

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ»**

---

**Кафедра радиотехнических устройств  
Ю.П.Сафоненков**

**СХЕМОТЕХНИКА**

Часть 1

**ОСНОВЫ АНАЛОГО-ДИСКРЕТНОЙ  
СХЕМОТЕХНИКИ**

**ПОСОБИЕ**

к изучению дисциплины

для студентов 3 курса  
специальности 160905  
всех форм обучения

Москва - 2007

ББК 6Ф2.12  
С21

Рецензент канд. техн. наук, проф. М.М. Шемаханов

Сафоненков Ю.П.

С21 Схемотехника. Часть 1. Основы аналого-дискретной схемотехники: Пособие к изучению дисциплины. – М.; МГТУ ГА, 2007. – 16с.

Данное пособие издается в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины СД.05 «Схемотехника» по Учебному плану специальности 160905 для студентов 3 курса всех форм обучения, утвержденному в 2001 г.

Рассмотрено и одобрено на заседании кафедры от 27.02.07 г. и методического совета 13.03.07 г.

Редактор Г.В. Токарева

---

Подписано в печать 03.05.07 г.

Печать офсетная  
0,93 усл. печ. л.

Формат 60x84x16  
Заказ № 322/319

0,87 уч.- изд. л.  
Тираж 300 экз.

---

*Московский государственный технический университет ГА*  
125993 Москва, Кронштадтский бульвар д.20  
*Редакционно-издательский отдел*  
125493 Москва, ул. Пулковская, д.6а

©

Московский государственный  
технический университет ГА, 2007

## 1. УЧЕБНЫЙ ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ

Настоящая дисциплина изучается на третьем курсе дневной и заочной формы обучения.

В течение 5 семестра дневного и заочного обучения предусмотрено выполнение курсовой работы.

Виды контроля: экзамен, защита курсовой работы.

Количество часов лекционных занятий у студентов дневного обучения – 54, у студентов заочного обучения – 12.

Практические занятия (у студентов дневной формы обучения) – 8 часов.

Лабораторные занятия у студентов дневного обучения занимают 28 часов, у студентов заочного обучения – 16 часов.

На самостоятельную работу студентам дневного обучения отводится 70 часов. Из них 20 часов – выполнение КР, 30 часов – работа с книгой, 20 часов – подготовка к занятиям.

## 2. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1. Цель преподавания дисциплины

Дисциплина "Схемотехника" обеспечивает базовую подготовку радиоинженеров в изучении теории и принципов построения электронных схем различного назначения, анализе их работы, приобретении навыков проектирования схем, необходимых специалисту для грамотной эксплуатации радиоэлектронного оборудования. Она подготавливает студентов к освоению профилирующих дисциплин специальности, рассматривающих теорию и технику радиотехнических систем.

2.2. Задачи изучения дисциплины (необходимый комплекс знаний и умений):

В результате изучения дисциплины студенты должны:

знать:

- основные принципы работы аналого-дискретной схемотехники, построение и чтение схем;
- технические и эксплуатационные характеристики схем различного назначения на дискретных элементах и микросхемах;
- математические модели описания работы схем;
- методы построения и расчета характеристик аналого-дискретных устройств;
- сравнительные технико-экономические характеристики изучаемых схем;
- основы применения вычислительной техники при разработке и эксплуатации радиоэлектронных схем;

- основы и особенности эксплуатации аппаратуры, построенной на базе аналого-дискретных схем;

уметь:

- разрабатывать схемы и производить инженерный расчет основных каскадов аналого-дискретных устройств;

- анализировать работу основных узлов радиоэлектронной аппаратуры при отыскании заданных характеристик, выбирать экономичные режимы работы каскадов;

- определять место отказа и выявлять отказавший элемент схемы;

- работать с вычислительной техникой и грамотно ее применять при проектировании, производстве и эксплуатации радиоэлектронных устройств;

иметь навык:

- производства экспериментальных исследований работоспособности и измерения характеристик различных аналого-дискретных узлов аппаратуры;

- использования литературных и справочных источников;

- использования компьютерных технологий в задачах проектирования и эксплуатации радиоэлектронных схем, оформлении отчетной документации.

### 3. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

#### 3.1. Основная литература

1) Павлов В.Н., Ногин В.Н. Схемотехника аналоговых электронных устройств. – М.: Горячая линия – Телеком, 2001.

2) Коломбет Е.А. Микроэлектронные средства обработки аналоговых сигналов. – М.: Радио и связь, 1991.

3) Электропитание устройств связи. Под ред. В.Е.Китаева. – М.: Радио и связь, 1988.

#### 3.2. Дополнительная литература

4) Остапенко Г.С. Усилительные устройства. - М.: Радио и связь, 1989.

5) Сафоненков Ю.П. Схемотехника. Часть 1. Основы теории аналоговых схем: Тексты лекций. – М., МГТУ ГА, 2006.

6) Сафоненков Ю.П. Схемотехника. Часть 1. Аналого-дискретные устройства: Тексты лекций. – М.: МГТУ ГА, 2007.

#### 3.3. Регламентирующая литература

7) Федеральные авиационные правила "Радиотехническое обеспечение полетов и авиационная электросвязь. Сертификационные требования". – М.: ФАС России, 2000.

8) Руководство по радиотехническому обеспечению полетов и технической эксплуатации объектов радиотехнического обеспечения полетов и авиационной электросвязи (РРТОП ТЭ - 2000). – ФСВТ России, 2000.

### 3.4. Литература для практических занятий

9) Алексеев А.Г., Войшвилло Г.В., Трискало А. Усилительные устройства. Сборник задач и упражнений. Под ред. Г.В.Войшвилло. – М.: Радио и связь, 1986.

### 3.5. Литература для выполнения лабораторных работ

10) Сафоненков Ю.П. Схемотехника, часть 1. Пособие к выполнению лабораторных работ. – М.: МГТУ ГА, 2003.

### 3.6. Литература для выполнения курсовой работы

11) Сафоненков Ю.П. Схемотехника, часть 1. Пособие к выполнению курсовой работы. – М.: МГТУ ГА, 2007.

12) Проектирование усилительных устройств. Под ред. Н.В.Терпугова. – М.: Высшая школа, 1985.

13) Кожарский Г.В., Орехов В.И. Методы автоматизированного проектирования источников вторичного электропитания. – М.: Радио и связь, 1985.

14) Сафоненков Ю.П. Проблемно-ориентированные пакеты прикладных программ в радиотехнике: Тексты лекций. – М.: МГТУ ГА, 2005.

### 3.7. Справочная литература.

15) Транзисторы для аппаратуры широкого применения: Справочник. Под ред. Б.Л.Перельмана. – М.: Радио и связь, 1981.

16) Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы: Справочник. Под ред. С.В.Якубовского. – М.: Радио и связь, 1989.

## 4. СТРУКТУРА КУРСА

Дисциплина "Схемотехника", часть 1 состоит из следующих основных разделов:

- усилительные устройства,
- аналого-дискретные устройства переходного типа,
- устройства электропитания.

## 5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ПРОГРАММЫ

### 5.1. Тематическое содержание дисциплины

5.1.1. Тема 1. Основные параметры и характеристики усилителей электрических сигналов (4 часа).

Содержание темы: Предмет и задачи дисциплины. Общие сведения об электронных усилителях. Цель и задачи курса, его место в подготовке инженера-

ров радиотехнического профиля. Особенности самостоятельной работы по программе курса. Характеристика курсовой работы.

Назначение и области применения аналого-дискретных устройств, их роль в радиоэлектронике и в авиационной технике. Классификация изучаемых устройств.

Обзор основных этапов развития, эволюция, современное состояние.

Использование аналого-дискретных схем в аппаратуре гражданской авиации. Сертификационные требования к аппаратуре гражданских самолетов применительно к изучаемым устройствам.

Современная элементная база. Условные графические обозначения элементов электронных схем.

Применение вычислительной техники при проектировании, изготовлении, испытаниях и эксплуатации аналого-дискретных схем. Системы автоматизированного проектирования (САПР). Современные программные средства и их характеристика.

Усилительные элементы. Работа их в линейном (усилительном) и нелинейном режимах.

Понятие об усилительном устройстве. Классификация усилителей. Структурная схема, каскады и их особенности, токопрохождение и образование напряжений.

Основные характеристики усилителя. Входные и выходные данные, коэффициенты усиления, амплитудно-частотная, фазо-частотная и переходная характеристики и их элементы. Линейные и нелинейные искажения, амплитудная характеристика, динамический диапазон, коэффициент шума. КПД, надежность, стабильность, экономические показатели.

Литература: [1] с. 5...19, 111...113, [4] с. 8...48, [5] с. 3...20.

Вопросы для самоконтроля.

- 1) Опишите основные области применения аналого-дискретных устройств в аппаратуре ГА.
- 2) Каковы основные условные графические обозначения, применяемые в схемах аналого-дискретных устройств?
- 3) Какие нормативные документы определяют характеристики авиационных аналого-дискретных устройств?
- 4) Какие современные методы схемотехнического проектирования Вы знаете?
- 5) Каков основной принцип работы усилительного устройства?
- 6) По каким признакам и как классифицируют усилители?
- 7) Опишите основные типы каскадов и их особенности.
- 8) Сравните различные типы цепей межкаскадной связи.
- 9) Как происходит токопрохождение в резисторном каскаде с общим эмиттером?

10) Что называют режимом работы усилительного элемента?

11) Для чего нужно напряжение смещения?

12) Назовите основные параметры и характеристики усилителей. Что они собой представляют?

### 5.1.2. Тема 2. Основы теории усиления сигналов (18 часов).

Содержание темы: Особенности работы усилительного элемента в различных каскадах. Статический и динамический режим работы активного элемента, три схемы его включения. Сравнительные характеристики трех схем включения активного элемента.

Схемы питания биполярных и полевых транзисторов, электронных ламп.

Стабилизация точки покоя в аналого-дискретных схемах на биполярных и полевых транзисторах. Цепи межкаскадной связи. Фильтры в цепях питания.

Усилитель как активный четырехполюсник. Системы параметров четырехполюсника. Эквивалентные схемы активных элементов. Понятие о линейном и квазилинейном режимах работы активного элемента. Малосигнальные параметры активных элементов. Схемы замещения активных элементов.

Резисторный предварительный каскад, его схема, эквивалентная схема. Анализ параметров каскада на средних частотах. Расчет коэффициентов усиления, входного и выходного сопротивления при различных включениях активных элементов.

Эквивалентная схема каскада с учетом частотнозависимых элементов. Расчет и анализ частотных и фазовых характеристик резисторных каскадов. Асимптотические частотные и фазовые характеристики резисторного каскада и многокаскадного усилителя. Предварительные каскады в микросхемном исполнении.

Трансформаторный предварительный каскад, его схема и эквивалентная схема. Расчет параметров каскада на средних частотах. Анализ частотных и фазовых характеристик трансформаторной цепи и каскада.

Составные транзисторы. Схема Дарлингтона. Каскодная схема. Основные особенности и области применения схем с составными транзисторами.

Вольтамперные характеристики активных элементов, их использование в расчетах каскадов. Статический и динамический режимы работы активного элемента. Понятие об угле отсечки тока. Классы работы активного элемента, области применения, свойства.

Нагрузочные характеристики каскада по постоянному и переменному току. Выходная, входная, проходная, сквозная динамические характеристики.

Графоаналитический расчет квазилинейных усилителей. Причины появления нелинейных искажений. Использование сквозной динамической характеристики для определения коэффициента гармоник каскада.

Сравнение параметров усилителей, работающих в классах А и В. Энергетические показатели оконечных каскадов. Тепловой режим и его расчет.

Двухтактная схема усиления, ее особенности. Трансформаторные и бес- трансформаторные двухтактные каскады. Фазоинверсные схемы. Параллельное и последовательное возбуждение двухтактных каскадов. Параллельное включение активных элементов. Каскады мощного усиления в микросхемном исполнении.

Литература: [1] с. 20...70, 102...105, 108...111, 130...148, 151...153, [4] с. 108...131, 145...191, 191...200, 211...214, 236...271, [5] с. 21...69.

Вопросы для самоконтроля.

- 1) Как осуществляется стабилизация точки покоя в аналого-дискретных схемах?
- 2) Какие эквивалентные схемы замещения активных элементов Вы знаете?
- 3) Нарисуйте эквивалентную схему замещения биполярного транзистора (схему Джиаколетто). Поясните ее элементы.
- 4) Как рассчитать коэффициенты усиления, входные и выходные сопротивления резистивного каскада, где транзистор включен с общим эмиттером?
- 5) Какова причина неравномерности частотных и фазовых характеристик?
- 6) Как вычислить основные параметры трансформаторного каскада? Чему они равны?
- 7) В чем отличие частотных и фазовых характеристик резисторного и трансформаторного каскадов?
- 8) С какой целью используют схемы с составными транзисторами?
- 9) Сравните энергетические показатели классов усиления А и В.
- 10) Как производится расчет основных параметров квазилинейных каскадов?
- 11) В чем состоит принцип расчета коэффициента гармоник по методу Клима?
- 12) Каковы особенности двухтактных схем?

### 5.1.3. Тема 3. Применение обратных связей в усилителях (4 часа).

Содержание темы: Виды обратных связей. Примеры наиболее распространенных схем с обратными связями. Влияние обратной связи на коэффициенты усиления.

Влияние обратных связей на входные и выходные сопротивления усилителя, нелинейные искажения, нестабильность усиления. Частотнозависимая и частотнонезависимая обратная связь. Ее воздействие на частотную, фазовую и переходную характеристики усилителя.

Понятие об устойчивости усилителей. Критерии устойчивости Найквиста и Боде.

Литература: [1] с. 70...96, [4] с. 49...108, [5] с. 70...80.

Вопросы для самоконтроля.

- 1) Какие виды обратных связей Вы знаете? В чем их особенности?
- 2) Как обратные связи влияют на параметры усилителя?
- 3) Приведите примеры обратных связей в усилительном каскаде.
- 4) В силу каких причин усилитель с обратной связью может быть неустойчив?
- 5) Как оценить устойчивость усилителя?

#### 5.1.4. Тема 4. Типовые схемы усилителей (8 часов).

Содержание темы: Параметры импульсных и широкополосных усилителей. Связь переходной и частотной характеристик. Импульсный режим работы активного элемента. Усилитель импульсных сигналов. Переходная характеристика в области малых и больших времен. Расчет переходных искажений по частотным искажениям.

Корректирующие схемы в импульсных и широкополосных усилителях. Площадь усиления. Частотнозависимые нагрузки и частотнозависимые обратные связи в корректирующих схемах. Типовые схемы коррекции.

Особенности усилителей постоянного тока (УПТ), их применение. Дрейф нуля, способы борьбы с этим явлением. Термокомпенсация. Балансные схемы.

Дифференциальный каскад как основа современных УПТ. Свойства дифференциального каскада. Анализ передаточных характеристик дифференциального каскада.

Схемы включения. Крутизна, коэффициент усиления напряжения, входное и выходное сопротивление дифференциального каскада при симметричном и несимметричном включениях.

Параметры дифференциального каскада в каскодном включении. Использование дифференциального каскада при построении радиотехнических схем.

Принцип работы аналогового перемножителя, схема, характеристики. Использование аналоговых перемножителей в схемах балансного, амплитудного, однополосного модуляторов, удвоителя частоты, фазового, амплитудного детекторов.

Литература: [1] с. 170...192, 105...108, 114...130, 248...257, [4] с. 276, 277, 294...316, [2] с. 59...76, [5] с. 3...18, 21...24.

Вопросы для самоконтроля.

- 1) В чем проявляется связь между частотной и переходной характеристиками усилителя?
- 2) Как найти переходные искажения, если известны частотные искажения?
- 3) Опишите принцип работы схем высокочастотной и низкочастотной коррекции.
- 4) В чем заключаются трудности проектирования усилителей постоянного тока?

- 5) Что понимают под дрейфом нуля? Как бороться с этим явлением?
- 6) Каковы передаточные характеристики дифференциального каскада?
- 7) Каковы свойства дифференциального каскада?
- 8) Как вычисляются основные параметры дифференциального каскада?
- 9) Как работает аналоговый перемножитель, где и как он используется?
- 10) Опишите функциональные преобразователи на базе перемножителей.

#### 5.1.5. Тема 5. Операционные усилители и компараторы (4 часа).

Содержание темы: Операционные усилители (ОУ), их свойства, схемотехника, области применения. Базовые включения операционных усилителей.

Использование ОУ для линейной и нелинейной обработки сигналов. Сумматоры, вычитатели, повторители, дифференцирующие, интегрирующие логарифмирующие и антилогарифмирующие схемы и их расчет.

Понятие об активных RC-фильтрах. Особенности, принципы построения активных RC-фильтров. Аппроксимация частотных характеристик фильтра по полиномам Бесселя, Баттерворта, Чебышева. Порядок фильтра, фазосдвигающие цепи, схемы фильтров.

Компараторы сигналов на ОУ. Интегральные компараторы сигналов. Схемотехника компараторов. Применение в типовых включениях.

Литература: [1] с. 197...242, 298...315, [4] с. 325...357, 361...394, [2] с. 76...134, 159...181, [6] с. 18...21.

Вопросы для самоконтроля.

- 1) Каковы характерные свойства операционных усилителей?
- 2) На основе каких допущений и как производят расчет основных параметров схем с операционными усилителями?
- 3) Особенности схемотехники операционных усилителей.
- 4) Каковы преимущества и недостатки операционных усилителей?
- 5) Опишите основные линейные включения ОУ.
- 6) Опишите нелинейные включения ОУ.
- 7) Что такое активный фильтр? Какие его разновидности Вы знаете?

#### 5.1.6. Тема 6. Шумы и помехи, регулировки в усилителях.

Содержание темы: Собственные шумы усилителя и способы их уменьшения. Противошумовая коррекция. Помехи и борьба с ними. Паразитные обратные связи и их устранение. Конструкция усилителей. Размещение элементов, экранирование. Меры борьбы с обратной связью через источник питания.

Регулировка усиления. Глубина регулировки. Потенциометрическая, режимная регулировки, регулировка за счет изменения глубины обратной связи. Ступенчатая регулировка. Регулировка тембра.

Литература: [1] с. 242...248, 258...298, [4] с. 46...48, [6] с. 25...33.

Вопросы для самоконтроля.

- 1) Каковы источники шумов в усилителе?
- 2) Какие методы уменьшения шумов Вы знаете?
- 3) Как работает схема противошумовой коррекции?
- 4) Какие меры принимают для борьбы с паразитными обратными связями?
- 5) Сравните основные способы регулировки усиления.

5.1.7. Тема 7. Устройства сопряжения аналоговых и цифровых схем. Функциональные преобразователи сигналов. (4 часа).

Содержание темы: Электронные аналоговые ключи, их особенности, назначение, схемы и принципы действия. Многоканальные коммутаторы. Схемы выборки-хранения аналоговых сигналов. Резистивные матрицы. Принципы построения приборов с зарядовой связью (ПЗС) и области их применения.

Цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП) с прецизионными резистивными матрицами, безматричные ЦАП. Разрешающая способность, погрешность, дифференциальная нелинейность. Время установления, максимальная частота преобразования. Интегральные схемы ЦАП.

Аналого-цифровые преобразователи (АЦП) с применением ЦАП и без них. АЦП параллельного, весового и числового типа. АЦП двойного интегрирования. Интегральные схемы АЦП.

Нелинейные преобразователи сигналов. Преобразователи фаза-напряжение, частота-напряжение, время-напряжение, температура-напряжение.

Литература: [2] с. 134...144, 221...241, 246...267, 291...317, [6] с. 34...58.

Вопросы для самоконтроля.

- 1) Опишите принцип работы аналогового ключа.
- 2) Как работает схема выборки-хранения?
- 3) Какие типы резистивных матриц Вы знаете? Для чего они применяются?
- 4) Каков принцип работы и какое назначение ПЗС?
- 5) Классификация и основные особенности схем ЦАП.
- 6) Описать работу основных типов АЦП.
- 7) Какие типы функциональных преобразователей сигналов Вы знаете?
- 8) Опишите принцип работы преобразователя фаза-напряжение.
- 9) Каков принцип работы преобразователя частота-напряжение?
- 10) Как работает преобразователь время-напряжение?
- 11) На чем основана работа преобразователя температура-напряжение?

5.1.8. Тема 8. Источники питания радиоэлектронных устройств (8 часов).

Содержание темы: Общие сведения об источниках электропитания, классификация. Техника безопасности при эксплуатации источников электропитания.

Применение трансформаторов в схемах электропитания радиоустройств. Нагрузочная характеристика трансформатора.

Электрические вентили и их характеристики. Схемы выпрямления, расчет их показателей. Схемы умножения напряжения. Работа выпрямителя на активную и реактивную нагрузки.

Пульсации выпрямленного напряжения. LC и RC - сглаживающие фильтры. Звенья фильтров, их особенности. Методика расчета фильтров на сглаживание пульсаций. Многозвенные фильтры. Переходные процессы в фильтрах.

Стабилизация выпрямленного напряжения и тока с помощью нелинейных элементов. Характеристики и параметры полупроводникового стабилизатора. Параметрические и компенсационные стабилизаторы. Схемы транзисторных линейных стабилизаторов. Стабилизаторы напряжения на микросхемах. Расчет характеристик стабилизатора. Стабилизация тока. Импульсные транзисторные стабилизаторы.

Транзисторные преобразователи напряжения: назначение, параметры, схемы, режим работы, силовая цепь двухтактного транзисторного преобразователя. Коммутирующий трансформатор. Расчет показателей преобразователя.

Литература: [3] с. 23...40, 87...195, 208...213, [6] с. 59...76.

Вопросы для самоконтроля.

1) Какие меры техники безопасности нужно соблюдать при работе с источниками вторичного электропитания радиоустройств?

2) Какова нагрузочная характеристика трансформатора? Что влияет на ее форму?

3) Сравните различные схемы выпрямления и укажите их области применения.

4) Укажите особенности основных типов сглаживающих фильтров.

5) В чем заключается разница между параметрическим и компенсационным стабилизатором?

6) Опишите принцип работы и основные особенности транзисторного преобразователя напряжения.

#### 5.1.9. Тема 9. Эксплуатация аналого-дискретной схемотехники.

Содержание темы: Условия эксплуатации аппаратуры в ГА. Типовые схемы аналого-дискретной аппаратуры в ГА. Назначение элементов схемы. Поиск неисправностей, наиболее вероятные неисправности. Методы диагностики. Испытание схем и снятие основных характеристик с использованием промышленной измерительной аппаратуры. Техника безопасности при работе с аппаратурой.

Перспективы развития аналого-дискретной схемотехники.

Литература: [4] с. 292...294, [6] с. 77...80.

Вопросы для самоконтроля.

- 1) Какую конкретную технику с использованием аналого-дискретных схем Вы знаете?
- 2) Каково назначение элементов схемы в каскаде резистивного усилителя?
- 3) С чего начинают поиск неисправностей в схеме?
- 4) Каково стандартное распределение потенциалов в типовых схемах аналого-дискретных устройств?
- 5) Как осуществляется снятие основных характеристик в аналого-дискретной аппаратуре?

## 5.2. Методические указания к изучению дисциплины

При самостоятельной работе над материалами дисциплины особое внимание следует обратить на определения физических величин, используемых при оценке работоспособности изучаемой техники. При этом нельзя допускать путаницы в трактовке сходных по звучанию понятий, таких, как проходная и переходная, амплитудная и амплитудно-частотная характеристики и т. п. Надо знать области применения, особенности, сравнительные характеристики схем, физические процессы, происходящие в них, назначение элементов. Анализ работы устройств должен способствовать формированию навыков определения неисправностей. Студент должен владеть инженерными методами расчета элементов и параметров схем, учитывать экономические показатели различных схемных решений. Расчет схем невозможен без знания методик анализа устройств, использования эквивалентных схем замещения активных элементов и трансформаторов. Надо знать, умело пользоваться параметрами и вольтамперными характеристиками активных элементов, владеть методами графоаналитического анализа квазилинейных схем. Студент должен грамотно использовать вычислительную технику при решении инженерных задач.

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ ПОД РУКОВОДСТВОМ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ

6.1. Предварительный расчет усилителя. Расчет характеристик квазилинейного усилителя - 2 часа.

Определение структуры усилителя. Распределение по каскадам частотных и переходных искажений. Выбор активных элементов. Выработка требований и определение исходных данных для расчета отдельных каскадов.

Построение нагрузочных характеристик по постоянному и переменному току. Выбор рабочих точек. Определение параметров элементов термостабилизации. Нахождение коэффициентов усиления, входных и выходных сопротивлений каскадов.

Литература [9] с. 7 ... 13, 33 ... 39, 76 ... 85.

6.2. Расчет характеристик резисторного предварительного каскада на транзисторах и микросхемах - 2 часа.

Выбор активного элемента. Определение его параметров схемы замещения. Вычисление основных характеристик. Расчет навесных элементов цепей смещения, термостабилизации, межкаскадной связи, фильтрации питающих напряжений. Выбор микросхем. Определение параметров микросхем, необходимых для расчета, но отсутствующих в справочниках. Расчет элементов корректирующих цепей.

Литература [9] с. 46 ... 56, 124 ... 133.

6.3. Проверочный расчет характеристик усилителя путем моделирования его работы на ПЭВМ - 4 часа.

Моделирование работы усилителя с помощью программы Micro-Cap.

Литература [14] с. 44 ... 48.

## 7. ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

7.1. Цепи смещения, температурной стабилизации, работа каскада - 4 часа.

7.2. Исследование параметров усилителя при различных способах включения транзисторов - 4 часа.

7.3. Исследование двухтактного усилителя - 4 часа.

7.4. Исследование импульсного усилителя и схем коррекции - 4 часа.

7.5. Исследование усилителей постоянного тока - 4 часа.

7.6. Исследование схем с операционными усилителями - 4 часа.

7.7. Исследование схем полупроводниковых выпрямителей и фильтров для сглаживания выпрямленного напряжения - 2 часа.

7.8. Исследование стабилизатора напряжения компенсационного типа - 2 часа.

Примечание: Студенты заочного обучения выполняют работы по п. 7.2.; 7.3.; 7.6.; 7.7.; 7.8.

## 8. КУРСОВАЯ РАБОТА, ЕЕ ХАРАКТЕРИСТИКА

Курсовая работа выполняется после проработки материалов курса, предусмотренных программой.

Задания на курсовую работу для студентов дневного обучения выдаются индивидуально. Задания для студентов заочного обучения включают 300 вариантов и выбираются по первой букве фамилии и двум последним цифрам номера студенческого билета.

В тематику курсового проектирования входят варианты расчета импульсных, широкополосных и звуковых усилителей вместе с источниками питания.

Целью выполнения курсовой работы является привитие студентам навыков по проектированию и расчету типовых электронных схем, творческое закрепление теоретического материала курса.

Курсовая работа выполняется по индивидуальному заданию и должна состоять из пояснительной записки объемом 20-25 страниц и принципиальной схемы с перечнем элементов.

В процессе выполнения курсовой работы приобретаются навыки использования литературы, принятия инженерных решений, анализа, выбора, расчета схем, составления технической документации, защиты результатов работы. Студенты уясняют назначение элементов в схеме, знакомятся с аналогичной аппаратурой, применяемой в ГА, получают навыки использования правил ЕСКД, навыки работы с вычислительной техникой. Курсовая работа выполняется с применением ЭВМ.

## 9. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА

- Пакет программ MathCad с электронной книгой по проектированию аналого-дискретных устройств, имеющий методические указания по выбору оптимальной структуры проектируемого устройства, расчету его показателей, вычислению номиналов элементов различных схем каскадов. В электронной книге содержатся справочные данные, пояснительные рисунки и графики. Пакет программ используется в ходе САРС, при курсовом и дипломном проектировании.

- Пакет программ САПР Micro-Cap, позволяющий проводить рисование аналоговых схем, анализ их по постоянному и переменному току, построение переходных и проходных характеристик, спектральный анализ. Пакет программ используется на практических занятиях, в ходе САРС, при курсовом и дипломном проектировании.

- Пакет программ Multisim, позволяющий исследовать работу аналого-дискретных и цифровых схем с помощью виртуальных радиоизмерительных приборов и получить навыки их использования при анализе различных характеристик.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. УЧЕБНЫЙ ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ .....	3
2. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ .....	3
3. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	4
4. СТРУКТУРА КУРСА .....	5
5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ПРОГРАММЫ .....	5
5.1. Тематическое содержание дисциплины .....	5
5.2. Методические указания к изучению дисциплины .....	13
6. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ ПОД РУКОВОДСТВОМ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ .....	13
7. ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ .....	14
8. КУРСОВАЯ РАБОТА, ЕЕ ХАРАКТЕРИСТИКА .....	14
9. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА .....	15