. Назначение регуляторов скорости вращения турбин. При увеличении электрической нагрузки генератора первичный регулятор скорости вращения производит увеличение или уменьшение впуска энергоносителя в турбину?
6. Какие существуют вторичные регуляторы частоты и мощности?
7. В каких случаях в закон регулирования активной мощности генераторами данной электростанции надо вводить коррекцию или ограничение по величине перетока активной мощности по отходящим транзитным линиям электропередачи?
8. Каковы принципы выполнения системы автоматического ограничения перетоков активной мощности между районами энергосистемы?
9. Почему с возрастанием мощности объединенной энергосистемы возрастает стабильность частоты и для ее точного поддержания достаточно ограниченного числа электростанции, на агрегаты которых воздействует регулятор частоты? Какие существуют варианты регулирования частоты, активной мощности и перетоков (РЧМиП) в объединенных энергосистемах?
10. Каковы функции центрального регулятора частоты и мощности? Каково назначение ограничителей перетоков, воздействующих на генераторы местных электростанций отдельных энергосистем?

Тема 3. Специальные устройства автоматики для предотвращения возникновения и развития аварий в энергосистемах

Условия работы современных энергосистем. Последствия нарушения устойчивости. Условная последовательность действия устройств автоматики, снижающих вероятность развития аварии. Релейная защита. Автоматическое повторное включение. Автоматическое включение резерва. Автоматическое управление активной мощностью для сохранения устойчивости, автоматическое прекращение асинхронного режима, автоматическая частотная разгрузка, автоматическое ограничение частот. Автоматика ликвидации асинхронного режима. Автоматическая частотная разгрузка. Статические и динамические характеристики энергосистем при дефиците мощности. Последствия снижения частоты в энергосистемах. Принцип выполнения автоматической частотной разгрузки, как распределенного устройства управления с обратной связью и с пропорционально-интегральным законом управления. Выбор параметров устройств автоматической частотной разгрузки. Аппаратура для выполнения автоматической частотной разгрузки. Автоматическое ограничение частоты. Автоматика для предотвращения недопустимого повышения напряжения на электрооборудовании.

Рекомендуемая литература: [1, 2, 3, 5–14, 16–21].

Методические указания

Необходимо изучить основы теории автоматического управления, физические основы функционирования и конструктивные особенности синхронных генераторов, особенности работы электрических сетей и энергосистем, а также особенности электромагнитных переходных процессов. Необходимо знать следующие определения: «противоаварийная автоматика», «статические и динамические характеристики энергосистем», «переходный процесс», «релейная защита». Необходимо знать особенности возникновения и развития аварий, знать особенности асинхронного режима, знать основные принципы построения устройств защиты и противоаварийного управления.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Почему быстрое отключение коротких замыканий рассматривается как средство повышения динамической устойчивости энергосистемы?
2. Почему с точки зрения сохранения устойчивости параллельной работы генераторов трехфазные короткие замыкания требуют более быстрого отключения, чем однофазные?

3. В чем заключается принцип торможения паровых турбин путем кратковременного закрытия доступа пара в турбину (автоматическое регулирование турбины (АРТ))?

4. В чем заключается назначение устройств быстродействующего телеотключения в комплексе мероприятий для повышения устойчивости параллельной работы энергосистем?

5. Как определяется электрический центр энергосистемы? Какие возникают изменения электрических величин в электрическом центре при нарушении устойчивости (асинхронном режиме)?

6. Какие существуют способы выполнения делительной автоматики от асинхронного режима при различных условиях?

7. Каково назначение автоматической частотной разгрузки (АЧР)? Почему устройства АЧР рассматриваются как важный элемент автоматики, предупреждающий возникновение системных аварий?

8. В чем заключаются преимущества и недостатки выполнения АЧР с большим числом очередей?

9. Как определяются уставки АЧР-1 и АЧР-2? Каково назначение выдержки времени в устройствах АЧР-1 и АЧР-2?

10. Каково назначение устройств частотного автоматического повторного включения (ЧАПВ) и выбор его параметров?

11. Каково назначение дополнительной (местной) разгрузки района?

12. Каковы причины, вызывающие непродолжительное снижение частоты в энергосистеме при наличии вращающегося резерва мощности?

13. В чем заключается назначение автоматики от повышения напряжения?

14. Каковы причины возникновения повышения напряжения на подстанциях, от которых отходят длинные линии электропередачи?

15. В чем заключается назначение шунтирующих реакторов? Каково действие автоматики включения реакторов при повышении напряжения?

Тема 4. Автоматическое включение синхронных машин на параллельную работу

Условия параллельной работы синхронных генераторов. Два способа включения генераторов на параллельную работу: точная синхронизация и самосинхронизация. Условия для точной синхронизации генератора. Принципы автоматического выбора момента подачи включающего импульса при точной синхронизации. Примеры устройств автома-

тической точной синхронизации. Вращающие моменты, действующие на ротор генератора при самосинхронизации. Условия втягивания в синхронизм. Примеры устройств автоматической самосинхронизации. Области применения точной синхронизации и самосинхронизации. Критерии выбора способа синхронизации.

Рекомендуемая литература: [1, 3, 5, 6, 10, 11, 17, 19].

Методические указания

Необходимо изучить основы теории автоматического управления, физические основы функционирования и конструктивные особенности синхронных генераторов, различных типов турбин. Необходимо знать следующие определения: «синхронизация», «самосинхронизация», «точная синхронизация». Необходимо знать особенности и условия реализации самосинхронизации и точной синхронизации.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Как происходит автоматическое включение синхронных генераторов на параллельную работу (автоматическая синхронизация)?
2. Назовите условия самосинхронизации. В чем преимущества и недостатки такого метода?
3. Назовите условия точной синхронизации. В чем преимущества и недостатки такого метода?

3. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Тематика практических занятий

В данном разделе приведены темы практических занятий по дисциплине «Автоматика энергосистем».

При проведении занятий преподаватель выбирает две темы на свое усмотрение.

Тема 1. Теория автоматического управления. Передаточные функции (2 часа)

Рекомендуемая литература: [1–6, 18].

Тема 2. Автоматический регулятор возбуждения (2 часа)

Рекомендуемая литература: [1–6, 9, 10, 16, 18].

Тема 3. Активные и пассивные фильтры (2 часа)

Рекомендуемая литература: [1, 3, 8, 18, 21].

Тема 4. Преобразователи ток-напряжение (2 часа)

Рекомендуемая литература: [1, 3, 8, 18, 21].

3.2. Перечень лабораторных работ для студентов, изучающих дисциплину по классической заочной форме

Лабораторный практикум является составной частью учебного процесса по данной дисциплине.

Целью лабораторных работ является изучение особенностей работы, параметров и характеристик некоторых устройств автоматического управления электроэнергетических систем. Лабораторные работы призваны закрепить теоретические знания по изучаемому курсу.

В данном разделе приведен перечень лабораторных работ для студентов, изучающих дисциплину по классической заочной форме (КЗФ).

Лабораторные работы проходят во время сессии и выполняются на программно-вычислительном комплексе «Мустанг». Для каждой работы предусмотрены методические указания [7] по ее выполнению, контрольные вопросы и требования к оформлению отчета.

Студенты выполняют 3 лабораторные работы из 5 по заданию преподавателя.

Рекомендуемая литература: [1, 2, 3, 5–14, 16–19].

Лабораторная работа № 1
«Использование отключения генераторов
как средства сохранения статической
и динамической устойчивости» (2 часа)

Цель работы: проанализировать эффективность использования отключения генераторов, как инструмента сохранения статической и динамической устойчивости.

Лабораторная работа № 2
«Использование аварийного регулирования турбин
как средства сохранения статической
и динамической устойчивости» (2 часа)

Цель работы: проанализировать эффективность использования аварийного регулирования турбин, как инструмента сохранения статической и динамической устойчивости.

Лабораторная работа № 3
«Использование электрического торможения
как средства сохранения динамической устойчивости»
(2 часа)

Цель работы: проанализировать эффективность использования электрического торможения, как инструмента сохранения динамической устойчивости.

Лабораторная работа № 4
«Автоматическое повторное включение» (2 часа)

Цель работы: изучить принципы работы устройств автоматики, осуществляющих повторное включение объектов энергосистемы.

Лабораторная работа № 5
«Автоматическая частотная разгрузка» (2 часа)

Цель работы: изучить принципы работы устройств автоматической частотной разгрузки.

4. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ДОМАШНИЕ ЗАДАНИЯ

4.1. Общие методические указания

В соответствии с учебным графиком предусмотрено выполнение одного индивидуального домашнего задания (ИДЗ), которое заключается в написании реферата. При отсутствии положительной рецензии на индивидуальное домашнее задание студенты к экзамену не допускаются.

Номер варианта ИДЗ (реферата) определяется по последним двум цифрам номера зачетной книжки. Если образуемое ими число больше 17, то следует взять сумму этих цифр. Например, если номер зачетной книжки Д-5А10/11, то номер варианта задания равен 11. Если номер зачетной книжки 3-5А10/19, то номер варианта задания равен 10.

4.2. Варианты ИДЗ и методические указания

В рамках выполнения индивидуального домашнего задания необходимо провести анализ конкретной проблемы на основании изученной литературы, самостоятельно выполнить ряд заданий и оформить их в виде реферата.

Вопросы для написания реферата

1. Обозначить исследуемую проблему.
2. Обосновать актуальность исследуемой проблемы.
3. Постановка целей и задач исследования.
4. Описать современное состояние исследований в области обозначенной проблемы (обзор литературы на данную тему).
5. Выводы по работе.

Основную часть реферата рекомендуется разбить на главы: в первую главу включить ответы на 1–3 вопросы, во вторую главу – ответ на 4-й вопрос, в третью – ответ на 5-ый вопрос.

Требования к оформлению реферата приведены в приложении к настоящим методическим указаниям.

4.3. Темы индивидуальных заданий

1. Особенности реализации цифровых устройств релейной защиты.
2. Микропроцессорные устройства защиты и автоматики. Преимущества и недостатки по сравнению с электромеханическими устройствами.

3. Оптоэлектронные трансформаторы тока.
4. Особенности функционирования и алгоритмы современных устройств автоматического повторного включения.
5. Особенности функционирования и алгоритмы современных устройств автоматической частотной разгрузки.
6. Особенности функционирования и алгоритмы современной автоматики ликвидации асинхронного хода.
7. Современные методы и средства регулирования активной мощности и частоты в энергосистеме.
8. Современные методы и средства регулирования реактивной мощности и напряжения в энергосистеме.
9. Современная автоматика предотвращения нарушения устойчивости.
10. Перспективы внедрения устройств и систем FACTS (flexible alternating current transmission system).
11. Автоматическая дозировка управляющих воздействий.
12. Современные системы автоматического регулирования возбуждения.
13. Отключение генераторов. Электрическое торможение. Достоинства и недостатки данных мероприятий сохранения устойчивости. Перспективы их дальнейшего использования.
14. Современные комплексы расчета и моделирования электроэнергетических систем.
15. Противоаварийная автоматика в Европе и США. Особенности реализации и алгоритмов функционирования.
16. Противоаварийная автоматика в Азии. Особенности реализации и алгоритмов функционирования.
17. Методы и средства автоматического управления и защиты возобновляемых источников энергии.

5. ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ

После завершения изучения дисциплины студенты сдают экзамен.

К экзамену допускаются только те студенты, у которых зачтено индивидуальное домашнее задание и лабораторные работы.

Образец экзаменационного билета для студентов, изучающих дисциплину по классической заочной форме, приведен в подразделе 5.2.

5.1. Вопросы для подготовки к экзамену

1. Автоматическое повторное включение (АПВ). Назначение. Классификация АПВ.
2. Требования, предъявляемые к устройствам АПВ.
3. Совместная работа АПВ и релейной защиты. Ускорение действия защиты до и после АПВ. АПВ на линиях с ответвлениями.
4. Трехфазное АПВ с односторонним питанием. Однократное АПВ. Расчет уставок трехфазного АПВ линий с односторонним питанием.
5. Трехфазное АПВ линий с двусторонним питанием. Несинхронное АПВ. Быстродействующее АПВ (БАПВ).
6. Однофазное автоматическое повторное включение.
7. Автоматическое включение резерва (АВР). Требования к АВР. Классификация АВР.
8. Пуск АВР. Расчет уставок устройств АВР.
9. Понятие дефицитной энергосистемы. Регулирующий эффект нагрузки по частоте. Назначение автоматической частотной разгрузки (АЧР). Требования к АЧР.
10. Принципы выполнения АЧР. Расчет уставок устройств АЧР. Мощность нагрузки, отключаемая АЧР.
11. Автоматические регуляторы частоты вращения турбин (АРЧВ). Функциональная схема АРЧВ с пояснениями.
12. Центробежный регулятор частоты вращения. Принципиальная схема центробежного регулятора частоты вращения. Описание работы схемы.
13. Электрогидравлический регулятор частоты вращения. Принципиальная схема электрогидравлического регулятора частоты вращения. Описание работы схемы.
14. Статическая характеристика работы регуляторов частоты вращения. Астатическая характеристика работы регуляторов частоты вращения.
15. Коэффициент статизма. Первичное и вторичное регулирование.
16. Методы регулирования частоты в энергосистеме.
17. Схемы регулирования частоты и мощности.

18. Понятие об устойчивости параллельной работы энергосистем. Статическая устойчивость.

19. Понятие об устойчивости параллельной работы энергосистем. Динамическая устойчивость.

20. Воздействия, используемые в современных энергосистемах для решения задачи автоматического предотвращения нарушения устойчивости (АПНУ). Краткое описание.

21. Отключение генераторов (ОГ) как средство сохранения устойчивости.

22. Отключение нагрузки (ОН) как средство сохранения устойчивости.

23. Электрическое торможение (ЭТ) как средство сохранения устойчивости.

24. Понятие асинхронного режима. Признаки асинхронного режима.

25. Способы ликвидации асинхронного режима.

26. Автоматика ликвидации асинхронного режима (АЛАР), действующая на первом цикле асинхронного режима.

5.2. Образец экзаменационного билета для студентов, изучающих дисциплину по классической заочной форме

В данном подразделе приведен образец экзаменационного билета для студентов, сдающих экзамен в очной форме во время сессии в Томске. Билет содержит два теоретических вопроса.

Билет № X

1. Электрогидравлический регулятор частоты вращения. Принципиальная схема электрогидравлического регулятора частоты вращения. Описание работы схемы.

2. Способы ликвидации асинхронного режима.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Литература обязательная

1. Боровиков Ю.С. Автоматика энергосистем: учеб. пособие / Ю.С. Боровиков, А.С. Гусев, М.В. Андреев; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 196 с.
2. Оперативное управление в энергосистемах / Е.В. Калентионик и др. – Минск: Высшая школа, 2007. – 351 с.
3. Овчаренко Н.И. Автоматика электрических станций и электроэнергетических систем: учебник для вузов / под ред. А.Ф. Дьякова. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС. 2001. – 504 с.
4. Пантелеев А.В. Теория управления в примерах и задачах: учеб. пособие для вузов / А.В. Пантелеев, А.С. Бортакровский. – М.: Высшая школа, 2003. – 583 с.
5. Автоматизация электрических систем/ под редакцией А.Д. Дроздова.– М., 1977.
6. Автоматика электроэнергетических систем. / под ред. В.Л. Козиса и Н.И. Овчаренко. – М.: Энергоиздат, 1981.
7. Вайнштейн Р.А. Программные комплексы в учебном проектировании электрической части электростанций: учебное пособие / Р.А. Вайнштейн, В.В. Шестакова, Н.В. Коломиец. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 123 с.

6.2. Литература дополнительная

8. Электрические системы / под ред. В.А. Веникова. Автоматизированные системы управления режимами энергосистем. – М.: Высшая школа, 1979.
9. Шнеерсон Э.М. Цифровая релейная защита. – М.: Энергоатомиздат, 2007. – 549 с.
10. Павлов Г.М. Автоматизация энергетических систем. – Л.: 1977.
11. Портной М.Г. Управление энергосистемами для обеспечения устойчивости / М.Г. Портной, Р.С. Рабинович. – М.: Энергия, 1978.
12. Иофьев Б.И. Автоматическое аварийное управление мощностью энергосистем. – М.: Энергия, 1974.
13. Рабинович Р.С. Автоматическая частотная разгрузка энергосистем. – М.: Энергия, 1980.

14. Совалов С.А. Противоаварийное управление в энергосистемах / С.А. Совалов, В.А. Семенов. – М.: Энергоатомиздат, 1988.

15. Применение ЭВМ для автоматизации технологических процессов в энергетике / под ред. В.А. Семенова. – М.: Энергоатомиздат, 1983.

13. Гуревич Ю.Е. Расчеты устойчивости и противоаварийной автоматики в энергосистемах / Ю.Е. Гуревич, Л.Е. Либова, А.А. Окин. – М.: Энергоатомиздат, 1990.

16. Баркан Я.Д. Автоматизация энергосистем / Я.Д. Баркан, Л.А. Орехов. – М.: Высшая школа, 1981.

17. Барзам А.Б. Системная автоматика. – М.: Энергия, 1973.

18. Беркович М.А. Основы автоматики энергосистем / М.А. Беркович, А.Н. Комаров, В.А. Семенов. – М.: Энергия, 1981.

6.3. Интернет-ресурсы

19. Сайт «Сименс» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.energy.siemens.com/ru/ru/>, свободный.

20. Сайт НПП «ЭКРА» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ekra.ru/company/>, свободный.

21. Электронный библиотечный ресурс технической литературы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ieeexplore.ieee.org/>, свободный.

22. СТО ТПУ 2.5.01–2006. Система образовательных стандартов. Работы выпускные, квалификационные, проекты и работы курсовые. Структура и правила оформления / ТПУ [Электронный ресурс]. – Томск, 2006. – Режим доступа: <http://portal.tpu.ru/departments/head/methodic/standart>, вход свободный.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ПОДГОТОВКА, ОФОРМЛЕНИЕ И ЗАЩИТА РЕФЕРАТА

Реферат – это учебная работа, содержащая результаты теоретических и аналитических исследований по отдельной учебной дисциплине. Реферат является самостоятельной работой студента, выполняемой по учебному плану.

Реферат – *обзор литературы* по какой-либо проблеме (изложение содержания работ, книг, статей, с обозначением собственной позиции и позиций авторов по соответствующим вопросам).

Цели написания реферата:

1. Закрепление, расширение и углубление теоретических знаний по дисциплине.

2. Развитие практических навыков самостоятельной работы со специальной литературой (навыки анализа культурологических источников).

3. Выяснение степени подготовленности студента к самостоятельным суждениям и оценкам идей, концепций, позиций.

Нормативный *объем* реферата (без приложений) – 10–15 страниц стандартного компьютерного текста в редакторе Microsoft Word, интервал полуторный, шрифт Times New Roman, размер 14 pt, нормальная жирность.

При расчете рекомендуемых объемов исключены большие таблицы, громоздкие рисунки, список использованных источников, приложения. Все иллюстративные материалы должны быть вынесены в приложения.

Структура реферата. Реферат должен включать в указанной ниже последовательности:

- титульный лист;
- оглавление;
- введение;
- основную часть, разбитую на главы и параграфы;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения (в случае необходимости).

Титульный лист. Образец оформления и шаблон титульного листа размещен на сайте ИнЭО (<http://portal.tpu.ru/ido-tpu>) в разделе СТУДЕНТУ → ДОКУМЕНТЫ.

Введение. Во введении излагается актуальность темы, степень разработанности темы в научной литературе, проблема, цель и задачи работы. Объем введения – 1–2 стр.

Основная часть. Содержание основной части должно соответствовать оглавлению. Основная часть представляет собой изложение результатов освоения темы. В ней демонстрируются умения самостоятельно работать с современной литературой, глубоко и всесторонне исследовать проблему, пользоваться современной научной терминологией.

Текст основной части делится на разделы, подразделы, параграфы в соответствии с содержанием и структурой рассматриваемых вопросов.

Текст может сопровождаться иллюстрациями.

Каждый раздел рекомендуется начинать с нового листа.

Заключение. В заключении содержатся краткие выводы по результатам выполненной работы, оценка полноты решения поставленных во введении задач. Объем заключения – 1–2 стр.

Список использованных источников характеризует глубину и широту изучения темы, демонстрирует эрудицию и культуру исследования. В список включают все источники, на которые есть ссылки в тексте, в алфавитном порядке.

Каждый документ, включенный в список, оформляется в соответствии с библиографической записью по ГОСТу. Образец оформления списка литературы размещен на сайте ИнЭО (<http://portal.tpu.ru/ido-tpu>) в разделе СТУДЕНТУ → ДОКУМЕНТЫ.

Приложения. В приложения рекомендуется включать материалы иллюстративного и вспомогательного характера: таблицы и рисунки большого формата, материалы справочного характера. Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте.

Требования к оформлению реферата

Реферат выполняется на бумаге формата А4 (210×297).

Размеры полей: верхнее – 2,5 см, левое – 2 см, нижнее – 3 см, правое – 1,5 см.

Абзацный отступ – 1 см.

Нумерация страниц. Все страницы нумеруются от титульного листа, который считается первой страницей, хотя цифра «1» на нем не ставится. Страницы ставятся в правом нижнем углу.

Заголовки. Разделы, подразделы, параграфы должны иметь заголовки, отражающие их содержание и соответствующие оглавлению.

Точку и двоеточие в конце заголовков не ставят. После цифры нумерации заголовка точка ставится. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

Не допускается выделение заголовка другим цветом, подчеркиванием.

Все заголовки отделяются от текста или от других заголовков пробелом или пробельной строкой. Расстояние между заголовком и текстом должно быть равно удвоенному межстрочному интервалу; между заголовками раздела и подраздела – одному межстрочному интервалу.

Перед заголовком слова «раздел», «подраздел», «параграф» не указываются.

Нумерация заголовков допускается только арабскими цифрами. Заголовки «Введение», «Заключение», «Список использованных источников» не нумеруются.

Иллюстрации. Иллюстрация располагается по тексту сразу после первого упоминания, если она размещается на листе формата А4. Если формат больше, ее следует помещать в приложении.

Все иллюстрации подписываются словом «Рис.» с указанием порядкового номера и названия (например, Рис. 1. Название рисунка), размер шрифта 13 pt.

Нумерация иллюстраций допускается как по разделам, так и сквозная. Название помещают под иллюстрацией симметрично изображению, в конце названия точку не ставят.

Цитаты. Цитировать авторов необходимо только по их произведениям. Когда источник недоступен, разрешается воспользоваться цитатой этого автора, опубликованной в другом издании. В этом случае ссылке должны предшествовать слова: Цит. по кн. ...

При цитировании нужно соблюдать точное соответствие цитаты источнику. Допустимы лишь следующие отклонения: могут быть модернизированы орфография и пунктуация по современным правилам, если это не индивидуальная орфография или пунктуация автора; могут быть пропущены отдельные слова в цитате при условии, что мысль автора не искажается и этот пропуск обозначается многоточием.

Цитаты закавычиваются. Ссылке на незакавыченные цитаты предшествует сокращенное слово «смотрите» (см.).

Ссылки. В тексте обязательны ссылки на источники данных, цитат, иллюстраций, таблиц и в других необходимых случаях.

При ссылке на использованные источники приводятся порядковые номера по списку использованных источников, заключенные в квадратные скобки (например, [9] или [9, 10]).

При ссылках на данный реферат указывают номера структурных частей текста, рисунков. При ссылках на структурные части текста указывают номера разделов, приложений, подразделов, пунктов: «в соответствии с разд. 2», «в соответствии с рис. 1.2».

Порядок оценки реферата

Работа не допускается к зачету, если не носит самостоятельного характера и не соответствует требованиям, изложенным в данных методических указаниях. Обязателен самостоятельный подбор и изучение научной литературы по избранной теме (от 5 до 10 источников).

В реферате студент должен показать глубокие знания по избранной теме, понимание полноты решения поставленных задач и их научную значимость.

Работа не зачитывается, если

- реферат не носит исследовательского характера, в нем не раскрыта тема, нет анализа избранной проблемы, он не отвечает требованиям, изложенным в методических указаниях кафедры;
- не имеет выводов в соответствии с поставленными во введении задачами;
- в реферате допущены существенные ошибки.

Учебное издание

АВТОМАТИКА ЭНЕРГОСИСТЕМ

Методические указания и индивидуальные задания

Составитель

АНДРЕЕВ Михаил Владимирович

Рецензент

*доктор технических наук,
профессор ЭЭС ЭНИН*


А.С. Гусев

Компьютерная верстка *Е.А. Руденко*



Национальный исследовательский
Томский политехнический университет
Система менеджмента качества
Издательства Томского политехнического университета сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту BS EN ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  **ТПУ**. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru