

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**  
**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ**  
**УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по научной работе и  
инновациям

\_\_\_\_\_ Мещеряков Р.В.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

**ПРОГРАММА**

**Вступительного испытания по специальной дисциплине**

**по направлению подготовки**

**09.06.01 – ЭЛЕКТРО- И ТЕПЛОТЕХНИКА**

**профиль программы**

**05.09.12 – СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА**

Томск 2017

Программа вступительных испытаний при приеме на обучение по программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре формируется на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по программам специалитета или магистратуры.

В основу программы положены следующие разделы вузовских дисциплин направления 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника» по профилю «Промышленная электроника и микропроцессорная техника»:

- Интеллектуальная силовая электроника;
- Полупроводниковые ключи в силовых схемах;
- Импульсно-модуляционные системы;
- Силовые цепи устройств энергетической электроники;
- Электромагнитная совместимость электронных устройств;
- Проектирование электронной компонентной базы;
- САПР электронных схем.

Составители программы:

Д.т.н., профессор

\_\_\_\_\_ Михальченко С. Г.

ПРОГРАММА РАССМОТРЕНА И ОДОБРЕНА на заседании кафедры Промышленной электроники, протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2017 г.

СОГЛАСОВАНО:

Декан ФЭТ

\_\_\_\_\_ Воронин А.И.

Зав. Кафедрой ПРЭ

\_\_\_\_\_ Михальченко С. Г.

Зав. отделом аспирантуры и докторантуры

\_\_\_\_\_ Коротина Т.Ю.

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Программа вступительного испытания по специальности **05.09.12 – Силовая электроника** предназначена для поступающих в аспирантуру в качестве руководящего учебно-методического документа для целенаправленной подготовки к сдаче вступительного испытания.

Программа включает содержание профилирующих учебных дисциплин, входящих в Основную образовательную программу высшего образования, по которой осуществляется подготовка студентов, в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта.

Целью программы вступительных испытаний является определение уровня знаний, готовности и возможности поступающего к освоению программы подготовки в аспирантуре, к самостоятельному выполнению научной работы, подготовке и защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук по научной специальности **05.09.12 – Силовая электроника**.

Поступающий в аспирантуру должен продемонстрировать высокий уровень практического и теоретического владения материалом вузовского курса.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

### 2.1. 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 идеализированного 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 обратнопроводящие 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.

## **2.2. 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, железо-алюминиевый порошковый материал (Kool M  $\mu$ )).

*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, провода, разъемы, светодиодные индикаторы.

*Коммутационно-защитная аппаратура силовой электроники.* Автоматические выключатели. Предохранители. Выключатели. Нелинейные резисторы (варисторы) и газовые разрядники.

## **2.3. 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. Интегро-дифференциальные 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  $LC$ -контуры, 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.

## 2.4. 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, одноктактные и двухтактные ШИМ-контроллеры, специализированные схемы управления источниками вторичного электропитания, корректоры коэффициента мощности.

## 2.5. 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.

## 2.6. 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 микропроцессорной системы, ее составные части. Магистральный способ связи узлов. Магистрали данных, 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. Однокристальные и разрядно-модульные микропроцессоры, однокристальные микроЭВМ, периферийные устройства микропроцессорных систем (интерфейсы).

### 3. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

Вступительные испытания проводятся в тестовой форме. Продолжительность проведения письменного экзамена – не более 90 минут.

Уровень знаний поступающего оценивается по 100 балльной шкале. Минимальный балл, подтверждающий успешной прохождения вступительного испытания, равен 45.

Протокол приема вступительного экзамена подписывается членами комиссии с указанием их ученой степени, ученого звания, занимаемой должности.

Протокол заседания экзаменационной комиссии после утверждения ректором (проректором по научной работе) ТУСУРа хранятся в отделе аспирантуры и докторантуры.

Во время проведения вступительных испытаний их участникам и лицам, привлекаемым к их проведению, запрещается иметь при себе и использовать средства связи.

При нарушении поступающим во время проведения вступительных испытаний правил приема, утвержденных организацией, уполномоченные должностные лица организации вправе удалить его с места проведения вступительного испытания с составлением акта об удалении.

### 4. ОБРАЗЕЦ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА ДЛЯ СДАЧИ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

Экзаменационные билеты формируются из вопросов, приведенных в разделах 2.1-2.6 в случайном порядке, взятых не больше одного вопроса из раздела. Пример экзаменационного билета приведен ниже.

#### Билет № 0

##### Вопрос № 1

*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.*

##### Вопрос № 2

*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.*

##### Вопрос № 3

*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.*



## 5. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### 5.1. 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/>
2. Мелешин В.И. Транзисторная преобразовательная техника / Мелешин В.И. М.: 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.)

### 5.2. 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., 1977. (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, 1971. (5 экз.)
9. Алексенко А.Г., Шагури 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. Епифанов Г.К. Физические основы микроэлектроники. М.: Сов. радио, 1971. (20 экз.)
12. Степаненко И.П. Основы микроэлектроники. М.: Радио и связь, 1980. (64 экз.)
13. Теоретические основы электротехники /Под ред. П.А. Ионкина. Т. 1. - М.: Высш. шк., 1976. (9 экз.)
14. Теоретические основы электротехники /Под ред. П.А. Ионкина. Т. 2. - М.: Высш. шк., 1976. (17 экз.)
15. Матханов П.Н. Основы анализа электрических цепей. Линейные цепи. М.: Высш. шк., 1990. (47 экз.)
16. Гольденберг Л.М. Импульсные устройства. М.: Радио и связь, 1981. (54 экз.)
17. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. М.: Мир, 1982. (17 экз.)
18. Полупроводниковые выпрямители/ Под ред. Ф. И. Ковалева, Г.И. Мостковой. М.: Энергия, 1978. (54 экз.)
19. Розанов Ю.И. Основы силовой электроники. М.: Энергоатомиздат, 1992. (1 экз.)
20. Бахтиаров Г.Д., Малинин В.В., Школин В.П. Аналого-цифровые преобразователи. М.: Сов. радио, 1980. (19 экз.)
21. Кобзев А.В., Михальченко Г.Я., Дякин А.С., Семенов В.Д. Импульсно-модуляционные системы: Учебное пособие. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2007. – 188с. (44 экз.)

22. Шарапов А.В. Электронные цепи и микросхемотехника: Часть 1. Аналоговая схемотехника: Уч. пособие.- Томск: Томск. Гос. Ун-т, систем упр. и радиоэлектроники, 2003. - 160с. (181 экз.)
23. Герасимов В.М., Скворцов В.А. Электронные цепи и микросхемотехника: Часть 2. Схемотехника ключевых устройств формирования и преобразования сигналов: Уч. пособие.- Томск: Томск. Гос. Ун-т, систем упр. и радиоэлектроники, 2004. -209 с. (103 экз.)
24. Легостаев Н.С., Четвергов К.В. Методы анализа и расчета электронных схем: Уч. пособие.- Томск: Томск. Гос. Ун-т, систем упр. и радиоэлектроники, 2006. -302 с. (30 экз.)
25. Баушев В.С. Математическое моделирование и автоматизация проектирования электронных схем: Учебное пособие. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2002. – 99 с. (42 экз.)
26. Микропроцессорные системы: Учебное пособие для вузов/ Е.К.Александров, Р.И.Грушвицкий, М.С.Куприянов, О.Е.Мартынов, Д.И.Панфилов, Т.В.Ремизевич, Ю.С.Татаринов, Е.П.Угрюмов, И.И.Шагурин: Под общ. Ред. Д.В.Пузанкова. – СПб.: Политехника, 2002. – 935с.: ил. (8 экз.)
27. Моин В.С. Стабилизированные транзисторные преобразователи. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 376 с. (113 экз.)
28. Кобзев А.В., Михальченко Г.Я., Музыченко Н.М. Модуляционные источники питания РЭА. – Т.: Радио и связь, 1990. – 336 с. (242 экз.)
29. Кобзев А.В., Лебедев Ю.М., Михальченко Г.Я., Семенов В.Д. и др. Стабилизаторы переменного напряжения с высокочастотным широтно-импульсным регулированием. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 152 с. (61 экз.)
30. Герман-Галкин С.Г. Силовая электроника: Лабораторные работы на ПК. – СПб.: Учитель и ученик., КОРОНА принт, 2002. -304с., ил. (1 экз.)
31. Герман-Галкин С.Г. Линейные электрические цепи: Лабораторные работы на ПК. – СПб.: Учитель и ученик., КОРОНА принт, 2002. -192с., ил. (1 экз.)
32. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0: Учебное пособие. – СПб.: КОРОНА принт, 2007. -320с., ил. (1 экз.)
33. Герман-Галкин С.Г. и др. Цифровые электроприводы с транзисторными преобразователями/ С.Г.Герман-Галкин, В.Д.Лебедев, Б.А.Марков, Н.И.Чичерин. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. Отд-ние, 1986. – 248с., ил. (4 экз.)
34. Джюджи л., Пелли Б. Силовые полупроводниковые преобразователи частоты: Теория, характеристики, применение. Пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 400с., ил. (5 экз.)
35. Сиберт У.М. Цепи, сигналы, системы: В 2-х ч. Ч.1: Пер. с англ. М.: Мир, 1988. – 336с., ил. (39 экз.)
36. Сиберт У.М. Цепи, сигналы, системы: В 2-х ч. Ч.2: Пер. с англ. М.: Мир, 1988. – 360с., ил. (32 экз.)
31. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов: Учебник для вузов. 2-е изд. – СПб.: Питер, 2007. -751с. (50 экз.)
32. Дякин А.С., Семенов В.Д.Федотов В.А. Импульсно-модуляционные системы: Руководство к организации самостоятельной работы. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2007. – 68 с. (45 экз.)
33. Крекрафт Д., Джерджи С. Аналоговая электроника. Схемы, системы, обработка сигнала. – Москва: Техносфера, 2005. – 360с. (32 экз.)
34. Шарапов А.В. Основы микропроцессорной техники: Уч. пособие.- Томск: Томск. Гос. Ун-т, систем упр. и радиоэлектроники, 2007. - 188 с. (160 экз.)
35. Интегральные микросхемы: Микросхемы для импульсных источников питания. Издание 2-е. – М.: ДОДЭКА, 2000. – 608с. (2 экз.)

### 5.3. Периодические издания

1. Известия высших учебных заведений. Материалы электронной техники
2. Известия высших учебных заведений. Физика

3. Известия высших учебных заведений. Электроника
4. Микроэлектроника
5. Российские нанотехнологии
6. Электронная техника. Серия 2. Полупроводниковые приборы
7. Электроника
8. Общие вопросы физики и физического эксперимента

#### **5.4. Перечень Интернет-ресурсов**

1. Образовательный портал в свободном доступе: «Физика, химия, математика студентам и школьникам. Образовательный проект А.Н. Варгина» – Режим доступа: <http://www.ph4s.ru/>

2. «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]: информационная система. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/>

3. «eLIBRARY.RU» [Электронный ресурс]: научная электронная библиотека. – Режим доступа: <http://elibrary.ru>

4. «Научно-образовательный портал ТУСУР» [Электронный ресурс]: научно-образовательный портал университета. – Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/>