

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 **05.09.12 – СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА**

КЭ А.03; цикл «Кандидатские экзамены» основной образовательной программы подготовки аспиранта по отрасли 05.00.00 – технические науки, специальность 05.09.12 – Силовая электроника

Присуждаемая ученая степень: кандидат наук

Форма обучения: очная/заочная

Руководитель ООП: Кобзев А.В., д.т.н., профессор

Томск 2012 г.

Программа кандидатских экзаменов составлена на основании:

– Федеральных государственных требований к структуре основной профессиональной образовательной программы послевузовского профессионального образования (аспирантура), утвержденных приказом Минобрнауки России от 16.03.2011 № 1365;

– Образовательной программы по общим математическим и естественно-научным дисциплинам, и дисциплинам направления «Электротехника, электромеханика и электротехнологии», связанным с особенностями анализа, синтеза и технического использования силовых электронных преобразователей и систем их управления;

– Паспорта научной специальности 05.09.12 – Силовая электроника;

– Программы–минимум кандидатского экзамена по научной специальности 05.09.12 – Силовая электроника.

– В соответствии с учебными планами очной формы обучения, утвержденными решением Ученого совета университета «27» июня 2012, протокол № 6.

Составители программы: А.В. Кобзев, д.т.н., профессор, зав. кафедрой ПрЭ; В.Д. Семёнов, к.т.н., профессор, заместитель зав. кафедрой ПрЭ по научной работе; Г.Я. Михальченко, д.т.н., профессор, директор НИИ ПрЭ.

ПРОГРАММА РАССМОТРЕНА И ОДОБРЕНА на заседании обеспечивающей кафедры ПрЭ протокол № ____ от _____ 2012 г.

Программа утверждена на заседании совета факультета ФЭТ, протокол № _____ от « ____ » _____ 2012 г.

СОГЛАСОВАНО:

Зав. ОППО

И.А. Ярымова

Декан ФЭТ

А.И. Воронин

Зав. обеспечивающей кафедры ПрЭ

А.В. Кобзев

Разработчики

В.Д. Семёнов

Г.Я. Михальченко

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Кандидатский экзамен по специальной дисциплине в соответствии с темой диссертации КЭ.А.03 относится к циклу КЭ.А.00 – кандидатские экзамены и входит в состав исследовательской составляющей учебного плана подготовки аспирантов.

Кандидатский экзамен по специальной дисциплине в соответствии с темой диссертации КЭ.А.03 является формой отчетности по специальной дисциплине ОДА.03 «Силовая электроника» и научной специальности 05.09.12 – Силовая электроника и дисциплинам ОДА.04 по выбору аспиранта «Интеллектуальная силовая электроника» и «Математическое моделирование силовых преобразователей».

Предметом кандидатского экзамена по специальной дисциплине в соответствии с темой диссертации являются знания, умения и владения научной специальностью 05.09.12 – Силовая электроника в соответствии с формулой специальности:

Научная специальность, объединяющая исследования по теории и практике использования электрических и электромагнитных процессов в силовых полупроводниковых преобразователях и технических устройствах на их основе и отличающаяся использованием электронных приборов в качестве основных, силовых элементов структуры преобразователей. Исследования в рамках специальности проводятся с целью совершенствования теоретической и технической базы преобразовательных устройств, создания новых преобразователей, систем их автоматизации, управления и защиты, обладающих высокой энергетической эффективностью, технологичностью, безопасностью в эксплуатации, удовлетворяющих требованиям по защите окружающей среды.

А также областями исследований:

– Разработка научных основ создания схем и устройств силовой электроники исследование свойств и принципов функционирования элементов схем и устройств.

– Теоретический анализ и экспериментальные исследования процессов преобразования (выпрямления, инвертирования, импульсного, частотного и фазочастотного регулирования и т.п.) в устройствах силовой электроники с целью улучшения их технико-экономических и эксплуатационных характеристик.

– Оптимизация преобразователей, их отдельных, функциональных узлов и элементов.

– Математическое и схемотехническое моделирование преобразовательных устройств.

– Разработка научных подходов, методов, алгоритмов и программ, обеспечивающих адекватное отражение в моделях физической сущности электромагнитных процессов и законов функционирования устройств силовой электроники.

Программа кандидатского экзамена по специальности 05.09.12 – Силовая электроника предназначена для аспирантов (соискателей степени кандидата наук) в качестве руководящего учебно-методического документа для целенаправленной подготовки к сдаче кандидатского экзамена.

Цель экзамена - установить глубину профессиональных знаний соискателя ученой степени, уровень подготовленности к самостоятельной научно-исследовательской работе. Сдача кандидатского экзамена по специальности обязательна для присуждения ученой степени кандидата наук.

Кандидатский экзамен по специальности 05.09.12 – Силовая электроника сдается в сроки, определенные учебным планом специальности.

Для проведения экзамена приказом ректора (проректора по науке) создается экзаменационная комиссия, которая формируется из высококвалифицированных научно-педагогических и научных кадров, включая научных руководителей аспирантов. Комиссия правомочна принимать кандидатский экзамен, если в ее заседании участвуют не менее двух специалистов по профилю принимаемого экзамена, в том числе один доктор наук. При приеме экзамена могут присутствовать члены соответствующего

диссертационного совета организации, где принимается экзамен, ректор, проректор, декан, представители министерства или ведомства, которому подчинена организация.

Во время проведения экзамена соискателю ученой степени задаются вопросы по основной и дополнительной программам.

Кандидатский экзамен проводится по усмотрению экзаменационной комиссии по билетам или без билетов. Для подготовки ответа аспирант (соискатель ученой степени) использует экзаменационные листы, которые сохраняются после приема экзамена в течение года по месту сдачи экзамена.

На каждого соискателя ученой степени заполняется протокол приема кандидатского экзамена, в который вносятся вопросы билетов и вопросы, заданные соискателю членами комиссии.

Уровень знаний соискателя ученой степени оценивается на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Протокол приема кандидатского экзамена подписывается членами комиссии с указанием их ученой степени, ученого звания, занимаемой должности и специальности согласно номенклатуре специальностей научных работников.

Протоколы заседаний экзаменационных комиссий после утверждения ректором (проректором по научной работе) ТУСУРа хранятся в отделе аспирантуры и докторантуры. О сдаче кандидатского экзамена выдается удостоверение установленной формы.

СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

I ЧАСТЬ. ПРОГРАММА-МИНИМУМ

кандидатского экзамена по специальности

05.09.12 – Силовая электроника

Введение

Программа составлена на основе образовательной программы по общим математическим и естественно-научным дисциплинам, и дисциплинам направления «Электротехника, электромеханика и электротехнологии», связанным с особенностями анализа, синтеза и технического использования силовых электронных преобразователей и систем их управления.

2.1. Основные компоненты силовых преобразователей

2.1.1. Полупроводниковые приборы

Основные свойства чистых и примесных полупроводников. Электропроводность чистых и примесных полупроводников. Токи в полупроводнике (дрейфовый и диффузионный). Подвижность носителей в полупроводнике, ее зависимость от температуры, концентрации примесей и напряженности электрического поля. Зависимость удельного сопротивления примесного полупроводника от температуры. Механизм рекомбинации и время жизни носителей. Закон убывания концентрации носителей за счет рекомбинации. Уравнение непрерывности.

Электронно-дырочный переход, явления, возникающие при контакте металла с полупроводником. Полупроводники с различным типом проводимости. Зонная диаграмма p - n -перехода. Вольт-амперная характеристика (ВАХ) p - n -перехода, виды его пробоя.

Полупроводниковый диод, особенности его ВАХ. Температурные свойства параметров и характеристик диода. Разновидности диодов (стабилитроны, диоды Шоттки, туннельные диоды). Основные приемы конструирования и технологии изготовления диодов. Силовые диоды, их классификация и особенности применения.

Биполярный транзистор. Устройство и принцип действия биполярного транзистора, анализ процессов в базе транзистора – характер движения носителей, влияние электрического поля, распределение концентрации неосновных носителей. Соотношение между токами электродов транзистора. Характеристики транзистора при включении по схемам с общей базой и общим эмиттером. Уравнение Эберса–Молла для статических ВАХ идеа-

лизированного транзистора. Малосигнальная эквивалентная схема транзистора, влияние температуры, частоты и нагрузки на параметры эквивалентной схемы. Ключевой режим биполярного транзистора. Режим отсечки и насыщения. Анализ переходных процессов в транзисторе методом заряда. Конструирование биполярных транзисторов и элементы технологии их производства. Параметрические особенности биполярных транзисторов на большие мощности.

Полевые транзисторы с управляющим $p-n$ -переходом. Устройство, принцип действия и ВАХ Транзисторы МДП-типа с встроенным и индуцированным каналом. Схемы замещения, параметры и характеристики полевых транзисторов. Мощные МДП-транзисторы, их характеристики и особенности применения в ключевых режимах технических устройств.

Биполярные транзисторы с изолированным затвором (БТИЗ). Устройство и принцип действия. Схема замещения и ВАХ БТИЗ, электрические и температурные параметры схемы замещения, требования к управляющим сигналам. Особенности использования БТИЗ в технических устройствах и области их безопасной работы. Особенности IGBT и сравнение их с IGCT.

Оптоэлектронные пары диод – диод, диод – транзистор. Оптоэлектронные приборы повышенной яркости – светодиоды. Схемы включения оптоэлектронных приборов.

Тиристоры. Структура и физические процессы в тиристорах. ВАХ тиристора. Переходные процессы включения и выключения в незапираемых (однооперационных) тиристорах. Предельные и классификационные параметры тиристоров. Асимметрично запирающие и обратнотокпроводящие тиристоры. Симисторы, фото- и оптронные тиристоры. Запираемые (двухоперационные) тиристоры. Особенности IGCT и сравнение их с IGBT.

Интегральные и гибридные микросхемы. Схемотехника и конструкция, типовые логические микросхемы. Серии микросхем на биполярных и полевых транзисторах.

2.1.2. Электромагнитные элементы силовой электроники

Магнитные материалы и сердечники. Общие свойства магнитных материалов. Гистерезис. Магнитная проницаемость. Сопротивление магнитному потоку. Магнитодвижущая сила и напряженность магнитного поля. Выбор магнитных материалов. Влияние воздушного зазора в сердечнике магнитопровода. Аморфное железо и сплавы на основе кобальта. Ленточные разрезные сердечники из электротехнической стали и никелевых сплавов. Ферриты. Порошковые материалы (порошковое распыленное железо (ПРЖ), мопермаллой, порошковые материалы на основе сплава железа и никеля, железноалюминиевый порошковый материал (Kool M μ)).

Дроссели. Сглаживающие дроссели и дроссели переменного тока. Основы расчета и проектирования дросселей.

Трансформаторы. Идеальный трансформатор. Индуктивность контура намагничивания трансформатора. Индуктивность рассеяния обмоток трансформатора. Основные соотношения для двухобмоточного трансформатора в общем случае. Многообмоточные трансформаторы. Основные расчетные соотношения и методика расчета и проектирования силовых трансформаторов в преобразователях. Высокочастотные эффекты в обмотках дросселей и трансформаторов. Скин-эффект в проводнике, эффект близости. Трансформаторы и дроссели с плоскими обмотками (низкопрофильные трансформаторы и дроссели).

Конденсаторы. Конденсаторы с большим зарядом и энергией. Алюминиевые электролитические конденсаторы. Танталовые конденсаторы. Пленочные конденсаторы и их классификация. Керамические конденсаторы. Выбор конденсаторов для работы в силовых преобразователях.

Электро и радио изделия силовой электроники. Резисторы, разъемы, светодиодные индикаторы.

Коммутационно-защитная аппаратура силовой электроники. Автоматические выключатели. Предохранители. Выключатели. Реле. Варисторы и газовые разрядники.

2.2. Анализ электрических цепей с полупроводниковыми элементами

Электрические цепи и сигналы. Элементы электрических цепей (источники, потребители и накопители энергии), их параметры и характеристики. Электрическая схема и структурный граф цепи. Матрицы сечений и контуров, связь между ними. Коммутационные процессы в электрических цепях. Постоянные и гармонические токи и напряжения. Комплексная форма представления гармонического процесса в электрической цепи. Периодически изменяющиеся токи и напряжения, разложение сигнала на гармонические составляющие. Параметры и характеристики периодического тока. Модулированные сигналы и их дискретные частотные спектры. Непериодические токи и напряжения. Интеграл Фурье и непрерывные спектры электрических сигналов. Преобразование Лапласа и операторные изображения сигналов. Применение программного пакета MathCAD для анализа электрических цепей и сигналов.

Установившиеся и переходные процессы в линейных цепях. Анализ установившихся режимов в резистивных цепях, исходные уравнения, способы их решения и проверки. Законы Кирхгофа, баланс мощностей. Гармонические и периодические режимы в линейных цепях с источниками, потребителями и накопителями энергии. Расчетные схемы с комплексными параметрами элементов. Активная, реактивная и полная мощность электрической цепи, мощность искажения. Законы коммутации и начальные условия, исходные алгебраические и дифференциальные уравнения состояния цепи. Классические методы решения дифференциальных уравнений (принужденный и свободный процессы в электрической цепи). Операторный метод анализа процессов в электрической цепи. Интегродифференциальные уравнения состояния цепи и ее эквивалентная операторная схема. Реакция электрической цепи на возмущение в виде ступенчатой, импульсной и произвольной функции времени. Пространство состояний электрической цепи, формирование систем алгебраических и дифференциальных уравнений состояний, методы аналитических и численных решений уравнений. Математическое моделирование электрических цепей. Моделирование электрических цепей в программных пакетах Or Cad, Mat Lab, Workbench, Asimesc.

Фильтрующие устройства в электрических цепях. Четырехполюсники, их схемы, уравнения преобразования энергии. Эквивалентная схема активного четырехполюсника. Характеристические параметры и условия согласования пассивного четырехполюсника с источником энергии и нагрузкой. Последовательный и параллельный LC -контур, их резонансные и частотные характеристики. LC -фильтры, их характеристические параметры в полосах пропускания и демпфирования сигналов. Пассивные и активные RC -фильтры, их передаточные функции и частотные характеристики.

Установившиеся и переходные процессы в нелинейных цепях. Нелинейные цепи – ограничение и стабилизация тока и напряжения, выпрямление переменного тока, амплитудная модуляция гармонического сигнала. Цепи с управляемыми элементами – электронный усилитель, управляемый выпрямитель. Аналитические, графические и численные методы анализа переходных процессов в цепях с нелинейными элементами. Устойчивость режима постоянного тока в нелинейной цепи. Релаксационный генератор – электрическая схема генератора, условия существования устойчивого режима его работы. Условия возникновения гармонических колебаний в нелинейной цепи. Гармонический генератор – электрическая схема генератора, уравнения состояния и фазовый портрет.

2.3. Электронные цепи

Линейные усилители. Однокаскадные усилители на биполярных и полевых транзисторах. Обратные связи в усилителях, их влияние на параметры и характеристики усилителей. Устойчивость усилителя с обратной связью. Частотные и импульсные характеристики усилителей. Методы температурной стабилизации рабочего режима транзисторных усилителей. Операционные усилители. Использование операционных усилителей в схемах

масштабирования, суммирования, интегрирования и дифференцирования электрических сигналов. Активные фильтры на основе операционных усилителей и RC -цепей. Генераторы гармонических колебаний с RC - и LC -цепями. Прецизионные выпрямители на операционных усилителях.

Диодные ключи, ограничители и фиксаторы уровня напряжения.

Транзисторные насыщенные ключи на биполярных транзисторах. Ненасыщенные ключи. Траектория рабочей точки при переключении транзистора. Влияние на траекторию рабочей точки характера нагрузки (R , RL , L , RC). Области безопасной работы. Ключи на IGBT и полевых транзисторах. Схемотехника ключей на большие мощности. Энергия, рассеиваемая в транзисторах при переключении, основные приемы отвода тепла. Транзисторные ключи переменного тока схемотехника, области применения, особенности.

Импульсные схемы и стабилизаторы напряжения. Компараторы, одновибраторы, мультивибраторы и генераторы линейно изменяющегося напряжения на основе дискретных компонентов, операционных усилителей и логических интегральных схем. Параметрические стабилизаторы напряжения. Линейные (в том числе интегральные) стабилизаторы. Регуляторы и стабилизаторы напряжения и тока на полупроводниковых элементах, работающих в ключевых режимах.

Микросхемы для импульсных преобразователей и источников питания. AC/DC-преобразователи, DC/DC-преобразователи, однотактные и двухтактные ШИМ-контроллеры, специализированные схемы управления источниками вторичного электропитания, корректоры коэффициента мощности.

2.4. Преобразовательная техника

Основные схемы одно- и трехфазных выпрямителей. Работа однофазных выпрямителей на активно-индуктивную, активно-емкостную нагрузки, на нагрузку, содержащую противо-ЭДС и индуктивность. Режим прерывистого тока. Трехфазный мостовой выпрямитель. Внешняя характеристика выпрямителя при различном числе одновременно работающих вентилях. Несимметричный (полууправляемый) выпрямитель, его регулировочная характеристика. Многофазные схемы выпрямления на основе последовательного или параллельного соединения выпрямителей. Взаимодействие выпрямителя с источником переменного тока. Первичные токи многофазных выпрямителей. Коэффициент мощности источника переменного тока при управляемом и неуправляемом режимах работы выпрямителя. Способы повышения коэффициента мощности. Явление вынужденного подмагничивания трансформатора в одно- и трехфазных трансформаторных выпрямителях, способы устранения эффекта подмагничивания. Влияние анодных индуктивностей на работу выпрямителей. Особенности работы высокочастотных и бестрансформаторных выпрямителей.

Инверторы, ведомые сетью, и преобразователи частоты. Переход от выпрямительного режима к инверторному. Электрические процессы в инверторе, ведомом сетью, его регулировочная характеристика. Влияние анодных индуктивностей на работу инвертора, коэффициент его мощности, приемы повышения коэффициента мощности инвертора. Реверсивный преобразователь переменного-постоянного тока. Перекрестная и встречно-параллельная схемы преобразователя. Совместное и раздельное управление преобразователем. Особенности работы преобразователя на индуктивную нагрузку и индуктивную нагрузку с противо-ЭДС. Непосредственный преобразователь частоты. Одно- и многофазная схемы непосредственного преобразователя частоты, особенности его работы на активно-индуктивную нагрузку.

Импульсные преобразователи и регуляторы постоянного напряжения. Импульсные методы регулирования напряжения (тока) – широтно- и частотно-импульсное регулирование, метод позиционного слежения. Импульсные регуляторы I, II и III родов, их регулировочные характеристики. Транзисторные преобразователи напряжения с передачей энергии через трансформатор на интервале формирования импульса и во время паузы. Импульсные преобразователи постоянного напряжения на тиристорах с параллельной и

последовательной двухступенчатой коммутацией. Высокочастотные транзисторные квазирезонансные преобразователи.

Автономные инверторы и преобразователи на их основе. Автономные инверторы тока и напряжения, их сравнительная оценка. Автономный параллельный инвертор как пример инвертора тока, его внешняя характеристика. Стабилизация и регулирование выходного напряжения инвертора тока с помощью индуктивно-тиристорного компенсирующего устройства. Инвертор тока с отсекающими диодами. Одно- и трехфазные инверторы напряжения, особенности их работы на индуктивную нагрузку, роль отсекающих диодов. Инвертор напряжения с одноступенчатой (прямой) коммутацией (схема Мак-Муррея–Бедфорда). Инвертор напряжения с двухступенчатой (непрямой) коммутацией. Электрические процессы в коммутационных узлах при последовательной и параллельной коммутации. Преобразователи частоты на основе инверторов напряжения и инверторов тока для частотно-управляемого электропривода и их применение в энергосбережении. Параллельный и последовательный резонансные инверторы, токи и напряжения в инверторах при граничном режиме работы и в режиме с паузой. Резонансные инверторы с обратными диодами. Особенности работы тиристоров при принудительной коммутации – отпирание, запираение, коммутационные потери мощности, эффекты, связанные с изменением производных тока и напряжения в период коммутации. Преобразователи напряжения с звеном повышенной частоты. Транзисторные инверторы на ключах переменного тока области применения, алгоритмы управления, характеристики, применение метода коммутационных разрывных функций к их анализу.

Методы снижения коммутационных потерь в инверторах повышенной частоты – демпфирующие цепи, резонансная и квазирезонансная коммутация.

Методы улучшения спектрального состава выходного напряжения инверторов. Многофазные преобразователи со ступенчатой формой напряжения. Преобразователи с многозонной импульсной модуляцией.

2.5. Системы управления преобразователями

Обработка информации. Количественная оценка информации. Виды сигналов. Характеристика аналоговых сигналов – спектры и функции распределения. Передача информации модулированными сигналами с гармоническим и импульсным носителями. Кодирование цифровых сигналов, виды цифровых кодов. Понятие о системах счисления, обратном и дополнительном кодах. Кодовые расстояния, избыточное кодирование, коды с обнаружением и исправлением ошибок. Способы цифро-аналогового и аналого-цифрового преобразований. Преобразователи, основанные на последовательном счете, поразрядном уравнивании и считывании. Преобразователи временных интервалов: аналоговый сигнал – интервал, аналоговый сигнал – частота, интервал–код, частота–код.

Основы проектирования цифровых узлов и устройств. Коммутационные логические устройства. Логические функции, способы их описания, их реализации с использованием типовых логических элементов И, ИЛИ, И–НЕ, ИЛИ–НЕ. Дешифраторы, мультиплексоры, арифметические логические устройства – принцип их действия и особенности использования. Основные виды триггеров, построение счетчиков и регистров. Реверсивные счетчики. Емкость счетчика и управление ею. Регистры с последовательным и параллельным вводом и выводом информации. Автоматы на основе интегральных микросхем. Способы описания состояния автоматов, таблицы переходов и выходов. Кодирование входов, выходов и внутренних состояний автоматов. Противогоночное кодирование. Синтез узлов на основе типовых логических элементов. Виды полупроводниковых запоминающих устройств. Способы расширения адресного пространства и разрядности данных запоминающего устройства. Программирование ПЗУ, ОЗУ, РПЗУ. Полупроводниковое запоминающее устройство как многофункциональный логический элемент. Построение автоматов на основе программируемых ПЗУ с обратными связями.

Микропроцессорная техника систем управления. Программная реализация процедур сбора, вычислительных операций над информацией и управления. Структура микро-

процессорной системы, ее составные части. Магистральный способ связи узлов. Магистральные данные, адреса управления. Функционирование микропроцессора при выполнении команд. Машинные циклы, слова состояния процессора. Виды команд. Переходы – выполнение подпрограмм, стек, прерывания и обработка прерываний, прямой доступ к памяти. Однокристалльные и разрядно-модульные микропроцессоры, однокристалльные микроЭВМ, периферийные устройства микропроцессорных систем (интерфейсы).

II ЧАСТЬ. ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА

кандидатского экзамена по специальности

05.09.12 – Силовая электроника

Для каждого диссертанта предлагается своя программа-максимум кандидатского экзамена по специальности 05.09.12 – Силовая электроника в соответствии с его темой кандидатской диссертации и является дополнением к программе-минимум кандидатского экзамена по специальности 05.09.12 – Силовая электроника.

Индивидуальная Дополнительная программа разрабатывается научным руководителем соискателя и кафедрой (лабораторией, центром, институтом) на основании диссертационного исследования соискателя и должна быть представлена в отдел аспирантуры не менее, чем за 2 недели до даты сдачи кандидатского экзамена.

В дополнительной программе должны быть отражены последние научные достижения в области науки, в рамках которой проведено диссертационное исследование, использована новейшая научная отечественная и зарубежная литература, интернет-издания, а также справочно-информационные издания соответствующей тематики. Дополнительная программа должна соответствовать требованиям, предъявляемым к дополнительным программам в ТУСУРе.

Дополнительная программа обсуждается на заседании кафедры (лаборатории, центра, института) ТУСУРа, на которой разработана программа и выносится для утверждения на заседание Совета факультета.

Для соискателей ученой степени, не являющихся сотрудниками или аспирантами ТУСУРа, дополнительная программа обсуждается на заседании кафедры (лаборатории, центра, института) ТУСУРа, на которой ведется подготовка аспирантов по соответствующей научной специальности, и выносится для утверждения на заседание Совета факультета.

Дополнительная программа утверждается Советом факультета не менее, чем за 1 месяц до даты проведения кандидатского экзамена.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

3.1. Основная литература

1. Кобзев А.В. Энергетическая электроника: Учебное пособие / Кобзев А.В., Коновалов Б.И., Семенов В.Д. -Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2010.-164 с. Электронная версия на <http://www.edu.tusur.ru/training/publications> (В библиотеке 116).

2. Мелешин В.И. Транзисторная преобразовательная техника/ Мелешин В.И. Москва: Техносфера, 2006. – 632с. ISBN 5-94836-051-2 (50 экз.).

3. Воронин П.А. Силовые полупроводниковые ключи: семейства, характеристики, применение.Изд. 2-е, перераб. и доп. / Воронин П.А. - М.: Издательский дом «Додэка XXI», 2005. – 384с. (16 экз.).

4. Атабеков Г.И. Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи: Учебник для вузов - СПб: Лань, 2009. - 592 с. (Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=90).

5. Атабеков Г.И., Купальян С.Д., Тимофеев А.Б., Хухриков С.С. Теоретические основы электротехники. Нелинейные электрические цепи: Учебник для вузов - СПб: Лань,

3.2. Дополнительная литература

1. Пасынков В.В., Чиркин Л.К., Шинков А.Д. Полупроводниковые приборы. М.: Высш. шк., 1981. (26 экз.)
2. Челноков В.Е., Евсеев Ю.А. Физические основы работы силовых полупроводниковых приборов. М.: Энергия, 1973. (1 экз.)
3. Матханов П.Н. Основы анализа электрических цепей. Нелинейные цепи. М.: Высш. шк., 1986. (19 экз.)
4. Гусев В.Г., Гусев Ю.М. Электроника. М.: Высш. шк., 1982. (11 экз.)
5. Степаненко И.П. Основы теории транзисторов и транзисторных схем. М.: Энергия, 1977. (81 экз.)
6. Руденко В.С., Сенько В.И., Чиженко И.М. Основы преобразовательной техники. М.: Высш. шк., 1980. (19 экз.)
7. Забродин Ю.С. Промышленная электроника. М.: Высш. шк., 1982. (10 экз.)
8. Темников Ф.Е., Афонин В.А., Дмитриев В.И. Теоретические основы информационной техники. М.: Энергия, 1972. (5 экз.)
9. Алексенко А.Г., Шагурин И.И. Микросхемотехника. М.: Радио и связь, 1982. (32 экз.)
10. Микропроцессоры. Кн. 1: Архитектура и проектирование микроЭВМ, организация вычислительных процессов /Под ред. Л.Н. Преснухина. М.: Высш. шк., 1987. (44 экз.)
11. Шарапов А.В. Микроконтроллеры AVR семейства Tiny. Основы микропроцессорной техники: Руководство к выполнению лабораторной работы для студентов специальности "Промышленная электроника" / А. В. Шарапов; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра промышленной электроники. - Томск: [б. и.], 2007. - 21 с. (20 экз.)
12. Русанов В.В. Микропроцессорные устройства и системы (МПУиС) : учебное пособие для студентов направления 210100 "Электроника и микроэлектроника" специальности 210106 "Промышленная электроника" / В. В. Русанов, М. Ю. Шевелев ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра промышленной электроники. - Томск : ТУСУР, 2007. - 182[2] с. (90 экз.)
13. Торгонский Л. А. Проектирование микроконтроллеров: Методические указания по курсовому проектированию дисциплины "Проектирование центральных и периферийных устройств ЭВС-2" / Л. А. Торгонский; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем. - 2-е изд., перераб. и доп. - Томск: Спектр, 2007. - 12 с. (106 экз.)
14. Шаропин Ю.Б. Микропроцессорные средства систем автоматизации и управления: Методическое пособие по лабораторному практикуму для студентов специальности 210200 - Автоматизация технологических процессов и производств / Ю. Б. Шаропин; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра информационно-измерительной техники. - Томск: ТУСУР, 2007. - 108 с.: ил. - Библиогр.: с. 81. (15 экз.)
15. Воробьева Г. С. Аппаратные и программные средства для обмена информацией в стандарте RS-232C между IBM PC и микроконтроллерами семейств PIC, AVR, MCS-51: учебное методическое пособие / Г. С. Воробьева, В. В. Яковлев, А. И. Солдатов; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра электронных систем. - Томск: ТМЦДО, 2007. - 119 с. (100 экз.)
16. Шарапов А.В. Основы микропроцессорной техники: учебное пособие / А. В. Шарапов; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск: ТУСУР, 2007. - 188 с. (160 экз.)

17. Формалев В.Ф., Ревизников Д.Л. Численные методы: Учебное пособие для вузов. – М.: Физматлит, 2006. – 398 с. (20 экз.)
18. Шарапов А.В. Основы микропроцессорной техники: учебное пособие / А. В. Шарапов; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск: ТМЦДО, 2008. - 103 с. (23 экз.)
19. Шарапов А.В. Микропроцессорные устройства и системы: учебное пособие / А. В. Шарапов; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск: ТМЦДО, 2008. - 152 с. (18 экз.)
20. Рождественский Д. А. Микропроцессорные устройства в системах управления: учебное пособие/ Д. А. Рождественский; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра компьютерных систем в управлении и проектировании. - Томск: ТУСУР, 2007 [2006]. - 174 с. (32 экз.)
21. Васильев Н.П. Аппаратурно-программные средства отладки: Учебное пособие для вузов/ Васильев Н. П., Горовой В. Р. - М.: Высшая школа, 1984. - 96 с. (94 экз.)
22. Микропроцессоры: учебник для вузов: В 3 кн. / Ред. Л. Н. Преснухин. - Минск: Высшая школа, 1987 - Кн. 3: Средства отладки: Лабораторный практикум и задачник: Учебник для вузов / Николай Васильевич Воробьев, Владимир Леонидович Горбунов, Александр Васильевич Горячев и др. - Минск : Высшая школа, 1987. - 288 с. (77 экз.)
23. Кёниг Анна. Полное руководство по PIC-микроконтроллерам: PIC18, PIC10F, rfPIC: Пер. с нем. / А. Кёниг, М. Кёниг; пер.: В. И. Кириченко, Ю. А. Шпак. - Киев.: МК-Пресс, 2007. - 255 с. ISBN 966-8806-21-2. (1 экз.)
24. Single Phase AC Induction Motor Reference Design. Designer Reference Manual. Freescale Semiconductor, Inc., 2003. (www.freescale.com).
25. 3-Phase SR Motor Control with Hall Sensors Reference Design. Designer Reference
26. Manual. Freescale Semiconductor, Inc., 2003. (www.freescale.com).
27. A Miner's Lamp Using MC9S08QG4. Application Note AN3601. Freescale Semiconductor, Inc., 2008. (www.freescale.com).
28. Demonstration Model of fuzzyTECH® Implementation on M68HC12. Application Note AN1295/D. Freescale Semiconductor, Inc., 2004. (www.freescale.com).
29. PICDEM™ MC LV Development Board. User's Guide. Microchip Technology, Inc., 2006. (www.microchip.com).
30. dsPICDEM™ SMPS Buck Development Board. User's Guide. Microchip Technology, Inc., 2006. (www.microchip.com).
31. Anti-Pinch Window Lift Control Module. User's Guide. Microchip Technology, Inc., 2006. (www.microchip.com).
32. Stepper Motor Reference Design Kit. User's Guide. Silicon Laboratories, Inc., 2006.
33. (www.silabs.com).
34. IGBT Power Module Evaluation Kit — ST7MC Control Board. User Manual. STMicro-electronics, 2007. (www.st.com).
35. Designing a TMS320F280x Based Digitally Controlled DC-DC Switching Power Supply. Application Report. Texas Instruments, Inc., 2005. (www.ti.com).
36. TMS320C200™ Digital Signal Controllers. Technology for Innovators™. Texas Instruments, Inc., 2007.
37. Герман-Галкин С.Г. Силовая электротехника: Лабораторные работы на ПК. / Герман-Галкин С.Г. - СПб.: КОРОНА принт, 2002. – 304с. (1 экз.)
38. Микросхемы для импульсных источников питания и их применение. Издание 2-е./ М.: ДОДЭКА, 2000. - 608с. (2 экз.)
39. Кобзев А.В. Модуляционные источники питания РЭА. / Кобзев А.В., Михальченко Г.Я., Музыченко Н.М. – Т.: Радио и связь, 1990. – 336с. (242 экз.)
40. Черных И.В. SimPowerSystems: Моделирование электротехнических устройств и систем в Simulink. <http://matlab.exponenta.ru/simpower/default.php>
41. Основы анализа электрических цепей: Линейные цепи: Учебник для вузов / П. Н. Матханов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1990. - 400 с. (47 экз.)

42. Данилов Л. В., Матханов П. Н., Филиппов Е. С. Теория нелинейных электрических цепей: научное издание / . - Л.: Энергоатомиздат, 1990. - 251[5] с. (34 экз.)
43. Импульсно-модуляционные системы: Учебное пособие / А. В. Кобзев и др. - Томск: ТУСУР, 2007. - 188 с. (44 экз.)
44. Основы численных методов: Учебное пособие для вузов/ Л. И. Турчак, П. В. Плотников. - М.: Физматлит, 2005. - 300[4] с.2. (32 экз.)
45. Вержбицкий В. М. Основы численных методов: Учебник для вузов. - М.: Высшая школа, 2005. – 847 с. (60 экз.)
46. Руководство по методам вычислений и приложения MATHCAD: Учебное пособие для вузов / В. И. Ракитин. - М.: Физматлит, 2005. – 263 с. (20 экз.)
47. MATLAB: Анализ, идентификация и моделирование систем: Специальный Справочник / В. Дьяконов, В. Круглов. - СПб.: Питер, 2002. - 448 с. (7 экз.)