

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

---

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по УМР

" " \_\_\_\_\_ В.Криницин  
2008 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**"Схемотехника", часть 1**

**«Основы аналого-дискретной схемотехники»**

**шифр по ГОС СД.05**

**Специальность 160905.**

Факультет авиационных систем и комплексов.

Кафедра "Радиотехнические устройства".

Курс 3. Форма обучения дневная. Семестр 5.

Общая трудоемкость дисциплины (часть 1)	160 часов
Аудиторные занятия (часть 1)	90 часов
Лекции (часть 1)	54 часа
Практические занятия (часть 1)	8 часов
Лабораторные занятия (часть 1)	28 часов
Самостоятельная работа (часть 1)	70 часов
Курсовая работа по первой части	20 часов
Вид итогового контроля: Экзамен	5 семестр

Москва 2008 г.

Рабочая программа составлена на основании примерной учебной программы дисциплины и в соответствии с Государственными требованиями к минимуму содержания и уровню подготовки выпускника по специальности.

Рабочую программу составил  
к.т.н., проф. Сафоненков Ю.П. \_\_\_\_\_

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры, протокол  
№ 5 от 29 января 2008 г.

Заведующий кафедрой РТУ  
д.т.н., профессор Криницин В.В. \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена методическим Советом специальности 160905.  
Протокол № \_\_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2008 г.

Председатель методического Совета  
д.т.н., профессор Логвин А.И. \_\_\_\_\_

Рабочая программа согласована с Учебно-методическим управлением (УМУ).  
Начальник УМУ Логачев В.П. \_\_\_\_\_

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. 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.

### 1.2. 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 работы 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 при проектировании.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1. Наименование разделов (подразделов), объем в часах.

Содержание лекций.

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

Литература: [1] с. 3...20, [6] с. 8...48.

Лекция 1.1. Введение.

Предмет и задачи дисциплины. Общие сведения об электронных усилителях. Цель и задачи курса, его место в подготовке инженеров 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. Нормы летной годности 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.

Лекция 1.2. Основные характеристики усилителя

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

Раздел 2. Основы теории усиления сигналов (18 часов).

Литература [1] с. 21...69, [6] с. 108...131, 145...191, 191...200, 211...214, 236...271.

Лекция 2.3. Цепи питания активных элементов и схемы температурной стабилизации режима.

Особенности работы усилительного элемента в различных каскадах. Статический и динамический режим работы активного элемента, три схемы его включения.

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.

Лекция 2.4. Активные элементы.

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.

Лекция 2.5. Анализ основных параметров резисторного каскада.

Резисторный предварительный каскад, его схема, эквивалентная схема. Анализ параметров каскада на средних частотах. Коэффициенты усиления, входное и выходное сопротивление при различных включениях активных элементов.

Лекция 2.6. Анализ частотных и фазовых характеристик резисторного каскада.

Эквивалентная схема каскада с учетом частотозависимых 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.

Лекция 2.7. Трансформаторный каскад.

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

### Лекция 2.8. Составные транзисторы.

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

### Лекция 2.9. Вольтамперные и нагрузочные характеристики.

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.

### Лекция 2.10. Расчет однотактных квазилинейных усилителей.

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.

Лекция 2.11. Энергетические показатели квазилинейных усилителей. Двухтактные усилители.

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 бестрансформаторные двухтактные каскады. Фазоинверсные схемы. Параллельное и последовательное возбуждение двухтактных каскадов. Параллельное включение активных элементов. Каскады мощного усиления в микросхемном исполнении.

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

Литература [1] с. 70...80, [6] с.49...108.

### Лекция 3.12. Обратные связи в усилителях.

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

### Лекция 3.13. Особенности обратных связей.

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.

## Раздел 4. Типовые схемы усилителей (8 часов).

Литература [2] с. 3...18, 21...24, [6] с.276, 277, 294...316, [7] с. 59...76.

Лекция 4.14. Усилители импульсных сигналов и широкополосные усилители. Схемы коррекции частотных и переходных характеристик.

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.

Лекция 4.15. Усилители постоянного тока (УПТ). Дифференциальный каскад.

Особенности 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.

Лекция 4.16. Схемы включения дифференциального каскада и их расчет.

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.

Лекция 4.17. Аналоговые перемножители сигналов и их применение.

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

Раздел 5. Операционные усилители и компараторы (4 часа).

Литература: [1] с. 18...21, [6] с.325...357, 361...394, [7] с. 76...134, 159...181.

Лекция 5.18. Операционные усилители (ОУ) в схемах обработки сигналов. Использование операционных усилителей.

Операционные усилители, 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.

Лекция 5.19. Активные RC-фильтры и компараторы.

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.

Раздел 6. Шумы и помехи, регулировки в усилителях (2 часа).

Литература [2] с. 25...33, [6] с.46...48.

Лекция 6.20. Шумы и помехи, регулировки в усилителях.

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 изменением глубины обратной связи. Ступенчатая регулировка. Регулировки тембра.

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

Литература [2] с. 34...58 [7], с. 134...144, 221...241, 246...267, 291...317.

Лекция 7.21. Элементы схемотехники аналого-цифровых, цифро-аналоговых преобразователей сигналов (АЦП и ЦАП) и приборов с зарядовой связью (ПЗС).

Электронные аналоговые ключи, их особенности, назначение, схемы и принципы действия. Многоканальные коммутаторы. Схемы выборки-хранения аналоговых сигналов. Резистивные матрицы.

Принципы построения ПЗС и области их применения.

Лекция 7.22. Построение ЦАП и АЦП.

ЦАП с прецизионными резистивными матрицами, безматричные ЦАП. Разрешающая способность, погрешность, дифференциальная нелинейность. Время установления, максимальная частота преобразования. Интегральные схемы ЦАП.

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.

Раздел 8. Источники питания радиоэлектронных устройств (8 часов).

Литература [2] с. 59...76, [8] с. 23...40, 87...195, 208...213.

Лекция 8.23. Трансформаторы и выпрямители.

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

Применение трансформаторов в схемах электропитания радиоустройств. Нагрузочная характеристика трансформатора.

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

Лекция 8.24. Сглаживание выпрямленного напряжения.

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

Лекция 8.25. Стабилизация выпрямленного напряжения и тока.

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

Лекция 8.26. Преобразователи напряжения.

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

Раздел 9. Эксплуатация аналого-дискретной схемотехники (2 часа).

Литература [1] с. 77...80, [6] с. 292...294.

Лекция 9.27. Эксплуатация аналого-дискретной схемотехники.

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.

### 2.3. Практические занятия.

ПЗ - 1. Предварительный расчет усилителя. Расчет характеристик квазилинейного усилителя - 2 часа.

Литература [4] с. 14 ... 21, 26 ... 28

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.

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

Литература [4] с. 28 ... 33, 42, 43

Выбор активного элемента. Определение его параметров схемы замещения. Вычисление основных характеристик. Выбор микросхем. Определение параметров микросхем, необходимых для расчета, но отсутствующих в справочниках. Расчет элементов корректирующих цепей.

ПЗ - 3. Проверочный расчет характеристик усилителя путем моделирования его работы на ПЭВМ - 4 часа.

Моделирование работы усилителя с помощью программы Micro-Cap.

### 2.3. Перечень лабораторных работ (занятий) и их объем в часах:

ЛБ - 1. Цепи смещения, температурной стабилизации, работа каскада - 4 часа.

ЛБ - 2. Исследование схем включения транзисторов - 4 часа.

ЛБ - 3. Исследование двухтактного усилителя - 4 часа.

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

ЛБ - 5. Исследование усилителей постоянного тока - 4 часа.

ЛБ - 6. Исследование схем с операционными усилителями - 4 часа.

ЛБ - 7. Исследование схем полупроводниковых выпрямителей - 2 часа.

ЛБ - 8. Исследование стабилизатора напряжения компенсационного типа - 2 часа.

### 2.4. Тематика курсовых работ. (КР – 1).

Расчет импульсных усилителей с источниками питания (100 тем).

Расчет усилителей звуковых частот с источниками питания (100 тем).

Расчет широкополосных усилителей с источниками питания (100 тем).

Курсовая работа выполняется после проработки материалов курса, предусмотренных программой.

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.

## 3. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

№ п/п	Автор	Наименование, издательство, год издания
1	2	3
Основная литература:		
1.	Сафоненков Ю.П.	Схемотехника. Часть 1. Основы теории аналоговых схем: Тексты лекций. – М.: МГТУ ГА, 2006.
2.	Сафоненков Ю.П.	Схемотехника. Часть 1. Аналого-дискретные устройства: Тексты лекций. – М.: МГТУ ГА, 2007.
Учебно-методическая литература:		
Для лабораторных работ		
3.	Сафоненков Ю.П.	Схемотехника. Часть 1. Пособие к выполнению лабораторных работ. – М.: МГТУ ГА, 2003.
Для курсовых работ		
4.	Сафоненков Ю.П.	Схемотехника, часть 1. Пособие к выполнению курсовой работы. – М.: МГТУ ГА, 2007.
Для практических занятий		
5.	Сафоненков Ю.П.	Электронная книга в среде MathCAD по проектированию аналого-дискретных устройств, М.: МГТУ ГА, 2006.
Дополнительная литература		
6.	Сафоненков Ю.П.	Схемотехника. Часть 1. (Основы аналого-дискретной схемотехники). Пособие к изучению дисциплины. – М.: МГТУ ГА, 2007.
6.	Остапенко Г.С	Усилительные устройства. - М.: Радио и связь, 1989.
7.	Коломбет Е.А.	Микроэлектронные средства обработки аналоговых сигналов. - М.: Радио и связь, 1991.
8.	-	Источники вторичного электропитания. Под ред. Ю.И.Конева. – М.: Радио и связь, 1990.
9.	-	Проектирование усилительных устройств. Под ред. Н.В. Терпугова. - М.: Высшая школа, 1985.
10.	Алексеев А.Г., Войшвилло Г.В., Трискало А.	Усилительные устройства. Сборник задач и упражнений. Под ред. Г.В.Войшвилло. - М.: Радио и связь, 1986.

## 4. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА, А ТАКЖЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ

- Программа САПР Micro-Cap, позволяющая проводить рисование аналоговых схем, анализ их по постоянному и переменному току, построение переходных и проходных характеристик, спектральный анализ.

- Программа MathCad с электронной книгой по проектированию аналого-дискретных устройств, имеющая 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.

## 5. РЕКОМЕНДУЕМОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ НА БЛОКИ

Блок 1 - раздел 1, раздел 2 (лекции 2.2 ... 2.8).

Блок 2 - раздел 2 (лекции 2.9 ... 2.11), разделы 3, 4.

Блок 3 - разделы 5 ... 9.

Дополнения и изменения в рабочей программе учебной дисциплины на 200\_ / 200\_ учебный год.

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры Радиотехнических устройств.

Заведующий кафедрой  
д.т.н., профессор Криницин В.В. \_\_\_\_\_

Протокол № \_\_\_ от " " \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

Внесенные изменения утверждены

Начальник УМУ Логачев В.П. \_\_\_\_\_