

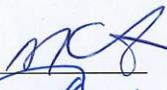
УТВЕРЖДАЮ
Директор ЭНИН
 В.М. Завьялов
« 1 » 09 2014 г.

**БАЗОВАЯ РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
АВТОМАТИКА ЭНЕРГОСИСТЕМ**

Направление ООП 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Профиль подготовки «Релейная защита и автоматизация
электроэнергетических систем»
Квалификация (степень) Бакалавр
Базовый учебный план приема 2014 г.
Курс 4 семестр 8
Количество кредитов 4
Код дисциплины Б1.М5.4.5

Виды учебной деятельности	Временной ресурс
Лекции, ч	22
Практические занятия, ч	–
Лабораторные занятия, ч	33
Аудиторные занятия, ч	55
Самостоятельная работа, ч	89
ИТОГО, ч	144

Вид промежуточной аттестации Экзамен
Обеспечивающее подразделение Кафедра электроэнергетических систем (ЭЭС)

/Заведующий кафедрой  д.т.н., доцент Ю.С. Боровиков
Руководитель ООП  к.т.н., доцент А.В. Глазачев
Преподаватель  д.т.н., профессор А.С. Гусев

2014г.

н.к.


УТВЕРЖДАЮ
Директор ЭНИН
_____ В.М. Завьялов
« ___ » _____ 2014 г.

**БАЗОВАЯ РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
АВТОМАТИКА ЭНЕРГОСИСТЕМ**

Направление ООП 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Профиль подготовки «Релейная защита и автоматизация
электроэнергетических систем»
Квалификация (степень) Бакалавр
Базовый учебный план приема 2014 г.
Курс 4 семестр 8
Количество кредитов 4
Код дисциплины Б1.М5.4.5

Виды учебной деятельности	Временной ресурс
Лекции, ч	22
Практические занятия, ч	–
Лабораторные занятия, ч	33
Аудиторные занятия, ч	55
Самостоятельная работа, ч	89
ИТОГО, ч	144

Вид промежуточной аттестации Экзамен
Обеспечивающее подразделение Кафедра электроэнергетических систем (ЭЭС)

Заведующий кафедрой _____ д.т.н., доцент Ю.С. Боровиков

Руководитель ООП _____ к.т.н., доцент А.В. Глазачев

Преподаватель _____ д.т.н., профессор А.С. Гусев

2014г.

1. Цели освоения дисциплины

Основной целью дисциплины является формирование устойчивой системы знаний об автоматике электроэнергетических систем.

Цели освоения дисциплины: формирование у обучающихся умений и навыков эксплуатации автоматики энергосистем; формирование знаний о формах математического описания установившихся режимов энергосистем, способах задания исходной информации, алгоритмах решения оптимизационных задач.

В результате освоения данной дисциплины обеспечивается достижение целей 1, 3, 6 и 7 основной образовательной программы «Электроэнергетика и электротехника»:

- выпускники будут обладать общенаучными и инженерными знаниями, практическими навыками и универсальными компетенциями, гарантирующими высокое качество их подготовки к профессиональной деятельности в области электроэнергетики и электротехники);
- выпускники станут гармонично развитыми личностями, лидерами в командной работе, готовыми действовать и побеждать в условиях конкурентной среды;
- выпускники будут демонстрировать сплочённость и приверженность воспитанной в университете корпоративной культуре свободы и открытости, интеграции академических ценностей и предпринимательских идей, соблюдению профессиональной этики и социальной ответственности;
- выпускники будут демонстрировать стремление и способность к непрерывному образованию, совершенствованию и превосходству в профессиональной среде через участие в профессиональных сообществах, осуществление наставнической и рационализаторской деятельности.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Автоматика энергосистем» относится к профессиональному базовому модулю.

Дисциплине предшествует освоение дисциплины (ПРЕРЕКВИЗИТЫ): Б1.М4.7 Электрические машины, Б1.М4.9.3 Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем, Б1.М5.4.1 Электромагнитные переходные процессы.

Содержание разделов дисциплины согласовано с содержанием дисциплины, изучаемой параллельно (КОРЕКВИЗИТЫ):

Б1.М5.4.4 Релейная защита электроэнергетических систем, Б1.М4.13 Учебно-исследовательская работа студентов.

3. Результаты освоения дисциплины

В соответствии с требованиями ООП освоение дисциплины (модуля) направлено на формирование у студентов следующих компетенций (результатов обучения), в т.ч. в соответствии с ФГОС:

Таблица 1

Составляющие результатов обучения, которые будут получены при изучении данной дисциплины

Результаты обучения	Составляющие результатов обучения					
	Код	Знания	Код	Умения	Код	Владение опытом
Р1. Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественнонаучные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчёта и анализа <i>электрических устройств, объектов и систем.</i>	3.1.1	основные направления философии, методы и приёмы философского анализа проблем; основные закономерности развития России и её роль в истории человечества и в современном мире; лексический минимум иностранного языка общего и профессионального характера, основные положения экономической науки;	У.1.1	самостоятельно анализировать социально-политическую и научную литературу; планировать и осуществлять свою деятельность с учетом результатов этого анализа решать практические задачи экономического характера в сфере профессиональной деятельности;	В.1.1	критического восприятия информации; методами оценки экономических показателей применительно к объектам профессиональной деятельности
	3.1.2	основных понятий и содержание разделов высшей математики (аналитической геометрии, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления, теорий вероятности, математической статистики, функций комплексного переменного и численные методы решения алгебраических и дифференциальных уравнений)	У.1.2	применять методы математического анализа при проведении научных исследований и решении прикладных задач в профессиональной сфере	В.1.2	методов математического и физического моделирования режимов, процессов, состояний объектов электроэнергетики и электротехники
	3.1.3	основных физических явлений и законов механики, электротехники, органической и неорганической химии, теплотехники, оптики, ядерной физики и их математическое описание	У.1.3	выявлять физическую сущность явлений и процессов в устройствах различной физической природы и выполнять применительно к ним простые технические расчеты	В.1.3	анализа физических явлений в электрических устройствах, объектах и системах
Р4. Уметь планировать и экспериментальные и определением параметров состояния <i>электрообъектов систем электроэнергетики</i> интерпретировать да	3.4.1	типовых стандартных приборов, устройств, аппаратов, программных средств, используемых при экспериментальных исследованиях	У.4.1	проводить эксперименты по заданным методикам с последующей обработкой и анализом результатов в области электроэнергетики и электротехники	В.4.1	работы с приборами и установками для экспериментальных исследований
	3.4.2	основных методов экспериментальных исследований объектов и систем электроэнергетики и электротехники;	У.4.2	анализировать научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования; планировать эксперименты для решения определенной задачи профессиональной деятельности	В.4.2	экспериментальных исследований режимов работы технических устройств и объектов электроэнергетики и электротехники; математической обработки результатов и составления научно-технических отчетов

<p>P5. Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области <i>электроэнергетики и электротехники.</i></p>	3.5.1	инструментария для решения задач проектного и исследовательского характера в сфере профессиональной деятельности по электроэнергетике и электротехнике	У.5.1	рассчитывать режимы работы электроэнергетических и электротехнических установок различного назначения, определять состав оборудования и его параметры, схемы электроэнергетических и электротехнических объектов	В.5.1	использования прикладных программ и средствами автоматизированного проектирования при решении инженерных задач электроэнергетики и электротехники
	35.2	основных способов выработки электроэнергии; технологии производства электроэнергии на электростанциях; нетрадиционные и возобновляемые источники электроэнергии	У.5.2	рационально использовать сырьевые, энергетические и другие виды ресурсов на электроэнергетическом и электротехническом производствах	5.2	применения современных методов разработки ресурсо- и энергосберегающих и экологически чистых технологий использования электроэнергии
<p>P8. Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях <i>электроэнергетики и электротехники.</i></p>	3.8.1	основных методов, способов и средств получения, хранения и переработки информации	У.8.1	применять компьютерную технику и информационные технологии в своей профессиональной деятельности	В.8.1	использования современных средства и информационных технологий в профессиональной области
	3.8.2	государственного языка, моральных, правовых, культурных и этических норм, принятых в различных сферах общественной жизни	У.8.2	логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь; готовностью к использованию одного из иностранных языков	В.8.2	аргументированного письменного изложения собственной точки зрения; навыками публичной речи, аргументации, ведения дискуссии и полемики, навыками критического восприятия информации

В результате освоения дисциплины «Автоматика энергосистем» студентом должны быть достигнуты следующие результаты:

Таблица 2

Планируемые результаты освоения дисциплины

№ п/п	Результаты
P1	Применять знания о естественных физических и искусственных информационных связях для решения задач локального и общесистемного автоматического управления.
P4	Уметь планировать и проводить экспериментальные исследования, связанные с построением конкретных систем и устройств автоматического управления в нормальных и аварийных режимах энергосистем.
P5	Уметь выбрать вид и параметры устройств автоматического управления.
P8	Использовать современные технические средства и компьютерные программы для коммуникации, презентации, составления отчетов.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Аннотированное содержание разделов дисциплины (22 час.)

Введение (1 час.)

Понятие об автоматическом управлении производственными процессами. Краткие исторические сведения о развитии автоматики. Значение автоматического управления для современных энергосистем. Классификация устройств автоматики энергосистем.

Раздел 1. Автоматическое регулирование возбуждения синхронных машин, управление режимами по напряжению и реактивной мощности (8 час.)

1. Системы возбуждения синхронных генераторов и их характеристики. Кратность форсировки возбуждения и скорость нарастания напряжения - характеристики системы возбуждения. Синхронный генератор как регулируемый объект при решении задачи регулирования возбуждения. Главные возмущающие воздействия, регулирующие воздействия.

2. Роль автоматического регулирования возбуждения для энергосистемы в нормальном и в аварийном режимах. Различие и общность задач регулирования возбуждения и напряжения.

3. Система регулирования возбуждения по возмущению (компаундирование). Внешние характеристики генераторов с устройством компаундирования при изменении коэффициента мощности. Фазовое компаундирование.

4. Построение систем регулирования возбуждения пропорционального действия и сильного действия.

5. Электромагнитные корректоры напряжения с согласованным включением, противовключенные и двухсистемные, как пример систем регулирования пропорционального действия.

6. Сильное регулирование возбуждения и регуляторы сильного действия.

7. Автоматическое регулирование возбуждения генераторов с современными системами возбуждения (диодно-электромашинные, тиристорные).

8. Распределение реактивной мощности между генераторами. Устройства для установки статизма. Групповое регулирование возбуждения синхронных генераторов на электростанциях.

9. Регулирование напряжения и потоков реактивной мощности в электрических сетях. Требования, предъявляемые к уровню напряжения у потребителей. Регулирование коэффициентов трансформации силовых трансформаторов. Синхронные компенсаторы, двигатели, батареи конденсаторов, статические источники реактивной мощности, как средства для решения задачи регулирования напряжения.

Раздел 2. Автоматическое регулирование частоты и активной мощности в энергосистемах (7 час.)

1. 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). Процесс регулирования активной мощности на тепловых и гидравлических электростанциях по технологической схеме. Первичные регуляторы скорости вращения мощных современных турбин. Представление системы регулирования агрегата турбина-генератор в энергетической системе, как многоконтурной системы управления с обратной связью.

2. 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. Принципы, используемые для экономически целесообразного распределения активной мощности между электростанциями и способы их реализации в системах автоматического регулирования частоты и активной мощности.

3. 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. Разновидности способов распределения активной мощности между агрегатами электростанций. Автоматическое управление технологическими процессами на электростанциях различных типов.

Раздел 3. Специальные устройства автоматики для предотвращения возникновения и развития аварий в энергосистемах (противоаварийная автоматика) (7,5 час.)

1. 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 частоты).

2. Основы автоматического управления мощностью для сохранения устойчивости. Уравнение относительного движения ротора генератора в одномашинной схеме. Представление процессов на фазовой плоскости.

Автоматическое управление мощностью для сохранения устойчивости, как быстродействующая балансирующая автоматика.

3. Виды воздействий в комплексе противоаварийной автоматики. Отключение генераторов. Отключение нагрузки. Электрическое торможение. Аварийное регулирование турбин. Влияние форсировки возбуждения в аварийном режиме. Автоматика ликвидации асинхронного режима.

4. Информация, необходимая для работы устройств противоаварийной автоматики. Требования, предъявляемые к устройствам противоаварийной автоматики. Принципы и особенности построения устройств противоаварийной автоматики, как системы управления с обратной связью. Централизованные, децентрализованные и комбинированные системы противоаварийной автоматики.

5. 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.

6. Автоматическое ограничение частоты.

7. Автоматика для предотвращения недопустимого повышения напряжения на электрооборудовании.

Автоматическое включение синхронных машин на параллельную работу (4 час.)

1. 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 автоматической точной синхронизации.

2. 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.

4.2. Содержание практического раздела дисциплины Лабораторные работы (33 час.)

1. Изучение программных расчетных комплексов и лабораторного всережимного моделирующего комплекса реального времени электроэнергетических систем (ВМК РВ ЭЭС) (6 часов).

2. Исследование на модели энергосистемы влияния настроек автоматического регулятора возбуждения синхронных машин на режимы и процессы в энергосистеме, включая колебательную устойчивость (5 часов).

3. Исследование на модели энергосистемы процессов изменения частоты, активной мощности, работа систем автоматического регулирования частоты и активной мощности турбоагрегатов (3,5 часа).

4. Исследование на модели энергосистемы процессов при коротких замыканиях и других больших возмущениях, выбор и проверка средств автоматики сохранения устойчивости параллельной работы генераторов (4 часа).

5. Исследование на модели энергосистемы процессов при противоаварийной разгрузке турбоагрегатов, производимой для сохранения устойчивости при аварийном небалансе активной мощности в энергосистеме (4 часа).

6. Исследование на модели энергосистемы действия автоматического повторного включения (4 часа).

7. Исследование на модели энергосистемы действия автоматической частотной разгрузки (4 часа).

8. Исследование на модели энергосистемы процессов при автоматическом повторном включении синхронных двигателей (4 часа).

9. Исследование на модели энергосистемы процессов при несинхронном включении генераторов, при их автоматической самосинхронизации и точной синхронизации (4 часа).

5. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

5.1. Виды и формы самостоятельной работы

Самостоятельная работа студентов включает текущую и творческую проблемно-ориентированную самостоятельную работу (ТСР).

Текущая СРС направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений и включает:

- работу с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ;
- опережающую самостоятельную работу;
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- подготовку к лабораторным работам;
- подготовку к экзамену.

Творческая самостоятельная работа включает:

- поиск, анализ, структурирование и презентацию информации;
- исследовательскую работу и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах;

- анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;

5.2. Контроль самостоятельной работы

Оценка результатов самостоятельной работы организуется следующим образом:

- защита лабораторных работ в соответствии графиком выполнения;
- представление результатов индивидуальных домашних работ в форме реферата и презентации;
- ответы на контрольные вопросы;
- опрос студентов на лабораторных занятиях.

6. Средства текущей и промежуточной оценки качества освоения дисциплины

Оценка качества освоения дисциплины производится по результатам следующих контролирующих мероприятий:

Контролирующие мероприятия	Результаты обучения по дисциплине
Выполнение и защита лабораторных работ	P4
Презентации по тематике исследований во время проведения конференц-недели	P8
Опрос студентов на практических занятиях	P1, P8
Экзамен	P1, P8

Для оценки качества освоения дисциплины при проведении контролирующих мероприятий предусмотрены следующие средства (фонд оценочных средств):

- вопросы входного контроля;
- контрольные вопросы, задаваемых при выполнении и защите лабораторных работ;
- контрольные вопросы, задаваемые при проведении практических занятий,
- вопросы для самоконтроля;
- вопросы, выносимые на экзамен (прил. 1, 2).

7. Рейтинг качества освоения дисциплины (модуля)

Оценка качества освоения дисциплины в ходе текущей и промежуточной аттестации обучающихся осуществляется в соответствии с «Руководящими материалами по текущему контролю успеваемости, промежуточной и итоговой аттестации студентов Томского политехнического университета», утвержденными приказом ректора № 77/од от 29.11.2011 г.

В соответствии с «Календарным планом изучения дисциплины»:

- текущая аттестация (оценка качества усвоения теоретического материала (ответы на вопросы и др.) и результаты практической деятельности (решение задач, выполнение заданий, решение проблем и др.) производится в течение семестра (оценивается в баллах (максимально 60 баллов), к моменту завершения семестра студент должен набрать не менее 33 баллов);
- промежуточная аттестация (экзамен, зачет) производится в конце семестра (оценивается в баллах (максимально 40 баллов), на экзамене (зачете) студент должен набрать не менее 22 баллов).

Итоговый рейтинг по дисциплине определяется суммированием баллов, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература:

1. Калентиенок Е.В., Прокопенко В.Г., Федин В.Т. Оперативное управление в энергосистемах. – Минск: Высшая школа, 2007. – 351 с.
2. Дьяков А.Ф. Микропроцессорная автоматика и релейная защита электроэнергетических систем: учебное пособие / А.Ф. Дьяков, Н.И. Овчаренко. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 336 с.
3. Овчаренко Н.И. Автоматика электрических станций и электроэнергетических систем: Учебник для Вузов/ Под ред. А.Ф. Дьякова. – М.: Из-во НЦ ЭНАС. 2001. – 504 с.
4. Овчаренко Н.И. Аппаратные и программные элементы автоматических устройств энергосистем. – М.: Из-во НЦ ЭНАС, 2004 – 512 с.: ил.

Дополнительная литература:

5. Автоматика электроэнергетических систем. Под редакцией Козиса В.Л. и Овчаренко Н.И., - М.: Энергоиздат, 1981.
1. Электрические системы. Под редакцией В.А. Веникова. Автоматизированные системы управления режимами энергосистем.- М.: Высшая школа, 1979.
2. Шнеерсон Э.М. Цифровая релейная защита. – М.: Энергоатомиздат, 2007. 549 с.: ил.
3. Павлов Г.М. Автоматизация энергетических систем.-Л.: 1977.
4. Портной М.Г., Рабинович Р.С. Управление энергосистемами для обеспечения устойчивости.- М.: Энергия, 1978.
5. Иофьев Б.И. Автоматическое аварийное управление мощностью энергосистем.- М.: Энергия, 1974.
6. Рабинович Р.С. Автоматическая частотная разгрузка энергосистем.- М.: Энергия, 1980.
7. Свалов С.А., Семенов В.А. Противоаварийное управление в энергосистемах.- М.: Энергоатомиздат, 1988.

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

9. Баркан Я.Д., Орехов Л.А. Автоматизация энергосистем.- М.: Высшая школа, 1981.

10. Беркович М.А., Комаров А.Н., Семенов В.А. Основы автоматики энергосистем.- М.: Энергия, 1981.

Internet–ресурсы:

1. Сайт «Сименс»: <http://www.ptd.siemens.ru/>
2. Сайт НПП «ЭКРА»: <http://www.ekra.ru/company/>
3. Электронный библиотечный ресурс технической литературы: <http://ieeexplore.ieee.org/>

Используемое программное обеспечение:

1. Профессиональный программный комплекс для расчета установившихся режимов и переходных процессов «Мустанг».
2. Профессиональный программный комплекс для расчета установившихся режимов «РАСТР».
3. Программные комплексы общего назначения: «MATLAB», «Mathcad», «Electronics Workbench», «Classic».

Лекции читаются в учебных аудиториях с использованием технических средств, материал лекций представлен в виде презентаций в Power Point.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Указывается материально-техническое обеспечение дисциплины: технические средства, лабораторное оборудование и др.

№ п/п	Наименование (компьютерные классы, учебные лаборатории, оборудование)	Корпус, ауд., количество установок
1	Компьютерные классы	Корпус 8, аудитории: 119, 126, 320
2	Лаборатории НИЛ «МЭЭС»	Корпус 8, аудитория 243
3	Профессиональные программные комплексы для расчета установившихся режимов и переходных процессов: «Мустанг», «Растр».	20-25 (в зависимости от аудитории) компьютеров, оснащенных данными программами
4	Программные комплексы общего назначения: «MATLAB», «Mathcad», «Electronics Workbench», «Classic».	20-25 (в зависимости от аудитории)

		компьютеров, оснащенных данными программами
5	Всережимный моделирующий комплекс реального времени электроэнергетических систем (ВМК РВ ЭЭС)	3 комплекса и 20 рабочих мест

Программа составлена на основе Стандарта ООП ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» подготовки бакалавров.

Программа одобрена на заседании кафедры «Электроэнергетические системы»

(протокол № 41 от 10.09.2014 г.)

Автор _____ А.С. Гусев

Рецензент _____ Ю.В. Хрущев

Приложение 1. Примеры вопросов текущего и рубежного контроля

1. Назначение и классификация автоматики энергосистем.
2. Математические методы анализа устройств и систем автоматики энергосистем.
3. Виды и характеристики систем возбуждения синхронных генераторов.
4. Принципы и виды компаундирования возбуждения синхронных генераторов.
5. Автоматические регуляторы сильного действия.
6. Оценка качества, устойчивости и статические ошибки систем автоматического регулирования.
7. Способы реализации статического и астатического регулирования частоты и активной мощности.

Приложение 2. Примеры задач текущего и рубежного контроля

1. Определить передаточную функцию заданной схемы пропорционально-интегрального регулятора.
2. Определить статическую ошибку заданной схемы пропорционального регулятора.
3. Рассчитать коэффициенты статизма автоматических регуляторов возбуждения для заданного распределения реактивной мощности между генераторами электростанции.
4. Составить и рассчитать схему активного фильтра нулевой последовательности.
5. Составить и рассчитать схему промежуточного преобразователя ток-напряжения для подключения микропроцессорных средств автоматики энергосистем к измерительным трансформаторам тока.