

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет энергетики

“УТВЕРЖДАЮ”

Декан ФЭН

профессор, к.т.н. Сидоркин
Юрий Михайлович

“ ____ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Автоматика электрических станций

ООП: специальность 140204.65 Электрические станции

Шифр по учебному плану: ДС.Ф.3

Факультет: энергетики очная форма обучения

Курс: 5, семестр: 9

Лекции: 34

Практические работы: 16 Лабораторные работы: -

Курсовой проект: - Курсовая работа: - РГЗ: 9

Самостоятельная работа: 72

Экзамен: 9 Зачет: -

Всего: 122

Новосибирск

2011

Рабочая программа составлена на основании Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению (специальности): 650900 Электроэнергетика.(№ 214 тех/дс от 27.03.2000)

ДС.Ф.3, дисциплины федерального компонента

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Электрические станции протокол № № 11 от 30.06.2011

Программу разработал

доцент, к.т.н.

Купарев Михаил Анатольевич

Заведующий кафедрой

доцент, к.т.н.

Тимофеев Иван Петрович

Ответственный за основную образовательную программу

доцент, к.т.н.

Тимофеев Иван Петрович

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Шифр дисциплины	Содержание учебной дисциплины	Часы
ДС.Ф.3	Концептуальная записка по специальности 140204.65 "Электрические станции". Дисциплина "Автоматика электрических станций": Электростанция и энергосистема как объекты управления. Основные понятия. Технологическая автоматика. Включение синхронных машин на параллельную работу. Автоматическое повторное включение и включение резервного питания. Регулирование частоты; автоматическая частотная разгрузка. Регулирование напряжения; регуляторы возбуждения	122

2. Особенности (принципы) построения дисциплины

Таблица 2.1

Особенности (принципы) построения дисциплины

Особенность (принцип)	Содержание
Основания для введения дисциплины в учебный план по направлению или специальности	Решение Учёного совета факультета Энергетики, протокол № 9 от 29.06.2007
Адресат курса	Студенты 5 курса, обучающиеся по специальности 140204 "Электрические станции" (уровень подготовки - инженер)
Основная цель (цели) дисциплины	После успешного освоения материала дисциплины студент будет знать основные принципы построения систем автоматического управления производством и распределением электроэнергии, принципы автоматического регулирования параметров режима электроэнергетических систем, основные принципы построения систем противоаварийной автоматики.
Ядро дисциплины	В основу курса положены три компонента: объект управления и его характеристики, алгоритмы управления и принципы построения автоматических устройств управления, в том числе, рассматриваются принципы и алгоритмы новых цифровых устройств автоматики и методика расчета их параметров.
Связи с другими учебными дисциплинами основной образовательной	Рассматриваемые в дисциплине вопросы построения устройств автоматики электроэнергетических систем, алгоритмы их функционирования, методы расчета основных

программы	параметров и уставок используются в ходе дипломного проектирования, а также при изучении параллельных курсов - "Релейная защита электроэнергетических систем", "Основы проектирования релейной защиты и автоматики энергосистем", "Теория автоматического управления".
Требования к первоначальному уровню подготовки обучающихся	Дисциплины, предшествующие по учебному плану Требования к первоначальному уровню подготовки обучающихся для успешного освоения дисциплины Уровень "знать" Уровень "уметь" Электромагнитные переходные процессы Системы относительных единиц, методы расчета установившихся и неустановившихся коротких замыканий Составлять схемы замещения и рассчитывать симметричные и несимметричные режимы коротких замыканий Электроника Диоды, транзисторы, операционные усилители, триггеры, логические элементы, аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи Рассчитать параметры транзисторных каскадов, операционных усилителей (сумматоров, дифференциаторов, интеграторов) Электромеханика Принцип действия синхронных и асинхронных машин, системы возбуждения синхронных генераторов Строить векторные диаграммы СМ Электромеханические переходные процессы Статическая и динамическая устойчивость электрической системы, результирующая устойчивость, методы расчета устойчивости Рассчитывать статическую и динамическую устойчивость электрической системы Релейная защита электроэнергетических систем Принципы построения защит с относительной и абсолютной селективностью, методики расчета уставок защит Рассчитывать уставки защит, согласовывать совместные действия устройств релейной защиты и устройств автоматики
Особенности организации учебного процесса по дисциплине	При проведении занятий учитывается возможное у некоторых студентов отсутствие навыков анализа схем, построенных на электромеханических элементной базе. Недостаток знаний компенсируется более подробным рассмотрением этих вопросов на практических занятиях. Индивидуальные предпочтения обучающихся учитываются при выборе темы расчетно-графического задания.

3. Цели учебной дисциплины

Таблица 3.1

После изучения дисциплины студент будет

иметь представление	
1	об общих принципах построения систем автоматического управления и автоматического регулирования в электроэнергетике
2	об особенностях автоматического управления гидрогенераторами и турбогенераторами
3	о микропроцессорных интегрированных автоматических комплексах противоаварийного управления
знать	
4	способы синхронизации, принципы построения и алгоритмы действия устройств синхронизации на электромеханической, микроэлектронной и микропроцессорной базе
5	виды АПВ и принципы действия устройств АПВ и АВР
6	принципы организации автоматической частотной разгрузки (АЧР)
7	способы регулирования напряжения на генераторах и в энергосистеме
8	способы регулирования частоты, мощности и перетоков мощности в энергосистеме
9	принципы построения системы противоаварийной автоматики
10	принципы построения автоматики предотвращения нарушения устойчивости (АПНУ)
11	принципы построения устройств АЛАР
12	принципы выполнения автоматики ограничения повышения и снижения частоты и напряжения (АОПЧ, АОСЧ, АОПН, АОСН)
уметь	
13	производить расчет параметров синхронизаторов, определять синхронную устойчивость после включения генераторов
14	производить расчет АЧР
15	производить расчет уставок АВР
16	производить расчет всех видов АПВ на линиях с двусторонним питанием

4. Содержание и структура учебной дисциплины

Лекционные занятия

Таблица 4.1

(Модуль), дидактическая единица, тема	Часы	Ссылки на цели
Семестр: 9		
Модуль: Автоматика управления		
Дидактическая единица: Электростанция и энергосистема как объекты управления. Основные понятия. Технологическая автоматика.		
Автоматическое управление технологическими процессами на тепловых и гидроэлектростанциях. Обзор технологической автоматики тепловых и	2	1, 2, 3

гидравлических электростанций. Автоматический пуск и останов агрегатов тепловых электростанций. Основные технические требования к автоматическим устройствам управления гидроагрегатами.		
Модуль: Автоматические синхронизаторы		
Дидактическая единица: Включение синхронных машин на параллельную работу		
Автоматическое включение синхронных машин на параллельную работу. Способы и условия включения синхронных генераторов на параллельную работу. Динамические воздействия при включении синхронных генераторов методом точной синхронизации. Критерии допустимости включения с заданным углом ошибки.	3	13, 4
Принципы построения устройств точной синхронизации. Синхронизаторы с постоянным углом и временем опережения.	1	13, 4
Синхронизаторы с постоянным углом опережения (КА-11/13).	1	13, 4
Синхронизаторы с постоянным временем опережения на электрохимической базе (АСТ-4).	3	13, 4
Микроэлектронные (СА-1) и микропроцессорные синхронизаторы (Спринт, АС-М) с вычисляемым углом опережения. Принцип замера частоты и угла в микропроцессорных синхронизаторах.	3	13, 4
Автоматическое включение синхронных генераторов способом самосинхронизации. Автоматическое включение синхронных электродвигателей и синхронных компенсаторов.	2	13, 4
Модуль: Сетевая автоматика		
Дидактическая единица: АПВ, АВР		
Общая противоаварийная автоматика. Автоматическое повторное включение (АПВ). Назначение, экономическая эффективность, область применения и виды АПВ. Основные технические требования к устройствам АПВ. АПВ линий с односторонним питанием. Совместная работа устройств АПВ и релейной защиты. Ускорение действия релейной защиты при АПВ. Поочередное АПВ и АПВ с возрастающей кратностью. Расчет уставок АПВ линий с односторонним питанием.	2	16, 5
Трехфазные АПВ линии с двусторонним питанием. Несинхронное и быстродействующее АПВ, критерии их допустимости. АПВ с ожиданием и улавливанием синхронизма.	2	16, 5
Однофазное автоматическое повторное включение (ОАПВ). Достоинства, недостатки, область применения и выполняемые функции ОАПВ. Избирательные органы устройств ОАПВ. Схема устройств ОАПВ.	2	16, 5
АПВ трансформаторов и сборных шин.	1	16, 5
Автоматическое включение резервного питания	1	15, 5

(АВР). Назначение АВР, область применения. Требования к устройствам АВР, основные принципы выполнения.		
Модуль: АРЧМ, АЧР		
Дидактическая единица: Регулирование частоты, АЧР		
Автоматическое управление энергосистемой по частоте и активной мощности. Задачи и особенности регулирования частоты в энергосистеме. Требования ГОСТ к поддержанию частоты. Влияние частоты на работу потребителей электроэнергии. Частотные характеристики и регулирующий эффект нагрузки. Частотные характеристики агрегатов электрических станций. Основные требования к автоматическим устройствам регулирования частоты и активной мощности (АРЧМ). Принципы оптимального распределения активной нагрузки между агрегатами станции. Автоматическое регулирование частоты вращения турбин (первичное регулирование). Гидромеханический первичный регулятор. Электрогидравлические регуляторы частоты вращения. Вторичное регулирование частоты и активной мощности.	5	8
Автоматическая частотная разгрузка (АЧР). Назначение АЧР, принципы выполнения АЧР: АЧР I и АЧР II. Раздельный, совмещенный, совмещённо-раздельный способы организации АЧР I и АЧР II. Дополнительная категория разгрузки (АЧР III).	4	14, 6
Расчет АЧР.	1	14, 6
Автоматическое повторное включение потребителей после действия АЧР (ЧАПВ). Схемы устройств АЧР и ЧАПВ.	2	14, 6
Модуль: АРН		
Дидактическая единица: Электростанция и энергосистема как объекты управления. Основные понятия. Технологическая автоматика.		
Цели дисциплины. Основные этапы процесса автоматизации электроэнергетики. Энергосистема как объект управления. Классификация устройств автоматики. Основные понятия теории автоматического регулирования. Характеристики регулирования.	2	1, 2, 3
Дидактическая единица: Регулирование напряжения, регуляторы возбуждения		
Автоматическое регулирование параметров режима электроэнергетических систем. Автоматическое регулирование возбуждения, напряжения и реактивной мощности синхронных генераторов. Генератор - как объект регулирования. Функции автоматических регуляторов возбуждения (АРВ) генераторов в энергосистемах.	2	7
АРВ пропорционального действия. Релейное	2	7

управление возбуждением при электромашинной системе возбуждения. Токовое компаундирование. Коррекция напряжения при токовом компаундировании. Функциональная схема электромагнитного корректора. Фазовое компаундирование синхронных машин. Управляемое фазовое компаундирование.		
АРВ сильного действия. Законы регулирования и алгоритм функционирования АРВ сильного действия. Сравнение различных типов АРВ по устойчивости и качеству регулирования. Цифровые АРВ сильного действия.	2	7
Использование АРВ для регулирования напряжения на шинах электростанций и для распределения реактивной мощности между генераторами. Задание статизма по реактивному току генератора, работа генератора в блоке с трансформатором, параллельная работа блоков на общие шины. Принципы группового управления возбуждением генераторов (ГУВ) электростанции. ГУВ с центральным распределителем реактивных нагрузок. Принцип выполнения ГУВ с уравниванием реактивных нагрузок по среднему значению. Микропроцессорная система группового регулирования напряже-ния.	3	7
Основные принципы построения противоаварийной автоматики. Специальная системная противоаварийная автоматика (ПА) как средство обеспечения надежности работы объединенных энергосистем. Назначение и виды ПА. Основные требования к ПА. Средства повышения статической и динамической устойчивости. Управляющие воздействия ПА.	2	10, 11, 12, 9

Практические занятия

Таблица 4.2

(Модуль), дидактическая единица, тема	Учебная деятельность	Часы	Ссылки на цели
Семестр: 9			
Модуль: Автоматические синхронизаторы			
Дидактическая единица: Включение синхронных машин на параллельную работу			
Расчет параметров настройки синхронизаторов с постоянным углом опережения и с постоянным временем опережения.	По заданным исходным данным производит расчет параметров настройки синхронизатора КА-11/13, АСТ-4 и СА-1; Для рассчитанной максимально	4	4, 8

	допустимой частоты скольжения определяет сохранение синхронной устойчивости после включения генератора на параллельную работу.		
Модуль: Сетевая автоматика			
Дидактическая единица: АПВ, АВР			
Обоснование допустимости использования НАПВ, БАПВ на линии с двусторонним питанием.	" Выполняет расчет тока несинхронного повторного включения линии и его распределение по генераторам электростанции, делает вывод о возможности применения НАПВ; " Определяет угол, на который разошлись векторы напряжений разделившихся частей энергосистемы, и, используя результаты предыдущих расчетов, делает вывод о возможности применения БАПВ; " Производит расчет уставок АПВУС.	4	16, 6
Расчёт параметров настройки устройства автоматического включения резерва.(АВР)	" Изучает принципиальные схемы устройств АВР (пуск устройств АВР, пусковые органы напряжения, способы обеспечения однократности действия АВР) " Производит расчёт параметров схемы замещения, задает режим работы сети; " Определяет расчётные условия для определения уставок АВР.	4	15, 5

Модуль: АРЧМ, АЧР			
Дидактическая единица: Регулирование частоты, АЧР			
Расчет АЧР.	Для заданной схемы энергосистемы производит анализ режимов, связанных с дефицитом мощности в различных аварийных ситуациях; Производит расчет общего объема разгрузки и последующее распределение по числу имеющихся очередей каждой категории разгрузки; Определяет необходимость использования дополнительной категории разгрузки; Расчет производится для двух способов организации АЧР и АЧРП - раздельного и совмещенного.	4	14, 8

5. Самостоятельная работа студентов

Семестр- 9, РГЗ

Расчетно-графическое задание выполняется по теме: "Расчет параметров устройств автоматики".

Цель работы: уметь обосновать и выбрать тип АПВ для ВЛ с двусторонним питанием, производить расчет уставок автоматических синхронизаторов.

В ходе выполнения расчетно-графического задания студент:

- производит расчет параметров автоматического синхронизатора с постоянным временем опережения, проверяет синхронную устойчивость генератора для рассчитанной максимально допустимой частоты скольжения после его включения на параллельную работу;
- производит обоснование и допустимость применения одного из видов АПВ на линии с двусторонним питанием;
- составляет расчетно-пояснительную записку объемом 16 - 20 м.п. листов.

Срок сдачи задания - 15 учебная неделя. На выполнение, оформление и подготовку к защите отводится 30 часов самостоятельной работы.

Примерное содержание пояснительной записки: составление схемы замещения энергосистемы, расчет её параметров; расчет тока несинхронного включения ВЛ для

обоснования применения НАПВ, при недопустимости применения НАПВ производится обоснование применения БАПВ или расчет уставок АПВУС.

Семестр- 9, Подготовка к занятиям

Подготовка к практическим занятиям включает:

- 1) работу с теоретическим материалом (конспекты лекции, учебные пособия),
- 2) выполнение домашних заданий;

на это в предусматривается 37 часов самостоятельной работы

6. Правила аттестации студентов по учебной дисциплине

Аттестация студентов по дисциплине построена на балльно-рейтинговой системе. Аттестация предусматривает текущий, промежуточный и итоговый контроль, а также контроль по самостоятельной работе.

Рейтинг по текущей успеваемости учитывает результаты работы на практических занятиях; максимальная оценка 5 за каждое из 8 практических занятий. Рейтинг по промежуточной аттестации определяется двумя контрольными работами, проводимыми на лекционных занятиях. Максимальная оценка 5 баллов за каждую контрольную работу.

Контроль по самостоятельной работе учитывает выполнение расчётно-графического задания с максимальной оценкой 10 баллов.

Рейтинг по итоговой аттестации определяется экзаменом с максимальной оценкой 40 баллов. Экзамен проводится в устной форме. В экзаменационном билете предусматривается два теоретических вопроса с максимальной оценкой по 20 баллов за каждый.

7. Список литературы

7.1 Основная литература

В печатном виде

1. Андреев В. А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения : [учебник для вузов по специальности "Электроснабжение" направления подготовки "Электроэнергетика"] / В. А. Андреев. - М., 2008. - 639 с. : ил. - Рекомендовано МО.
2. Овчаренко Н. И. Автоматика электрических станций и электроэнергетических систем : Учебник для вузов электроэнергет. спец. / Под ред. А. Ф. Дьякова. - М., 2000. - 504 с. : ил.
3. Овчаренко Н. И. Автоматика энергосистем : [учебник для вузов по направлению подготовки "Электроэнергетика"] / Н. И. Овчаренко. - М., 2007. - 475 с. : ил. - Рекомендовано МО.

7.2 Дополнительная литература

В печатном виде

1. Автоматика электроэнергетических систем : учебное пособие для вузов по специальности "Автоматизация производства и распределения электроэнергии" / Алексеев О. П. [и др.] ; под ред. Козиса В. Л., Овчаренко Н. И. - М., 1981. - 479 с. : ил.
2. Тимофеев И. П. Автоматическая частотная разгрузка : Метод. указания к выполнению лаб. работ по курсу "Автоматизация электроэнерг. систем" для IV-V курсов ЭлТФ (спец. 2104, 1001) дневного отд-ния / Сост. : Тимофеев И. П. - Новосибирск, 1992. - 26 с.
3. Рабинович Р. С. Автоматическая частотная разгрузка энергосистем / Р. С. Рабинович. - М., 1989. - 351, [1] с. : ил., табл.
4. Автоматический синхронизатор СА-1 : Метод. указания к выполнению лаб. работы по курсу "Автоматизация электроэнерг. систем" для IV-V курсов ЭлТФ и ЭЭФ (спец. 2104, 1001) дневного отд-ния / Сост. : Давыдов В. А., Тимофеев И. П. - Новосибирск, 1990. - 23 с.
5. Беркович М. А. Автоматика энергосистем : учебник для энергетических и энергостроительных техникумов / Беркович М. А., Гладышев В. А., Семенов В. А. - М., 1991. - 238, [1] с. : ил.
6. Барзам А. Б. Системная автоматика / А. Б. Барзам. - М., 1989. - 444, [1] с. : ил., схемы
7. Алексеев О. П. Автоматизация электроэнергетических систем : Учеб. пособие по спец. "Автоматическое управление электроэнергет. системами", "Электр. станции" / О. П. Алексеев, В. Л. Козис, В. В. Кривенков и др. ; Под ред. : В. П. Морозкина, Д. Ангелаге. - М., 1994. - 448 с. : ил.
8. Автоматическое управление в электрических системах : Программа, метод. указания и задание для выполн. курс. работы . . . для IV курса ФЭН (спец. 2104) заоч. отд-ния / Новосиб. гос. техн. ун-т; Сост. И. П. Тимофеев. - Новосибирск, 1997. - 43 с. : ил.

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

В печатном виде

1. Автоматическое повторное включение линий электропередач : методические указания к лабораторной работе для 4 и 5 курсов ФЭН всех форм обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. И. П. Тимофеев]. - Новосибирск, 2008. - 30, [2] с. : схемы, табл.
2. Автоматика электроэнергетических систем : Метод. указ. к выполн. расчетно-граф. раб. по курсу "Автоматика электроэнергет. систем" для V курса дн. отд. ФЭН (спец. 210400) / Новосиб. гос. техн. ун-т; Сост. : И. П. Тимофеев. - Новосибирск, 2003. - 18 с. : ил.

В электронном виде

1. Автоматическое повторное включение линий электропередач : методические указания к лабораторной работе для 4 и 5 курсов ФЭН всех форм обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. И. П. Тимофеев]. - Новосибирск, 2008. - 30, [2] с. : схемы, табл.. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/3590.rar>

9. Контролирующие материалы для аттестации студентов по дисциплине

Экзаменационные вопросы по курсу "Автоматика электрических станций"

1. Энергосистема как объект автоматического управления. Классификация устройств автоматики энергосистем.
2. Автоматические устройства регулирования: определение, классификация, виды обратной связи.
3. Характеристики автоматических устройств регулирования.
4. Точная синхронизация генераторов: воздействие на генератор при нарушении условия равенства напряжений включаемого генератора и системы.
5. Точная синхронизация генераторов: воздействие на генератор при нарушении условия равенства частот включаемого генератора и системы.
6. Точная синхронизация генераторов: воздействие на генератор при нарушении условия $\text{угол}=0$.
7. Динамические воздействия при синхронизации генераторов при учёте свободной составляющей в токе включения.
8. Критерии допустимости включения синхронного генератора по способу точной синхронизации.
9. Точная синхронизация с постоянным углом опережения. Полуавтоматический синхронизатор КА-11/13.
10. Точная синхронизация с постоянным временем опережения. Автоматический синхронизатор АСТ-4.
11. Точная синхронизация с постоянным временем опережения. Принцип действия автоматического синхронизатора СА-1.
12. Принцип расчёта уставок автоматического синхронизатора СА-1.
13. Микропроцессорные синхронизаторы с вычисляемым углом опережения. Принципы замера продолжительности интервала времени (периода синусоидального сигнала) в микропроцессорных системах.
14. Включение синхронного генератора на параллельную работу методом самосинхронизации. Принцип метода и физические процессы, происходящие в генераторе при самосинхронизации.
15. Назначение АЧР. Статические частотные характеристики энергетической системы.
16. Назначение АЧР. Динамические частотные характеристики энергетической системы.
17. Требования к АЧР.
18. АЧР первой категории (АЧР-I). Назначение и принципы расчёта уставок.
19. АЧР второй категории (АЧР-II). Назначение и принципы расчёта уставок.
20. АЧР третьей категории (АЧР-III). Назначение и принципы расчёта уставок.
21. Совмещённая и раздельная организация АЧР-I и АЧР-II.
22. Задача: рассчитать уставки раздельных АЧР-I и АЧР-II.
23. Задача: рассчитать уставки совмещённых АЧР-I и АЧР-II.
24. Частотное АПВ.
25. Принципиальная схема устройства АЧР и ЧАПВ с контролем изменения частоты.
26. АПВ. Назначение, классификация, требования. Основные определения (время действия, выдержка времени, время бестоковой паузы и др.).
27. Сочетание действий устройств РЗ и АПВ линий; АПВ разной кратности.
28. Сочетание действий устройств РЗ и АПВ линий; поочерёдное АПВ.
29. Особенности трёхфазного АПВ на параллельных линиях и линиях с двухсторонним питанием.
30. Несинхронное АПВ.
31. Быстродействующее АПВ.
32. АПВОС, АПВУС.
33. АПВ сборных шин.
34. АПВ силовых трансформаторов.

35. АВР: назначение, требования, классификация.
36. Принцип работы схемы устройства АВР тепловой электростанции.
37. АРВ синхронных генераторов: назначение, классификация, основные характеристики.
38. Релейные устройства быстродействующей форсировки возбуждения.
39. Устройства компаундирования возбуждения генераторов.
40. Электромагнитный корректор напряжения.