

Министерство образования и науки Украины
Севастопольский национальный технический университет

Методические указания

по дисциплине

«Аналоговая схемотехника»

для студентов дневной и заочной формы обучения
специальностей 7.090801 и 7.090804

Севастополь
2005

УДК681.3
Аналоговая схемотехника

/ В.О. Васин. Учебное пособие. – Севастополь: СевНТУ, 2005. – 79с.

Целью учебного пособия является оказание помощи студентам в подготовке к выполнению контрольных работ по дисциплине «Аналоговая схемотехника».

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению «Электроника».

Учебное пособие рассмотрено и утверждено на заседании кафедры электронной техники (протокол № 1 от 25 августа 2005 г.)

Рецензент Тестоедов А.А. канд. тех. наук, доцент кафедры ЭЛТ.

Аналоговая схемотехника – раздел Электроники, изучающий законы и методы построения аналоговых электронных устройств и систем, способы объединения, соединения, суперпозиции элементов для получения узлов, блоков, устройств с заданными функциями, характеристиками, свойствами. Базируется на материале предшествующих дисциплин – физики, электротехники, высшей математики, твердотельной электроники и др. и служит базой усвоения дисциплин специализации.

Дисциплина изучается в 6 семестре, объем – 135 уч. часов и завершается зачетом и экзаменом. Её структура определяется современным состоянием технологической базы и особенностями схемотехнических решений.

Изучаются:

А. Дискретные базовые элементы (радиокомпоненты), их соединения и комбинации.

Б. Базовые функциональные элементы – усилительные каскады, частотно-зависимые цепи, простейшие преобразователи электрических сигналов, управляемые источники тока...

В. Устройства и блоки общего назначения – усилители, генераторы, решающие блоки, электронные ключи, функциональные преобразователи и др.

Цель курса – получение знаний и навыков анализа и синтеза электронных схем, их сборки, наладки и использования как компонентов электронных систем различного назначения.

Рекомендуемый порядок изучения:

1. Ознакомиться с содержанием темы. Выделить ключевые слова, по ним подобрать литературу (перечень рекомендуемой литературы в конце разделов не является обязательным, можно использовать любые книги, журналы соответствующие сайты Интернет и др. источники).
2. Изучить материал, конспектируя основные положения.
3. Записать в конспект краткие ответы на все вопросы для самопроверки (в случае неудачи – вернуться к п.п. 1 или 2).
4. Лабораторные работы выполняются, оформляются и защищаются в течение семестра или во время установочной сессии (см. расписание работы ауд. Г-402). Разрешается заменить цикл ЛР на самостоятельную разработку, проектирование и изготовление аналогового устройства по согласованию с ведущим преподавателем.

Программа и краткое содержание курса.

ВВЕДЕНИЕ.

Определение, цель, предмет и задачи Аналоговой схемотехники (см. Предисловие). Этапы становления и развития элементной базы электроники. Классификация типовых электронных устройств (ЭУ): усилители, генераторы, решающие и функциональные блоки, коммутаторы, кодеки, модемы, адаптеры, источники питания. Сравнительный анализ аналоговых и дискретных (цифровых) ЭУ (точность, быстродействие, надежность...). Различия между информационными и энергетическими ЭУ. Сущность процессов микроминиатюризации и интеграции.

Вопросы для самоконтроля.

- 1) Задачи схемотехники.
- 2) Предпосылки зарождения электроники.
- 3) Характеристики элементной базы на этапах развития электроники, примерные временные интервалы.
- 4) Функции и характеристики обобщенных представителей классов ЭУ.

- 5) Аналоговые и дискретные электрические сигналы. Особенности работы аналоговых и цифровых ЭУ.
 - 6) Назначение и сферы применения информационных и энергетических ЭУ.
 - 7) Основные цели и технологические основы процессов микроминиатюризации и интеграции.
- Литература – [1, стр 3...14], [2, стр 11...17], [3, стр 9...13], [5, стр 5...13].

Раздел 1. Элементная база схемотехники.

Тема 1.1. Пассивные линейные элементы.

- 1.1.1. Проводники и изоляторы, Провода, кабели, жгуты. Кнопки, тумблеры, переключатели, герконы. Разъёмы, монтажные линейки (поля), слоты, сокет.
- 1.1.2. Резисторы, конденсаторы, индуктивности.

Тема 1.2. Нелинейные и активные элементы.

- 1.2.1. Электромагнитные элементы. Соленоиды, реле, магнитные пускатели.
- 1.2.2. Электровакuumные и газоразрядные элементы.
- 1.2.3. Полупроводниковые приборы. Диоды, транзисторы, многослойные ППП.

Вопросы для самоконтроля.

- 1) Функции и назначение линейных пассивных элементов. Основные характеристики и параметры; свойства, номиналы, стандартный ряд номиналов; единицы измерения (включая кратные и дробные); классы точности, предельные параметры, температурная нестабильность, конструктивные исполнения.
- 2) Особенности и принципы работы, функциональные возможности, основные, предельные и паразитные параметры, характеристики и типовые конструкции нелинейных и активных элементов. Динамическое и статическое сопротивление элемента. Отрицательное сопротивление и проводимость.

ЛР.1. –Исследование RC цепей.

Литература – [1, стр 3...14], [2, стр 11...17], [3, стр 9...13], [5, стр 5...13].

Раздел 2. Электронные усилители.

Тема 2.1. Общие сведения.

- 2.1.1. Усилитель есть прибор предназначенный для управления сравнительно «большими» потоками энергии (выход - У) посредством «слабого» управляющего сигнала (вход - Х). В электронных усилителях Х и У являются токами, напряжениями или др. электрическими величинами. Они предназначены для увеличения энергии электрического сигнала без потери его информационных свойств (сохранение формы). Усилители электрических сигналов (УЭС) можно рассматривать как источник энергии с управляемым делителем напряжения. Соотношение полных сопротивлений (импедансов) плеч функционально зависит от входного сигнала.
- 2.1.2. УЭС классифицируются по различным признакам: усилители мощности, напряжения, тока; гармонических, периодических, импульсных сигналов; УЭС постоянного или переменного тока; прямого усиления, с преобразованием сигнала, параметрические; низкой, высокой частоты, избирательные, широкополосные, операционные, специальные и т.д.
- 2.1.3. Каждый УЭС характеризуется набором технических показателей, важнейшими из которых являются:
 - коэффициент усиления (преобразования, передачи);
 - входное и выходное сопротивление;
 - выходная (полезная) и потребляемая мощность, к.п.д.;
 - номинальное входное напряжение (чувствительность);

- динамический диапазон амплитуд (уровень собственных шумов);
 - динамический диапазон частот (полоса пропускания);
 - различные показатели искажений сигнала;
 - амплитудно-частотные (АЧХ) и фазо-частотные (ФЧХ) характеристики и др.
- Некоторые показатели удобно оценивать в децибелах.

Вопросы для самоконтроля.

- 1) Разновидности электрических сигналов, их информационные параметры.
- 2) Классификация УЭС, основные назначения и особенности работы каждого класса УЭС.
- 3) Передаточная (проходная) характеристика идеального и реального УЭС.
- 4) Полоса пропускания. Типовые АЧХ различных типов УЭС.
- 5) Сравнение свойств УЭС и трансформатора.
- 6) Причины фазовых и нелинейных искажений.

ЛР.2. Исследование операционного усилителя.

Литература: [4, стр 49...74], [2, стр 17...257], [5, стр 66...73].

Тема 2.2. Усилительные каскады (УК) на биполярных транзисторах (БТ).

- 2.2.1. Статические характеристики БТ входные и выходные определяют его усилительные свойства, коэффициент передачи по току (β). На них отмечаются области насыщения и отсечки, линейные участки. Соотношения между эмиттерным, базовым и коллекторным токами определяется структурой БТ и коэффициентом β . Нагрузочное сопротивление включается в цепь эмиттера, коллектора или базы, определяя схему каскада (ОБ, ОЭ, ОК) и его усилительные свойства.
- 2.2.2. Пересечения нагрузочной и выходных характеристик определяет траекторию рабочей точки (РТ) каскада. Положение РТ при отсутствии сигнала определяет статический режим УК (режим покоя, режим постоянного тока). В линейном режиме (Режим А) УК обеспечивает усиление «малых» сигналов без искажений. Положение РТ в покое создают цепи смещения по току или по напряжению, в схеме с ОЭ это возможно сделать не добавляя источников питания. При работе транзистора токи вызывают нагрев элементов, что приводит к изменению сопротивлений и нежелательные перемещения РТ. Стабилизация осуществляется применением отрицательной обратной связи.
- 2.2.3. Конфигурация схемы УК выбирается эмпирически, в зависимости от требуемых его качеств. Чаще всего используется схема с ОЭ, смещение создается резистивным делителем напряжения. Расчет номиналов элементов схемы проводятся графо-аналитическим методом с использованием выходных характеристик либо аналитически по численным значениям паспортных параметров БТ.
- 2.2.4. С целью упрощения расчетов строятся схемы замещения транзисторов (эквивалентные схемы) различной степени идеализации. Транзистор в схеме рассматривается как классический четырехполюсник. По условиям ХХ и КЗ определяются h -параметры, отображающие важнейшие свойства транзистора.
- 2.2.5. В результате синтеза и расчета определяются все необходимые параметры схемы, номиналы элементов, и нагрузочная линия на семействе ВАХ БТ. Это позволяет провести анализ, определить реакцию схемы на любое входное воздействие (графически или аналитически), рассмотреть возможные причины нелинейных и частотных искажений.

Вопросы для самоконтроля.

- 1) Определение транзисторного усилительного каскада и его функций.
- 2) Необходимый набор исходных данных для синтеза УК.
- 3) Этапы расчета параметров УК графоаналитическим методом.
- 4) Эквивалентные схемы транзисторов. Физический смысл h -параметров.
- 5) Сравнительный анализ УК с различными схемами включения транзистора.
- 6) Положение линии нагрузки в статическом и динамическом режимах.
- 7) Способы задания смещения и стабилизации РТ.
- 8) Реакция УК на гармоническое воздействие.

ЛР. 3. Усилительный каскад с общим эмиттером.

Литература: [2, стр 26...47], [3, стр 242...250], [5, стр 66...87].

Тема 2.3. Усилительные каскады (УК) на полевых транзисторах (ПТ).

- 2.3.1. Выходные ВАХ полевых транзисторов различных типов существенно отличаются, что определяет более широкие возможности построения УК на ПТ, однако идеология и методика построения и расчета схем практически не отличается от рассмотренных в теме 2.2. Там же см. вопросы для самоконтроля, с учетом особенностей ПТ.

Тема 2.4. Усилительные каскады с особыми свойствами.

- 2.4.1. Эмиттерный (истоковый) повторитель – это схема УК с общим коллектором (стоком), которая обладает большим входным и малым выходным сопротивлением, что очень удобно для согласования каскадов. Однако выходное напряжение не может быть больше входного. Каскад обладает большой устойчивостью и стабильностью параметров в результате воздействия глубокой отрицательной обратной связи по току.
- 2.4.2. Дифференциальный усилительный каскад (ДУК) имеет мостовую структуру, что и определяет его уникальные свойства. Обычно используют симметричную схему с двумя входами и одним выходом. ДУК предназначен для усиления противофазных сигналов и подавления синфазной составляющей. В качестве общей нагрузки плеч полезно использовать «источник тока». В схему, обычно, встраиваются дополнительные элементы для симметрирования и компенсации дрейфа нуля.
- 2.4.3. Мощные (выходные) УК предназначены для получения на выходе максимально возможных (необходимых) токов и напряжений. Реализуются чаще всего на схемах с ОК или по двухтактной схеме (в режиме АВ) с трансформаторной или бестрансформаторной связью.
- 2.4.4. Избирательные (селективные, резонансные), узкополосные и широкополосные усилители строятся с применением частотно-зависимых LC, RC цепей, включенных в обратную связь или в нагрузку УК. Амплитудно-частотные (АЧХ) и фазо-частотные (ФЧХ) характеристики их имеют ярко выраженные спады на границах полосы пропускания.
- 2.4.5. Комбинированные (спаренные) включения транзисторов позволяют получить улучшенные параметры усилительных элементов. Применяют схему Дарлингтона, каскодное включение (динамическая нагрузка), комплементарные пары и др. Особый класс усилительных элементов представляют транзисторные источники тока и управляемые сопротивления (упр. делители напряжения).

Вопросы для самоконтроля.

- 1) Особенности работы повторителей. Допустимые искажения.
- 2) Функции, назначение и особенности работы ДУК.
- 3) Принципиальная типовая схема ДУК, важнейшие параметры.
- 4) Способы симметрирования и стабилизации ДУК.
- 5) Мощные каскады. Типовые схемы. Недостатки трансформаторной связи.
- 6) Трудности симметрирования в двухтактных каскадах. Режим АВ.
- 7) Типовые АЧХ избирательных усилителей.
- 8) Схемы и принцип работы транзисторных источников стабильного тока.
- 9) Расчет коэффициента усиления составных транзисторов.

ЛР. 4. Избирательный усилитель.

Литература: [2, стр 47...91], [3, стр 41...44, 62...65, 227...250].

Тема 2. 5. Операционные усилители.

- 2.5.1. Усилители постоянного тока (УПТ) предназначены для усиления медленно меняющихся сигналов (спектр которых начинается с нуля). При их построении возникают трудности создания связей между каскадами. Строят УПТ прямого усиления с гальваническими связями или с промежуточным преобразованием сигнала (модуляция – сдвиг спектра в область высоких частот).
- 2.5.2. Операционные усилители (ОУ) строятся на базе УПТ в виде готовых микросхем и применяются для реализации сложных математических функций в аналоговых моделях любых систем, а также в качестве штучных усилительных элементов схем взамен транзисторов. Отличительными особенностями ОУ являются: - большое сопротивление входа (порядка МегаОм); - малое сопротивление выхода; - громадный коэффициент усиления (порядка $10^4 \dots 10^5$); - малый дрейф нуля и уровень собственных шумов; - наличие двух входов (прямой+ и инвертирующий-). Разность потенциалов двух входов не может быть значительной (виртуальный ноль). Большое разнообразие схем на ОУ обеспечивается возможностью подключать цепи обратных связей с заданными свойствами.
- 2.5.3. Решающие усилители (звенья, блоки,...) строятся на базе ОУ и предназначены для получения стандартных (базовых, основных) математических функций. Функциональные свойства обеспечиваются подключением к ОУ соответствующих цепей ОС. Так строятся:
 - масштабирующие блоки ($Y=KX$);
 - сумматоры с масштабированием ($Y=\sum \mu_i X_i$);
 - интеграторы, интеграторы с суммированием (ёмкость в ОС);
 - дифференцирующие звенья (ёмкость на входе);
 - логарифмирующие усилители;
 - потенцирующие (антилогарифмы);
 - перемножители ($Y=X*Z$) двух переменных (на базе логарифмирующих звеньев или квадраторов).

Суперпозицией базовых функций, т.е. соответствующим схемным соединением решающих блоков можно получить модель реализации математической функции любой сложности.
- 2.5.4. На ОУ строятся также другие схемы блоков и узлов:
 - диодные функциональные преобразователи, позволяющие получить кусочно-линейную аппроксимацию монотонной функции с любой степенью точности;
 - выпрямители и детекторы с нулевой зоной нечувствительности;
 - имитаторы петли гистерезиса и релейных характеристик;

- выходные каскады повышенной мощности и др.

Вопросы для самоконтроля.

- 1) Типовые схемы УПТ. Требования к передаточным характеристикам и АЧХ.
- 2) Определение и классификация ОУ. Их особые свойства.
- 3) Схемы решающих блоков.
- 4) Причины дрейфа нуля и его коррекция.
- 5) Структурная схема и особенности работы ОУ (УПТ) с преобразованием сигнала. Схемы реализации модуляторов и демодуляторов.
- 6) Схема диодного функционального преобразователя.
- 7) Схемы мощных каскадов на ОУ.

ЛР.5. Исследование и настройка ОУ.

Литература: [1, стр 283...295], [2, стр 127...214], [3, стр 227...251], [4, стр 49...88].

Раздел 3. Электронные коммутаторы (ключи).

Тема 3.1. Диодные ключи (ДК).

- 3.1.1. Ключи предназначены для подключения и размыкания цепей прохождения сигнала. Различают последовательные и параллельные ключи. Почти идеальным коммутатором является механический контакт – кнопки, тумблеры, переключатели ..., но они обладают рядом недостатков.
- 3.1.2. Для обеспечения автоматического управления используют электронные элементы изменяющие проводимость при воздействии соответствующего управляющего сигнала. Простейшими являются диодные ключи: последовательные, параллельные, мостовые.
- 3.1.3. Диодный мост позволяет построить стробирующий ключ. Взамен диодов часто используют транзисторы в диодном включении.

Тема 3.2. Транзисторные ключи (ТК).

- 3.2.1. ТК любого типа реализуют, используя ключевой режим работы (отсечка, насыщение) как на биполярных, так и на полевых транзисторах. Применяются все три схемы включения транзисторов.
- 3.2.2. ТК на комплементарных парах имеют более высокие параметры и позволяют строить последовательно-параллельные ключи. Повысить качество работы можно также включением в схему ОУ.

Тема 3.3. Специальные электронные коммутаторы.

- 3.3.1. Коммутаторы с памятью предназначены для сохранения уровня сигнала в промежутках между коммутациями. Позволяют строить ступенчатые (квантованные) представления сигналов. Реализуются на ТК с интегрирующим ОУ.
- 3.3.2. Компараторы обеспечивают переключение по результатам сравнения двух входных напряжений (сигналов). ОУ без ОС является компаратором.
- 3.3.3. Компаратор с фиксированной зоной нечувствительности (Триггер Шмита) обеспечивает сравнение входных напряжений на двух порогах срабатывания, имеет гистерезисную передаточную характеристику. Реализуется инвертирующим ОУ с резистивной ОС.

Вопросы для самоконтроля.

- 1) Назначение ключей, их основные параметры, требования к ним.
- 2) Отличия функций последовательных и параллельных ключей.
- 3) Типовые схемы и принцип работы диодных ключей.

- 4) Типовые схемы и принцип работы простейших транзисторных ключей.
- 5) Меры по уменьшению времени переключения ТК.
- 6) Преимущества ТК на комплементарных парах, принципиальные схемы.
- 7) Принципиальная схема и принцип работы электронного ключа с памятью.
- 8) Функции и области применения компараторов.
- 9) Схема и особенности работы триггера Шмита.

ЛР. 6. Исследование ТК.

Литература: [3, стр 276...292], [5, стр 14...40].

Раздел 4. Генераторы стандартных сигналов (ГСС).

Тема 4.1. Определение, назначение, функции и классификация генераторов.

Генератором называют устройство, преобразующее энергию источника питания в колебания выходного напряжения заданной формы. Необходимые условия самовозбуждения и стабильной работы генераторов можно получить из рассмотрения систем с частотно-зависимой обратной связью. Петлевой коэффициент передачи автоколебательной системы на резонансной (квазирезонансной для RC) частоте должен быть 1 (баланс амплитуд) и фазовый сдвиг в петле – кратен 2π (баланс фаз).

Различают три типа генераторов: - на элементах с отрицательным наклоном ВАХ; - на базе узкополосных усилителей; - на базе универсальных усилителей с резонансной ОС. По форме выходного сигнала различают синусоидальные (гармонические) и импульсные (прямоугольных, треугольных, трапецеидальных и др. импульсов). По типу частотно-зависимых цепей – LC или RC типа и кварцевые.

Тема 4.2.. Генераторы с индуктивными (трансформаторными) связями.

- 4.2.1. В генераторах такого типа используются резонансные свойства LC контура с индуктивной противофазной или автотрансформаторной связью. Наибольшее распространение получили трехточечные схемы.
- 4.2.2. Двухтактные генераторы позволяют получить значительно большие амплитуды сигнала без потери формы и без повышения напряжений источников питания.
- 4.2.3. Для получения стабильной частоты сигнала используют параметрические кварцованные генераторы (на кратных частотах). При генерации на одной из двух квазирезонансных частот кварца можно обойтись без колебательного контура.

Тема 4.3. Генераторы RC типа.

- 4.3.1. Генераторы RC типа строятся для получения колебаний с частотами менее 100 Килогерц, когда применение индуктивных элементов становится нецелесообразным. В схемах используются фазовращательные цепочки (R-параллель, C-параллель) и мостовые или Т-образные RC фильтры.
- 4.3.2. Генераторы с регулированием частоты и амплитуды сигнала можно построить как схему моделирования (решения) дифференциального уравнения второго порядка на ОУ.

Тема 4.4. Генераторы сигналов специальной формы.

- 4.4.1. Прямоугольные, треугольные, пилообразные и др. сигналы специальной формы и их последовательности широко используются как в аналоговых, так и в дискретных электронных устройствах. Требуется генерация как «коротких» (порядка микросекунд), так и «удлиненных» (сотни секунд) сигналов заданной формы.
- 4.4.2. Простейшая схема генератора последовательности прямоугольных импульсов с заданными или регулируемыми параметрами (мультивибратор) строится на двух УК с перекрестными связями. Такие схемы имеют 1 (одновибратор) или 2

квазиустойчивых состояния с фиксированным временем пребывания, что и определяет длительности импульса и паузы. Для повышения качества сигнала применяются ГСС на ОУ.

- 4.4.3. Особое место в электронике занимают ГЛИН – генераторы линейно изменяющихся напряжений. Они широко используются в измерительных системах, в системах развертки и сканирования и т.д. Основное требование – линейность нарастающей части и минимально возможное время спада. Типовые схемы ГЛИН строятся с использованием цепей заряда и разряда конденсаторов. Сигнал ЛИН высокого качества получают применением интегрирующего ОУ.

Вопросы для самоконтроля.

- 1) Функции, свойства, основные параметры и характеристики генераторов.
- 2) Классификация генераторов.
- 3) Особенности структуры генераторов на элементах с отрицательным сопротивлением.
- 4) Необходимые условия возникновения автогенераторных процессов.
- 5) Резонансные свойства параллельных и последовательных LC контуров.
- 6) Типовая схема простейшего LC генератора.
- 7) Схемы генераторов с индуктивными и емкостными триточками (Хартли, Колпитца)
- 8) Особенности схем двухтактных генераторов.
- 9) Обеспечение стабильности частоты. Кварцевые резонаторы.
- 10) Типовые схемы RC – генераторов. Фазосдвигающие цепи.
- 11) Схема мультивибратора на биполярных транзисторах.
- 12) Типовые схемы ГЛИН.

ЛР.7 . Исследование ГЛИН

Литература: - [1, стр 332...347], [2, стр 220...254], [3, стр 293...315], [5, стр 89...113].

Раздел 5, Преобразователи сигналов.

Тема 5.1. Преобразователи формы и длительности сигналов.

- 5.1.1. Преобразователи формы и длительности сигналов реализуются на схемах с использованием дифференцирующих и интегрирующих свойств RC цепочек и нелинейностей ВАХ полупроводниковых элементов.
- 5.1.2. Спектральные преобразователи обеспечивают заданное преобразование спектра сигнала, что широко используется при квантовании сигнала по уровню и аргументу, при модуляции и демодуляции сигнала. Типичная схема – диодный стробирующий ключ.

Тема 5.2. Преобразователи код – аналог и аналог – код.

- 5.2.1. Цифроаналоговые преобразователи (ЦАП) используются для обеспечения совместной работы дискретных и аналоговых систем, Реализуются на схемах с использованием ряда источников эталонных (поразрядных) напряжений (токов), разрядных электронных ключей, управляемых входным цифровым кодом и схемы суммирования.
- 5.2.2. Для построения аналогово-цифровых преобразователей (АЦП) схемных решений значительно больше, но основными элементами этих схем являются компараторы и ГЛИН.

Вопросы для самоконтроля.

- 1) Функции и назначение преобразователей сигналов.
- 2) Схема ограничителя амплитуды.
- 3) Принципы квантования. Стробящий ключ с запоминанием.
- 4) Принцип работы и типовые схемы ЦАП.
- 5) Методы представления код-аналог-код. Широтно-импульсная, амплитудно-импульсная, цифро-импульсная модуляция.
- 6) Типичные схемы АЦП. Точность преобразования.
- 7) Место ЦАП и АЦП в комбинированных ЦА вычислителях.

ЛР,8. Построение и исследование схемы АЦП.

Литература: [2, стр 319...348], [3, стр 444...464], [5, стр 168...188].

Руководство по выполнению контрольной работы.

КР №1. Синтез и расчет усилительного каскада на биполярном транзисторе.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: - отработать метод графо-аналитического расчета УК на БТ, уяснить роль и функции элементов схемы, значение их параметров для обеспечения оптимального режима работы каскада.

Объем работы 3...5 страниц рукописного (печатного) текста с обязательными иллюстрациями: принципиальная схема каскада; статические характеристики транзистора с нагрузочной линией; временные диаграммы входного и выходного сигналов. В выводах подчеркнуть особенности работы схемы, причины искажения сигнала, возможности повышения качества работы каскада.

Рекомендуемая последовательность этапов:

- Вычислить номер своего варианта как остаток от деления двух последних цифр номера зачетной книжки на 25. Выбрать из приведенной ниже таблицы тип транзистора, назначение каскада и метод температурной стабилизации РТ.
- Выписать из справочников паспортные данные транзистора и аккуратно переписать его статические характеристики. Отметить разрешенные зоны работы.
- Параметры (амплитуду и частоту) входного синусоидального сигнала выбрать из условия оптимального режима работы транзистора.
- Вычислить номинал коллекторного (эмиттерного) сопротивления, обеспечить безопасный режим по предельному току. Питательное напряжение выбирается из ряда: 5; 6; 10; 12; 15; 20 вольт. Провести нагрузочную прямую и отметить желаемое положение РТ в статическом режиме.
- Синтезировать (подобрать) принципиальную схему каскада. Выбрать способ и рассчитать номиналы элементов цепей смещения.
- Реализовать на схеме заданный способ стабилизации РТ, Рассчитать параметры цепи стабилизации. При необходимости, уточнить ранее рассчитанные номиналы элементов.
- Провести графический анализ работы схемы (Построить по точкам временную диаграмму выходного сигнала). Добиться максимально-возможного усиления, при малых искажениях сигнала, вариацией параметров схемы и входного сигнала.
- Рассчитать потери мощности на всех элементах, назначить номиналы мощности рассеивания.
- Привести выводы по результатам работы, рекомендации по улучшению качества усилителя, дать вариант монтажной схемы.

ТАБЛИЦА ВАРИАНТОВ КР1.

- 1 строка - № варианта,
- 2 строка – тип транзистора,
- 3 строка – тип усиления: >U - напряжения, >I - тока, >P – мощности.
- 4 строка – метод термостабилизации РТ: ТС – термосопротивление, ЭС – эмиттерная

связь, КС – коллекторная связь.

1	0	1	2	3	4	5	6	7	8
2	КТ201В	ГТ308Б	КТ301А	ГТ313В	КТ312Б	КТ315В	КТ325Б	КТ339Б	КТ301А
3	>U	>I	>P	>U	>I	>P	>U	>I	>P
4	ТС	ЭС	КС	ЭС	ТС	ЭС	КС	КС	КС

1	9	10	11	12	13	14	15	16	17
2	КТ312А	ГТ308Б	КТ301А	ГТ313В	КТ312А	КТ315В	КТ325Б	КТ339Б	КТ301А
3	>U	>I	>P	>U	>I	>P	>U	>I	>P
4	ЭС	ЭС	ТС	ЭС	ЭС	КС	КС	ТС	ТС

1	18	19	20	21	22	23	24	25	26
2	КТ201В	ГТ308Б	КТ301А	ГТ313В	КТ312Б	КТ315В	КТ325Б	КТ339Б	КТ301А
3	>U	>I	>P	>U	>I	>P	>U	>I	>P
4	ТС	ЭС	КС	ЭС	КС	ТС	ЭС	ТС	КС

Литература

1. Гершунский Б.С. Основы электроники и микроэлектроники. К. ВШ. 1989.
2. Жуйков В.Я. и др. Схемотехника электронных систем. Том 1. Аналоговая схемотехника та імпульсні пристрої. Підручник. К.: Аверс, 2002. – 364с.
3. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. М. Мир. 1983.
4. Горбачев Г.Н., Чаплыгин Е.Е. Промышленная электроника. М. Энергоатомиздат. 1988
5. Скаржепа В.А., Сенько В.И. Электроника и микросхемотехника. Сб. задач. К. ВШ. 1989.

Вопросы к экзамену

по дисциплине **«Аналоговая схемотехника»**
2004\2005 уч. год.

1. Классификация электронных устройств.
2. Элементная база современной электроники.
3. Активные элементы схем.
4. Аналоговые и цифровые электронные устройства (ЭУ). Сравнение.
5. Обобщенный алгоритм создания ЭУ.
6. Электронные усилители. Функции, свойства, параметры, характеристики.
7. Электрические сигналы. Особенности, разновидности.
8. Классификация электронных усилителей.
9. Усилительные каскады на БТ (биполярных транзисторах). 3 схемы включения.
10. Расчет каскада с общим эмиттером. Графо-аналитический метод.
11. Способы смещения рабочей точки в каскаде с ОЭ.
12. Эквивалентные схемы БТ.
13. Физический смысл h-параметров БТ.
14. Нелинейные и фазовые искажения в усилительных каскадах.
15. Свойства и характеристики ПТ (полевых транзисторов). 3 схемы включения.
16. Простейшие усилительные каскады на ПТ.
17. Схемы и принцип работы источников тока.
18. Схемы Дарлингтона. Особенности работы.
19. Комплементарные схемы. Особенности работы.
20. Регулируемый делитель напряжения на ПТ.
21. Дифференциальный УК. Свойства и назначение. Типовая схема.

22. Мощные усилительные каскады. Свойства и назначение. Типовые схемы.
23. Избирательные усилители. Назначение, особенности работы и характеристики.
24. Фазочувствительные цепи, колебательный контур, частотные фильтры.
25. Реальные схемы узкополосного усилителя.
26. Широкополосные усилители. Требования, свойства, схемы.
27. Каскодные схемы. Назначения, свойства, особенности работы.
28. Усилители постоянного тока. Требования к УПТ, трудности реализации.
29. УПТ с непосредственными связями. Особенности построения и работы.
30. УПТ с преобразованием сигнала. Типовая схема, достоинства и недостатки.
31. Модуляторы и демодуляторы в УПТ. Типовые схемы.
32. Влияние обратных связей на свойства и характеристики усилителей.
33. Операционные усилители. Назначение и требования к ОУ.
34. УПТ на ОУ. Инвертирующая, неинвертирующая, следящая схемы на ОУ.
35. Схемы мощных усилителей на ОУ.
36. Решающие усилители. Масштабирующий и суммирующий ОУ.
37. Решающие усилители. Интегратор на ОУ. Дифференцирующий ОУ.
38. Решающие усилители. Логарифмирующие и потенцирующие ОУ.
39. Решающие усилители. Операции перемножения и деления переменных.
40. Диодный функциональный преобразователь.
41. Коммутаторы. Назначение, классификация, параметры.
42. Простейшие диодные ключи.
43. Строблирующий диодный ключ.
44. Транзисторные ключи. Типовые схемы, основные параметры.
45. Транзисторный ключ с запоминанием. Схема, работа, назначение.
46. Аналоговые компараторы на ОУ.
47. Переключатели с триггером Шмитта.
48. Генераторы стандартных сигналов (ГСС). Назначение. Классификация.
49. Условия самовозбуждения и стабильной работы ГСС.
50. Синусоидальные генераторы с индуктивными связями. Типовые схемы.
51. Особенности двухтактных генераторов.
52. Обеспечение стабильности частоты. Кварцованные генераторы.
53. Синусоидальные резистивно-ёмкостные генераторы. Типовые схемы.
54. Моделирование дифуравнения 2-го порядка. Возможности регулирования частоты.
55. Функциональные генераторы. Универсальная схема.
56. Мультивибраторы: ждущий и автоколебательный. Схема реле времени.
57. Генераторы линейно-изменяющихся напряжений (ГЛИН).
58. Преобразователи код-аналог и аналог-код. Общие положения, методики построения.
59. Цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП). Схемы, принцип работы.
60. Аналогово-цифровые преобразователи (АЦП). Схемы, принцип работы.

Рекомендуемая литература.

1. Гершунский Б.С. Основы электроники и микроэлектроники. К. ВШ. 1989.
2. Жуйков В.Я. и др. Схемотехника электронных систем. Том 1. Аналогова схемотехніка та імпульсні пристрої. К. Аверс. 2002.
3. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. М. «Мир», 1983.
4. Горбачев Г.Н., Чаплыгин Е.Е. Промышленная электроника. М. ЭнергоАтомИздат. 1988.
5. Скаржепа В.А., Сенько В.И. Электроника и микросхемотехника. Сб. задач. К. ВШ. 1989.