

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Блинова Светлана Павловна

Должность: Заместитель директора по учебно-воспитательной работе

Дата подписания: 22.09.2020 09:21:45

Уникальный программный ключ:

1cafd4e102a27ce11a89a2a7ceb30237f3ab5c65

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Норильский государственный индустриальный институт»
Политехнический колледж

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ЗАОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
«ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА»**

для специальности
15.02.07 Автоматизация технологических процессов и производств (по
отраслям)

Методические указания для обучающихся заочного отделения по учебной дисциплине «Электронная техника» разработаны на основе рабочей программы и Федерального государственного образовательного стандарта по специальности 15.02.07 Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям).

Организация-разработчик: Политехнический колледж ФГБОУ ВО «Норильский государственный индустриальный институт»

Разработчик:
Петухова А.В, преподаватель

Рассмотрена на заседании цикловой комиссии автоматизации технологических процессов
Председатель комиссии: _____ Е.А. Колупаева

Утверждена методическим советом Политехнического ФГБОУ ВО «Норильский государственный индустриальный институт»

Зам.директора по УР: _____ С.П. Блинова

Протокол заседания № __ от «__» _____ 2018 г.

ВВЕДЕНИЕ

Цели дисциплины «Электронная техника»:

- создание теоретической базы для овладения профессиональными компетенциями при работе со средствами вычислительной техники и компьютерном моделировании изделий электронной техники;
- закрепление и углубление полученных знаний в процессе выполнения и анализа лабораторных, практических и контрольных работ, выработка навыков критической оценки экспериментальных исследований;
- формирование навыков самостоятельной работы с технической и справочной литературой.

Задача изучения дисциплины – формирование у обучающихся знаний и навыков по следующим направлениям деятельности:

- изучение принципа работы, свойств, основных параметров, характеристик полупроводниковых, электровакуумных и микроэлектронных приборов и их практического применения в современной вычислительной технике;
- совершенствование навыков практического применения графоаналитического для расчета параметров компонентов и схем электронной техники;
- обеспечение изучения последующих дисциплин: «Источники питания средств вычислительной техники», «Конструирование, производство и эксплуатация средств вычислительной техники», «Электропитание средств вычислительной техники», «Микропроцессоры и микропроцессорные системы», «Моделирование изделий электронной вычислительной техники».

В результате освоения программы обучающийся должен:

иметь представление:

- о значении дисциплины в овладении профессиональными компетенциями;
- об основных научно-технических проблемах и перспективах развития автоматизированных информационных технологий;

знать:

- элементную базу современной электронной техники: принципы работы, характеристики и применение;
- принципы работы, схемы и параметры основных устройств аналоговой и цифровой техники;

уметь:

- пользоваться технической и справочной литературой;
- собирать электрические схемы отдельных устройств электронной техники на лабораторных стендах, регулировать электрические режимы, производить измерения параметров, снимать осциллограммы;
- определять параметры приборов или устройств по их характеристикам;

– по заданным параметрам рассчитывать типовые электронные устройства, подбирать по справочным материалам компоненты для электронных устройств.

Для успешного изучения данной дисциплины обучающимся необходимо освоить следующие дисциплины:

- электротехника: электрическое и магнитное поле, линейные и нелинейные электрические цепи, четырехполюсники;
- физика: электричество и магнетизм, строение атома;
- химия: периодическая таблица элементов, валентность.

Аудиторные виды занятий (лекции, практические и лабораторные работы) проводятся только по основополагающим вопросам дисциплины, поэтому главной формой изучения предмета является самостоятельная работа обучающихся над учебниками и учебными пособиями. Это важно не только во время подготовки к экзамену, но и во всей учебной деятельности.

При самостоятельном изучении литературы необходимо вести конспект, а после каждой темы – ответить на контрольные вопросы, т.к. большинство из них входит в экзаменационные билеты.

Учебным планом дисциплины «Электронная техника» предусмотрено выполнение одной контрольной работы. Цель выполнения контрольной работы – закрепить теоретический материал о свойствах выпрямительных диодов, схемах выпрямления и биполярных транзисторов.

Контрольная работа составлена по 20 вариантам и содержит три теоретических вопроса и две задачи. Номер варианта определяется двумя последними цифрами номера студенческого билета.

К лабораторным работам обучающиеся допускаются после сдачи контрольной работы. Сдача экзаменов разрешается обучающимся, которые получили зачеты по контрольной и лабораторной работам.

Методические указания для проведения лабораторных работ выдаются обучающимся перед проведением занятий.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Введение

Цели и задачи дисциплины. Краткие сведения по истории открытий в электронной технике, ее роль в развитии науки, техники и технологии. Основные научно-технические проблемы и перспективы развития радиоэлектронной техники. Значение предмета как одной из базовых дисциплин специальности.

Раздел 1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

Тема 1.1. Электропроводность твердых тел

Виды и характеристики электровакуумных приборов.

Собственная проводимость и способы образования примесных (электронной и дырочной) проводимостей полупроводников. Физические основы образования и вентильные свойства электронно-дырочного перехода. Вольтамперная характеристика p - n – перехода.

Уясните, что особенностью полупроводниковых материалов является возможность управления их проводимостью в широком диапазоне значений путем введения примесей (легирования). При этом в зависимости от примеси может меняться не только абсолютное значение, но и тип проводимости. Необходимо твердо знать, что основными носителями зарядов полупроводников p -типа являются дырки (положительно заряженные частицы), а в полупроводниках n -типа – электроны, имеющие отрицательный заряд.

Вопросы для самоконтроля

1 Дайте определения терминам: ковалентная связь, энергетическая диаграмма, валентная зона, зона проводимости.

2 Объясните, чем отличаются энергетические диаграммы проводников, полупроводников и диэлектриков.

3 Объясните механизмы собственной и примесной проводимости полупроводников p - и n -типа.

4 Назовите основные и неосновные носители заряда в полупроводниках p - и n -типа.

5 Объясните механизм образования p - n -перехода, покажите его элементы и поясните основные характеристики.

6 Объясните, в чем сущность динамического равновесия в p - n -переходе при отсутствии внешнего напряжения.

7 Расскажите, как определить знак прямого смещения на p - n -переходе, как изменятся характеристики перехода при прямом и обратном смещении.

8 Расскажите о видах пробоя p - n -перехода.

9 Объясните природу емкости и односторонней электропроводности p - n -перехода. Почему они зависят от внешнего напряжения?

Тема 1.2 Полупроводниковые диоды

Классификация диодов: выпрямительные, стабилитроны, варикапы, туннельные, обращенные, импульсные. Вольт-амперная характеристика реального диода. Обратный ток, температурные свойства и параметры диодов. Классификация диодов: выпрямительные, стабилитроны, варикапы, туннельные, обращенные, импульсные, диоды Шоттки. Условные графические обозначения (УГО) в схемах, принцип работы, основные параметры, характеристики, особенности конструкции, области применения, условные обозначения.

Повторите основные электрофизические свойства $p-n$ -перехода: асимметрию электропроводности, виды и механизмы пробоя, емкостные свойства и туннелирование частиц через $p-n$ -переход. Проследите, какое из этих свойств $p-n$ -перехода положено в основу работы соответствующего диода.

Основным признаком, по которому производится классификация диодов, является область применения. Изучать каждый тип диодов лучше всего по следующей схеме:

- принцип работы диода;
- вольт-амперная характеристика (нарисуйте и укажите рабочий участок);
- параметры, эквивалентная схема;
- особенности конструкции;
- применение;
- условные буквенно-цифровые обозначения.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте характеристику следующим типам диодов:
 - а) выпрямительные диоды;
 - б) стабилитроны и стабисторы;
 - в) варикапы;
 - г) туннельные диоды.
2. Объясните различие между сопротивлением диода постоянному току и дифференциальным сопротивлением.
3. Назовите конструктивные отличия СВЧ-диодов.
4. Перечислите особенности и преимущества диодов Шоттки.

Тема 1.3. Тиристоры

Классификация тиристоров, их условные обозначения. Устройство, принцип действия диодных и триодных тиристоров, их характеристики и параметры. Коммуникационные процессы в тиристорах. Другие виды параметрических полупроводниковых приборов.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое тиристор?

2 Почему коллекторный переход тиристора оказывается смещенным в прямом направлении при переключении тиристора из закрытого состояния в открытое?

3 Какие физические явления влияют на коэффициенты передачи тока транзисторных структур, составляющих тиристор?

4 Почему для изготовления целесообразно использовать полупроводники с большой шириной запрещенной зоны?

5 Какова структура и принцип действия симметричных тиристоров?

Тема 1.4 Транзисторы

Биполярные транзисторы: принцип работы, устройство, условные графические обозначения. Режимы работы: активный, отсечки, насыщения, инверсный. Схемы включения: с общей базой, с общим эмиттером, с общим коллектором, сравнительная характеристика. Основные параметры, статические характеристики. Транзистор как линейный четырехполюсник, применяемые системы параметров.

Полевые транзисторы: определение, классификация, условные графические обозначения. Полевой транзистор с управляемым $p-n$ -переходом: устройство, принцип работы, статические характеристики, режимы работы. Полевые транзисторы с изолированным затвором, со встроенным и индуцированным каналами. Устройство, принцип работы, схемы включения, статические характеристики, основные параметры.

Изучать принцип работы биполярных транзисторов удобно на примере активного режима при нормальном включении напряжения на переходах (эмиттерный переход открыт, коллекторный – закрыт). Тип транзистора принципиального значения не имеет. Усиливаемый сигнал поступает на входную (управляющую) цепь транзистора, а усиливаемый сигнал выделяется на сопротивлении нагрузки, включенном в его выходную цепь, *проводимость которой меняется в соответствии с управляющим сигналом.* Сущность усиления состоит в том, что мощность выходного сигнала превышает мощность, затраченную на входе транзистора.

Очень важно понять, что в биполярном транзисторе управляющим сигналом является ток в цепи входного электрода, а в полевых – поле (напряжение) между входным и, как правило, общим электродом. Управляемый ток в биполярных транзисторах образован как основными, так и неосновными носителями заряда, а в полевом транзисторе он обусловлен движением основных носителей заряда для данного типа полупроводника.

Принцип управления током стока в полевых транзисторах заключается в том, что, *изменяя напряжение на затворе, можно регулировать проводимость канала.*

Отличительной особенностью МДП-транзисторов является большое входное сопротивление ($R_{вх} > 10^9$ Ом), что позволяет управлять мощными цепями с помощью маломощных источников сигнала.

Вопросы для самоконтроля

1. Изобразите структуру биполярных транзисторов с разным типом проводимости, УГО в схемах и объясните принцип его работы.
2. Нарисуйте схемы включения биполярных транзисторов типа $n-p-n$ и $p-n-p$ с общей базой, общим эмиттером и общим коллектором. Укажите на них входные и выходные токи напряжения; напишите выражения для коэффициентов усиления по току, напряжению и мощности. Назовите преимущества и недостатки каждой схемы включения.
3. Дайте сравнительную оценку схем включения биполярного транзистора с точки зрения входного сопротивления, коэффициентов передачи по току и напряжению, влияния температуры на параметры.
4. Укажите направления протекания токов в активном режиме во входной и выходной цепях всех схем включения биполярного транзистора.
5. Назовите и поясните собственные параметры биполярных транзисторов.
6. Приведите h -параметров биполярного транзистора, как они определяются по его статическим ВАХ.
7. Нарисуйте и поясните входные и выходные ВАХ биполярного транзистора для разных схем включения.
8. Почему полевые транзисторы с управляющим $p-n$ -переходом не должны работать при прямом напряжении на входе (затворе)?
9. Будет ли одинаковым выходное сопротивление полевого транзистора на участках выходной ВАХ до и после насыщения?
10. Объясните, почему входное сопротивление полевого транзистора со встроенным каналом остается большим при любой полярности входного напряжения?
11. Объясните, почему МДП-транзистор с индуцированным каналом не может работать в режиме обеднения?

Тема 1.5. Интегральные микросхемы (ИМС)

Интегральные микросхемы – средства дальнейшей миниатюризации и повышения надежности электронной аппаратуры. Классификация ИМС. Особенности гибридных и полупроводниковых ИМС, параметры и система обозначений. Функциональная микроэлектроника.

Технология изготовления пленочных элементов гибридных интегральных микросхем. вопросы конструирования электронных устройств на ИМС с учетом требований электромагнитной совместимости.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Приведите последовательность технологических операций по изготовлению полупроводниковых биполярных ИМС.
- 2 Приведите последовательность технологических операций по изготовлению МДП ИМС.
- 3 Каким образом осуществляется сборка и герметизация полупроводниковых ИМС, какие типы корпусов Вы знаете?

4 Изобразите конструкцию биполярной ИМС с изоляцией между элементами обратными смещенными р-п переходами.

5 Изобразите конструкцию биполярной ИМС с диэлектрической изоляцией между элементами.

6 Перечислите основные преимущества и недостатки ИМС с диэлектрической изоляцией между элементами.

7 Изобразите устройство интегрального п-р-п транзистора, поясните основные отличия от аналогичного дискретного транзистора.

8 Изобразите устройство многоэмиттерного и многоколлекторного транзисторов, поясните их основные особенности.

Тема 1.6 Оптоэлектронные приборы и приборы отображения информации

Источники и приемники оптического излучения, внутренний и внешний фотоэффект, фотопроводимость, фото ЭДС. Фоторезисторы: определение, условные обозначения, основные параметры, применение. Фотодиоды: определение, условные обозначения, фотодиодный и фотогальванический режимы работы, вольт-амперные характеристики, основные параметры. Фототранзисторы: определение, принцип работы биполярных и полевых фототранзисторов, условные обозначения, вольт-амперные характеристики. Фототиристоры: определение, условные обозначения, принцип действия, вольт-амперные характеристики. Светодиоды: определение, условные обозначения, принцип работы, основные параметры. Оптроны: определение, типы оптопар, структура, принцип действия, основные параметры, применение.

Оптоэлектроника – это раздел электроники, где в качестве носителя информации используются электромагнитные волны оптического диапазона. Световой луч в оптоэлектронике выполняет те же функции управления, преобразования и связи, что и электрический сигнал в электрических цепях. Носителями сигналов являются электрически нейтральные фотоны, которые в световом потоке не взаимодействуют, не смешиваются и не рассеиваются.

Достоинства оптоэлектронных приборов:

- высокая информационная емкость оптических каналов передачи информации;
- полная гальваническая развязка источников и приемников излучения;
- невосприимчивость оптических каналов к электромагнитным полям (высокая помехозащищенность).

При изучении фотоэлектрических приборов обратите внимание на то, как проявляется внутренний фотоэффект в каждом из перечисленных приборов и на области их применения.

Принцип действия полупроводниковых излучающих приборов основан на явлении *электролюминесценции* – излучении света телами под действием электрического поля.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Объясните увеличение чувствительности фототранзисторов по сравнению с фотодиодами.
- 2 На чем основан принцип действия фототиристоров?
- 3 Объясните принцип работы светодиода.
- 4 Объясните простейшую структурную схему оптрона и его основные достоинства.
- 5 Перечислите основные достоинства полупроводниковых оптоэлектронных приборов по сравнению с другими полупроводниковыми приборами?

Раздел 2. Источники питания

Тема 2.1. Неуправляемые выпрямители

Классификация выпрямителей. Принцип действия однофазных выпрямителей, временные диаграммы токов и напряжений, упрощенные расчеты выпрямителей с различными сопротивлениями нагрузки.

Трехфазные выпрямители, принцип действия, временные диаграммы. Внешняя характеристика выпрямителя.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Что понимают под средним значением и коэффициентом пульсаций выпрямленного напряжения и тока?
- 2 По каким формулам определяется среднее значение и амплитуда основной гармонической составляющей выпрямленного напряжения?
- 3 Что является признаком схем выпрямления: однотактных и двухтактных?
- 4 Почему в двухтактной схеме расчётные значения мощностей S_1 и S_2 одинаковые, а в однотактной схеме разные?
- 5 По каким параметрам вентиля определяют, что его режим работы в выпрямительном устройстве не выходит за допустимые границы?
- 6 Какие величины необходимо определить, чтобы правильно выбрать параметры обмоток преобразовательного трансформатора?
- 7 В чём состоит явление вынужденного намагничивания магнитопровода трансформатора постоянной составляющей тока?

Тема 2.2. Сглаживающие фильтры

Пульсации тока и напряжения на выходе выпрямителя. Классификация фильтров. Фильтры с пассивными элементами: емкостные, индуктивные. Их принципы действия. Коэффициенты пульсации, коэффициенты сглаживания, пульсации. Г-образный и П-образный фильтры. однозвенные и многозвенные фильтры. Влияние фильтров на внешнюю характеристику выпрямителя. Фильтры на ИМС.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Какие схемы пассивных сглаживающих фильтров вы знаете?
- 2 Поясните зависимость коэффициента сглаживания от тока нагрузки ($S = f(I_2)$) для активно-индуктивного фильтра.
- 3 Поясните зависимость коэффициента сглаживания от тока нагрузки ($S = f(I_2)$) для активно-емкостного фильтра.
- 4 Во сколько раз измениться сглаживающее действие LC фильтра, если величина L и C возрастут в 2 раза, а частота пульсаций уменьшится в 2 раза?
- 5 Докажите, что при каскадном соединении фильтров результирующий коэффициент сглаживания равен произведению коэффициентов перемножаемых звеньев.
- 6 С какой целью в дроссель сглаживающего фильтра вводится воздушный зазор?
- 7 Что является причиной перенапряжения, возникающего в активно-индуктивном сглаживающем фильтре?

Тема 2.3. Стабилизаторы напряжения и тока

Классификация стабилизаторов. Принцип работы параметрического и компенсационного стабилизатора напряжения.

Компенсационный стабилизатор тока.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Принцип действия параметрического стабилизатора напряжения в цепи постоянного тока.
- 2 Принцип действия компенсационного стабилизатора напряжения непрерывного действия.
- 3 Принцип действия импульсного стабилизатора напряжения.
- 4 Какие существуют способы повышения качества выходного напряжения в компенсационных стабилизаторах.

Раздел 3. Усилители и генераторы

Тема 3.1 Усилители мощности

Однотактные и двухтактные, трансформаторные и бестрансформаторные усилители, режимы работы. Многокаскадные усилители.

При изучении этой темы все параметры и характеристики каскада усиления необходимо учитывать, что усилители мощности (УМ) обычно являются конечными каскадами многих радиотехнических устройств. При этом полезная мощность, выделяемая в нагрузке, соизмерима с максимально допустимой мощностью, рассеиваемой усилительным прибором, который в данном случае будет работать в режиме большого сигнала.

Важно уметь объяснять следующие особенности усилителя мощности по сравнению с усилителем напряжения:

1. Выходной сигнал по форме может отличаться от входного, что приведет к заметным нелинейным искажениям. При этом расчет каскада по параметрам, справедливый только для рабочей точки и малой области около нее (режим малого сигнала), дает неверные результаты. В связи с этим такие каскады рассчитывают для области средних частот графически, используя статические входные и выходные характеристики.

2. Нагрузка усилителя является, как правило, низкоомной и не соответствует оптимальной. Поэтому для усилителей мощности характерно наличие согласующего устройства, основной целью которого является преобразование сопротивления нагрузки и доведения его до величины, наиболее благоприятной для эффективной работы усилительного прибора с точки зрения получения требуемой мощности при допустимом уровне нелинейных искажений.

3. На долю усилителя мощности приходится основная часть потребляемой энергии и зачастую он определяет экономичность всего устройства.

Работу усилителя мощности и назначение элементов удобнее пояснять на примере схемы однотактного трансформаторного усилителя напряжения.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение усилителя мощности.
2. Дайте характеристику схемы однотактного трансформаторного УМ и поясните назначение ее элементов.
3. Каковы достоинства и недостатки применения трансформаторов в выходных каскадах?
4. Для каких целей применяют фазоинверсные каскады?
5. Почему в двухтактном УМ необходима полная симметрия схемы?
6. Как определить общий коэффициент усиления многокаскадного усилителя?
7. Каким образом учитываются коэффициенты частотных искажений и углы сдвига фаз, вносимые отдельными каскадами, в многокаскадном усилителе?

Тема 3.2 Обратные связи в усилителях

Обратные связи (ОС) по току и напряжению, последовательные и параллельные. Отрицательная ОС и ее влияние на параметры усилителя.

Причины появления обратной связи в усилителе:

- физические свойства усилительных приборов (*внутренняя обратная связь*). Примером может служить обратная связь, образованная за счет емкости база – коллектор в транзисторе;
- наличие паразитных емкостей, индуктивных и других связей в схемах, создающих пути для обратной передачи сигнала. Такие связи называют *паразитными обратными связями*;
- введение в схему специальных цепей (*внешние обратные связи*).

Внутренними и паразитными связями нельзя управлять, и они нередко изменяют свойства усилителя в нежелательном направлении, например могут привести к искажению АЧХ и даже к самовозбуждению усилителя.

Внешняя обратная связь легко управляема и ее вводят для улучшения показателей усилителя: повышения стабильности коэффициента усиления, снижения искажений всех видов, уменьшения собственных помех и т. д.

При изучении различных видов ОС необходимо обратить внимание на применение каждого вида ОС. Поскольку в усилителях обычно используются каскады с общим эмиттером (ОЭ), общим коллектором (ОК), общим истоком (ОИ) и общим стоком (ОС), вид обратной связи можно легко определить по способу подачи ее сигналов во входную цепь. Если сигнал обратной связи поступает на эмиттер (или исток) транзистора, то связь последовательная, а если на базу (или затвор), то параллельная. Для определения вида обратной связи: отрицательной обратной связи (ООС) или положительной обратной связи (ПОС) необходимо просмотреть прохождение полуволны входного сигнала во всех точках схемы усилителя.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Дайте определение обратной связи.
- 2 Назовите причины появления обратных связей.
- 3 Какие виды обратных связей вы знаете?
- 4 Почему эмиттерная стабилизация лучше, чем коллекторная?
- 5 Поясните принцип действия ООС в усилителе с общим эмиттером.
- 6 Как обратная связь влияет на коэффициент усиления усилителя?

Тема 3.3 Операционные усилители

Устройство, принцип действия, схемы включения; инвертирующие и неинвертирующие операционные усилители (ОУ), дифференциальный ОУ. Статические и динамические характеристики. Классификация, применение, схемотехника ОУ.

Операционный усилитель – это унифицированный многокаскадный усилитель постоянного тока (УПТ), удовлетворяющий следующим требованиям к электрическим параметрам: $K_v \rightarrow \infty$; $R_{вх} \rightarrow \infty$; $R_{вых} \rightarrow 0$; $f_v \rightarrow \infty$.

Усилитель постоянного тока усиливает сколь угодно медленные электрические колебания. Широко применяются разновидности УПТ – дифференциальные. Дифференциальный усилитель (ДУ) в настоящее время по существу является основным схемотехническим элементом современной интегральной аналоговой электроники.

Поэтому изучение ОУ целесообразно начинать с изучения дифференциального усилителя. Принцип работы дифференциального каскада основан на свойстве равновесия моста. Далее изучите структурную схему трехкаскадного ОУ, состоящего из ОУ, усилителя напряжения и усилителя мощности, назначение отдельных каскадов и параметры ОУ. Наиболее полно материал этой темы изложен в [1, с. 336–345, 355–380].

Вопросы для самоконтроля

- 1 Что такое дифференциальный усилитель?
- 2 Поясните принцип балансировки моста.
- 3 Какие напряжения называют синфазными?
- 4 Перечислите основные требования, предъявляемые к ОУ.
- 5 Назовите пути повышения входного сопротивления ОУ.
- 6 Какова природа протекания входного тока ОУ?
- 7 Объясните роль ДУ во входном каскаде ОУ.

Тема 3.4 Генераторы синусоидальных сигналов

Классификация генераторов. Автогенераторы: структурная схема, условия самовозбуждения. LC -, RC -генераторы., способы стабилизации частоты. Автогенераторы на ОУ.

Каждый тип генераторов необходимо изучать на примере простейшей принципиальной схемы. Важно понять назначение элементов схемы, принцип работы фазосдвигающих RC - и LC -цепочек, выполнение условий самовозбуждения. Обратите внимание на применение автогенераторов.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Объясните назначение генераторов гармонических колебаний.
- 2 Объясните принцип построения автогенераторов по трехточечным схемам.
- 3 Какие существуют способы стабилизации частоты?
- 4 Объясните принцип работы генератора с фазосдвигающей цепью.
- 5 Объясните принцип работы генератора на колебательном контуре.
- 6 Объясните принцип работы генератора с кварцевой стабилизацией.

КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ 1

Ответьте письменно на вопросы. Номера вопросов в соответствии с вариантом приведены в табл. 1.

- 1 Электропроводность твердых тел. Зонные диаграммы. Собственные полупроводники.
- 2 Примесная проводимость полупроводников.
- 3 Электронно-дырочный переход в динамическом равновесии.
- 4 p - n -переход при нарушении равновесия. ВАХ p - n -перехода.
- 5 Виды пробоев p - n -перехода, их причины и последствия.
- 6 Емкость и сопротивление p - n -перехода, их зависимость от приложенного напряжения. Принцип работы каких диодов основан на этих зависимостях?
- 7 Классификация диодов по технологии изготовления и назначению. УГО в схемах.
- 8 Выпрямительные диоды. УГО, ВАХ, параметры.
- 9 Импульсные диоды. Физические процессы работы, основные параметры.
- 10 ВЧ- и СВЧ-диоды. УГО, эквивалентная схема, основные параметры.
- 11 Выпрямительные устройства большой мощности. Маркировка диодов.
- 12 Принцип выпрямления объясните на однополупериодной схеме выпрямления. Временные диаграммы.
- 13 Двухполупериодная схема выпрямления. Принцип работы, временные диаграммы.
- 14 Мостовая схема выпрямления. Принцип работы, временные диаграммы.
- 15 Стабилитроны и стабилитроны. УГО, ВАХ, основные параметры.
- 16 Варикапы. УГО, эквивалентная схема, параметры.
- 17 Туннельные диоды. УГО, принцип работы, ВАХ, параметры, применение.
- 18 Биполярные транзисторы. УГО, режимы работы, буквенно-цифровые условные обозначения.
- 19 Схемы включения биполярного транзистора. Схема с ОК, основные параметры.
- 20 Схема включения транзистора с ОБ, основные параметры.
- 21 Схема включения транзистора с ОЭ, основные параметры.
- 22 Статические ВАХ биполярных транзисторов, основные параметры.
- 23 Работа биполярного транзистора в динамическом режиме.
- 24 Эквивалентная схема биполярного транзистора, первичные (собственные) параметры.
- 25 Биполярный транзистор как четырехполюсник. Система h -параметров.
- 26 Полевые транзисторы. с управляющим p - n -переходом, УГО, ВАХ.

- 27 Транзисторы с изолированным затвором и встроенным каналом. УГО, принцип работы, ВАХ.
- 28 МДП-транзисторы с индуцированным каналом. УГО, принцип работы, ВАХ.
- 29 Динисторы и тринисторы. УГО, ВАХ, основные параметры.
- 30 Управляемые полупроводниковые резисторы. УГО, основные параметры, применение, буквенно-цифровые условные обозначения.
- 31 Классификация ИС по степени интеграции и конструктивно-технологическому признаку.
- 32 Классификация ИС по функциональному назначению. Буквенно-цифровые условные обозначения.
- 33 Основные логические операции и их техническая реализация: контактные, ДТЛ-, ТТЛ-схемы.
- 34 Параметры цифровых ИМС.
- 35 Фотодиоды. УГО, принцип работы, характеристики, параметры и применение.
- 36 Фототранзисторы. УГО, принцип работы, характеристики, параметры и применение.
- 37 Фототиристоры. УГО, принцип работы, характеристики, параметры и применение.
- 38 Светодиоды. УГО, принцип работы, характеристики, параметры и применение.
- 39 Оптроны. УГО, принцип работы, характеристики, параметры и применение.
- 40 Газонаполненные лампы и индикаторы. УГО, применение, буквенно-цифровые условные обозначения.
- 41 Поясните принцип работы и основные параметры вакуумных люминесцентных индикаторов.
- 42 Назовите разновидности и основные параметры жидкокристаллических индикаторов.
- 43 Назовите разновидности и основные параметры полупроводниковых и знаковсинтезирующих индикаторов
- 44 Назначение и классификация усилителей.
- 45 Основные характеристики и параметры усилителей.
- 46 Режим усилителя по постоянному току. Поясните выбор рабочей точки.
- 47 Нарисуйте и поясните схемы подачи смещения на биполярный транзистор.
- 48 Нарисуйте и поясните схемы стабилизации рабочей точки усилителя.
- 49 Режимы работы усилителей.
- 50 Нарисуйте и поясните схему двухтактного усилителя мощности.
- 51 Виды обратных связей в усилителях.
- 52 Дифференциальные усилители. Поясните работу схемы.
- 53 Операционные усилители. Разновидности, схемы включения.

- 54 Многокаскадные усилители. Параметры, паразитные связи.
 55 Принцип построения автогенераторов по трехточечным схемам.
 56 Принцип работы генератора на колебательном контуре.
 57 Принцип работы генератора с кварцевой стабилизацией. Какие еще существуют способы стабилизации частоты?

Таблица 1 Исходные данные к заданию 1

Вариант	Номера вопросов	Вариант	Номера вопросов
1	14, 25, 52	11	4, 36, 51
2	10, 31, 43	12	6, 35, 57
3	2, 19, 50	13	12, 30, 19
4	9, 22, 45	14	16, 43, 33
5	3, 24, 37	15	21, 39, 6
6	11, 26, 40	16	7, 35, 50
7	7, 36, 54	17	11, 42, 32
8	1, 15, 35	18	14, 34, 56
9	5, 27, 49	19	13, 48, 40
10	8, 38, 51	20	2, 14, 38

КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ 2

1 По справочным данным дать характеристику диода.

2 Записать основные параметры.

Определить среднее значение выпрямленного тока I_0 и напряжения U_0 , а также мощность P , выделенную в нагрузочном резисторе R_H и обусловленную этим током, для однополупериодного выпрямителя, собранного на полупроводниковом диоде.

Нарисовать схему выпрямителя и объяснить ее работу с использованием графиков $U_{вх}$, $U_{вых}$, $i_H(t)$.

Типы используемых выпрямителей, соответствующих номеру варианта, приведены в табл. 2. Там же указано сопротивление нагрузочного резистора R_H .

Напряжение питающей сети $U = 220$ В.

Нелинейностью вольт-амперной характеристики пренебречь.

Таблица 2 Исходные данные к заданию 2

Номер варианта	Тип диода	R_H , Ом	Номер варианта	Тип диода	R_H , Ом
1	Д223	200	11	Д226	360
2	КД109А	210	12	Д223В	380
3	КД204А	220	13	Д237Ж	370
4	МД226Е	230	14	КД109Б	310
5	Д223А	250	15	КД112А	220
6	КД106А	270	16	КД105Б	240
7	Д229А	300	17	КД102А	280
8	КД221В	400	18	КД218А	280
9	КД217	420	19	Д229В	260
10	Д229Е	350	20	КД109Б	250

Пример расчета задания 2

Дано: $R_{пр} = 5$ Ом; $R_{обр} = 1000$ Ом; $R_H = 400$ Ом; $U = 200$ В.

Примечание: $R_{пр}$ и $R_{обр}$ определяются по данным справочника.

Решение

1. Сопротивление выпрямителя в проводящий полупериод

$$R_1 = R_{пр} + R_H = 5 + 400 = 405 \text{ Ом.}$$

2. Амплитудное напряжение сети

$$U_m = 2^{1/2} \cdot U = 2^{1/2} \cdot 220 = 311,1 \text{ В.}$$

3. Амплитудное значение тока

$$I_m = U_m / R_1 = 311,1 / 405 = 0,77 \text{ А.}$$

4. Среднее значение выпрямленного тока

$$I_0 = I_m / \pi = 0,77 / \pi = 0,245 \text{ А.}$$

5. Среднее значение выпрямленного напряжения

$$U_0 = R_H \cdot I_0 = 400 \cdot 0,245 = 98 \text{ В.}$$

6. Мощность, выделяемая в нагрузке,

$$P = I_0^2 \cdot R_H = 0,245^2 \cdot 400 = 24 \text{ Вт.}$$

Ответ: $I_0 = 0,245$ А; $U_0 = 98$ В; $P = 24$ Вт.

КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ 3

По заданным статическим характеристикам биполярного транзистора (рис. 1, 2) выполнить следующие графо-аналитические расчеты для усилительного каскада:

- 1) построить линию нагрузки;
- 2) рассчитать низкочастотные малосигнальные электрические h -параметры и построить эквивалентную схему прибора на низкой частоте (в заданном режиме).

Таблица 3 Исходные данные к заданию 3

Номер варианта	$U_{кэ=}$, В	$I_{к=}$, мА	Примечание	Номер варианта	$U_{кэ=}$, В	$I_{к=}$, мА	Примечание
1	20	20	Использовать биполярный транзистор типа КТ601Л	11	5	90	Использовать биполярный транзистор типа КТ603А
2	20	28		12	5	130	
3	20	32		13	5	180	
4	20	44		14	5	200	
5	30	10		15	7,5	45	
6	30	20		16	7,5	70	
7	30	30		17	7,5	120	
8	30	39		18	7,5	200	
9	30	47		19	7,5	225	
10	20	10		20	10	10	

Статические характеристики биполярных транзисторов для выполнения задания 3

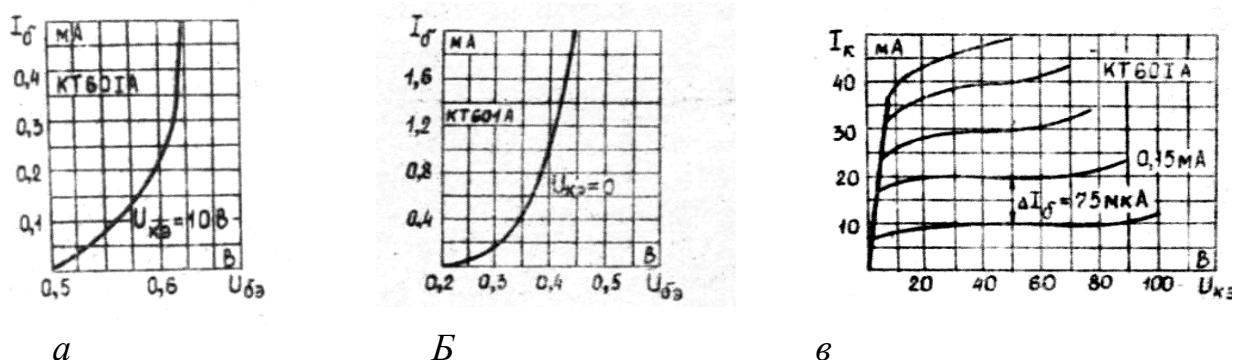


Рис. 1. Характеристики транзистора КТ601А:

а, б – входные характеристики; в – выходные характеристики

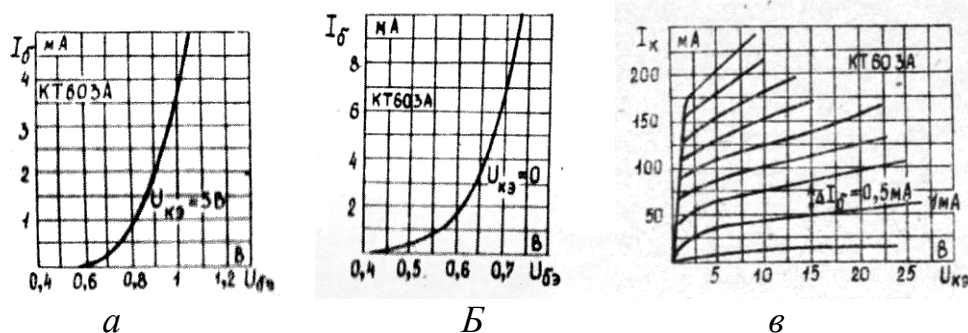


Рис. 2. Характеристики транзистора КТ603А:

Внимание! Изображение выходных характеристик транзисторов имеет свои особенности. Указывается величина входного параметра только для одной кривой семейства. Значение параметров для других кривых находятся добавлением или вычитанием постоянных приращений (ΔI_b).

Методические указания и пример выполнения задания 3

1. Перерисуйте статические характеристики биполярного транзистора (рис. 1, 2). Обратите внимание, что входная характеристика приведена всего одна. Это является следствием малого влияния выходного напряжения на входную цепь прибора, в результате чего входные характеристики, снятые для различных значений $U_{кэ}$, располагаются очень близко друг к другу. Указанное обстоятельство в большинстве случаев расчетов позволяет использовать одну кривую, как показано на рис. 1а, б; 2а, б.

Решим эту задачу для транзистора ГТ322А (рис. 3): $E_k = 12$ В, $R_n = 1$ кОм,
 $I_b = 150$ мкА.

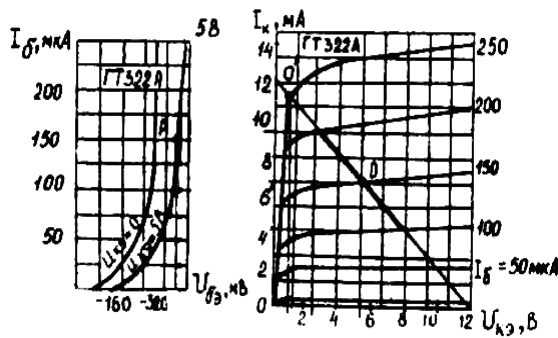


Рис. 3. Статические характеристики транзистора ГТ322А

Нагрузочная линия соответствует графику уравнения $I_k = \frac{E_k - U_{кэ}}{R_H}$. На семействе выходных характеристик ордината этой прямой при $U_{кэ} = 0$ соответствует точке $I_k = \frac{E_k}{R_H} = 12/10^{-3} = 12$ мА.

Абсцисса при $I_k = 0$ соответствует точке $U_{кэ} = E_k = 12$ В. Соединяя эти точки, получим линию нагрузки. Пересечение нагрузочной линии с заданным значением тока базы $I_б = 150$ мкА определяет рабочую точку транзисторного каскада, нагруженного на резистор. Координаты рабочей точки (р. т. А) дают значение рабочего режима выходной цепи $U_{кэ} = 5,2$ В и $I_k = 7$ мА, а координаты $I_б = 150$ мкА и $U_{бэ} = 360$ В на входной характеристике – режим входной цепи транзистора.

2. Для расчета низкочастотных малосигнальных h -параметров биполярный транзистор, включенный по схеме с ОЭ, представляют в виде линейного четырехполюсника, входные и выходные параметры которого связаны следующими уравнениями:

$$\Delta U_{бэ} = h_{11э} \Delta I_б + h_{12э} \Delta U_{кэ},$$

$$\Delta I_k = h_{21э} \Delta I_б + h_{22э} \Delta U_{кэ}.$$

Физический смысл h -параметров транзистора состоит в следующем:

– $h_{11э}$ – входное сопротивление в режиме короткого замыкания на выходе;

$$h_{11э} = \Delta U_{бэ} / \Delta I_б \text{ при } U_{кэ} = \text{const}; \quad (1)$$

– $h_{12э}$ – коэффициент внутренней обратной связи в режиме холостого хода

на выходе;

$$h_{12э} = \Delta U_{бэ} / \Delta U_{кэ} \text{ при } I_б = \text{const}; \quad (2)$$

– $h_{21э}$ – коэффициент передачи тока в режиме короткого замыкания на выходе;

$$h_{21э} = \Delta I_k / \Delta I_б \text{ при } U_{кэ} = \text{const}; \quad (3)$$

– $h_{22э}$ – выходная проводимость транзистора в режиме холостого хода на выходе.

$$h_{22э} = \Delta I_k / \Delta U_{кэ} \text{ при } I_б = \text{const}. \quad (4)$$

Их определяют по наклону входных и выходных вольт-амперных характеристик (кроме $h_{12э}$).

Для определения $h_{11э}$ проводят через рабочую точку А (р. т) касательную к входной характеристике и строят треугольник BCD (рис. 4, а). Тогда, согласно формуле (1),

$$h_{11э} = BC/CD = \Delta U_{бэ} / \Delta I_б.$$

Из-за малости обратной связи в транзисторе на низкой частоте полагают обычно $h_{12э} = 0$.

Для определения $h_{21э}$ семейство выходных характеристик вблизи р. т. А пересекают линией $U_{кэ} = \text{const}$ (рис. 4, б), что соответствует короткому замыканию на выходе транзистора. Затем по формуле (3) рассчитывают $h_{21э}$, определив графически $\Delta I_к$ и $\Delta I_б$ как разность $I_{б2} - I_{б1}$.

Для определения $h_{22э}$ выбирают из семейства выходную характеристику, снятую при $I_б$ р.т (рис. 4, в). Находят приращение тока коллектора $\Delta I_к$, вызванное приращением напряжения $\Delta U_{кэ}$ на нем при постоянном токе базы, и по формуле (4) рассчитывают $h_{22э}$.

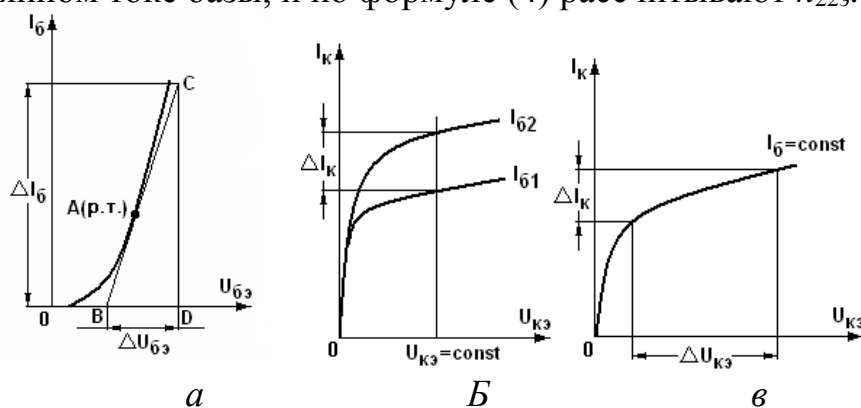


Рис. 4. Упрощенные ВАХ для расчета h -параметров

Размеры характеристических треугольников в принципе должны быть очень малыми. Однако удовлетворительная точность получается и при выборе сторон треугольника (приращений) примерно 20 % от значения заданного режима по постоянному току.

Для транзистора ГТ322А:

$$\Delta I_б = 0,2 \cdot I_б = 30 \text{ мкА};$$

$$\Delta U_{кэ} = 0,2 \cdot U_{кэ} = 1 \text{ В}.$$

Из-за малого наклона выходных характеристик транзистора в заданной рабочей точке (рис. 5) целесообразно увеличить приращение $\Delta U_{кэ}$ (это позволит точнее определить приращение $\Delta I_к$).

Треугольники, соответствующие выбранным приращениям (рис. 5), заштрихованы. Отсюда получаем:

$$h_{11э} = \left. \frac{\Delta U_{бэ}}{\Delta I_б} \right|_{U_{кэ}=\text{const}} = \left. \frac{(360 - 340) \cdot 10^{-3}}{30 \cdot 10^{-6}} \right|_{U_{кэ}=5\text{В}} = 0,7 \text{ кОм};$$

$$h_{21э} = \beta = \left. \frac{\Delta I_{\text{к}}}{\Delta I_{\text{б}}} \right|_{U_{\text{кэ}}=\text{const}} = \left. \frac{(7,6 - 5,8) \cdot 10^{-3}}{30 \cdot 10^{-6}} \right|_{U_{\text{кэ}}=5\text{В}} = 60;$$

$$h_{22э} = \left. \frac{\Delta U_{\text{кэ}}}{\Delta I_{\text{к}}} \right|_{I_{\text{б}}=\text{const}} = \left. \frac{(7,2 - 6,9) \cdot 10^{-3}}{9,4 - 2,7} \right|_{I_{\text{б}}=150\text{мкА}} = 0,1 \text{ мСм.}$$

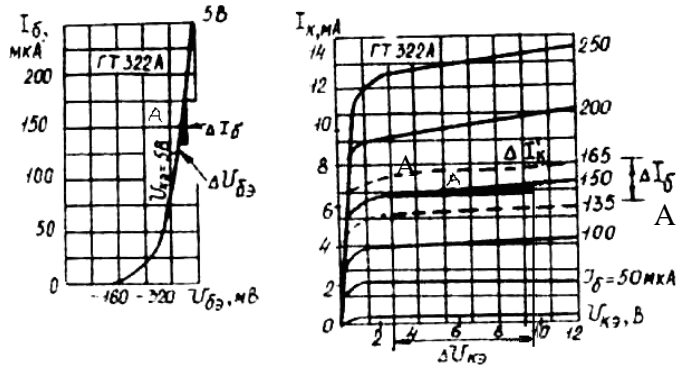


Рис. 5. Расчет малосигнальных параметров по статическим характеристикам ГТ322А

Соответствующая расчету НЧ эквивалентная схема показана на рис. 6.

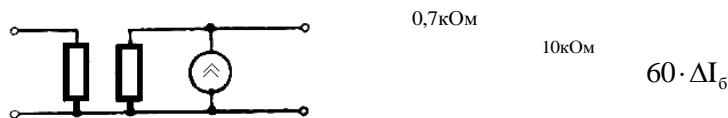


Рис. 6. Низкочастотная эквивалентная схема биполярного транзистора

Найденные h -параметры транзистора определяют его основные свойства на низкой частоте при усилении относительно малых сигналов.

Ответ: $h_{11э} = 0,7 \text{ кОм}$; $h_{21э} = 60$; $h_{22э} = 0,1 \text{ мСм}$.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная

- 1 Горошков Б.И. Электронная техника : учеб. пособие для сред. проф. образования / Б.И. Горошков, А.Б. Горошков.– М. : Академия, 2015. – 320 с.
- 2 Жуков В.В. Регулировка радиомеханических и радиотехнических приборов и систем / В.В. Жуков, М.Д. Лабковский. – М. : Высш. шк., 2016. – 200 с.
- 3 Журавлева Л.В. Радиоэлектроника : учеб. для нач. проф. образования / Л.В. Журавлева. – М. : Академия, 2010. – 208 с.
- 4 Козлова И.С. Справочник по радиотехнике / И.С. Козлова, Ю.В. Щербакова. – Ростов н/Д : Феникс, 2011. – 314 с.
- 5 Колонтаевский Ю.Ф. Радиоэлектроника : учеб. пособие для СПТУ / Ю.Ф. Колонтаевский. – М. : Высш. шк., – 304 с.
- 6 Лачин В.И. Электроника : Учеб. пособие / В.И. Лачин, Н.С. Савелов. – Ростов н/Д : Феникс, 2012. – 576 с.
- 7 Мышляева И.М. Цифровая схемотехника : учеб. для нач. проф. образования / И.М. Мышляева. – М. : Академия, 2015. – 400 с.
- 8 Сиренький И.В. Электронная техника : учеб. пособие для сред. проф. образования / И.В. Сиренький, В.В. Рябин, С.Н. Голощапов. – СПб. : Питер, 2016. – 413 с.

Дополнительные источники

- 9 Бессонов В.В. Радиоэлектроника для начинающих (и не только) / В.В. Бессонов. – М. : Солон-Р, 2011. – 504 с.
- 10 Бриндли К. Карманный справочник инженера электронной техники : пер. с англ. / К. Бриндли, Дж. Карр. – М. : Додека-XXI, 2012. – 479 с.
- 11 Долженко О.В. Сборник задач и упражнений по радиоэлектронике / О.В. Долженко, Г.В. Королев. – М. : Высш. шк., 2013. – 106 с.
- 12 Жеребцов И.П. Основы электроники / И.П. Жеребцов. – Л. : Энергоатомиздат, 2014. – 352 с.
- 13 Опадчий Ю.Ф. Аналоговая и цифровая электроника : полный курс : учеб. для вузов / Ю. Ф. Опадчий, О. П. Глудкин, А. И. Гуров. – М. : Горячая Линия – Телеком, 2010. – 768 с.