

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

ЭЛЕКТРОНИКА

сборник учебно-методических материалов
для направлений подготовки 13.03.02- Электроэнергетика и электротехника

Благовещенск, 2017

Печатается по решению
Редакционно-издательского совета
Энергетического факультета
Амурского государственного университета

Составители: Скрипко О.В., Бодруг Н.С.

Электроника: сборник учебно-методических материалов для направления подготовки 13.03.02–
Электроэнергетика и электротехника. – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2017. – 29 с.

©Амурский государственный университет, 2017
©Кафедра автоматизации производственных
процессов и электротехники, 2017
©Скрипко О.В., Бодруг Н.С. составители

Содержание

Введение	4
1. Краткое содержание теоретического материала	5
2. Методические рекомендации к практическим занятиям	20
3. Методические рекомендации к лабораторным занятиям	22
4. Методические рекомендации для самостоятельной работы	25
Библиографический список	29

ВВЕДЕНИЕ

Целью дисциплины является освоение принципов действия полупроводниковых приборов, усилительных, импульсных, логических, цифровых и преобразовательных устройств и основным особенностям их использования в электротехнических и электромеханических установках. В результате изучения дисциплины специалист должен приобрести умение четко представлять принцип действия электронных элементов и устройств, экспериментальным путем определить их параметры и характеристики, а также оценивать технико-экономическую эффективность применения этих устройств. Дисциплина базируется на курсах высшей математики, физики, теории электрических и магнитных цепей. Знания, полученные по данной дисциплине, могут быть непосредственно использованы в инженерной практике.

Задачи дисциплины:

- активация самостоятельной познавательной деятельности студентов с использованием разнообразных источников информации;
- изучение элементной базы электронных схем и основных электронных устройств, используемых в электроэнергетике при получении, передаче, распределении электрической энергии;
- формирование у студентов научного мышления, правильного понимания границ используемых методов анализа электронных устройств и методов оценки степени достоверности результатов, полученных с помощью экспериментальных и математических методов исследования.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

Знать: физическую сторону электромагнитных явлений в электронных устройствах; методы анализа простейших электронных устройств и основные направления развития современной электроники;

Уметь: проводить эксперименты в электротехнических установках; использовать основные приемы обработки экспериментальных данных; оценивать погрешности измерений определять параметры и характеристики типовых электронных элементов и устройств; анализировать экспериментально полученные результаты и сравнивать с теоретическими расчетами; использовать правила безопасности при работе на электрических и электронных установках.

Владеть: навыками создания электронных устройств и их экспериментального исследования; навыками составления схем для электронных устройств.

1. КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

Электропроводность полупроводников

Действие полупроводниковых приборов основано на явлениях электропроводности в твердых телах. Согласно квантовой теории строения вещества электрон в атоме может иметь только вполне определенные (дискретные) значения энергии и орбитальной скорости, т.е. электрон может двигаться вокруг ядра только по определенным орбитам, каждой из которых соответствует строго определенная энергия (энергетический уровень). Совокупность энергетических уровней образует энергетический спектр электрона в атоме. При объединении в твердое тело одинаковых атомов каждый уровень энергии расщепляется на n близко расположенных друг от друга энергетических уровней, образующих разрешенную энергетическую зону. Каждая такая зона характеризуется минимальным и максимальным значениями энергии W .

Все существенные процессы в полупроводниковых приборах можно изучить, рассматривая только две верхние разрешенные энергетические зоны, так как именно они обуславливают проводимость кристалла. Проводимость возможна только тогда, когда возможен переход электрона на смежный, более высокий энергетический уровень, а это значит, что в проводимости могут участвовать только электроны тех зон, в которых есть свободные уровни энергии.



Рис.1.1. Зонная диаграмма полупроводника

Такие свободные уровни всегда имеются в самой верхней разрешенной зоне. Поэтому верхнюю разрешенную зону твердого тела называют зоной проводимости (рис. 1.1). Предпоследняя разрешенная зона называется валентной. При температуре абсолютного нуля ($T = 0$ К) она оказывается полностью заполненной, и, следовательно, электроны этой зоны не могут участвовать в проводимости. Между этими разрешенными зонами расположена запрещенная зона.

Взаимное положение двух верхних разрешенных зон твердого тела при $T = 0$ К лежит в основе классификации металлов, полупроводников и диэлектриков. У металлов зона проводимости и валентная зона перекрываются, т.е. запрещенная зона между ними отсутствует, поэтому даже при нулевой температуре в зоне проводимости находится значительное количество электронов, что и объясняет наличие электропроводности у металлов при температуре абсолютного нуля.

У полупроводников и диэлектриков при нулевой температуре верхняя разрешенная зона пуста и проводимость отсутствует. Различие между полупроводниками и диэлектриками в основном количественное и заключается в значительно большей ширине запрещенной зоны у диэлектриков.

В полупроводнике при температуре, отличной от абсолютного нуля, некоторые электроны из верхней части валентной зоны могут перейти в зону проводимости, преодолев запрещенную зону. В результате, как зона проводимости, так и валентная зона становятся “активными” в отношении проводимости, так как в верхней разрешенной зоне теперь имеются свободные электроны, а в валентной зоне – незаполненные энергетические уровни, иначе называемые дырками. Процесс образования свободного электрона и дырки называется генерацией пар электрон-дырка. Среднее время, в течение которого электрон находится в возбужденном (т.е. свободном) состоянии, называется временем жизни электрона. Это время отсчитывается от момента генерации до момента рекомбинации электрона и дырки.

Рекомбинация электронов и дырок в полупроводнике играет решающую роль в установлении их равновесных концентраций. Непосредственная рекомбинация свободного электрона и дырки – сравнительно редкое событие. Главную роль играет рекомбинация с помощью особых центров рекомбинации, которые называются “ловушками”. Ловушки с физической точки зрения представляют собой посторонние атомы или дефекты кристаллической решетки, а с энергетической – некоторые энергетические уровни, расположенные близко к середине запрещенной зоны.

Подвижные носители заряда, концентрация которых в данном полупроводнике преобладает (электроны в полупроводнике n -типа или дырки в полупроводнике p -типа), называются

основными носителями, а подвижные носители, составляющие меньшинство – неосновными (электроны в полупроводнике *p*-типа и дырки в полупроводнике *n*-типа).

Зонные диаграммы примесных полупроводников показаны на рис. 1.2. Донорную примесь выбирают такой, чтобы ее заполненные электронами уровни располагались в верхней половине запрещенной зоны. Свободные же уровни акцепторной примеси должны располагаться в нижней половине запрещенной зоны. Переходы электронов с донорных уровней в зону проводимости или из валентной зоны на акцепторные уровни требуют сравнительно небольшой энергии, поэтому примесная проводимость оказывается гораздо больше собственной.

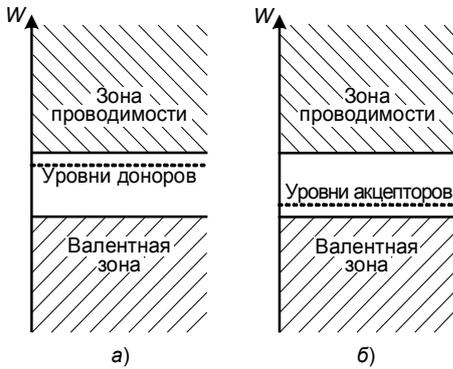


Рис. 1.2. Зонные диаграммы примесных полупроводников: а - электронного; б - дырочного

приборов, принцип действия которых основан на свойствах полупроводниковых материалов изменять свое сопротивление под действием различных внешних факторов (температуры, света, магнитного поля, механического воздействия). К нелинейным полупроводниковым резисторам относятся терморезисторы, фоторезисторы, магниторезисторы, тензорезисторы. Отличительной особенностью этого класса полупроводниковых приборов является симметричность их вольт-амперных характеристик (ВАХ, рис. 1.3).

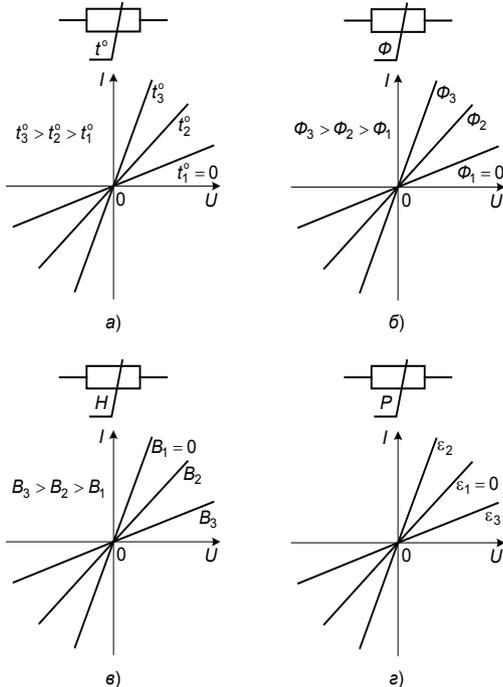


Рис. 1.3. Условные графические изображения и вольт-амперные характеристики: а - терморезистора; б - фоторезистора; в - магниторезистора; г - тензорезистора

полупроводника: увеличение ϵ приводит к уменьшению сопротивления в случае полупроводника *n*-типа и, наоборот, – к увеличению сопротивления в случае полупроводника *p*-типа (рис. 1.4,г).

Нелинейные полупроводниковые резисторы

Нелинейные полупроводниковые резисторы представляют широкий класс полупроводниковых

Под действием температуры t^0 в терморезисторе происходит генерация пар электрон-дырка, в результате чего ток I через терморезистор увеличивается при неизменном внешнем напряжении U , т.е. с увеличением температуры сопротивление терморезистора уменьшается (рис. 1.4, а).

Генерация свободных электронов и дырок может происходить не только под действием фононов (квантовых частиц, которые являются носителями энергии тепловых колебаний атомов в решетке), но и под действием фотонов – квантовых частиц света. При увеличении светового потока Φ увеличивается ток I через фоторезистор, а его сопротивление R уменьшается (рис. 1.4, б).

В магниторезисторах используется эффект Гаусса, характеризующийся тем, что с увеличением напряженности магнитного поля H (магнитной индукции B) удлиняется путь электронов, в результате чего ток I через магниторезистор, расположенный в зоне действия магнитного поля, уменьшается, а его сопротивление R увеличивается (рис. 1.4, в).

В тензорезисторах относительное изменение их линейных размеров $\epsilon = \Delta l/l$ (т.е. деформация) по-разному влияет на величину сопротивления в зависимости от типа

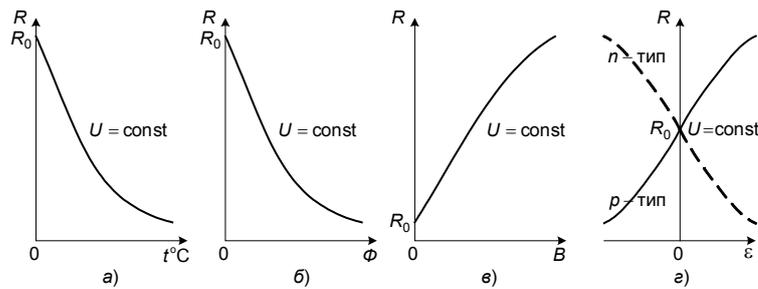


Рис.1.4. Зависимости сопротивлений терморезистора (а), фоторезистора (б), магниторезистора (в) и тензорезистора (г) от внешних факторов

Одним из основных параметров нелинейных полупроводниковых резисторов является чувствительность (соответственно термочувствительность, фоточувствительность, магнитная чувствительность, тензочувствительность):

$$S_{t^{\circ}}^R = \frac{\Delta R/R}{\Delta t^{\circ}}; \quad S_{\Phi}^R = \frac{\Delta R/R}{\Delta \Phi}; \quad S_B^R = \frac{\Delta R/R}{\Delta B}; \quad S_{\varepsilon}^R = \frac{\Delta R/R}{\Delta l/l},$$

где $\Delta R, \Delta t^{\circ}, \Delta \Phi, \Delta B, \Delta l$ – абсолютное изменение соответствующего параметра; $\Delta R/R, \Delta l/l$ – относительное изменение параметра (здесь и далее предполагается, что абсолютное приращение параметра x достаточно малое, т.е. $\Delta x \rightarrow dx$).

Изменение температуры окружающей среды приводит к изменению сопротивления не только терморезисторов, но и других полупроводниковых резисторов, хотя, конечно, в гораздо меньшей степени (к этому, по крайней мере, стремятся разработчики таких приборов). Кроме того, при больших токах (а значит, и повышенном нагреве прибора) у всех полупроводниковых резисторов проявляется нелинейность вольт-амперных характеристик, что объясняется увеличением числа свободных электронов и дырок в результате термогенерации (на рис. 1.3 нелинейные участки ВАХ не показаны).

Электронно-дырочный переход. Работа большинства различных полупроводниковых приборов основана на явлениях, возникающих в контакте между областями полупроводника с разным типом проводимости. Электронно-дырочный ($n-p$) переход – это граница между двумя областями монокристалла полупроводника, одна из которых имеет проводимость n -типа, а другая – p -типа.

В месте контакта полупроводников p - и n -типа подвижные носители заряда под действием градиента концентраций диффундируют из одной области полупроводника в другую (дырки из p -области в n -область, а электроны – в противоположном направлении). В результате диффузии в прилегающем к контакту слое дырочной области полупроводника образуется отрицательный пространственный заряд ионизированных атомов акцепторов, а в приконтактном слое электронной области – положительный пространственный заряд ионизированных атомов доноров. Неподвижные носители заряда – положительные и отрицательные ионы (на рис. 1.5,а они обозначены “+” и “-“) – создают электрическое поле, препятствующее дальнейшей диффузии через $p-n$ -переход основных носителей заряда, что приводит, в конце концов, к динамическому равновесию, когда диффузионный ток (ток основных носителей заряда) и направленный ему встречно дрейфовый ток (ток неосновных носителей заряда) становятся равными. Поскольку в $p-n$ -переходе подвижные носители заряда – дырки \oplus и электроны \ominus практически отсутствуют, сопротивление этого слоя (на рис. 1.5,а он показан пунктиром) очень велико и близко к сопротивлению диэлектрика.

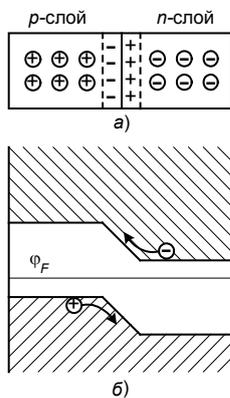


Рис.1.5. $P-n$ -переход: а - электрическая структура; б - зонная диаграмма

С точки зрения зонной теории указанные свойства $p-n$ -перехода можно объяснить следующим образом. Поскольку уровень Ферми в полупроводнике n -типа расположен ближе к зоне проводимости, а в полупроводнике p -типа – к валентной зоне и поскольку уровень Ферми (φ_F)

одинаков во всех частях равновесной системы, в месте контакта полупроводников с разным типом проводимости неизбежно возникает искривление зон (рис. 1.5,б), в результате чего образуется разность потенциалов (потенциальный барьер). Если электроны уподобить шарикам, а дырки – поплавкам, то зонная диаграмма позволяет образно интерпретировать действие потенциального барьера.

Зависимость тока I через p - n -переход от приложенного к нему напряжения U (вольт-амперная характеристика) имеет следующий вид:

$$I = I_0 (e^{U/\varphi_T} - 1), \quad (1.1)$$

где $\varphi_T = \frac{kT}{q} \approx \frac{T}{11600}$ [В] – температурный потенциал ($\varphi_T \approx 25$ мВ при $T = 290$ К); k – постоянная Больцмана; q – заряд электрона.

Выражение (1.1) описывает реальную вольт-амперную характеристику (ВАХ) p - n -перехода (рис. 1.7) до напряжения пробоя $U_{проб}$, при достижении которого имеет место электрический пробой, когда наблюдается резкий рост обратного тока через p - n -переход при незначительном увеличении напряжения внешнего источника (участок 2–3 ВАХ).

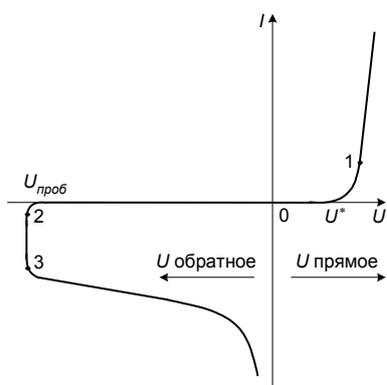


Рис. 1.7. Вольт-амперная характеристика p - n -перехода

Если этот ток не ограничивать, то электрический пробой переходит в тепловой (участок ВАХ ниже точки 3), при котором увеличение тока обусловлено термогенерацией носителей заряда, вызванной, в свою очередь, дополнительным нагревом полупроводника под действием тока этих носителей заряда. При тепловом пробое увеличение тока сопровождается падением напряжения на p - n -переходе (предполагается, что последовательно с p - n -переходом во внешней цепи включен резистор). Тепловой пробой – это необратимый процесс, который заканчивается

тепловым разрушением p - n -перехода.

В отличие от теплового электрический пробой – обратимый процесс, если ток в цепи p - n -перехода ограничить на безопасном уровне, включив последовательно с ним резистор. Электрический пробой бывает двух видов: лавинный и туннельный. При лавинном пробое происходит ударная ионизация нейтральных атомов полупроводника в области p - n -перехода, когда электроны, ускоренные достаточно сильным электрическим полем, “выбивают” из нейтральных атомов новые свободные электроны, которые, в свою очередь, становятся участниками процесса “размножения” подвижных носителей заряда. В основе туннельного пробоя лежит туннельный эффект, характеризующийся тем, что электроны из области полупроводника одного типа могут переходить в область полупроводника другого типа, не преодолевая потенциального барьера, если расстояние между зоной проводимости n -области и валентной зоной p -области небольшое.

Прямая ветвь ВАХ p - n -перехода без учета остальных областей полупроводника имеет экспоненциальный характер. Поскольку на этом участке ВАХ напряжение мало меняется при значительном изменении тока через p - n -переход, прямую ветвь характеризуют параметром U^* – напряжением открывания p - n -перехода ($U^* \approx 0,6$ В в случае кремния и $U^* \approx 0,2$ В в случае германия).

Полупроводниковые приборы

Действие полупроводниковых приборов основано на использовании свойств полупроводников. Полупроводники занимают промежуточное положение между проводниками и диэлектриками. К полупроводникам относятся элементы IV группы периодической системы элементов Д.И. Менделеева, которые на внешней оболочке имеют четыре валентных электрона. Типичные полупроводники -Ge (германий) и Si (кремний).

Чистые полупроводники кристаллизуются в виде решетки. Каждая валентная связь содержит два электрона, оболочка атома имеет восемь электронов, и атом находится в состоянии равновесия. Чтобы «вырвать» электрон в зону проводимости, необходимо затратить большую энергию.

Основное значение для работы полупроводниковых приборов имеет электронно-дырочный переход, который называют р-п-переходом – область, на границе двух полупроводников, один из которых имеет дырочную, а другой - электронную электропроводность).

На практике р-п-переход получают введением в полупроводник дополнительной легирующей примеси. Например, при введении донорной примеси в определенную часть полупроводника р-типа в нем образуется область полупроводника n-типа, граничащая с полупроводником р-типа.

Полупроводниковым диодом называют двухэлектродный полупроводниковый прибор, содержащий один электронно-дырочный р-п переход.

По конструктивному исполнению полупроводниковые диоды разделяются на плоскостные и точечные. Плоскостные диоды представляют собой р-п-переход с двумя металлическими контактами, присоединенными к р- и n- областям. В точечном диоде вместо плоской используется конструкция, состоящая из пластины полупроводника и металлического проводника в виде острия. При сплавлении острия с пластиной образуется микропереход. По сравнению с плоскостным диодом падение напряжения на точечном в прямом направлении очень мало, ток в обратном направлении значительно меняется в зависимости от напряжения. Точечные диоды обладают малой межэлектродной емкостью.

Выпрямительный полупроводниковый диод используется для выпрямления переменного тока.

Полупроводниковый стабилитрон - полупроводниковый диод, напряжение на котором в области электрического пробоя слабо зависит от тока.

Туннельный диод - это полупроводниковый диод, в котором благодаря использованию высокой концентрации примесей возникает очень узкий барьер и наблюдается туннельный механизм переноса зарядов через р-п-переход.

Характеристика туннельного диода имеет область отрицательного сопротивления, т. е. область, в которой положительному приращению напряжения соответствует отрицательное приращение тока.

Варикап - полупроводниковый диод, в котором используется зависимость емкости р-п-перехода от обратного напряжения, который предназначен для применения в качестве элемента с электрически управляемой емкостью.

Фотодиод -полупроводниковый диод, в котором в результате освещения р-п-перехода повышается обратный ток.

Светодиод - полупроводниковый диод, в котором в режиме прямого тока в зоне р-п-перехода возникает видимое или инфракрасное излучение.

Фотодиоды используются в солнечных батареях, применяемых на космических кораблях и в южных районах земного шара. Светодиоды находят применение для индикации в измерительных приборах, в наручных часах, микрокалькуляторах и других приборах.

Тиристоры - это разновидность полупроводниковых приборов. Они предназначены для регулирования и коммутации больших токов. Тиристор позволяет коммутировать электрическую цепь при подаче на него управляющего сигнала. Это делает его похожим на транзистор.

Как правило, тиристор имеет три вывода, один из которых управляющий, а два других образуют путь для протекания тока. Как мы знаем, транзистор открывается пропорционально величине управляющего тока. Чем он больше, тем больше открывается транзистор, и наоборот. А у тиристора все устроено иначе. Он открывается полностью, скачкообразно. И что самое интересное, не закрывается даже при отсутствии управляющего сигнала.

Биполярные транзисторы

Транзистором называют трехэлектродный полупроводниковый прибор, служащий для усиления мощности электрических сигналов. Кроме усиления транзисторы используют для генерирования сигналов, их различных преобразований и решения других задач электронной техники.

Различают два типа транзисторов: биполярные и полевые (униполярные). Название биполярного транзистора объясняется тем, что ток в нем определяется движением носителей зарядов двух знаков - отрицательных и положительных (электронов и дырок). Термин же транзистор происходит от английских слов *transfer*- переносить и *resistor* - сопротивление, т.е. в них происходит изменение сопротивления под действием управляющего сигнала.

Биполярный транзистор состоит из трех слоев полупроводников типа «р» и «п», между которыми образуются два *p-n* перехода. В соответствии с чередованием слоев с разной электропроводностью биполярные транзисторы подразделяют на два типа: *p-n-p* и *n-p-n*. У транзистора имеются три вывода (электрода): эмиттер (э), коллектор (к) и база (б). Эмиттер и коллектор соединяют с крайними областями (слоями), имеющими один и тот же тип проводимости, база соединяется со средней областью. Напряжение питания подают на переход «эмиттер — база» в прямом направлении, а на переход «база - коллектор» - в обратном направлении.

По диапазонам используемых частот транзисторы делятся на низкочастотные (до 3МГц), среднечастотные (от 3 до 30 МГц), высокочастотные (от 30 до 300 МГц) и сверхвысокочастотные (свыше 300 МГц). По мощности транзисторы делятся на малой мощности (до 0,3Вт), средней мощности (от 0,3Вт до 1,5Вт), большой мощности (свыше 1,5Вт).

При подключении эмиттера транзистора типа *p-n-p* к положительному зажиму источника питания возникает эмиттерный ток I_E . Дырки преодолевают переход и попадают в область базы, для которой дырки не являются основными носителями заряда. Дырки частично рекомбинируют с электронами базы. Так как напряжение питания коллектора во много раз (приблизительно в 20 раз) больше, чем напряжение питания базы, и конструктивно слой базы выполняется очень тонким, то электрическое сопротивление цепи базы получается высоким и ток, ответвляющийся в цепь базы I_B оказывается незначительным. Большинство дырок достигают коллектор, образуя коллекторный ток. Ток коллектора превосходит ток базы от 20 до 200 раз. Это объясняет возможность усиления с помощью транзистора тока и, соответственно, мощности сигнала во много раз. Действительно, если подавать напряжение сигнала в цепь базы, то в соответствии с напряжением сигнала будет изменяться сопротивление *p-n*-перехода между эмиттером и базой. Это изменяющееся сопротивление включено в коллекторную цепь, что приведет к соответствующему изменению тока коллектора, который во много раз больше тока базы.

Если в коллекторную цепь включить сопротивление нагрузки, в нем будет выделяться мощность, во много раз большая, чем мощность сигнала, подводимого в цепь базы. При этом следует иметь в виду, что мощность сигнала усиливается за счет энергии источников питания.

Полевые транзисторы

Полевым называют транзистор, управляемый электрическим полем, или транзистор с управляемым каналом для тока. В отличие от биполярных полевые транзисторы имеют высокое входное сопротивление и поэтому требуют очень малых мощностей для управления.

Ток в полевом транзисторе создается носителями заряда только одного знака (электронами или дырками), вследствие чего эти транзисторы часто называют униполярными.

Носители заряда в полевом транзисторе являются основными для активной области и его параметры не зависят от времени жизни неосновных носителей (как у биполярных транзисторов). Это и определяет высокие частотные свойства и меньшую зависимость от температуры.

Изготавливают полевые транзисторы из кремния. В зависимости от электропроводности исходного материала различают транзисторы с *p*-и *n*-каналом.

Каналом считают центральную область транзистора. Электрод, из которого в канал поступают основные носители заряда, называют истоком U , а электрод, через который основные носители уходят из канала - стоком S . Электрод, служащий для регулирования поперечного сечения канала, называют затвором Z .

Полевые транзисторы подразделяются на два основных типа: с затвором в виде *p-n*-перехода и с изолированным затвором. Полевой транзистор представляет собой пластину, например, *n*-типа, на верхней и нижней гранях которой создаются области с проводимостью противоположного типа, например, *p*-типа. Эти области электрически связаны, образуя единый электрод-

затвор. Область с проводимостью, расположенная между областями; образует токовый канал. На торцевые поверхности пластины наносят контакты, образующие два других электрода U и C , к которым подключается источник питания U_c и при необходимости сопротивление нагрузки. Между каналом и затвором создаются два р-п-перехода. Ток протекает от истока к стоку по каналу, сечение которого зависит от затвора.

При увеличении отрицательного потенциала на затворе р-п-переходы запираются и расширяются практически за счет канала, сечение канала, а следовательно, и его проводимость, уменьшаются, ток через канал падает.

Принцип действия МОП-транзисторов зависит от изменения в полупроводнике электрического поля, происходит поляризация изолированного затвора. Такое действие вызвало название элемента, как «металлоокисный полупроводник». Он представляет собой прибор, в котором для изготовления затвора использовалась двуокись кремния SiO_2 , для современных МОП-транзисторов в качестве материала для затвора применяют поликристаллический кремний. Существует два типа МОП-транзисторов. Первые имеют дырочную проводимость – р-канальные. Транзисторы с электронной проводимостью называются п-канальными. Канал в этих полупроводниковых приборах может быть обедненным или наоборот обогащенным носителями.

Аналоговые электронные устройства

Аналоговые (АЭУ) – это устройства, предназначенные для усиления, преобразования и обработки сигналов, изменяющихся по закону непрерывной функции. Преимущества аналоговых устройств (сравнительная простота, надежность и быстрое действие) обеспечили им самое широкое применение.

Цифровые устройства служат для обработки импульсных сигналов в двоичном или каком-либо другом коде.

АЭУ делятся на две большие группы:

1. Электронный усилитель электрических колебаний – это устройство для увеличения мощности сигнала за счет энергии источника постоянного напряжения. Является одним из основных узлов радиоаппаратуры и электронных систем.

2. Устройства на основе усилителей делятся на:

а) преобразователи электрических сигналов или устройства аналоговой обработки сигналов. Выполняются они на базе усилителей со специальными цепями обратной связи. К ним относятся сумматоры, интеграторы, дифференциаторы, активные фильтры, логарифмические усилители, детекторы, перемножители и делители, устройства сравнения (компараторы) и другие;

б) преобразователи сопротивлений. Строятся также на усилителях с обратной связью. Они преобразуют величину, знак и характер сопротивлений;

в) особый класс составляют всевозможные генераторы сигналов и связанные с ними устройства.

Электронные устройства делятся на два класса: аналоговые и цифровые. Аналоговые устройства работают с непрерывно изменяющимися сигналами, а цифровые устройства – с сигналами в цифровой форме, т.е. в форме дискретных импульсов, по сути, с информацией, представленной посредством двоичного кода.

Для аналоговых устройств характерно непрерывное изменение сигнала в соответствии с физическим процессом, который он описывает. По сути, такой сигнал является непрерывной функцией с неограниченным числом значений в различные моменты времени.

Например: температура воздуха меняется, и соответствующим образом меняется аналоговый сигнал в виде перепадов напряжения, или маятник меняет свое положение, совершая гармонические колебания, и снимаемый аналоговый сигнал будет иметь форму синусоиды. Здесь электрический сигнал несет полную информацию о процессе.

При решении многих инженерных задач возникает необходимость в усилении электрических сигналов. Для этой цели служат усилители, т.е. устройства, предназначенные для усиления напряжения, тока и мощности. В усилителях обычно используют биполярные и полевые транзисторы и интегральные микросхемы.

Простейшим усилителем является усилительный каскад.

Состав простейшего усилительного каскада:

- УЭ – нелинейный управляемый элемент (биполярный или полевой транзистор);
- R – резистор;
- E – источник электрической энергии.

Усиление основано на преобразовании электрической энергии источника постоянной э.д.с. E в энергию выходного сигнала за счет изменения сопротивления УЭ по закону, задаваемому входным сигналом.

Основные параметры усилительного каскада:

- Коэффициент усиления по напряжению
- Коэффициент усиления по току
- Коэффициент усиления по мощности.

В зависимости от диапазона усиливаемых частот входных сигналов усилители подразделяют:

- УПТ (усилители постоянного тока) - для усиления медленно изменяющихся сигналов;
- УНЧ (усилители низкой частоты) - для усиления сигналов в диапазоне звуковых частот (20-20000 Гц);
- УВЧ (усилители высокой частоты) - для усиления сигналов в диапазоне частот от десятков килогерц до десятков и сотен мегагерц;
- Импульсные/широкополосные - для усиления импульсных сигналов, имеющих спектр частот от десятков герц до сотен мегагерц;
- Узкополосные/избирательные - для усиления сигналов в узком диапазоне частот.

По способу включения усилительного элемента разделяют:

В случае применения биполярного транзистора в качестве усилительного элемента:

- С общей базой
- С общим эмиттером
- С общим коллектором

В случае использовании полевого транзистора:

- С общим истоком
- С общим стоком
- С общей базой

Усилительный каскад на полевом транзисторе

Усилительные каскады на полевых транзисторах обладают большим входным сопротивлением.

В этом каскаде резистор R_c , с помощью которого осуществляется усиление, включен в цепь стока. В цепь истока включен резистор $R_{и}$, создающий необходимое падение напряжения в режиме покоя $U_{з0}$, являющееся напряжением смещения между затвором и истоком.

Резистор в цепи затвора $R_з$ обеспечивает в режиме покоя равенство потенциалов затвора и общей точки усилительного каскада. Следовательно, потенциал затвора ниже потенциала истока на величину падения напряжения на резисторе $R_{и}$ от постоянной составляющей тока $I_{и0}$. Таким образом, потенциал затвора является отрицательным относительно потенциала истока.

Входное напряжение подается на резистор $R_з$ через разделительный конденсатор C . При подаче переменного входного напряжения в канале полевого транзистора появляются переменные составляющие тока истока $i_{и}$ и тока стока i_c , причём $i_{и} = i_c$. За счет падения напряжения на резисторе $R_{и}$ от переменной составляющей тока $i_{и}$, переменная составляющая напряжения между затвором и истоком, усиливаемая полевым транзистором, может быть значительно меньше входного напряжения: $u_з = u_{вх} - R_{и} i_{и}$

Это явление, называемое отрицательной обратной связью, приводит к уменьшению коэффициента усиления усилительного каскада. Для его устранения параллельно резистору $R_{и}$ включают конденсатор $C_{и}$, сопротивление которого на самой низкой частоте усиливаемого напряжения должно быть во много раз меньше сопротивления резистора $R_{и}$. При этом условии паде-

ние напряжения от тока истока $i_{и}$ на цепочке $R_{и}-C_{и}$, называемой звеном автоматического смещения, очень небольшое, так что по переменной составляющей тока исток можно считать соединенным с общей точкой усилительного каскада.

Выходное напряжение снимается через конденсатор связи C_c между стоком и общей точкой каскада, т.е. оно равно переменной составляющей напряжения между стоком и истоком.

Операционные усилители

Операционный усилитель - это электронный усилитель напряжения с высоким коэффициентом усиления, имеющий дифференциальный вход и обычно один выход. Напряжение на выходе может превышать разность напряжений на входах в сотни или даже тысячи раз.

Свое начало операционные усилители ведут от аналоговых компьютеров, где они применялись во многих линейных, нелинейных и частото-зависимых схемах. Параметры схем с операционными усилителями определяются только внешними компонентами, а так же небольшой температурной зависимостью или разбросом параметров при их производстве, что делает операционные усилители очень популярными элементами при конструировании электронных схем.

Операционные усилители являются наиболее востребованными приборами среди современных электронных компонент, они находят свое применение в потребительской электронике, применяются в промышленности и в научных приборах. Многие стандартные микросхемы операционных усилителей стоят всего несколько центов. Но некоторые модели гибридных или интегрированных операционных усилителей со специальными характеристиками, выпускаемые мелкими партиями, могут стоить более сотни долларов. Операционные усилители обычно выпускаются как отдельные компоненты, а так же они могут являться элементами более сложных электронных схем.

Линейные безынерционные и инерционные (частотно-зависимые), а также нелинейные безынерционные преобразователи аналоговых сигналов часто выполняют на основе операционных усилителей (ОУ), охваченных обратными связями. Преобразования выполняемые ОУ над аналоговыми сигналами многообразны: умножение и деление, суммирование, возведение в степень, логарифмирование и т.п. Операции производятся такими устройствами с заданной точностью в определенном диапазоне амплитуд входных сигналов и полосе частот.

Сумматор сигналов. Устройство содержит N -генераторов напряжения с разными ЭДС $E_{и}$ внутренними сопротивлениями $R_{и}$, которые включены параллельно. Блок таких генераторов подключен к инвертирующему входу операционного усилителя. Сопротивление обратной связи $R_{ос}$ включено между выходом ОУ и его инвертирующим входом. Неинвертирующий вход ОУ и вторые клеммы генераторов напряжения подключены к общей шине устройства.

Интеграторы и дифференциаторы сигналов с частотной точки зрения являются фильтрами с неравномерной полосой пропускания.

Если выбрать номиналы конденсаторов и резисторов так, чтобы $\tau_{г} \gg \tau_{ос}$, то АЧХ устройства будет практически равномерной в области средних частот, а в области частот $\omega < 1/\tau_{г}$, $\omega > 1/\tau_{ос}$ наблюдается падение усиления пропорциональное первой степени частоты при очень малых и очень больших частотах.

Следовательно, устройство с комплексным коэффициентом передачи представляет собой простейший полосовой фильтр, а операционные усилители с коэффициентами передачи являются аналогами реальных дифференцирующих и интегрирующих цепей (реальных фильтров низких и высоких частот). Наконец, если выходы двух ОУ реализующих ФНЧ и ФВЧ подключить к сумматору, их входы объединить и выбрать постоянные так, чтобы $\tau_{г} \ll \tau_{ос}$, то на выходе устройства, будет происходить подавление сигналов в области средних частот.

Компаратор - название произошло от принципа его работы – сравнения. Так функционируют приборы, производящие измерения способом сравнения с эталоном: весы с одинаковыми плечами, электрические потенциометры. По своей принципиальной работе компараторы делятся на механические, электрические и оптические. Приборы с механической конструкцией применяются для проверки конечных мер длины.

Компаратор с двумя входами и одним выходом. Причем один из входов является прямым, а другой инверсным. На эти входы поступает напряжение, которые устройство сравнивает. В зависимости от этого сравнения на своем выходе устройство устанавливает либо логический ноль, когда напряжение на инверсном входе выше, чем на прямом, либо логическую 1, когда напряжение входа прямого выше, чем на инверсном.

Интегральные микросхемы

Усложнение электронных устройств и систем, в которых количество дискретных элементов достигло десятков и сотен тысяч, вызвало снижение эксплуатационной надежности при одновременном увеличении габаритов и массы, росте потребления электрической энергии, стоимости. Эти недостатки устраняются с внедрением изделий микроэлектроники.

Микроэлектроника – это область науки и техники, занимающаяся физическими и техническими проблемами создания интегральных схем. Интегральная технология является наиболее важным технологическим приемом микроэлектроники и позволяет на одной пластине создавать группы элементов, схемно соединенных между собой. Функциональные узлы, выполненные по интегральной технологии, называют интегральными микросхемами.

Интегральная микросхема – это микроэлектронное изделие, выполняющее определенную функцию преобразования, имеющее высокую плотность упаковки электрически соединенных компонентов (транзисторов, резисторов и др.), изготовленных в едином технологическом цикле на общей подложке.

Наиболее распространенными пассивными элементами в полупроводниковых микросхемах являются резисторы. Слой полупроводника, изолированный от других элементов, может служить резистором интегральной микросхемы. Однако, ввиду низкого удельного сопротивления слоя полупроводника, резисторы занимают большую часть площади всей микросхемы. В связи с этим микросхемы проектируют с минимальным числом резисторов, а величина их сопротивления должна быть небольшой, менее 10 кОм. Так, к примеру, цифровые интегральные микросхемы содержат меньше резисторов, чем аналоговые схемы. А цифровые микросхемы на полевых транзисторах практически не имеют резисторов, их функции выполняют дополнительные транзисторы, работающие на крутом восходящем участке вольт-амперной характеристики.

Наряду с резисторами в гибридных интегральных микросхемах распространенными пассивными элементами являются пленочные конденсаторы. При этом пассивные элементы во многом определяют схемотехнические и эксплуатационные характеристики интегральных микросхем (ИМС). В низкочастотных микросхемах используются дискретные миниатюрные конденсаторы и катушки индуктивности, а в аналоговых высокочастотных микросхемах – пленочные конденсаторы емкостью менее 100 пФ. Пленочные конденсаторы бывают как тонко-, так и толстопленочные и занимают большую площадь ИМС. В связи с этим в полупроводниковых интегральных микросхемах роль конденсаторов выполняют обратносмещенные p–n переходы и структуры металл-диэлектрик-полупроводник (МДП-конденсаторы).

Несмотря на ограничения на геометрические размеры и номиналы или допуски абсолютных значений, пассивные элементы в интегральных схемах обладают некоторыми преимуществами монолитных структур, такими, как хорошая воспроизводимость по номинальной величине и температурной зависимости.

В зависимости от формы обрабатываемых электрических сигналов микросхемы бывают аналоговыми или цифровыми.

Параметром, определяющим уровень сложности микросхем, является степень интеграции, под которой понимается округленный до ближайшего целого числа коэффициент K , являющийся показателем десятичного логарифма от числа N содержащихся в микросхеме элементов и компонентов.

По уровню сложности цифровые микросхемы подразделяются на малые (МИС, $K \leq 1...2$), средние (СИС, $2 \leq K \leq 3...4$), большие (БИС, $3...4 \leq K \leq 5$) и сверхбольшие (СБИС, $K > 5$).

Основные типы микросхем – пленочные и полупроводниковые. В пленочных микросхемах элементы и соединения выполнены в виде различных пленок (проводящие, резистивные и диэлек-

трические) на подложке из диэлектрика. В полупроводниковых микросхемах пассивные и активные элементы вместе с изолирующими и проводящими областями создаются на одной подложке кремния или другого полупроводника. Применяются еще и так называемые гибридные микросхемы, в которых органически сочетаются в одном корпусе пленочные конструкции из пассивных элементов с дискретными миниатюрными активными компонентами.

К пассивным компонентам ИС относятся резисторы, конденсаторы, индуктивности и внутрисхемные соединения.

В ИМС применяются пленочные, диффузионные резисторы и резисторы на основе МДП-структур.

Пленочные конденсаторы позволяют получить большую емкость и представляют собой многослойную структуру. На подложку наносится слой металла, служащий обкладкой конденсатора, на поверхности которого наносится слой диэлектрика. Диэлектрик покрывается металлическим слоем, служащим второй обкладкой конденсатора. В качестве диэлектрика используется оксид тантала или монооксид кремния. Температурный коэффициент емкости таких конденсаторов порядка 0,02...0,04 %/°С, а добротность на высоких частотах определяется сопротивлением обкладок. В связи с этим чаще используются алюминиевые обкладки. Сопротивление пленки тантала велико, поэтому танталовые конденсаторы являются низкочастотными.

Основным и наиболее универсальным элементом интегральных микросхем является *биполярный транзистор*. В большинстве случаев используется транзистор п–р–п типа, ибо подвижность электронов больше подвижности дырок, и они обладают лучшими частотными свойствами, чем транзисторы р–п–р типа.

Главное отличие структур биполярных транзисторов в микросхемах от дискретных транзисторов состоит в том, что интегральные транзисторы имеют дополнительные области, которые изолируют транзисторы от общей полупроводниковой подложки. Все выводы интегральных транзисторов располагаются на одной плоскости, что позволяет легко проводить межэлементные соединения всей микросхемы.

Диоды в полупроводниковых ИМС можно получить на основе одинаковых транзисторных структур, выбирая соответствующую схему коммутации выводов транзистора.

Существует пять вариантов коммутации выводов транзистора для создания диода:

1. Переход база–эмиттер с разомкнутой цепью коллектора.
2. Переход база–эмиттер с коллектором, закороченным на базу.
3. Переход база–коллектор с разомкнутым эмиттером.
4. Переход база–коллектор с эмиттером, закороченным на базу.
5. Включены в параллель переходы база–эмиттер и база–коллектор.

Полупроводниковые приборы с зарядовой связью - это полупроводниковый прибор, в котором происходит накопление неосновных носителей под электродами МОП-структур и перемещение этих носителей от одного электрода к другому.

Электрический сигнал в приборах с зарядовой связью (ПЗС) представлен не напряжением или током, как в обычных аналоговых или цифровых схемах, а зарядом неосновных носителей – зарядовым пакетом.

Источники вторичного электропитания: выпрямители, фильтры, стабилизаторы

Источники вторичного электропитания (ИВЭП) предназначены для получения напряжения, необходимого для питания различных электронных устройств. Действующее значение напряжения сети переменного тока составляет 220 В. В то же время для работы электронных приборов необходимо постоянное напряжение, величина которого обычно не превышает нескольких вольт. Вторичные источники получают энергию от первичных источников: сети переменного тока, аккумуляторов и т. д.

Выпрямители служат для преобразования переменного напряжения питающей сети в постоянное. Основными компонентами выпрямителей служат вентили – элементы с явно выраженной нелинейной вольт-амперной характеристикой. В качестве таких элементов используют кремниевые диоды.

Однополупериодный выпрямитель. Простейшим является однополупериодный выпрямитель. Выходное напряжение меньше входного на величину падения напряжения на открытом диоде.

Двухполупериодные выпрямители. Меньший уровень пульсаций выпрямленного напряжения можно получить в двухполупериодных выпрямителях.

Сглаживающие фильтры. Схемы выпрямителей имеют относительно большие значения коэффициента пульсаций. Между тем для питания электронной аппаратуры часто требуется выпрямленное напряжение с коэффициентом пульсаций, не превышающим нескольких процентов. Для уменьшения пульсаций используют специальные устройства – сглаживающие фильтры.

Простейшим является емкостный фильтр (С-фильтр).

Сглаживание пульсаций выпрямленного напряжения и тока происходит за счет периодической зарядки конденсатора С (когда напряжение на вторичной обмотке трансформатора превышает напряжение на нагрузке) и последующей его разрядки на сопротивление нагрузки.

Стабилизаторы напряжения. В процессе работы ИВЭП напряжение на выходе сглаживающего фильтра может изменяться из-за колебаний сопротивления нагрузки, напряжения первичного источника и других факторов. Если отклонения напряжения превышают допустимую величину, в схему ИВЭП вводят стабилизаторы – устройства, обеспечивающее малые изменения выходного напряжения.

Существуют два типа стабилизаторов: *параметрические* и *компенсационные*. В параметрических стабилизаторах напряжения используют нелинейные элементы, имеющие участок ВАХ, на котором напряжение остается неизменным при изменении тока. Такой участок имеет обратная ветвь ВАХ стабилизатора.

Управляемые выпрямители однофазного и трехфазного тока. В большинстве практических случаев выпрямители средней и большой мощности применяются не только для выпрямления переменного тока в постоянный, но должны позволять плавно регулировать среднее значение выпрямленного напряжения. Это обуславливается необходимостью стабилизации напряжения на нагрузке при изменении напряжения питающей сети или тока нагрузки, а также для регулирования напряжения для управления частотой вращения двигателей постоянного тока, при зарядке аккумуляторных батарей и т.п.

При использовании в выпрямителях неуправляемых вентилях среднее значение выпрямленного напряжения, пропорционально напряжению U_2 . Регулирование величины в этом случае сводится к изменению напряжения U_2 на вторичной стороне трансформатора с помощью отпаек, что не всегда удобно и сложно. Более широкое применение для регулирования напряжения на нагрузке получил способ, основанный на управлении во времени моментом отпирания вентилях выпрямителя за интервал проводимости. Он базируется на использовании в схеме выпрямителя управляемых вентилях - тиристоров, в связи с чем такой выпрямитель называют управляемым. Однофазные управляемые выпрямители выполняются по схеме и нулевым выводом трансформатора и мостовой схеме.

Автономные инверторы. Преобразователи частоты

Применение полностью управляемых ключей (транзисторов, запираемых тиристоров и др.) позволяет не только изменять параметры преобразователей, но и создавать новые типы электрических устройств. К последним относятся автономные инверторы, или инверторы с самокоммутацией, - преобразователи постоянного тока в переменный, в которых используются полностью управляемые ключи. Следует отметить, что автономные инверторы могут быть изготовлены на основе обычных тиристоров с принудительной коммутацией под воздействием напряжений, создаваемых устройствами принудительной коммутации, входящих в состав инвертора или его нагрузки. Такие инверторы кратко рассмотрены в этой главе, так как обычный тиристор с устройством принудительной коммутации функционально сходен с полностью управляемым прибором. Однако существует класс инверторов с коммутацией, обусловленной резонансными явлениями в выходных цепях, включающих в себя элементы инвертора и (или) нагрузки.

Эти виды инверторов имеют следующие определения:

- инвертор напряжения - инвертор, подключенный к источнику постоянного тока с преобладающими свойствами источника напряжения;

- инвертор тока - инвертор, подключенный к источнику постоянного тока с преобладающими свойствами источника тока.

Законы изменения токов в цепи нагрузки инвертора напряжения при определенных условиях подобны законам изменения узловых потенциалов на шинах нагрузки инвертора тока. Такое соответствие законов известно в электротехнике как принцип дуальности (двойственности) цепей.

В рассматриваемом случае дуальными элементами в схемах инверторов являются:

- источники напряжения;
- сопротивление и проводимость нагрузки;
- индуктивность и емкость на стороне нагрузки.

Используя принцип дуальности, можно результаты анализа процессов в схеме инвертора одного типа, например инвертора тока, путем определенных преобразований распространить на схему инвертора другого типа - инвертора напряжения, и наоборот.

Индуктивность сглаживающего реактора L_d в инверторе тока имеет конечное значение и оказывает существенное влияние на динамические характеристики инвертора, т. е. чем меньше эта индуктивность, тем меньше всплески и провалы выходного напряжения при скачкообразных изменениях нагрузки инвертора. В цепях постоянного тока некоторых инверторов напряжения имеется индуктивность, обеспечивающая коммутацию тиристоров. Поэтому наличие индуктивности в цепи постоянного тока еще не является достаточным признаком для определения типа схемы (инвертор тока или инвертор напряжения). Необходимо знать характер изменения входного тока инвертора.

Применение полностью управляемых ключей позволяет не только упростить схемы автономных инверторов, но и значительно повысить качество преобразуемых параметров в преобразователях. Такая возможность реализуется посредством широтно-импульсной модуляции процессов изменения напряжений и токов инвертора. В преобразователях переменного тока применяется ШИМ по синусоидальным или другим требуемым законам изменения основных параметров. В результате обеспечивается синусоидальность (снижение уровня высших гармоник по сравнению с основной гармоникой) напряжения или тока. Кроме того, формирование напряжения требуемого спектрального состава позволяет создавать новые виды силовых электронных устройств — активные и гибридные фильтры. Одновременно со снижением высших гармоник тока (напряжения) ШИМ повышает коэффициент мощности в выпрямителях, инверторах, ведомых сетью, преобразователях частоты и других типах преобразователей.

Полностью управляемые ключи в преобразователях переменного/постоянного тока позволяют расширить диапазоны изменения углов сдвига между напряжением сети и током и обеспечивают работу устройства со значениями углов управления от 0 до 2α . При этом обычно используется синусоидальная ШИМ и, следовательно, существенное улучшение качества входных и выходных параметров преобразователя. Полностью управляемые ключи позволяют создавать прямые преобразователи частоты, не только понижающие, но и повышающие частоту выходного напряжения по сравнению с частотой входного напряжения. В регуляторах переменного напряжения полностью управляемые ключи позволяют посредством ШИМ обеспечить синусоидальность тока в нагрузке и повысить входной коэффициент мощности.

Устройства цифровой и импульсной электроники

Логический элемент (логический вентиль) – это электронная схема, выполняющая некоторую простейшую логическую операцию.

Логический элемент может быть реализован в виде отдельной интегральной схемы. Часто интегральная схема содержит несколько логических элементов.

Логические элементы используются в устройствах цифровой электроники (логических устройствах) для выполнения простого преобразования логических сигналов.

Выделяются следующие классы логических элементов (так называемые логики):

- резисторно-транзисторная логика (ТРЛ);
- диодно-транзисторная логика (ДТЛ);
- транзисторно-транзисторная логика (ТТЛ);

- эмиттерно-транзисторная логика (ЭСЛ);
- транзисторно-транзисторная логика с диодами Шоттки (ТТЛШ);
- логика на основе МОП-транзисторов с каналами типа p (p -МДП);
- логика на основе МОП-транзисторов с каналами типа n (n -МДП);
- логика на основе комплементарных ключей на МДП-транзисторах (КМДП, КМОП);
- интегральная инжекционная логика И²Л;
- логика на основе полупроводника из арсенида галлия GaAs.

Логические устройства разделяют на два класса: комбинационные и последовательностные.

Устройство называют комбинационным, если его выходные сигналы в некоторый момент времени однозначно определяются входными сигналами, имеющими место в этот момент времени.

Иначе устройство называют последовательностным или конечным автоматом (цифровым автоматом, автоматом с памятью). В последовательностных устройствах обязательно имеются элементы памяти. Выходные сигналы последовательностных устройств определяются не только сигналами, имеющимися на входах в данный момент времени, но и состоянием элементов памяти. Таким образом, реакция последовательностного устройства на определенные входные сигналы зависит от предыстории его работы.

Шифратор – это комбинационное устройство, преобразующее десятичные числа в двоичную систему счисления, причем каждому входу может быть поставлено в соответствие десятичное число, а набор выходных логических сигналов соответствует определенному двоичному коду. Число входов и выходов в полном шифраторе связано соотношением $n=2^m$, где n – число входов, m – число выходов. Шифратор для преобразования десятиразрядного единичного кода (десятичных чисел от 0 до 9) в двоичный код.

Основное назначение шифратора – преобразование номера источника сигнала в код (например, номера нажатой кнопки некоторой клавиатуры).

Дешифратором называется комбинационное устройство, преобразующее n -разрядный двоичный код в логический сигнал, появляющийся на том выходе, десятичный номер которого соответствует двоичному коду. Число входов и выходов в так называемом полном дешифраторе связано соотношением $m=2^n$, где n – число входов, m – число выходов.

Дешифратор – одно из широко используемых логических устройств. Его применяют для построения различных комбинационных устройств. Шифраторы и дешифраторы являются примерами простейших преобразователей кодов.

Преобразователями кодов называют устройства, предназначенные для преобразования одного кода в другой, при этом часто они выполняют нестандартные преобразования кодов. Преобразователи кодов обозначают через X/Y.

Мультиплексором называют комбинационное устройство, обеспечивающее передачу в желаемом порядке цифровой информации, поступающей по нескольким входам на один выход. Мультиплексоры обозначают через MUX, а также через MS. Функционально мультиплексор можно изобразить в виде коммутатора, обеспечивающего подключение одного из нескольких входов (их называют информационными) к одному выходу устройства. Кроме информационных входов в мультиплексоре имеются адресные входы и разрешающие (стробирующие). Сигналы на адресных входах определяют, какой конкретно информационный канал подключен к выходу. Если между числом информационных входов n и числом адресных входов m действует соотношение $n=2^m$, то такой мультиплексор называют полным. Если $n < 2^m$, то мультиплексор называют неполным.

Демльтиплексором называют устройство, в котором сигналы с одного информационного входа поступают в желаемой последовательности по нескольким выходам в зависимости от кода на адресных шинах. Таким образом, демльтиплексор в функциональном отношении противоположен мультиплексору. Демльтиплексоры обозначают через DMX или DMS.

Сумматоры – это комбинационные устройства для сложения чисел. Рассмотрим сложение двух одноразрядных двоичных чисел, для чего составим таблицу сложения (таблицу истинности), в которой отразим значения входных чисел A и B, значение результата суммирования S и значение переноса в старший разряд P.

Триггер– простейшее последовательностное устройство, которое может находиться в одном из двух возможных состояний и переходить из одного состояния в другое под воздействием входных сигналов. Триггер является базовым элементом последовательностных логических устройств.

Триггеры классифицируют по следующим признакам:

- способу приема информации;
- принципу построения;
- функциональным возможностям.

Различают асинхронные и синхронные триггеры.

Асинхронный триггер изменяет свое состояние непосредственно в момент появления соответствующего информационного сигнала.

Синхронные триггеры реагируют на информационные сигналы только при наличии соответствующего сигнала на входе синхронизации *С* (строб).

По функциональным возможностям триггеры разделяются на следующие классы:

- с отдельной установкой состояния 0 и 1 (*RS*– триггеры);
- универсальные (*JK*– триггеры);
- с приемом информации по одному входу *D* (*D*– триггеры, или триггеры задержки);
- со счетным входом *T* (*T*-триггеры).

Счетчики импульсов– это последовательностное цифровое устройство, обеспечивающее хранение слова информации и выполнение над ним микрооперации счета, заключающейся в изменении значения числа в счетчике на 1. По существу счетчик представляет собой совокупность соединенных определенным образом триггеров. Основным параметром счетчика – модуль счета. Это максимальное число единичных сигналов, которое может быть сосчитано счетчиком. Счетчики обозначаются через *СТ*.

Счетчики классифицируют:

по модулю счета:

- двоично-десятичные;
- двоичные;
- с произвольным постоянным модулем счета;
- с переменным модулем счета;

по направлению счета:

- суммирующие;
- вычитающие;
- реверсивные;

по способу формирования внутренних связей:

- с последующим переносом;
- с параллельным переносом;
- с комбинированным переносом;
- кольцевые.

Регистр– это последовательностное логическое устройство, используемое для хранения *n*-разрядных двоичных чисел и выполнения преобразований над ними. Регистр представляет собой упорядоченную последовательность триггеров, число которых соответствует числу разрядов в слове. С каждым регистром обычно связано комбинационное цифровое устройство, с помощью которого обеспечивается выполнение некоторых операций над словами.

Типичными являются следующие операции:

- прием слова в регистр;
- передача слова из регистра;
- поразрядные логические операции;
- сдвиг слова влево или вправо на заданное число разрядов;
- преобразование последовательного кода слова в параллельный и обратно;
- установка регистра в начальное состояние (сброс).

Фактически любое цифровое устройство можно представить в виде совокупности регистров, соединенных друг с другом при помощи комбинационных цифровых устройств.

- Регистры классифицируются по следующим видам:
- накопительные (регистры памяти, хранения);
 - сдвигающие.

В свою очередь сдвигающие регистры делятся:

- по способу ввода-вывода информации на
 - параллельные;
 - последовательные;
- комбинированные;
- по направлению передачи информации на
 - однонаправленные;
 - реверсивные.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Задачей практических занятий является изучение методов расчета типовых задач, а также практическое осмысление основных теоретических положений курса. При решении задач обращается внимание на логику решения, на физическую сущность используемых величин, их размерность. Далее проводится анализ полученного решения, результат сопоставляется с реальными объектами, что вырабатывает у студентов инженерную интуицию.

Цель практических занятий – научить динамическому и математическому моделированию статических и динамических процессов, происходящих в механических системах, на примере решения типовых задач.

Перед практическим занятием необходимо изучить материал, изложенный на лекции и выполнить самостоятельную работу, предусмотренную рабочим планом. Для этого используются: конспект лекций, соответствующие разделы печатных и электронных учебников, ответы на вопросы для самоконтроля знаний. После практического занятия самостоятельно решить рекомендованные задачи.

Расчет параметров полупроводниковых приборов и построение их вольтамперных характеристик. Построение схем замещения

На практическом занятии необходимо решить разно уровневые задачи по пройденному лекционному материалу. Примерный перечень задач приведен ниже. Рекомендуемая литература и дополнительный теоретический материал представлены в рабочей программе дисциплины «Электроника».

Задача 1. Для диода ДЗ12 при изменении прямого напряжения от 0,2 до 16 мА. Определить крутизну характеристики и дифференциальное сопротивление диода.

Задача 2. Определить изменение прямого тока для диода ДЗ11 А, если известно, что при изменении прямого напряжения $U_{пр}$ от 0,2 до 0,6 В крутизна характеристики $S=150$ м См.

Задача 3. При изменении прямого напряжения $U_{пр}$ от 0,2 до 0,4 В дифференциальное сопротивление диода $R_r=36,4$ Ом. Определить изменение прямого тока диода.

Задача 4. Определить насколько изменится прямое сопротивление опорного диода Д814 А, если при токе стабилизации $I_{ст}=5$ мА напряжение стабилизации изменяется от 7 до 8,5 В.

Задача 5. Какое напряжение можно стабилизировать на нагрузке при последовательном включении двух опорных диодов Д814Г, каждый из которых имеет напряжение стабилизации $U_{ст}=10-12$ В?

Задача 6. Как можно включить в электрическую сеть два однотипных полупроводниковых диода, рассчитанных на максимально допустимый ток 100мА каждый, если в цепи проходит ток $I=150$ мА?

Задача 7. Для диодов КД103А наибольшее обратное напряжение $U_{обр}=50$ В. Как можно включить такие диоды в цепь, в которой имеется напряжение $U=80$ В?

Задача 8. В транзисторе КТ315А, включенном по схеме с общим эмиттером, ток базы изменился на 0,1 мА. Определить изменение тока эмиттера, если коэффициент передачи тока базы $h_{21Б}=0,975$.

Задача 9. Для транзистора КТ312А статический коэффициент усиления тока базы $h_{21Б}=10-100$. Определить, в каких пределах может изменяться коэффициент передачи тока эмиттера $h_{21Б}$.

Задача 10. Для транзистора ГТ109А коэффициент передачи тока эмиттера $h_{21Б}=0,95-0,98$. Определить в каких пределах может изменяться коэффициент усиления тока базы

Расчет усилителей постоянного и переменного тока

На практическом занятии необходимо решить групповые задачи по пройденному лекционному материалу. Примерный перечень задач приведен ниже. Рекомендуемая литература и дополнительный теоретический материал представлены в рабочей программе дисциплины «Электроника».

Задача 1. На нижней граничной частоте двухкаскадного усилителя коэффициент частотных искажений второго каскада $M_{Н2}=1,3$ при общем коэффициенте частотных искажений $M_{Н}=1,41$. На средних частотах усиление усилителя $K_{\theta}=200$ и усиление второго каскада $K_{\theta 2}=10$. Определить напряжение на выходе первого каскада на нижней граничной частоте, если входное напряжение усилителя для всех частот одинаково: $U_{ВХ}=50$ мВ.

Задача 2. По входной характеристике транзистора КТ312А в схеме с общим эмиттером определить входное сопротивление переменному току $R_{ВХ}$ при напряжении на коллекторе $U_{К}=5$ В и напряжениях на базе $U_{Б}=0,3; 0,4; 0,5$ В. Построить зависимость $R_{ВХ}=f(U_{Б})$.

Задача 3. Для транзистора КТ339А, включенного по схеме с общей базой, при изменении тока эмиттера на 10 мА ток коллектора изменится на 9,7 мА. Определить коэффициент усиления по току для транзистора в схеме с общим эмиттером.

Задача 4. Для транзистора ГТ403А, включенного по схеме с общим эмиттером, ток коллектора изменяется на 140 мА, а ток эмиттера на 145 мА. Определить коэффициент усиления тока базы.

Анализ работы и расчет операционных усилителей

На практическом занятии необходимо решить разно уровневые задачи по пройденному лекционному материалу. Примерный перечень задач приведен ниже. Рекомендуемая литература и дополнительный теоретический материал представлены в рабочей программе дисциплины «Электроника».

Задача 1. Для транзистора КТ315А, включенного по схеме с общим эмиттером, входное сопротивление переменному току $R_{ВХ}=160$ Ом. Определить входное сопротивление транзистора в схеме с общей базой, если коэффициент передачи тока эмиттера $h_{21Б}=0,96$.

Задача 2. В трехкаскадном усилителе первый каскад, имеющий коэффициент усиления $K_1=20$, охвачен цепью отрицательной обратной связи с коэффициентом $K_{oc1}=0,01$, а два других каскада охвачены общей цепью отрицательной связи при коэффициенте $K_{oc2}=0,02$. Определить коэффициент усиления усилителя, если коэффициенты усиления второго и третьего каскадов соответственно равны $K_2=20$, $K_3=15$.

Задача 3. Коэффициент усиления усилительного каскада $K=50$. Переведите это значение в децибелы.

Задача 4. Известно, что усиление по напряжению трехкаскадного усилителя равно 1000. Определить усиление второго каскада, если усиление первого каскада составляет 25 дБ, а третьего – 10 дБ.

Задача 5. В трехкаскадном усилителе усиление каждого каскада составляет 30, 20 и 10 дБ. Определить общее усиление усилителя.

Задача 6. Коэффициенты усиления отдельных каскадов усилителя составляют 20, 30 и 10. Определить общий коэффициент усиления усилителя. Перевести полученный результат в децибелы.

Анализ работы и расчет импульсной и цифровой техники

На практическом занятии необходимо выполнить задания по пройденному лекционному материалу. Примерный перечень задач приведен ниже. Рекомендуемая литература и дополнительный теоретический материал представлены в рабочей программе дисциплины «Электроника».

1. Разработайте четырехразрядный дешифратор на основе двухразрядных дешифраторов.
2. Разработайте схему преобразования двоичного кода десятичных чисел $0 \dots 9$ в код Грея.
3. Спроектируйте коммутатор цифровых сигналов с 23 входными каналами в один выходной. Адрес коммутируемого канала задается пятиразрядным двоичным кодом. Использовать схему восьмиканального коммутатора К155КП7 и дешифратор К155ИД4.
4. Используя мультиплексоры 4-1 и 2-1, спроектируйте схемы, выполняющие следующие функции: $F = 0, 1, 7, 8, 9, 10, 14, 15$; $F = 0, 2, 3, 5, 10, 11, 12, 13$.
5. Разработайте на мультиплексорах схему, выполняющую функцию полного сумматора.
6. Постройте схему мажорирования два из трех, восстанавливающего информацию при отказе одного из трех каналов. Разработайте схему, обнаруживающую отказавший узел.
7. Разработайте схему суммирования пяти одноразрядных чисел.
8. Разработайте схему суммирования трех двухразрядных чисел.
9. Разработайте схему выделения старшей единицы в четырехразрядном двоичном числе.
10. На входы логического устройства поступают числа A_1A_0 и B_1B_0 . Постройте схему, регистрирующую условие $A_1A_0B_1B_0$.

Анализ работы и расчет маломощных выпрямителей однофазного тока

На практическом занятии необходимо решить разноуровневые задачи по пройденному лекционному материалу. Примерный перечень задач приведен ниже. Рекомендуемая литература и дополнительный теоретический материал представлены в рабочей программе дисциплины «Электроника».

Задача 1. Построить схему двухполупериодного мостового выпрямителя с емкостным сглаживающим фильтром и определить коэффициент сглаживания при условии, что амплитуда напряжения вторичной обмотки трансформатора $U_{2m}=250\text{В}$, выпрямленный ток, проходящий через каждый диод, $I_0=50\text{ мА}$, частота сети $f_c=400\text{ Гц}$, емкость конденсатора фильтра $C_\phi=10\text{ мкФ}$.

Задача

Определить частоту пульсации первой гармоники напряжения на нагрузке двухполупериодного выпрямителя, если напряжение первичной обмотки трансформатора имеет частоту $f_c=400\text{ Гц}$?

Задача

В схему однополупериодного выпрямителя включен емкостный сглаживающий фильтр. Определить емкость конденсатора фильтра, если сопротивление нагрузки $R_H=820\text{ Ом}$, частота сети $f_c=50\text{ Гц}$, коэффициент сглаживания $q=10$.

Задача 4. В схему однополупериодного выпрямителя включен индуктивный сглаживающий фильтр. Определить индуктивность дросселя, если выпрямленный ток $I_0=75\text{ мА}$, выпрямленное напряжение $U_0=120\text{ В}$, частота сети $f_c=400\text{ Гц}$, коэффициент сглаживания $q=15$.

Задача 5. В схему двух полупериодного мостового выпрямителя включен индуктивно-емкостный сглаживающий фильтр. Определить элементы фильтра L_ϕ, C_ϕ , если выпрямленный ток, проходящий через каждый диод, $I_0=100\text{ мА}$, выпрямленное напряжение на нагрузке $U_0=150\text{ В}$, частота сети $f_c=50\text{ Гц}$, коэффициент сглаживания $q=q_L q_C=100$.

Перечень практических работ и материалы к ним приведены в учебном пособии [4].

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ

Задачей преподавателя при проведении лабораторных работ является грамотное и доступное разъяснение принципов и правил проведения работ, побуждение студентов к самостоятельной работе, определения места изучаемой дисциплины в дальнейшей профессиональной работе будущего специалиста.

Цель лабораторной работы – научить студентов самостоятельно производить необходимые действия для достижения желаемого результата.

Основной формой контроля проработки материала является опрос, проводимый при допуске к лабораторной работе, выполнение домашних заданий, тестирование.

Прежде чем приступить к выполнению лабораторной работы, студенту необходимо ознакомиться с теоретическим материалом, соответствующим данной теме.

Выполнение лабораторной работы целесообразно разделить на несколько этапов:

- формулировка и обоснование цели работы;
- определение теоретического аппарата, применительно к данной теме;
- выполнение заданий;
- анализ результата;
- выводы.

Индивидуальные задания для лабораторных работ представлены конкретно-практическими и творческими задачами.

На первой ступени изучения темы выполняются конкретно-практические задачи, при решении которых формируется минимальный набор умений. Преподаватель опосредованно руководит познавательной деятельностью студентов, консультирует и подробно разбирает со студентами возникшие затруднения в ходе решения задачи, обращает внимание группы на возможные ошибки.

Вторая ступень изучения темы дифференцируется в зависимости от степени усвоения его обязательного уровня. Студенты, усвоив содержание типовых методов и приемов решения задач, приступают к решению творческих задач. Если уровень знаний и умений, демонстрируемых студентом при контрольном обследовании, не соответствует установленным требованиям, студент вновь возвращается к стандартным упражнениям, но под более пристальным наблюдением преподавателя.

После изучения отдельной темы курса дисциплины, каждый студент получает оценку по результатам выполнения лабораторных работ.

Начиная подготовку к лабораторному занятию, необходимо, прежде всего, указать студентам страницы в конспекте лекций, разделы учебников и учебных пособий, чтобы они получили общее представление о месте и значении темы в изучаемом курсе. Затем следует рекомендовать им поработать с дополнительной литературой, сделать записи по рекомендованным источникам.

Успешное выполнение лабораторных работ может быть достигнуто в том случае, если студент отчетливо представляет себе цель эксперимента и ожидаемые результаты, поэтому важным условием обстоятельности проводимых исследований является тщательная подготовка к каждой лабораторной работе.

На вводном занятии группа делится преподавателем на бригады (в составе двух–трех человек). За каждой бригадой закрепляется постоянное место на весь период работы в лаборатории. Состав бригад на следующих занятиях в течение семестра остаётся неизменным.

I. Подготовка к выполнению лабораторной работы

Подготовка к лабораторной работе осуществляется студентом до аудиторных занятий в часы, отведенные на самостоятельную работу.

При подготовке к лабораторной работе студент должен:

- 1) внимательно ознакомиться с описанием соответствующей лабораторной работы и установить, в чём состоит цель и задача работы;
- 2) по лекционному курсу и рекомендованным литературным источникам изучить теоретическую часть, относящуюся к данной лабораторной работе;
- 3) ознакомиться с порядком выполнения работы;
- 4) выполнить предварительный теоретический расчет;
- 5) приготовить в рабочей тетради заготовку отчета лабораторной работы, которая должна содержать:

- титульный лист;

- название работы и её цель;
- план проведения опытов;
- электрические схемы изучаемых цепей (монтажные и принципиальные);
- таблицы для записи результатов наблюдений и расчетов;
- расчётные формулы, необходимые для промежуточных вычислений в процессе работы;
- выполненный предварительный теоретический расчет (если это предусмотрено данной лабораторной работой).

Студент обязан приходиться на занятие подготовленным. Наличие заготовки к лабораторной работе является обязательным условием допуска студента к выполнению лабораторной работы. Студенты, не готовые к занятиям, к выполнению лабораторной работы не допускаются.

II. Выполнение лабораторной работы

Перед выполнением работы преподаватель проверяет степень подготовленности каждого студента. Критерием допуска к работе является: понимание студентом цели работы, знание метода и порядка выполнения экспериментов, а также представление об ожидаемых результатах.

За время, отведенное на выполнение лабораторной работы в лаборатории, студент должен:

- ознакомиться со стендом, измерительными приборами и дополнительным оборудованием, используемым в процессе выполнения работы. Выбрать приборы, необходимые для выполнения работы или подобрать пределы измерений на многопредельных приборах так, чтобы значения измеряемых величин находились в пределах 20-95% шкалы прибора.

- собрать цепь в соответствии со схемой. Сборку цепи удобнее производить в следующем порядке: начав сборку главной последовательной цепи с одного зажима источника, закончить ее на другом зажиме. К этой цепи в соответствующих схеме местах присоединяются остальные параллельные ветви.

- предъявить собранную цепь для проверки преподавателю. Только после его разрешения к цепи может быть подано напряжение.

- выполнить все измерения, и провести необходимые по ходу работы расчеты (остальные расчеты делаются позже при подготовке отчета по лабораторной работе).

- при выполнении работы следует соблюдать правила техники безопасности.

- обращаться с приборами и оборудованием следует бережно и аккуратно. Применять приборы только в соответствии с их назначением. Студенты несут материальную ответственность за повреждение приборов, произошедшее по их вине.

- в конце занятия (или по завершению измерений), не разбирая электрической цепи, предъявить преподавателю результаты измерений для проверки. Для этого строят черновик полученной экспериментальной кривой (или векторной диаграммы). Если результат опыта не верен, опыт повторяется вновь. Если результаты удовлетворительны, преподавателем делается отметка о выполнении студентом лабораторной работы (ставится подпись и дата в отчете студента). Отчеты без подписи преподавателя в дальнейшем к зачёту не принимаются.

- разобрать электрическую цепь (с разрешения преподавателя) и привести в порядок рабочее место после окончания работы.

III. Оформление отчета и подготовка к защите лабораторной работы

Оформление отчета и подготовка к защите лабораторной работы осуществляется студентом в часы, отведенные на самостоятельную работу. К следующему (после выполнения очередной лабораторной работы) занятию каждый студент должен предоставить отчет о выполненной лабораторной работе. Он составляется на основе записей в рабочей тетради и должен содержать:

- титульный лист;
- номер, название, цель работы и дату её выполнения;
- результаты измерений и вычислений в виде таблиц (или ином виде, согласно методическим рекомендациям к данной лабораторной работе);
- расчетные формулы, по которым производились вычисления с примером вычисления по каждой формуле;

–расчеты погрешностей измерений и записи результатов измерений с учетом погрешности (если это предусмотрено заданием на лабораторную работу);

–схемы, графики, диаграммы и т.п., в соответствии с заданием на лабораторную работу;

–основные выводы по результатам работы на основании сравнения полученных результатов с данными теоретических расчетов.

Графический материал к лабораторным работам (графики, диаграммы и т.п.) выполняется на миллиметровой бумаге карандашом с помощью чертежных принадлежностей.

Электрические схемы вычерчиваются в соответствии с принятым ГОСТом и обозначениями.

Графики должны иметь размер не менее половины тетрадной страницы (не менее 10×10 см), выполняться в прямоугольной системе координат с соблюдением масштаба по координатным осям. Масштаб графиков должен быть удобным для построения и использования. Для этого следует брать в 1 см число измерительных единиц кратное 10 или одному из чисел ряда 1; 2; 2,5; 5. (Например: для напряжения масштаб $m_U=10$ В/см, для тока – $m_I=0,2$ А/см.) Произвольный перенос начала координат не допускается. Если через полученные опытные точки нельзя провести плавную кривую и при соединении получается зигзагообразная линия, то все-таки следует провести плавную линию, захватывающую наибольшее количество точек или занимающую среднее положение между ними.

После оформления отчета студент готовится к защите лабораторной работы, изучая теоретическую базу данной темы, ориентируясь на контрольные вопросы.

Защита выполненных лабораторных работ проводится преподавателем в устной (или в письменной) форме в виде ответов на вопросы по теме лабораторной работы, после чего выставляется оценка за выполнение лабораторной работы.

Студент должен регулярно отчитываться по выполненным лабораторным работам согласно установленному графику занятий. Лабораторная работа, пропущенная студентом, выполняется по согласованию с деканатом и преподавателем по дополнительному расписанию.

Тетрадь с отчетами выполненных работ предъявляется экзаменатору. Выполнение лабораторных работ и отчет по ним в полном объеме является обязательным условием допуска к экзамену по данной дисциплине.

Перечень лабораторных работ и материалы к ним приведены в учебном пособии [5].

4.МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Самостоятельная работа представляет собой особую, высшую степень учебной деятельности. Она обусловлена индивидуальными психологическими различиями обучающегося и личностными особенностями и требует высокого уровня самосознания, рефлексивности. Самостоятельная работа может осуществляться как во внеаудиторное время (дома, в лаборатории), так и на аудиторных занятиях в письменной или устной форме.

Самостоятельная работа обучающихся является составной частью учебной работы и имеет целью закрепление и углубление полученных знаний и навыков, поиск и приобретение новых знаний, в том числе с использованием автоматизированных обучающих систем, а также выполнение учебных заданий, подготовку к предстоящим занятиям, зачетам и экзаменам. Организуется, обеспечивается и контролируется данный вид деятельности студентов соответствующими кафедрами.

Самостоятельная работа предназначена не только для овладения каждой дисциплиной, но и для формирования навыков самостоятельной работы вообще, в учебной, научной, профессиональной деятельности, способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решить проблему, находить конструктивные решения, выход из кризисной ситуации и т. д. Значимость самостоятельной работы выходит далеко за рамки отдельного предмета, в связи с чем выпускающие кафедры должны разрабатывать стратегию формирования системы умений и навыков самостоятельной работы. При этом следует исходить из уровня самостоятельности абитуриентов и

требований к уровню самостоятельности выпускников, с тем чтобы за весь период обучения достаточный уровень был достигнут.

При проведении самостоятельной работы, связанной с проработкой теоретического материала, студентам предлагается законспектировать рассматриваемый вопрос, в случае необходимости задать возникшие вопросы на практическом занятии (лабораторной работе или на консультации).

При изучении дисциплины «Электроника» практикуются следующие виды и формы самостоятельной работы студентов:

- выполнение лабораторных и практических работ;
- оформление отчетов;
- завершение практических работ;
- подготовка к устному опросу, к дискуссии
- подготовка к тестированию
- подготовка к письменной, контрольной работе, тестированию, контрольной точке.

Самостоятельная работа тесно связана с контролем (контроль также рассматривается как завершающий этап выполнения самостоятельной работы), при выборе вида и формы самостоятельной работы следует учитывать форму контроля.

Формы контроля при изучении дисциплины «Электроника»:

- устный опрос;
- дискуссия;
- контрольная работа;
- контрольная точка;
- отчет;
- письменная работа;
- тестирование.

Самостоятельная работа проводится в виде подготовительных упражнений для усвоения нового, упражнений при изучении нового материала, упражнений в процессе закрепления и повторения, упражнений проверочных и контрольных работ, а также для самоконтроля.

Для организации самостоятельной работы необходимы следующие условия:

- готовность студентов к самостоятельному труду;
- наличие и доступность необходимого учебно-методического и справочного материала;
- консультационная помощь.

Самостоятельная работа может проходить в лекционном кабинете, лаборатории, компьютерном зале, библиотеке, дома. Самостоятельная работа тренирует волю, воспитывает работоспособность, внимание, дисциплину и т.д.

Рекомендации по организации аудиторной самостоятельной работы

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Основными видами аудиторной самостоятельной работы являются:

- выполнение лабораторных и практических работ по инструкциям; работа с литературой и другими источниками информации, в том числе электронными;
- само- и взаимопроверка выполненных заданий;

Выполнение лабораторных и практических работ осуществляется на лабораторных и практических занятиях в соответствии с графиком учебного процесса. Для обеспечения самостоятельной работы преподавателями разрабатываются методические указания по выполнению лабораторной/практической работы.

Работа с литературой, другими источниками информации, в т.ч. электронными может реализовываться на лекционных и практических занятиях. Данные источники информации могут быть представлены на бумажном и/или электронном носителях, в том числе, в сети Internet. Преподаватель формулирует цель работы с данным источником информации, определяет время на проработку документа и форму отчетности.

Само и взаимопроверка выполненных заданий чаще используется на лекционном, практическом занятии и имеет своей целью приобретение таких навыков как наблюдение, анализ ответов сокурсников, сверка собственных результатов с эталонами.

Рекомендации по организации внеаудиторной самостоятельной работы

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

При предъявлении видов заданий на внеаудиторную самостоятельную работу рекомендуется использовать дифференцированный подход к уровню подготовленности обучающегося. Перед выполнением внеаудиторной самостоятельной работы преподаватель проводит консультацию с определением цели задания, его содержания, сроков выполнения, ориентировочного объема работы, основных требований к результатам работы, критериев оценки, форм контроля и перечня литературы. В процессе консультации преподаватель предупреждает о возможных типичных ошибках, встречающихся при выполнении задания.

Для методического обеспечения и руководства самостоятельной работой в образовательном учреждении разрабатываются учебные пособия, методические рекомендации по самостоятельной подготовке к различным видам занятий.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня подготовленности обучающихся.

Видами заданий для внеаудиторной самостоятельной работы могут быть:

– для овладения знаниями: чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы); составление плана текста; графическое изображение структуры текста; конспектирование текста; выписки из текста; работа со словарями и справочниками; учебно-исследовательская работа; использование аудио- и видеозаписей, компьютерной техники и Интернет-ресурсов и др.;

– для закрепления и систематизации знаний: работа с конспектом лекции (обработка текста); повторная работа над учебным материалом (учебника, первоисточника, дополнительной литературы, аудио- и видеозаписей); составление плана и тезисов ответа; составление таблиц, глоссария для систематизации учебного материала; изучение словарей, справочников; ответы на контрольные вопросы; аналитическая обработка текста (аннотирование, рецензирование, реферирование, контент-анализ и др.); подготовка сообщений к выступлению на семинаре, конференции; подготовка рефератов, докладов; составление библиографии, заданий в тестовой форме и др.;

– для формирования умений: решение задач и упражнений по образцу; решение вариативных задач и упражнений; составление схем; проектирование и моделирование разных видов и компонентов профессиональной деятельности и др.

Для обеспечения внеаудиторной самостоятельной работы по дисциплине преподавателем разрабатывается перечень заданий для самостоятельной работы, который необходим для эффективного управления данным видом учебной деятельности обучающихся.

Преподаватель осуществляет управление самостоятельной работой, регулирует ее объем на одно учебное занятие и осуществляет контроль выполнения всеми обучающимися группы. Для удобства преподаватель может вести ведомость учета выполнения самостоятельной работы, что позволяет отслеживать выполнение минимума заданий, необходимых для допуска к итоговой аттестации по дисциплине.

В процессе самостоятельной работы студент приобретает навыки самоорганизации, самоконтроля, самоуправления и становится активным самостоятельным субъектом учебной деятельности.

Обучающийся самостоятельно определяет режим своей внеаудиторной работы и меру труда, затрачиваемого на овладение знаниями и умениями по каждой дисциплине, выполняет внеаудиторную работу по индивидуальному плану, в зависимости от собственной подготовки, бюджета времени и других условий.

Ежедневно обучающийся должен уделять выполнению внеаудиторной самостоятельной работы в среднем не менее 3 часов.

При выполнении внеаудиторной самостоятельной работы обучающийся имеет право обращаться к преподавателю за консультацией с целью уточнения задания, формы контроля выполненного задания.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может проводиться в письменной, устной или смешанной форме с представлением продукта деятельности обучающегося. В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы могут быть использованы зачеты, тестирование, самоотчеты, контрольные работы, защита творческих работ и др.

Методические рекомендации по изучению теоретических основ дисциплин

Изучение теоретической части дисциплин призвано не только углубить и закрепить знания, полученные на аудиторных занятиях, но и способствовать развитию у студентов творческих навыков, инициативы и организовать свое время.

Самостоятельная работа при изучении дисциплин включает:

- чтение студентами рекомендованной литературы и усвоение теоретического материала дисциплины;

- знакомство с Интернет-источниками;

- подготовку к различным формам контроля (тесты, контрольные работы);

- подготовку и написание рефератов;

- выполнение контрольных работ;

- подготовку ответов на вопросы по различным темам дисциплины в той последовательности, в какой они представлены.

Планирование времени, необходимого на изучение дисциплин, студентам лучше всего осуществлять весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение материала.

Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно прорабатывать и дополнять сведениями из других источников литературы, представленных не только в программе дисциплины, но и в периодических изданиях.

При изучении дисциплины сначала необходимо по каждой теме прочитать рекомендованную литературу и составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме для освоения последующих тем курса. Для расширения знания по дисциплине рекомендуется использовать Интернет-ресурсы; проводить поиски в различных системах и использовать материалы сайтов, рекомендованных преподавателем.

При подготовке к контрольной работе необходимо прочитать соответствующие страницы основного учебника. Желательно также чтение дополнительной литературы. При написании контрольной работы ответ следует иллюстрировать схемами.

При выполнении самостоятельной работы по написанию реферата студенту необходимо: прочитать теоретический материал в рекомендованной литературе, периодических изданиях, на Интернет-сайтах; творчески переработать изученный материал и представить его для отчета в форме реферата, проиллюстрировав схемами, диаграммами, фотографиями и рисунками.

Тексты контрольных работ и рефератов должны быть изложены внятно, простым и ясным языком.

При ответе на экзамене необходимо: продумать и четко изложить материал; дать определение основных понятий; дать краткое описание явлений; привести примеры. Ответ следует иллюстрировать схемами, рисунками и графиками.

Варианты тестов, контрольных заданий и критерии оценки приведены в ФОС по дисциплине «Электроника» для направления подготовки 13.03.02–Электроэнергетика и электротехника.

ИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белов Н. В. Электротехника и основы электроники [Электронный ресурс] : учебное пособие / Белов Н. В., Волков Ю. С. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2012. — 431 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=3553 — Загл. с экрана.
2. Иванов, И.И. Электротехника и основы электроники. [Электронный ресурс] : Учебники / И.И. Иванов, Г.И. Соловьев, В.Я. Фролов. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2016. — 736 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/71749> — Загл. с экрана.
3. Бабичев, Ю.Е. Электротехника и электроника. Ч.1. Электрические, электронные и магнитные цепи. [Электронный ресурс] : Учебники — Электрон. дан. — М. : Горная книга, 2007. — 615 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/3300> — Загл. с экрана.
4. Рекус, Г.Г. Сборник задач и упражнений по электротехнике и основам электроники: учеб.пособие / Г.Г.Рекус, А.И.Белоусов.- 2-е изд. перераб.- М.:Высш.шк.,2001.-416 с.
5. Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях: Лаборатория на компьютере: В 2 т: 1-й том, учеб. пособие/под общей редакцией Д.И. Панфилова. – М.: Изд-во Моск. энергет. ин-та. – 2004. - 303 с.
6. Новиков, Ю.Н.Электротехника и электроника: Теория цепей и сигналов, методы анализа:учеб.пособие: рек. Мин.обр.РФ/Ю.Н.Новиков.-СПб.:Питер,2005.- 383с.