

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)**

**ПОСЛЕВУЗОВСКОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ
(АСПИРАНТУРА)**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе

_____ Шелупанов А.А.

« ____ » _____ 2012 г.

ПРОГРАММА

Кандидатского экзамена по специальности

05.09.03 ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ

РАССМОТРЕНА И ОДОБРЕНА на заседании обеспечивающей кафедры ЭСАУ

« _____ » протокол № ____ от _____ 2012 г.

Программа СОГЛАСОВАНА с факультетами, кафедрами, реализующими основные образовательные программы по специальностям аспирантуры.

Декан ФВС

М.В. Черкашин

Зав. обеспечивающей кафедры ЭСАУ

А.Г. Гарганеев

Зав. ОППО

И.А. Ярымова

Томск 2012

Программа - минимум кандидатского экзамена по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы составлена в соответствии с Федеральными государственными требованиями к структуре образовательной программы послевузовского профессионального образования (ООП ППО) по научной специальности 05.09.03, учебным планом специальности и паспортом специальности научных работников по специальности.

Научная специальность 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Отрасль науки – технические.

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ПРОГРАММЫ

1.1 Цель программы

состоит в углубленном и расширенном изучении основных дисциплин: теории автоматического управления (ТАУ), теории электропривода (ТЭП) и систем управления электроприводами (СУЭП), знания по которым необходимы соискателю в решении научных и прикладных задач при подготовке диссертационной работы по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Кандидатский экзамен по специальности является неотъемлемой частью государственной аттестации научных и научно-педагогических кадров. Программы - минимум кандидатских экзаменов по специальностям электротехнического профиля отражают современное состояние конкретных отраслей технических наук и включают их важнейшие разделы. Программа - минимум по специальности является первой частью программы кандидатского экзамена. Вторая часть кандидатского экзамена является индивидуальной для каждого аспиранта, связанной с темой его диссертационного исследования.

1.2. Задача программы заключается в активизации теоретической и экспериментальной работы аспиранта (соискателя), а также всей его интеллектуальной деятельности в выбранном научном направлении. В основу программы положены следующие дисциплины: "Теория автоматизированного электропривода", "Системы управления электроприводами", "Автоматизированные системы управления производством", "Вычислительная техника в инженерных и экономических расчетах", "Электроснабжение".

2. ТРЕБОВАНИЯ К ЗНАНИЯМ, УМЕНИЯМ И НАВЫКАМ АСПИРАНТА (СОИСКАТЕЛЯ)

Аспирант (соискатель) должен владеть глубокими знаниями в современных ТАУ, ТЭП и СУЭП, уметь пользоваться методами анализа и синтеза объектов управления и систем автоматизированного электропривода, знать способы и средства экономичного регулирования координат электромеханической системы, уметь оптимизировать управляемые процессы и обосновывать принимаемые решения. В процессе подготовки к кандидатскому экзамену по специальности соискатель должен приобрести навыки по расчетам и моделированию статических характеристик и динамических процессов автоматизированных электроприводов различных объектов.

3. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Часть I. ОСНОВНАЯ ПРОГРАММА (УТВЕРЖДЕННАЯ ВАК ФЕДЕРАЛЬНАЯ КОМПОНЕНТА)

1. Теория электропривода

Функции, выполняемые электроприводом и его обобщенные функциональные схемы. Характеристики электромеханического преобразователя энергии и его математическое описание в двигательном и тормозном режимах. Обобщенная электрическая машина. Электромеханические свойства двигателей. Механические устройства. Нагрузка двигателя.

Механические модели и структурные схемы электромеханических систем с различного рода электродвигателями.

Установившиеся режимы работы электропривода. Частотный анализ. Учет упругих звеньев и связей. Учет нелинейностей. Построение адекватных моделей с применением ЦВМ.

Переходные процессы в электроприводах. Линейные и нелинейные системы, передаточные и переходные функции электропривода. Примеры формирования оптимальных переходных процессов.

Обобщенный алгоритм математического моделирования линейных и нелинейных систем автоматизированного электропривода на ЦВМ.

Регулирование координат электропривода. Характеристика систем электроприводов: управляемый преобразователь - двигатель постоянного тока, преобразователь частоты - асинхронный двигатель, преобразователь частоты - синхронный двигатель, системы с шаговыми двигателями.

Основные характеристики приборных систем электроприводов.

Следящие электроприводы. Многодвигательные электромеханические системы.

Выбор мощности электродвигателя, типа и мощности преобразователя. Основные этапы проектирования электропривода.

2. Автоматическое управление электроприводом

Основные функции и структура систем автоматического управления электроприводами. Типовые схемы и типовые системы, осуществляющие автоматический пуск, реверс и останов электродвигателей. Синтез систем с контактными и бесконтактными элементами.

Общие вопросы теории замкнутых систем автоматического управления электроприводом (САУ).

Методы анализа и синтеза замкнутых линейных и нелинейных, непрерывных и дискретных САУ. Методы вариационного исчисления. Применение аналоговых, цифровых и аналогово-цифровых вычислительных машин.

Системы управления электроприводами постоянного и переменного тока. Типовые структуры систем управления асинхронными и синхронными двигателями. Особенности построения систем управления с тиристорными преобразователями. Системы с машинами двойного питания.

Управление электроприводами при упругой связи двигателя с механизмом. Стабилизирующие системы управления электроприводами.

Типовые узлы и типовые САУ, поддерживающие постоянство заданных переменных. Типовые узлы и типовые следящие САУ непрерывного и дискретного действия. Оптимальные и инвариантные САУ. Анализ и синтез следящих САУ с учетом стохастических воздействий.

Робототехнические комплексы и гибкие автоматизированные производства. Применение микропроцессоров и микро-мини-ЭВМ для индивидуального и группового управления электроприводами технологических объектов.

Адаптивные системы автоматического управления и принципы их построения.

Теория надежности и диагностики в электроприводе.

3. Теория и принципы работы комплексных узлов электрооборудования

Научные основы и принципы работы наиболее распространенных комплексных узлов электрооборудования (по отраслям). Преобразователи напряжения, в том числе: генераторы, управляемые вентильные преобразователи постоянного и переменного тока и др.

Основные принципы построения систем и комплексных узлов общепромышленного электрооборудования и электрооборудования подвижных объектов. Контактнорезисторные и электронные узлы систем управления электрическим подвижным составом и их особенности.

Контактные и бесконтактные узлы с электродвигателями постоянного и переменного тока, работающие в непрерывных, релейных и импульсных режимах. Особенности проектирования.

Энергетические характеристики электротехнологических установок различного типа. Особенности источников питания электротехнологических установок.

4. Основные положения электроснабжения промышленных предприятий, городов, транспорта и сельского хозяйства

Классификация приемников и преобразователей электрической энергии. Электрические нагрузки по отраслям. Использование теории случайных процессов для их определения. Основы теории прогнозирования и динамика потребления электрической энергии. Тяговые подстанции и их принципиальные особенности.

Принципы расчета электрических сетей и систем электрооборудования.

Выбор систем и схем электроснабжения. Современные методы оптимизации систем. Характерные схемы электроснабжения. Выбор напряжения в системах электроснабжения по отраслям. Сокращение числа трансформаторов и выбор числа трансформаторов. Блуждающие токи и коррозия подземных сооружений.

Определение токов короткого замыкания и выбор электрических аппаратов.

Качество электрической энергии. Влияние качества электроэнергии на производительность механизмов и агрегатов по отраслям. Электромагнитная совместимость приемников электрической энергии.

Технико-экономические расчеты в системах электроснабжения по отраслям и использование для этих целей ЦВМ. Теория интерполяции и аппроксимации. Методы приближения функций.

Теория надежности и диагностики в электроснабжении и преобразовании электрической энергии по отраслям. Теория малых выборок и ее использование.

Компенсация реактивной мощности.

Заземление установок, молниезащита промышленных сооружений, жилых и культурно-бытовых зданий.

Допустимые перегрузки элементов преобразовательных подстанций систем электроснабжения.

Электробаланс городов, сельского хозяйства, промышленных предприятий и подвижных объектов. Методика расчета потерь мощности электроэнергии.

Влияние электрических машин и электротехнологических установок на работу систем электроснабжения.

Часть II.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА (РЕГИОНАЛЬНАЯ И ВУЗОВСКАЯ КОМПОНЕНТА)

1. К разделам "Теория электропривода" и "Автоматическое управление электроприводом"

Специальные главы электропривода связанные с современными методами расчета и проектирования перспективных направлений управления промышленными объектами. Инверторы с улучшенной формой выходного напряжения (тока). Динамические характеристики автономных инверторов при управлениях частотой. Преобразователи частоты большой мощности.

Современные методы исследования сложных электроприводов использованием персональных компьютеров. Устойчивость и качество линейных систем. Методы исследования точности линейных систем. Устойчивость и автоколебания нелинейных систем электроприводов. Самонастраивающиеся системы. Методы синтеза и анализа оптимальных линейных и нелинейных систем. Микропроцессорное управление электроприводами, системы с числовым программным управлением.

Специальные электрические машины для регулируемых электроприводов. Энергосбережение в электроприводе. Энергетика электроприводов. Энергетические свойства различных систем электропривода. Энергосберегающие технические решения в электроприводе

2. К разделу "Теория и принципы работы комплексных узлов электрооборудования"

Классификация электротехнологических установок с точки зрения вида потребляемой электроэнергии. Вид потребляемой электроэнергии в установках электрогидравлического удара, электроэрозионной и электроионной обработки, электро- и магнитоимпульсной обработки изделий. Типы источников питания установок резистивного, индуктивного, диэлектрического, электродугового, лазерного, электронного нагрева.

Роль преобразовательной техники в народном хозяйстве. Основные направления работ в электронной преобразовательной технике. Основные элементы электронных преобразовательных приборов и их сравнительные характеристики. Трансформаторно-реактивное и конденсаторное оборудование.

Выпрямительные установки. Основные элементы выпрямителей и их назначение. Классификация выпрямителей, их достоинства и недостатки. Основные расчетные соотношения и характеристики схем выпрямителя. Расчет выпрямителей. Основные схемы выпрямления: однофазные, трехфазные, составные. Работа неуправляемых выпрямителей на активную, активно-емкостную, активно-индуктивную нагрузку и нагрузку с противо-ЭДС. Регуляторы напряжения и управляемые выпрямители. Схемы управления тиристорами. Регулирование выходных параметров выпрямителей, назначение и классификация регулирующих устройств. Выпрямители с управляемыми вентилями. Особенности работы выпрямителей (управляемых) на нагрузку различного характера. Внешние и регулировочные характеристики выпрямительных устройств. Учет влияния параметров вентиля и трансформатора на работу выпрямителя. Коммутация тока в схемах выпрямления. Энергетические характеристики выпрямителей и способы их улучшения. Высшие гармонические составляющие в кривой выпрямленного напряжения и первичного тока. Сглаживающие фильтры. Коэффициент мощности и КПД выпрямителя. Вынужденное намагничивание сердечника выпрямительного трансформатора и мероприятия по его снижению. Улучшение коэффициента мощности управляемых выпрямителей.

Инверторные установки. Однофазные и трехфазные инверторы ведомые сетью. Схемы параллельных и последовательных инверторов. Принцип действия, основные характеристики. Переход от выпрямительного режима к инверторному. Автономные инверторы. Классификация автономных инверторов. Принцип действия и характеристики инвертора

тока (на примере однофазного параллельного инвертора). Регулирование и стабилизация выходного напряжения инверторов тока. Резонансные инверторы и инверторы напряжения. Способы формирования и регулирования выходного напряжения инверторов напряжения. Резонансные автономные инверторы, основные виды и внешние характеристики.

Преобразователи частоты и регуляторы напряжения. Преобразователи низкой, высокой и сверхвысокой частоты. Основные принципы регулирования напряжения. Широко- и частотно импульсные регуляторы напряжения.

Источники питания электроразрядных установок. Классификация источников питания с падающими характеристиками. Устойчивость системы источник питания - потребитель. Источники питания с балластными сопротивлениями (активные, индуктивные, емкостные). Типы сварочных источников питания. Параметрические источники питания (индуктивно-емкостные преобразователи и транзисторные источники питания). Источники питания с обратной связью: генераторные, управляемые выпрямители, ключевые схемы источников питания. Параллельная работа дуг и особенности работы источников питания электродуговых систем. Источники мощности. Импульсные источники питания (ключевые и с накопителями). Особенности работы источников питания электронно-лучевых и лазерных установок.

3. К разделу "Основные положения электроснабжения промышленных предприятий, городов, транспорта и сельского хозяйства"

Характеристики промышленных потребителей электроэнергии: установленная мощность, род тока, напряжение, частота тока, режимы работы, степень бесперебойности, удельный расход электроэнергии, стабильность расположения оборудования.

Графики нагрузок, их назначение и классификация. Коэффициенты, характеризующие графики нагрузок и режимы электроприемников. Регулирование графиков нагрузок. Способы определения приведенного числа приемников. Определение средних и среднеквадратичных нагрузок. Определение расчетной нагрузки по установленной мощности и коэффициенту спроса. Определение расчетной нагрузки по удельной нагрузке на единицу производственной площади и по удельному расходу электроэнергии на единицу продукции. Определение расчетной нагрузки по средней мощности и коэффициенту формы. Расчетные нагрузки однофазных электроприемников в трехфазных сетях. Пиковые нагрузки. Расчетная реактивная нагрузка. Расчеты электрических нагрузок на разных уровнях электроснабжения.

Компенсация реактивной мощности. Потребители и источники реактивной мощности. Удельные затраты на генерацию реактивной мощности различными источниками. Способы уменьшения потребления реактивной мощности приемниками электроэнергии. Компенсирующие устройства и их выбор. Размещение, режимы работы и регулирования компенсирующих устройств. Компенсация реактивной мощности при наличии вентильных преобразователей. Выбор фильтрокомпенсирующих устройств в СЭС.

Конструктивное выполнение цеховых сетей. Совместное питание осветительной и силовой нагрузок. Выбор напряжения для питания приемников в цехах. Расчет токов короткого замыкания в установках напряжением до 1000 В и в установках постоянного тока. Выбор сечений проводов, кабелей и шин силовых приемников. Электрические сети осветительных установок. Расчет электрических сетей осветительных установок. Сети многоамперных установок переменного и постоянного тока. Электрооборудование и сети пожаро- и взрывоопасных помещений. Сети для передвижных установок.

Методика технико-экономических расчетов. Основные технико-экономических показатели. Использование математических методов в технико-экономических расчетах. Применение ЭВМ для технико-экономических расчетов.

Качество электрической энергии. Несинусоидальность формы кривой напряжения и тока. Влияние отклонений и колебаний напряжения на работу приемников электрической энергии. Отклонения и колебания частоты и их влияние на работу приемников электроэнергии. Способы и средства повышения качества электроэнергии в СЭС промышленных

предприятий. Несимметрия напряжения. Надежность электроснабжения как фактор качества электрической энергии.

Выбор числа и мощности силовых трансформаторов. Электростанции промышленного назначения и их характерные особенности. Оптимизация систем промышленного электроснабжения.

Определение рационального напряжения аналитическим расчетом и с применением методов планирования эксперимента.

Выбор сечений жил кабелей и проводов воздушных линий по нагреву расчетным током и по нагреву током короткого замыкания. Выбор сечений жил кабелей и проводов воздушных линий по потерям напряжения и по экономическим соображениям. Определение активного и реактивного сопротивлений шинпровода. Потери мощности и напряжения в шинпроводах. Выбор сечения шинпровода и проверка выбранного сечения. Колебания шинпроводов. Допустимые перегрузки кабельных и воздушных линий.

Электрокоррозия подземных сетей блуждающими токами.

Защита систем электроснабжения. Защита плавкими предохранителями и автоматическими выключателями. Молниезащита электроустановок. Защита от грозовых перенапряжений. Защита электрических сетей осветительных установок. Защита подземных сооружений от коррозии.

Схемы цеховых трансформаторных и главных понизительных подстанций. Выбор коммутационных аппаратов. Закрытые и открытые распределительные устройства высокого напряжения. Распределительные устройства низкого напряжения. Компоновка трансформаторных подстанций.

Основные принципы построения систем электрооборудования летательных аппаратов.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Гарганеев А.Г. Технические средства автоматизации и управления. Учебное пособие. Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск : ТУСУР, 2007. – 393 с. (95 экз.).
2. Бейнарович В.А. Основы автоматики и системы автоматического управления. Учебное пособие в 2-х разделах. – Томск: ТУСУР.- 2010. – 248 с. (13 экз.).
3. Браславский И. Я. Энергосберегающий асинхронный электропривод : Учебное пособие для вузов / И. Я. Браславский, З. Ш. Ишматов, В. Н. Поляков ; ред. : И. Я. Браславский. - М. : Академия, 2004. - 248 с. (1 экз.)
4. Зиновьев Г.С. Основы силовой электроники: учебное пособие – Изд. 2-е испр. и доп. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003. – 664 с. (80 экз.)
5. Алиев И. И. Справочник по электротехнике и электрооборудованию : учебное пособие для вузов / И. И. Алиев. - 4-е изд., доп. - Ростов н/Д : Феникс, 2003. - 477, с. (1 экз.)
6. Терехов В. М. Системы управления электроприводов : Учебник для вузов / В. М. Терехов, О. И. Осипов ; ред. : В. М. Терехов. - 2-е изд., стереотип. - М. : Академия, 2006. – 299 с. (20 экз.).
7. Герман-Галкин, С. Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6,0 : Учебное пособие / С. Г. Герман-Галкин. - СПб. : Корона принт, 2007. - 320 с. (1 экз.).
8. Основы мехатроники : монография / Ю. М. Осипов [и др.] ; ред. Ю. М. Осипов ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск : ТУСУР, 2007. - 162 с. (90 экз.)
9. Гусев Н. В. Программно-аппаратное обеспечение систем управления многокоординатными сервоприводами : учебное пособие / Н. В. Гусев, В. Г. Букреев ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и

радиоэлектроники, Кафедра электронных систем. - Томск : ТМЦДО, 2007. - 257 с. (100 экз.).

10. Гарганеев А. Г. Гистерезисный двигатель с импульсным перевозбуждением : [учебное пособие] / А. Г. Гарганеев, Ю. А. Шурыгин ; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск : Издательство Томского университета, 2007. - 216 с. (28 экз.).

11. Мелешин В.И. Транзисторная преобразовательная техника : монография / В. И. Мелешин. - М. : Техносфера, 2005. - 627 с. (22 экз.).

12. Воробьев А. Ю. Электроснабжение компьютерных и телекоммуникационных систем : научное издание / Александр Юрьевич Воробьев. - М. : Эко-Трендз, 2003. - 280 с. (3 экз.).

Дополнительная

1. Фираго Б. И. Непосредственные преобразователи частоты в электроприводе : научное издание / Б. И. Фираго. - Минск : Университетское, 1990. - 254 с. (2 экз.).

Ильинский, Николай Федотович. Общий курс электропривода : Учебник для вузов / Н. Ф. Ильинский, В. Ф. Козаченко. - М. : Энергоатомиздат, 1992. - 543 с. : (7 экз.)

2. Чернов Е. А. Электропривод и электрооборудование в автоматизированном производстве : Учебник для техникумов / Е. А. Чернов. - М. : Машиностроение, 1992. - 302 с. (2 экз.)

3. Панасюк В. И. Оптимальное микропроцессорное управление электроприводом : научное издание / В. И. Панасюк. - Минск : Вышэйшая школа, 1991. - 166 с. (2 экз.)

4. Башарин А. В. Управление электроприводами : учебное пособие для вузов / А. В. Башарин, В. А. Новиков, Г. Г. Соколовский. - Л. : Энергоиздат, 1982. - 392 с. (3 экз.)

5. Ключев В. И. Теория электропривода : Учебник для вузов / В. И. Ключев. - М. : Энергоатомиздат, 1985. - 559 с. (2 экз.).

6. Рассудов Л. Н. Электроприводы с распределенными параметрами механических элементов : / Л. Н. Рассудов, В. Н. Мядзель. - Л. : Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1987. - 143 с. (2 экз.)

7. Рудаков В. В. Асинхронные электроприводы с векторным управлением : / В. В. Рудаков, И. М. Столяров, В. А. Дартау. - Л. : Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1987. - 134 с. (2 экз.)

8. Тиристорные преобразователи частоты в электроприводе : / А. Я. Бернштейн [и др.] ; ред. Р. С. Сарбатов. - М. : Энергия, 1980. - 326 с. (2 экз.).

9. Эпштейн И. И. Автоматизированный электропривод переменного тока : / И. И. Эпштейн. - М. : Энергоиздат, 1982. - 191 с. (2 экз.).

10. Чехет Э. М. Непосредственные преобразователи частоты для электропривода : / Э. Д. Чехет, В. П. Мордач, В. Н. Соболев ; Академия наук Украинской ССР, Институт электродинамики (Киев). - Киев : Наукова думка, 1988. - 222 с. (20 экз.)

11. Чернов Е. А. Электропривод и электрооборудование в автоматизированном производстве : Учебник для техникумов / Е. А. Чернов. - М. : Машиностроение, 1992. - 302 с. (2 экз.)