Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра электропривода и автоматизации

Составитель
Владислав Николаевич Немов

ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ

Методические материалы

Рекомендованы учебно-методической комиссией
направления подготовки
11.03.04 Электроника и наноэлектроника
в качестве электронного издания
для использования в образовательном процессе.

Кемерово 2026

Рецензенты:

Григорьев А. В. – кандидат технических наук, доцент кафедры электропривода и автоматизации

Негадаев В. А. – кандидат технических наук, доцент кафедры электропривода и автоматизации, председатель учебно-методической комиссии направления 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Немов Владислав Николаевич

Основы электроники : методические материалы для обучающихся направления подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника / Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, Кафедра электропривода и автоматизации ; составитель В. Н. Немов; – Кемерово: КузГТУ, 2026. – 1 файл (735 КБ). – Текст: электронный.

Методические материалы по дисциплине «Основы электроники» предназначены для использования при выполнении лабораторных работ, практических работ, а также при самостоятельной подготовке к занятиям. Для каждого занятия приведены цели и задачи работы, общие сведения об изучаемом материале, порядок выполнения работ, требования к оформлению отчетов, вопросы для самопроверки и список рекомендуемой литературы.

© Кузбасский государственный
технический университет имени
Т. Ф. Горбачева, 2026
© Немов В. Н.,
составление, 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗИСТОРОВ И КОНДЕНСАТОРОВ 4

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЛЬТАМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫПРЯМИТЕЛЬНОГО ДИОДА И СТАБЛИТРОНА 10

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. ИССЛЕДОВАНИЕ БИПОЛЯРНОГО ТРАНЗИСТОРА 16

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. ИССЛЕДОВАНИЕ УСИЛИТЕЛЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА КЛАССА А ПО СХЕМАМ С ОЭ И ОК 19

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5. ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРАЦИОННЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ 21

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6. ИССЛЕДОВАНИЕ ТИПОВЫХ СХЕМ НА ОПЕРАЦИОННЫХ УСИЛИТЕЛЯХ..... 25

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7. ИССЛЕДОВАНИЕ ПАССИВНЫХ И АКТИВНЫХ ФИЛЬТРОВ 27

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8. ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ 30

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ 32

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1..... 32

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2..... 33

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3..... 344

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4..... 34

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА..... 36

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 38

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 39

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1.
ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗИСТОРОВ И КОНДЕНСАТОРОВ

Цель работы: получить общие сведения об устройстве резисторов и конденсаторов, научиться определять параметры резисторов и конденсаторов по маркировке.

КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Резисторы

Резисторы относятся к наиболее распространенным деталям радиоэлектронной аппаратуры. На их долю приходится от 20 % до 50 %, т. е. до половины общего количества радиодеталей в устройстве. Принцип работы резисторов основан на использовании свойства материалов оказывать сопротивление протекающему току. Резисторы характеризуются следующими основными параметрами:

Номинальное значение сопротивления. Измеряется в омах (Ом), килоомах (кОм), мегаомах (МОм).

Номинальные значения сопротивлений указываются на корпусе резистора. Номинальное значение сопротивления соответствует значению из стандартных рядов сопротивлений, приведенных в приложении 1.

Допустимое отклонение действительного сопротивления резистора от его номинального значения. Это отклонение измеряется в процентах, оно нормировано и определяется классом точности. Наиболее широко используются три класса точности:

I – допускающий отклонение сопротивления от номинального значения на ±5 %,

II – на ±10 %,

III – на ±20 %.

В современной РЭА часто применяют резисторы с повышенной точностью сопротивления, они выпускаются с допусками (%): ±2; ±1; ±0,5; ±0,2; ±0,1; ±0,05; ±0,02; ±0,01 и т. д.

Номинальное значение мощности рассеивания резистора $R_{ном}$

Этот параметр измеряется в ваттах (Вт). Это наибольшая мощность постоянного или переменного тока, при протекании которого через резистор он может работать длительное время без повреждений. Мощность $P_{ном}$, ток I, протекающий через резистор, падение напряжения U на резисторе и его сопротивление R связаны зависимостью: $P = UI$, $U = IR$. В большинстве устройств РЭА при-

меняют резисторы с номинальной мощностью рассеивания от 0,125 до 2 Вт.

Дополнительные формулы расчета мощности:

$$P_{(\text{Вт})} = \frac{U^2_{(\text{В})}}{R_{(\text{Ом})}}$$

$$P_{(\text{Вт})} = I^2_{(\text{А})} * R_{(\text{Ом})}$$

Температурный коэффициент сопротивления (ТКС) резистора. Характеризует относительное изменение сопротивления резистора при изменении температуры окружающей среды на 1 °С и выражается в процентах. В резисторах ТКС незначительный и составляет в среднем десятые доли – единицы процента.

Электродвижущая сила (ЭДС) собственных шумов. Собственные шумы резистора возникают за счет неупорядоченного движения части электронов при приложенном к нему напряжении. ЭДС собственных шумов ($E_ш$) измеряется в микровольтах на вольт приложенного напряжения (мкВ/В). Эта величина для резисторов также незначительная и составляет единицы микровольт на вольт.

Собственные индуктивность и емкость резисторов. Определяются габаритными размерами, конструкцией и влияют на частотный диапазон применения резисторов.

Резисторы используют для ограничения силы тока в цепях, для создания на отдельных участках схем необходимых падений напряжений, для различных регулировок (громкости, тембров и т. д.) и еще во многих случаях.

Условно-графическое обозначение резисторов и схемы соединения

Согласно ГОСТ 2.728-74, условно-графическое обозначение (УГО) постоянного проволочного резистора имеет следующий вид:

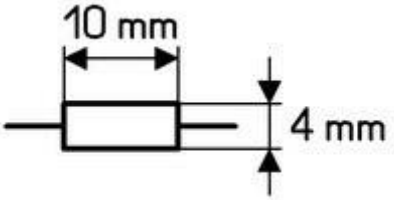


Рисунок 1 – УГО проволочного резистора

Существуют два основных вида схем включения резисторов – последовательное включение резисторов и параллельное.

При последовательном включении резисторов их эквивалентное сопротивление будет равно сумме всех отдельных сопротивлений.

При параллельном включении резисторов их эквивалентное сопротивление можно рассчитать по формуле

$$\frac{1}{R_э} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + ... + \frac{1}{R_n}.$$

Конденсаторы

Электрическим конденсатором называют устройство, предназначенное для накопления электрического заряда.

Принцип действия конденсатора основан на накоплении электрического заряда между двумя близко расположенными проводниками. Такие проводники так же называются обкладками. В зависимости от типа диэлектрика, который разделяет обкладки, различают виды конденсаторов.

К основным параметрам конденсатора относят:

Электрическую номинальную емкость – способность конденсатора накапливать на обкладках электрические заряды под воздействием электрического поля. Номинальная емкость указывается на конденсаторе или в сопроводительной документации, выбирается в соответствии с установленным рядом. Измеряется в фарадах (Ф), однако 1 Ф достаточно крупная величина, поэтому значение обычных конденсаторов употребляется с приставками нано- (10^{-9}), микро- (10^{-6}), мили- (10^{-3}).

Допустимое отклонение действительной емкости конденсатора от его номинального значения. Это отклонение измеряется в процентах, оно нормировано и определяется классом точности.

Температурный коэффициент емкости (ТКЕ) – относительное изменение емкости конденсатора под действием температуры. Под действием температуры обкладки конденсатора меняют свои геометрические размеры, изменяется расстояние между ними и значение диэлектрической проницаемости диэлектрика, поэтому изменяется и значение емкости конденсатора. Для всех конденсаторов данная зависимость нелинейная, однако, в зависимости от типа диэлектрика, для некоторых она приближается к линейной.

Номинальное напряжение U – максимально допустимое значение постоянного напряжения (или суммы постоянной составляющей и амплитуды переменной составляющей), при котором конденсатор может работать в течение всего гарантированного срока службы при нормальной температуре.

Условно-графическое обозначение конденсаторов и схемы соединения

Согласно ГОСТ 2.728-74 на электрических принципиальных схемах конденсаторы обозначаются:

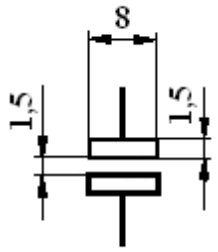


Рисунок 2 – УГО конденсатора

Существуют два основных вида схем включения конденсаторов – последовательное и параллельное.

При параллельном включении конденсаторов их емкость складывается по формуле

$$C_э = C_1 + C_2 + ... + C_n .$$

При последовательном включении конденсаторов их эквивалентную емкость можно рассчитать по формуле

$$\frac{1}{C_э} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + ... + \frac{1}{C_n} .$$

Маркировка резисторов и конденсаторов

Маркировка резисторов

Согласно ГОСТ 28883-90 – в промышленно выпускаемых резисторах применяются следующие системы маркировки:

Буквенная полная

Параметры и характеристики, входящие в полное условное обозначение резистора, указываются в следующей последовательности: номинальная мощность рассеяния, номинальное сопротивление и буквенное обозначение единицы измерения, допускаемое отклонение сопротивления в процентах (%), функциональная характеристика, обозначение конца вала и длины выступающей части вала.

Пример полного условного обозначения постоянного непроволочного резистора с регистрационным номером 4, номинальной мощностью рассеяния 0,5 Вт, номинальным сопротивлением 10 кОм, с допуском ±1 %, группой по уровню шумов А, группы ТКС – Б, всеклиматического исполнения В.

Р1-4-0,5-10 кОм ±1 % А - Б - В ОЖО.467.157 ТУ

Буквенные сокращения

Ввиду того что полное условное обозначение занимает значительное место на корпусе резистора, то его применение не всегда возможно и удобно, поэтому было введено сокращенное буквенное обозначение в состав которого входит обозначение номинального сопротивления и допускаемого отклонения. Номинальное сопротивление обозначается в виде кода. Кодированное обозначение номинального сопротивления состоит из трех или четырех знаков, включающих в себя две или три цифры и букву латинского алфавита. Буква кода из русского или латинского алфавита обозначает множитель, составляющий сопротивление, и определяет положение запятой десятичного знака. Буквы R, K, M, G, T обозначают соответственно множители 1, 10^3, 10^6, 10^9, 10^{12}. Примеры кодированных обозначений номинального сопротивления выглядят следующим образом: 215 Ом – 215R, 150 кОм – 150K, 2,2 МОм – 2M2, 6,8 ГОм – 6G8, 1ТОм – 1T0. Кодированное обозначение допускаемого отклонения состоит из буквы соответствующей отклонению в процентах (%).

Помимо описанной выше кодировки в промышленно выпускаемых резисторах применяется цветовая кодировка.

Маркировка конденсаторов

Краткая буквенная маркировка конденсатора выполняется по аналогичным правилам, что и маркировка резисторов. Номинальная емкость конденсатора выражается с помощью 3–4 знаков: цифр и буквенного обозначения множителя. Принято использовать следующие буквы: p, n, μ, m, соответствующие множителям пико-, нано-, микро-, милли- фарад.

Пример маркировки конденсатора:

p10 – 0.1 пФ; 1μ5 – 1.5 мкФ.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Для закрепления изученного материала студентам необходимо выполнить следующие задания:

1. Для закрепления навыков чтения кодировок резисторов необходимо расшифровать кодировку резисторов и конденсаторов. Для этого каждому студенту индивидуально преподавателем выдается необходимое количество резисторов и конденсаторов, значение маркировки которых студент должен прочесть. Проверка качества выполнения задания проводится путем измерения действующего значения сопротивления резистора или емкости конденсатора. Задание считается успешно выполненным, если действующее значение сопротивления резистора и конденсаторов будет лежать в пределах указанного в маркировке с учетом допуска.

2. Для закрепления навыков расчета сопротивлений и емкости цепи студенту необходимо рассчитать эквивалентное сопротивление специальной сборки резисторов и эквивалентную емкость сборки конденсаторов, получаемых у преподавателя индивидуально. Между точками указанными при получении. Задание считается успешно выполненным в случае, если действующее значение между указанными точками в сборках будет лежать в пределах расчетного с учетом допуска.

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по данной лабораторной работе должен быть оформлен в соответствии с требованиями, приведенными в приложении 1.

Отчет по работе №1 должен содержать:

- Рассмотренные примеры маркировок с подробной расшифровкой их значения.
- Электрическую схему индивидуальной сборки резисторов и конденсаторов.
- Маркировку и расшифровку резисторов и конденсаторов входящих в состав сборки.
- Расчет эквивалентных значений для сборок и сравнение с действующим значением.
- Краткий конспект теоретического материала по вопросам для самостоятельного изучения.
- Защита работы по результатам ее выполнения заключается в составлении отчета и ответе на контрольные вопросы.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ

- Цветовая маркировка резисторов.

- Особенности конденсаторов в зависимости от материала обкладок.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое резистор?
2. Что такое конденсатор?
3. Основные параметры резисторов.
4. Основные параметры конденсаторов.
5. УГО резисторов и конденсаторов.
6. Примеры соединения элементов и расчета эквивалентного значения сопротивления/емкости.
7. Что входит в полную маркировку?
8. Цветовая кодировка резисторов.
9. Примеры краткого обозначения номинальной емкости и сопротивления.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЛЬТАМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫПРЯМИТЕЛЬНОГО ДИОДА И СТАБЛИТРОНА

Цель работы: исследовать статические вольтамперные характеристики (ВАХ) диодов и стабилитронов, изготовленных на основе различных полупроводниковых материалов, и сопоставить полученные практические данные с теоретическими.

КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Сравнение характеристики реального диода с характеристикой идеального p-n перехода.

Известно, что статическая ВАХ идеализированного полупроводникового диода описывается выражением:

$$I = I_s(e^{\frac{qU}{kT}} - 1),$$

где I – ток диода; U – приложенное к нему напряжение; I_s – ток насыщения, определяемый параметрами p-n перехода; kT/q – тепловой потенциал (= 0,0259 В при T = 300 К).

Вид характеристики описанной данным выражением представлен на рис. 1.

При изображении ВАХ масштаб по осям прямых и обратных напряжений выбирается разным, так как эти значения различаются

на порядки. Разные масштабы создают впечатление излома характеристики в нулевой точке, в действительности же ВАХ является дифференциально гладкой. На прямой ветви характеристики зависимость тока от напряжения носит экспоненциальный характер, а после прохождения напряжения через пороговое значение $U_{\text{пр}}$ дальнейшее изменение напряжения на десятые доли вольта вызывает значительное изменение тока через диод.

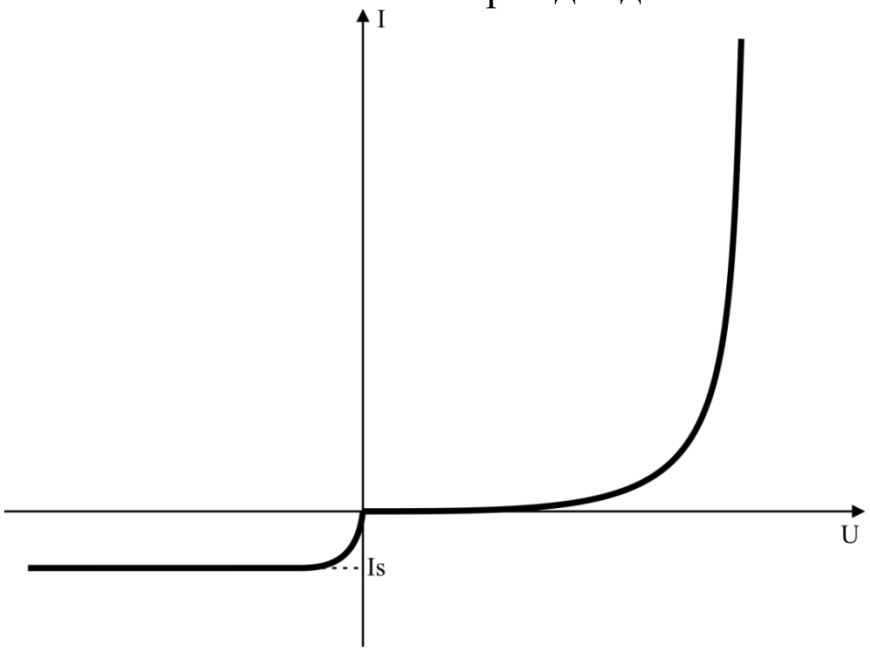


Рисунок 1 – ВАХ идеального p-n перехода

Единственным параметром ВАХ, связанным с физико-конструктивными параметрами и геометрическими размерами активной области диода, является ток насыщения I_s.

$$I_s = \frac{qD_{pb}n_i^2}{N_{Db}L_{pb}th(\frac{W_b}{L_{pb}})},$$

где q – заряд электрона; n_{i} – собственная концентрация носителей заряда в полупроводнике; N_{Db} и L_{pb} – коэффициент диффузии и диффузионная длина неосновных носителей в ней; W_{b} – толщина базы; F – площадь p-n перехода.

ВАХ реального диода отличается от характеристики идеального p-n перехода в силу ряда причин:

- Рекомбинации и генерации дырок и электронов в ОПЗ перехода;
- Падения напряжения на объемном сопротивлении базы;

- Появления эффектов высокого уровня инжекции при больших токах;
- Наличия токов утечки через p-n переход;
- Начала пробоя на обратной ветви ВАХ;
- Неоднородного легирования базы;
- Разогрева p-n перехода выделяемой мощностью.

Перечисленные эффекты приводят к тому, что ВАХ диода описывается только качественно.

Обратная ветвь ВАХ образуется суммой трех составляющих: тока насыщения I_s, тока термогенерации в ОПЗ p-n перехода I_G и тока утечки $I_{УТ}$. Соотношение между этими составляющими для диодов из разных полупроводниковых материалов различно:

$$I_{ОБР} = I_S + I_G + I_{УТ}.$$

Ток термогенерации в p-n-переходе описывается формулой

$$I_G = q\frac{n_i}{\tau_{pn}}\delta F,$$

где δ – ширина p-n перехода; τ_{pn} – эффективное время жизни, характеризующее темп генерации электронно-дырочных пар в ОПЗ перехода. Ток зависит от приложенного обратного напряжения через зависимость $\delta(U)$. Ток утечки обусловлен проводящими каналами внутри p-n перехода и на поверхности кристалла. Он зависит от площади и периметра перехода и ряда других факторов и имеет примерно линейную зависимость от обратного напряжения.

Прямая ветвь ВАХ реального диода сохраняет экспоненциальную зависимость тока от напряжения, поэтому ее можно описывать выражениями типа:

$$I = I_0(e^{\frac{qU}{mkT}} - 1) \approx I_0 e^{\frac{qU}{mkT}},$$

где I_0 и m – параметры характеристики, которые могут изменяться на различных участках ВАХ.

Сравнение характеристик диодов из различных материалов

Исследуемые в работе диоды выполнены из различных полупроводниковых материалов, но имеют примерно одинаковые физико-конструктивные параметры. Отличие их характеристик связано с отличием параметров:

- Ширины запрещенной зоны;

- Подвижности носителей заряда;
- Время жизни носителей заряда

Наибольшее влияние на различие параметров оказывает разница в значениях ширины запрещенной зоны E_g. Она определяет собственную концентрацию носителей заряда n_i, которая входит в выражение параметров ВАХ.

Токи насыщения всех диодов, кроме германиевого, очень малы и составляют единицы наноампер, поэтому основным компонентом обратного тока этих диодов является ток утечки. Основное отличие прямых ветвей ВАХ различных диодов заключается в различном значении тока насыщения.

Стабилитрон – это полупроводниковый диод, работающий при обратном смещении в режиме пробоя. Рабочим участком стабилитрона является обратная ветвь ВАХ (рисунок 2). На данном участке ВАХ в области, где происходит электрический пробой p-n перехода, наблюдается слабая зависимость напряжения на p-n переходе от величины протекающего тока. Данную особенность используют для фиксации уровней напряжения.

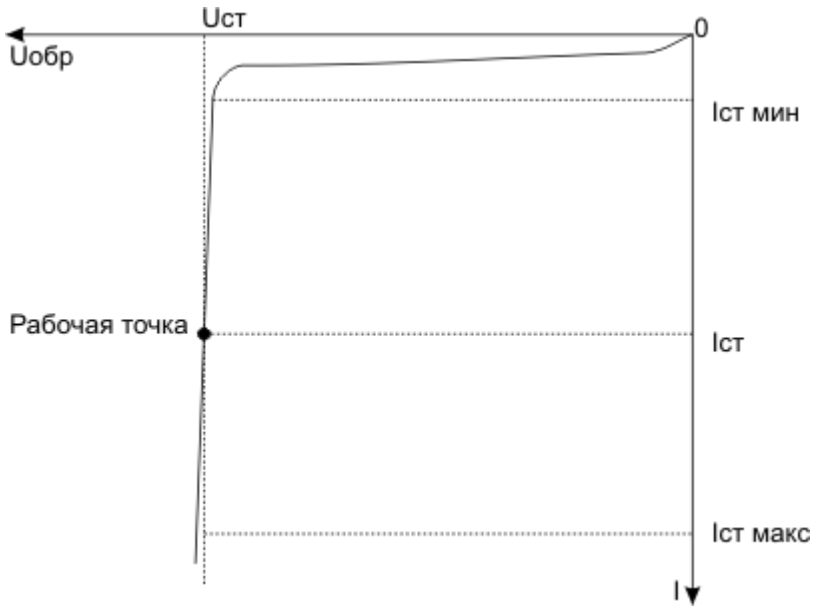


Рисунок 2 – Рабочий участок вольт-амперной характеристики стабилитрона

К основным параметрам стабилитрона относят:

Напряжение стабилизации U_{cm}, при заданном токе стабилизации I_{cm}.

Дифференциальное сопротивление в рабочей точке

$$r_{диф} = \frac{dU_{ст}}{dI_{ст}} \approx \frac{\Delta U_{ст}}{\Delta I_{ст}}.$$

Чем меньше дифференциальное сопротивление, тем лучше стабилизирующие свойства прибора.

Температурный коэффициент напряжения стабилизации ТКН

$$ТКН = \left(\frac{\Delta U_{ст}}{\Delta I_{ст}} \right) \cdot 100\%$$

Применение стабилитронов хорошо показано в простейшей схеме стабилизации напряжения, представленной на рис. 3.

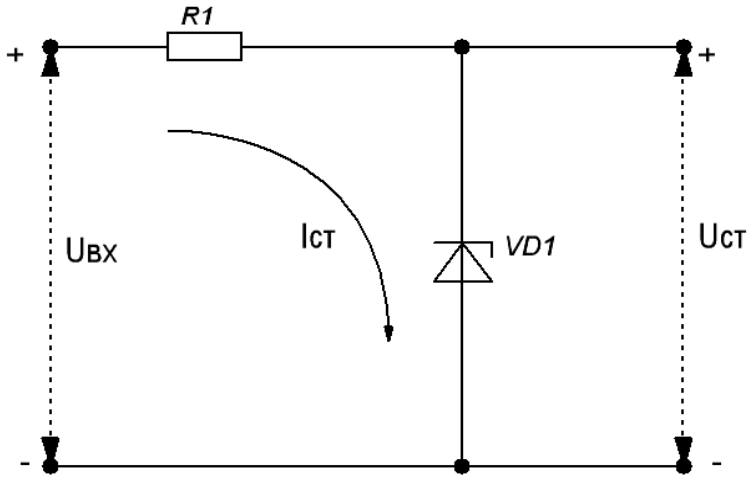


Рисунок 3 – Схема простейшего стабилизатора напряжения

Резистор $R1$ задает ток в общей цепи $I_{ст} = \frac{U_{вх} - U_{ст}}{R}$, который изменяется пропорционально нестабилизированному входному напряжению $U_{вх}$. Поскольку при изменении тока стабилитрон обеспечивает постоянное напряжение, то на выходе получается стабилизированное напряжение $U_{ст}$.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Для исследования вольт-амперной характеристики реального диода студентам необходимо произвести сборку схемы эксперимента, изображенную на рисунке 4.

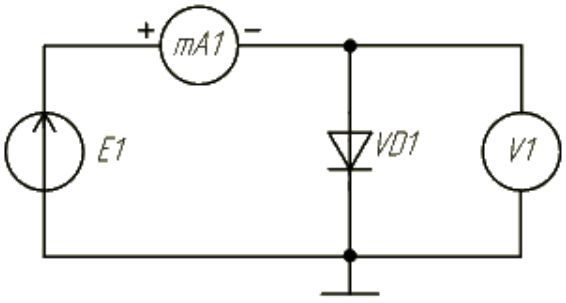


Рисунок 4 – Схема эксперимента

В качестве миллиамперметра и вольтметра могут быть использованы цифровой осциллограф либо цифровые мультиметры. В качестве источника используется управляемый источник напряжения на учебном стенде NI ELVIS. В целях обеспечения бесперебойной работы генератора стенда в цепь необходимо включить ограничивающее сопротивление *R*, значение которого студентам необходимо рассчитать, используя параметры стенда.

После сборки схемы и ее проверки преподавателем, студентам необходимо произвести серию экспериментов. Путем регулировки значения напряжения на выходе с генератора и записью показаний приборов в таблицу. Для исследования вольт-амперной характеристики стабилитрона студентам необходимо собрать схему простейшего стабилизатора напряжения используя монтажную панель стенда NI ELVIS с включением измерительных приборов в цепь.

В качестве миллиамперметра и вольтметра могут быть использованы цифровой осциллограф либо цифровые мультиметры. В качестве источника используется управляемый источник напряжения на учебном стенде NI ELVIS. После сборки схемы и ее проверки преподавателем, студентам необходимо произвести серию экспериментов. Путем изменения значения напряжения на выходе с генератора и записью показаний приборов в таблицу.

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по данной лабораторной работе должен быть оформлен в соответствии с требованиями, приведенными в приложении 1.

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- Схему эксперимента.
- Расчет ограничивающего сопротивления.
- Таблицу результатов и график ВАХ.
- Выводы в виде сравнения ВАХ реального и идеального диодов.
- Выводы в виде сравнения ВАХ реального и идеального стабилитрона.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Объясните выпрямляющее действие диода.
2. Приведите основные параметры выпрямительного диода.
3. Как влияет температура на диод?
4. Чем определяется рабочая область диода?

5. В чем заключается основное свойство диода?
6. По каким параметрам выбираются диоды в схемах?
7. Объясните принцип работы стабилитрона.
8. Приведите основные параметры стабилитрона.
9. Как влияет температура на стабилитрон?
10. Чем определяется рабочая область стабилитрона?
11. Что такое рабочая точка?
12. По каким параметрам выбираются стабилитроны в схемах?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. ИССЛЕДОВАНИЕ БИПОЛЯРНОГО ТРАНЗИСТОРА

Цель работы: изучить принципы работы, основных параметров и характеристик биполярных транзисторов.

КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Биполярный транзистор (БПТ) – это трехэлектродный полупроводниковый прибор с двумя p-n переходами, применяющийся для усиления и генерации электрических сигналов, имеющий три вывода (в некоторых модификациях – более трех). Биполярные транзисторы строятся на основе структур p-n-p или n-p-n. Процессы в данных структурах проходят одинаково.

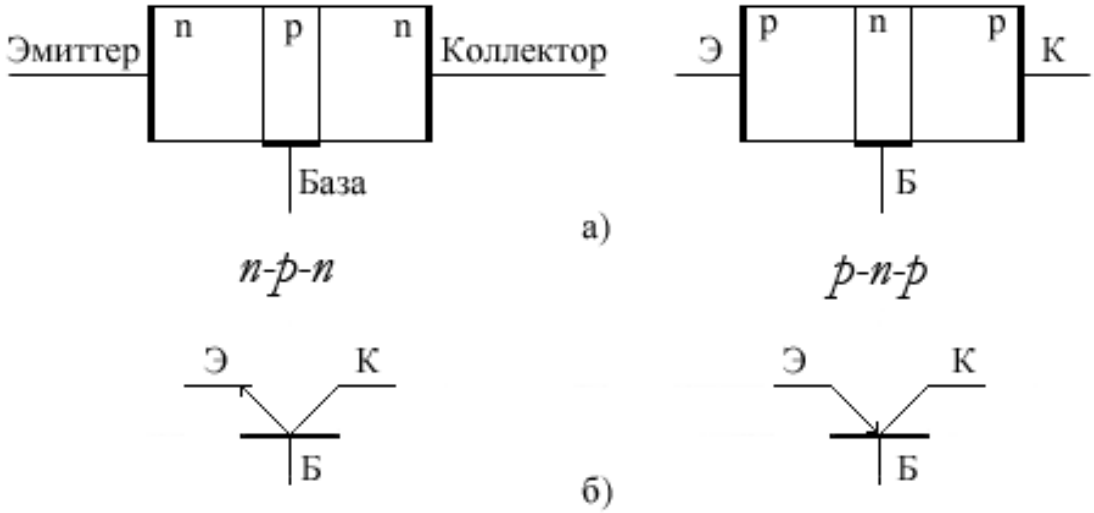


Рисунок 1 – Структура (а) и обозначение (б) БПТ

Центральная область структуры называется базой, две другие области являющиеся источниками зарядов и приемниками называются эмиттер и коллектор соответственно.

В основном рабочем режиме, который носит название Активный, эмиттерный переход смещен в прямом направлении. Это означает, что к переходу «эмиттер – база» прикладывается прямое напряжение, а переход «коллектор – база» смещен в обратном направлении.

Основной схемой включения БПТ считают схему, где общим электродом для входной и выходной цепи является электрод эмиттера.

Для анализа усилительных свойств транзистора применяются семейства входных и выходных характеристик. Для схемы с общим эмиттером (ОЭ) входными будут являться зависимости $I_б = f(U_б)$ при $U_к = const$ (рис. 2, а), а выходными – $I_к = f(U_к)$ при $I_б = const$ (рис. 2, б).

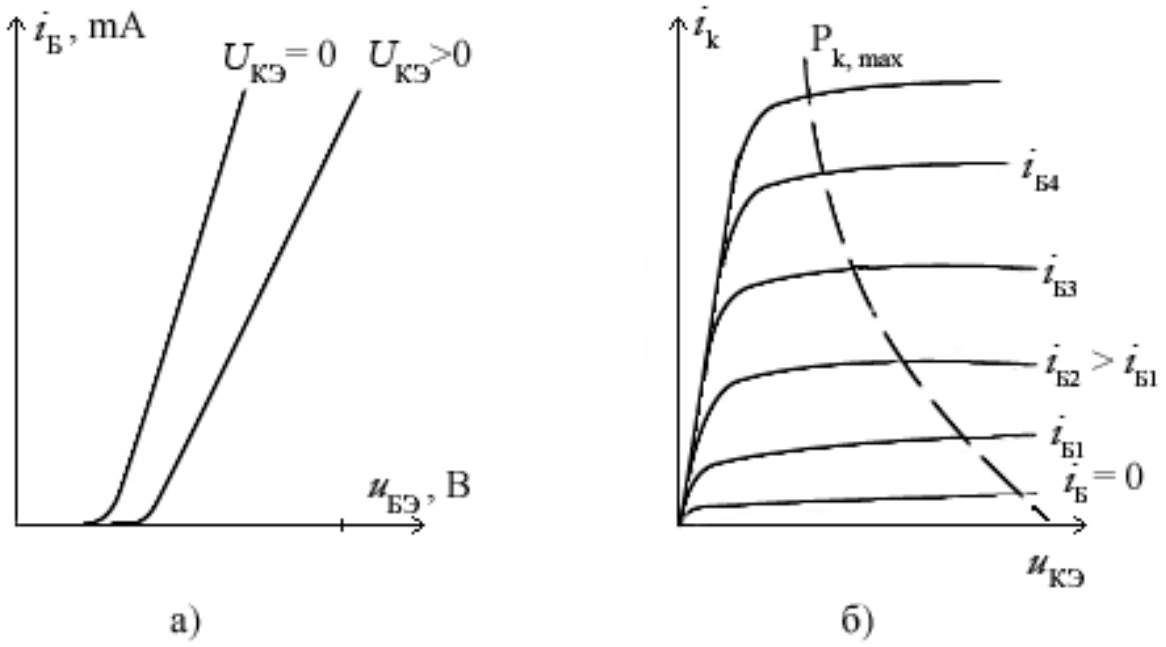


Рисунок 2 – Входные (а) и выходные характеристики (б) БПТ

Наклон характеристик в активном режиме обусловлен модуляцией ширины базы коллекторным напряжением. С ростом обратного напряжения на коллекторе увеличивается ширина области пространственного заряда (ОПЗ) коллекторного перехода и уменьшается ширина базы, вследствие чего рекомбинация дырок в базе становится меньше и коллекторный ток возрастает.

В схеме с общим эмиттером помимо большого усиления по напряжению происходит значительное усиление по току и, как следствие, по мощности.

К параметрам транзистора, отвечающим за усиление электрического сигнала относят статический коэффициент усиления по току для схемы с общим эмиттером $\beta = \frac{\Delta I_к}{\Delta I_б}$, при $U_{кэ} = const$ и α – коэффициент усиления по току для схемы с общей базой, $\alpha = \frac{\Delta I_к}{\Delta I_э}$ при $U_{кб} = const$. Данные коэффициенты связанны между собой зависимостью $\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Снять семейство входных характеристик транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером при напряжении коллектора 0; –5; –10 В, ток базы изменять в пределах 0–200 мкА
2. Снять семейство выходных характеристик транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером, при фиксированных значениях тока базы 0, 40, 80, 120, 160, 200 мкА напряжение коллектора изменять в диапазоне от 0 до –10 В.
3. Исходя из полученных результатов определить параметры транзистора.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ

Самостоятельная работа студентов заключается в решении задач по теме «Транзисторы», задания выдаются индивидуально преподавателем.

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по данной лабораторной работе должен быть оформлен в соответствии с требованиями, приведенными в приложении 1.

Отчет по лабораторной работе №3 должен содержать:

- Схему эксперимента.
- Таблицу экспериментальных данных.
- Входные и выходные характеристики БПТ.
- Рассчитанные параметры транзистора.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Объясните принцип действия биполярного транзистора.
2. Приведите основные параметры БПТ.

3. Какие характеристики являются входными и выходными при различных схемах включения?

4. Привести примеры схем включения БПТ различных типов?

5. Чем обусловлен ток коллекторного перехода в случае, когда ток через эмиттерный переход равен нулю?

6. Как определить по входным и выходным характеристикам БПТ h-параметры?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. ИССЛЕДОВАНИЕ УСИЛИТЕЛЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА КЛАССА А ПО СХЕМАМ С ОЭ И ОК

Цель работы: изучить принципы работы однокаскадного усилителя собранного по схемам с общим коллектором и с общим эмиттером.

КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Усилительный каскад с общим эмиттером представлен на рис. 1. Источник переменной ЭДС с внутренним сопротивлением подключается к входным зажимам усилителя. Усиленное входное напряжение снимается с нагрузочного резистора.

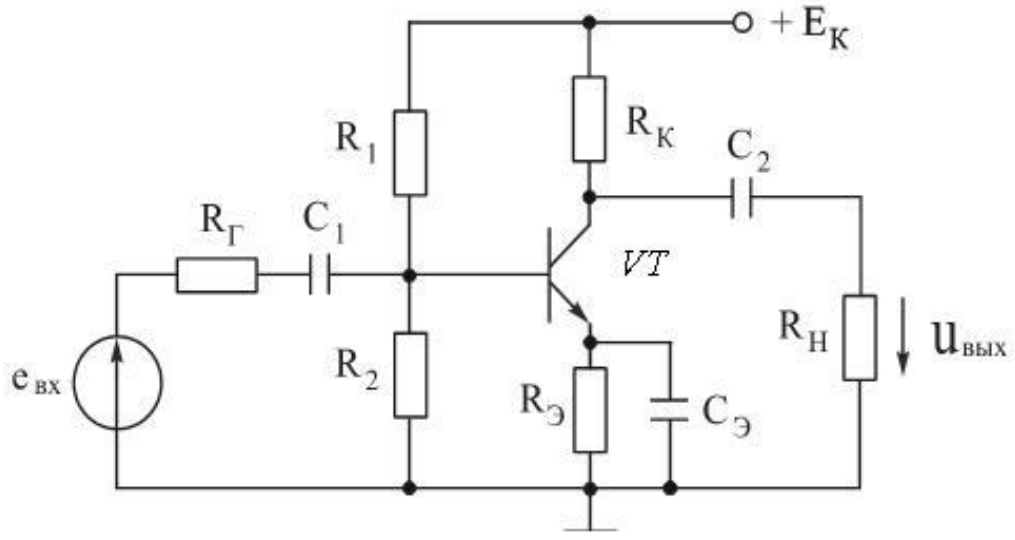


Рисунок 1 – Усилительный каскад с общим эммиттером.

При этом выходная мощность усиленного сигнала значительно больше мощности сигнала на входе.

Цепь автоматического смещения транзистора создается с помощью сопротивления и конденсатора включенного в цепь эмиттера.

Схема усилительного каскада с общим коллектором отличается от схемы каскада с общим эмиттером отсутствием цепи автоматического смещения и отсутствием нагрузки в цепи коллектора.

Схема дает усиление по току и по мощности.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. С помощью тумблеров необходимо привести стенд в состояние, при котором будет собрана схема с ОЭ.
2. Установить значение Ек = 15 В.
3. Устанавливая различные значения входного напряжения снять зависимости выходного напряжения.
4. Изменить коллекторное сопротивление и повторить п. 3.
5. Включить все сопротивление в цепи коллектора и повторить п. 3.
6. Установить сопротивление смещения в 1 кОм и повторить п. 3–5.
7. Увеличить сопротивление нагрузки до 4,3 кОм и повторить п. 3.
8. Задать сопротивление нагрузки 1 кОм и повторить п. 3.
9. Перевести схему в состояние ОК.
10. Снять зависимость выходного напряжения от входного.
11. Повторить п. 10 при сопротивлении эмиттерной цепи 1 кОм.
12. Повторить п. 10 при сопротивлении эмиттерной цепи 2 кОм.
13. Повторить п. 12. для усилителя, нагруженного на сопротивление в 4,3 кОм.
14. Повторить п. 13 для нагрузки в 1 кОм.
15. Повторить п. 13. для нагрузки в 5,7 кОм.
16. По полученным значениям построить амплитудные характеристики нагруженного усилителя и построить зависимость коэффициента усиления от сопротивления нагрузки. Определить коэффициенты усиления.
17. Графически определить ток и напряжение покоя, амплитуды переменного тока. Нанести точку покоя на входные характери-

стики и определить значение тока базы. Сравнить расчетные и экспериментальные результаты.

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по данной лабораторной работе должен быть оформлен в соответствии с требованиями, приведенными в приложении 1. Отчет должен содержать:

1. Электрическую схему усилителя.
2. Таблицы экспериментальных данных.
3. Амплитудные характеристики усилителей.
4. Результаты определения коэффициентов усиления.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Основные показатели усилительных каскадов.
2. Чем обусловлены нелинейные искажения усилителей?
3. Объясните назначение элементов усилительного каскада.
4. Каким образом задается режим работы транзистора усилительного каскада?
5. Почему коэффициент усиления зависит от частоты сигнала, подаваемого на вход усилителя?
6. Как определить входное и выходное сопротивление усилительного каскада?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5. ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРАЦИОННЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ

Цель работы: изучить принципы работы операционных усилителей.

КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Операционный усилитель (ОУ) – это электронный усилитель напряжения с высоким коэффициентом усиления, имеющий дифференциальный вход (два входа с разным знаком) и один выход. Напряжение на выходе может превышать разность напряжений на входах в сотни или даже тысячи раз.

ОУ может быть выполнен на полевых или биполярных транзисторах. Типовой ОУ на биполярных транзисторах состоит из схемы формирования разности величины входных напряжений или токов и, начиная с Q10, схемы усилителя – рисунок 1. При этом по

нумерации транзисторов очевидно, что на самом деле их больше, чем показано на схеме. Не показанные на схеме транзисторы входят в состав «источников тока» – круглые элементы со стрелкой.

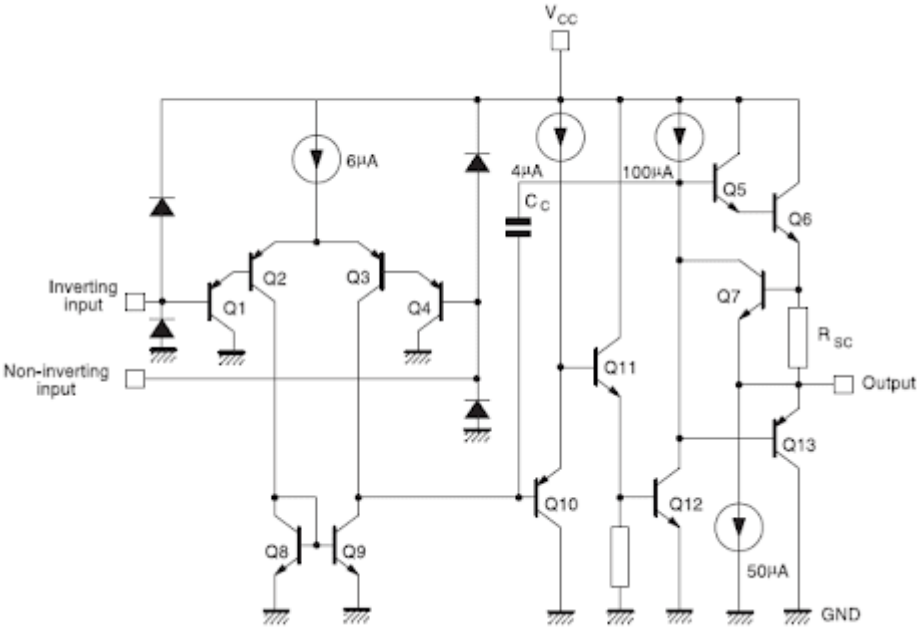


Рисунок 1 – Пример типовой схемы операционного усилителя на биполярных транзисторах.

Входы ОУ имеют большое, в идеале бесконечное, входное сопротивление, а выхода малое, в идеале нулевое, выходное сопротивление. Это позволяет ОУ эффективно работать с сигналами очень малой мощности и создавать большие выходные токи.

Идеальный ОУ характеризуется тем, что коэффициент нелинейных искажения сигнала стремится к нулю на всем (бесконечно большом) диапазоне рабочих частот. В реальном ОУ искажения будут присутствовать, но многие модели способны обеспечивать действительно малую величину искажений в ограниченном рабочем диапазоне частот, определяемом параметрами элементов.

Одной из особенностей реального ОУ является невозможность выдавать выходное напряжение равное величине напряжения питания, а только 0,7–0,8 от его величины. Так же при наличии нулевого входного напряжения может присутствовать некоторая малая постоянная величина на выходе, которая потребует дополнительных мер и внешних элементов для ее компенсации. При этом существуют модели ОУ способные выдавать выходное напряжение во всем диапазоне напряжения питания («rail-to-rail»), а также поддерживать ноль на выходе при нуле на входе.

Для эффективной работы некоторых схем на ОУ, в частности

инвертирующего усилителя, требуется наличие двухполярного напряжения питания. При таком питании на ОУ поступают напряжения «+» и «-», а также существует средняя точка – ноль, к которой одним из выводов подключаются нагрузка и источники сигнала. При этом сама средняя точка не подключается непосредственно к ОУ.

Среди параметров ОУ можно выделить собственную емкость (сдвиг фазы, задержка прохождения сигналов, искажение несинусоидальных сигналов) а также собственные (входные) шумы, что особо важно при усилении особо слабых сигналов. Если величина шумов сопоставима с усиливаемым сигналом, то они могут полностью подавить полезный сигнал.

Варианты условных графических обозначений операционного усилителя приведены на рисунке 2. На рисунке А и Б обозначены выводы питания «+U» и «-U», которые, для облегчения восприятия схемы, часто не обозначают. На рисунке В приведено обозначение в соответствии с ГОСТом.

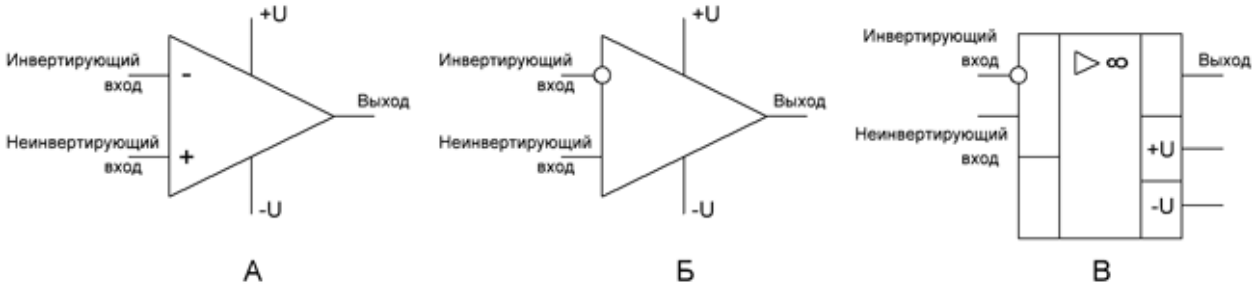


Рисунок 2 – Варианты условных графических обозначений операционного усилителя.

Компаратор – это устройство для сравнения величин двух напряжений. Знак напряжения на выходе компаратора меняется на противоположный, если величина напряжения на одном входе не совпадает с величиной напряжения на другом.

Условное графическое обозначение компаратора аналогично обозначению ОУ. Принцип действия компаратора показан на рисунке 3. При этом в реальном компараторе переключение происходит не мгновенно, а по нарастающей, но на коротком интервале разницы входных напряжения. Выход компаратора, в отличие от ОУ, не содержит усилительного каскада: в нем используется только один транзистор, коллектор которого выведен как «выход с открытым коллектором». Поэтому для работы компаратора к выходу

необходимо подключать подтягивающий резистор.

Если присутствуют колебания входной величины на границе переключения компаратора, то на выходе будут наблюдаться многократные, непредсказуемые переключения. Чтобы этого избежать в схему вводят обратную связь для создания зоны гистерезиса, которая повышает стабильность работы схемы.

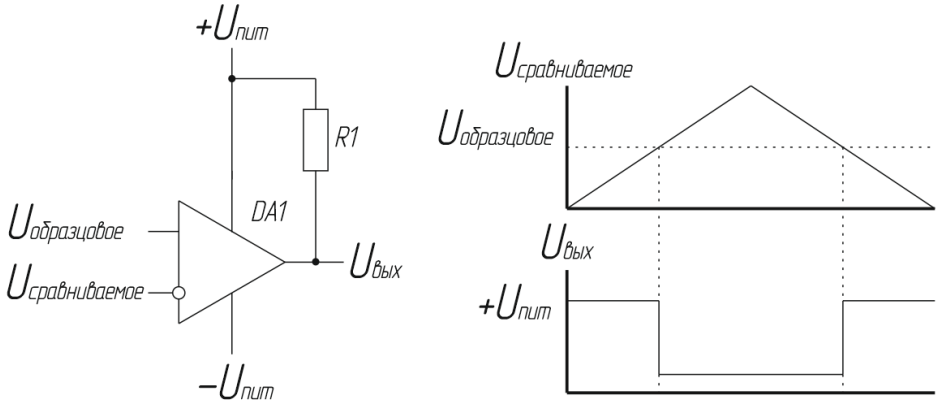


Рисунок 3 – Схема подключения и (идеальная) диаграмма работы компаратора с выходом типа открытый коллектор (ОК)

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Собрать схему для испытания операционного усилителя.
2. Выполнить измерения его параметров.
3. Рассчитать коэффициенты.

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по данной лабораторной работе должен быть оформлен в соответствии с требованиями, приведенными в приложении 1. Отчет должен содержать:

1. Электрическую схему экспериментальной установки.
2. Таблицы экспериментальных данных.
3. Характеристики усилителей.
4. Результаты определения коэффициентов усиления.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Основные параметры операционных усилителей.
2. Чем обусловлены нелинейные искажения усилителей?
3. Чем обусловлена задержка выходного сигнала?
4. Почему коэффициент усиления зависит от частоты сигнала, подаваемого на вход усилителя?

5. Каковы преимущества высоких входных и малых выходных сопротивлений?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6. ИССЛЕДОВАНИЕ ТИПОВЫХ СХЕМ НА ОПЕРАЦИОННЫХ УСИЛИТЕЛЯХ

Цель работы: ознакомиться с типовыми практическими схемами на операционных усилителях (ОУ), как релаксационные генераторы; изучить условия, обеспечивающие режим самовозбуждения; проанализировать как структура схемы и значения ее элементов влияют на параметры генерируемых импульсов.

КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Генераторами являются такие схемы, которые производят периодические колебания различных форм, например, прямоугольные, треугольные, пилообразные и синусоидальные. В генераторах обычно применяются различные активные компоненты, лампы или кварцевые резонаторы, а также пассивные – резисторы, конденсаторы, индуктивности.

Существует два основных класса генераторов – релаксационные и гармонические. Релаксационные генераторы производят треугольные, пилообразные и другие несинусоидальные сигналы.

Релаксационные генераторы импульсов используются в качестве задающих частоту работы других устройств, делителей частоты, запускающих и переключающих устройств, генераторов развертки электронного луча осциллографических, радиолокационных и телевизионных трубок.

Усилительный элемент и ОУ в таких генераторах работают в ключевом режиме.

Релаксационные генераторы могут работать в автоколебательном и ждущем режимах, а также в режимах синхронизации и деления частоты.

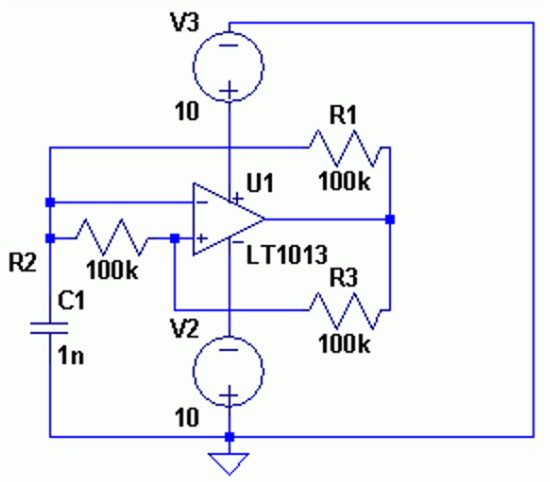


Рисунок 1 – Схема релаксационного генератора

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Собрать схему, приведенную на рис. 1. В среде моделирования LTSpice.
2. Настроить режим моделирования следующим образом:
   a. Stop Time = 0.01,
   b. Time to Start saving Data = 0,
   c. Maximum Timestep = 1u.

Для этого в меню **Simulate** следует выбрать **Edit simulation Cmd.**

3. Разместить полученную команду в любом месте схемы.
4. В панели управления нажать кнопку "пуск" (или в меню **Simulate** выбрать **Run**), появится пустое окно симуляции. Теперь нужно навести курсор на любой проводник в окне схемы, форма курсора изменится и превратится в щуп, и если кликнуть левой кнопкой мыши, то в окне симуляции появится график осциллограммы напряжения. Чтобы добавить на график другую осциллограмму следует кликнуть по другому проводнику, удерживая нажатой клавишу **Ctrl**. Если навести курсор на какой-либо компонент, то форма курсора изменится на токовые клещи, соответственно клик в таком случае покажет осциллограмму тока, протекающего через данный компонент.

Чтобы удалить какую-либо осциллограмму с графика, следует воспользоваться ножницами (Функциональная клавиша F5).

5. Снять зависимость колебаний от величины сопротивления резисторов в цепи генератора последовательно изменяя сопротивления резисторов R1, R2, R3

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по данной лабораторной работе должен быть оформлен в соответствии с требованиями, приведенными в приложении 1.

1. Электрическую схему генератора.
2. Полученные осциллограммы.
3. Выводы о влиянии сопротивлений на генератор.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое генератор электрических сигналов?
2. Приведите классификацию генераторов электрических сигналов.
3. На какой элементной базе могут строиться генераторы?
4. В чем преимущества и недостатки генераторов на ОУ?
5. Принцип действия релаксационного генератора на ОУ.
6. В чем заключаются отличия релаксационных генераторов от гармонических.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7. ИССЛЕДОВАНИЕ ПАССИВНЫХ И АКТИВНЫХ ФИЛЬТРОВ

Цель работы: изучить принципы работы, основные параметры и характеристики пассивных и активных фильтров.

КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Операционный усилитель (ОУ) – унифицированный многокаскадный усилитель постоянного тока, выполненный на интегральной схеме и удовлетворяющий следующим требованиям к электрическим параметрам:

– коэффициент усиления по напряжению стремится к бесконечности ($K_U \to \infty$);

– входное сопротивление стремится к бесконечности ($R_{ВХ} \to \infty$);

– выходное сопротивление стремится к нулю ($R_{ВЫХ} \to 0$);

– если входное напряжение стремится к нулю, то выходное напряжение также равно нулю ($U_{ВХ} = 0 \to U_{ВЫХ} = 0$);

– бесконечная полоса усиливаемых частот ($f_B \to \infty$).

Являясь, по существу, идеальным усилительным элементом, ОУ составляет основу всей аналоговой электроники, что стало возможным в результате достижений современной микроэлектроники, позволившей реализовать достаточно сложную структуру ОУ в интегральном исполнении на одном кристалле и наладить массовый выпуск подобных устройств. Все это позволяет рассматривать ОУ в качестве простейшего элемента электронных схем подобно диоду, транзистору и т. п. Следует отметить, что на практике ни одно из перечисленных выше требований ОУ не может быть удовлетворено полностью.

Операционный усилитель – это аналоговая интегральная схема, снабженная, как минимум, пятью выводами.

Два вывода ОУ используются в качестве входных, один вывод является выходным, два оставшихся вывода используются для подключения источника питания ОУ. С учетом фазовых соотношений входного и выходного сигналов один из входных выводов называется неинвертирующим, а другой – инвертирующим. Выходное напряжение $U_{вых}$ связано с входными напряжениями $U_{вх1}$ и $U_{вх2}$ соотношением

$$U_{вых} = K_{U0} (U_{вх1} - U_{вх2}),$$

где K_{U0} – собственный коэффициент усиления ОУ по напряжению.

Питание операционного усилителя осуществляется от двух разнополярных источников. В реальных ОУ напряжение питания лежит в диапазоне ±3 В…±18 В.

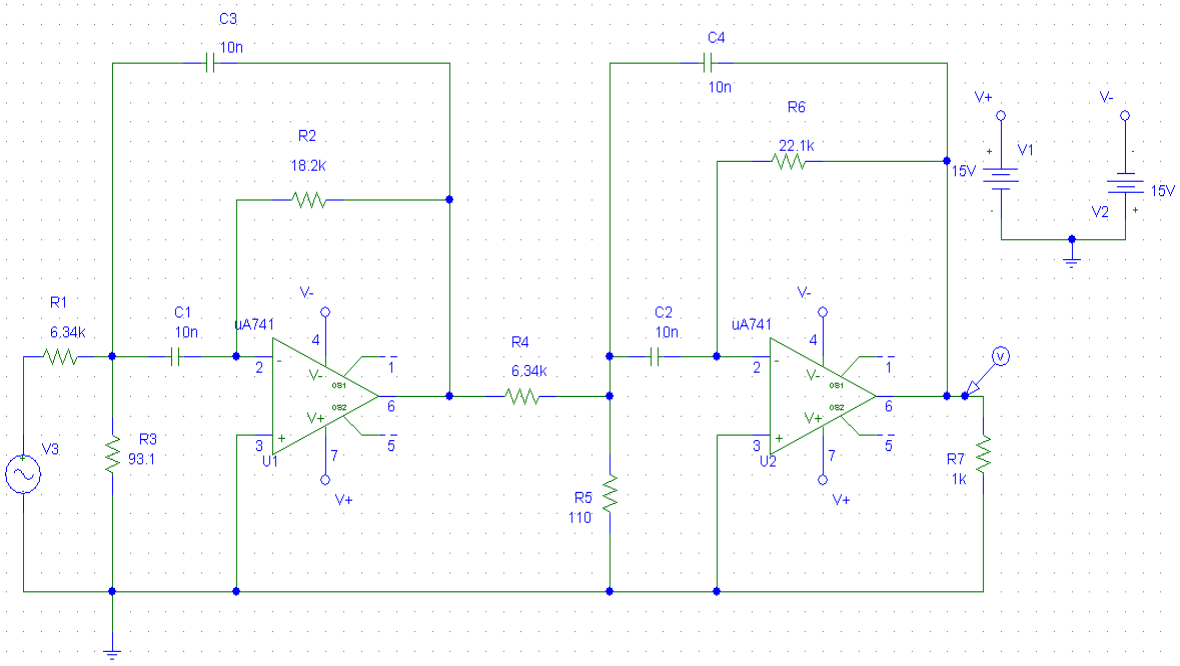


Рисунок 1 – Активный полосовой фильтр

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Соберите схему, указанную на рис. 1. Это активный полосовой фильтр на базе двух ОУ. Одной из наиболее важных характеристик подобных схем является ее частотная характеристика.
2. Проведите анализ в режиме AC Sweep. (рисунок 2)

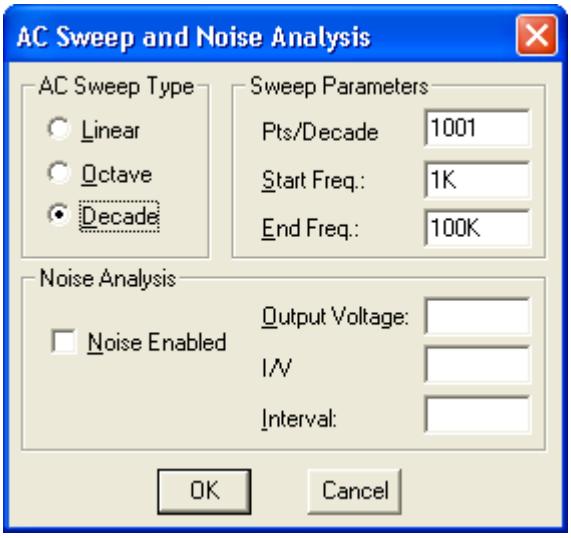


Рисунок 2 – Параметры анализа в редиме AC Sweep

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по данной лабораторной работе должен быть оформлен в соответствии с требованиями, приведенными в приложении 1. Отчет должен содержать:

1. Электрические схемы фильтра.
2. Параметры схемы.
3. Осциллограммы напряжений.
4. Выводы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что представляет собой операционный усилитель?
2. Приведите порядок величины коэффициента усиления ОУ.
3. Где используются ОУ?
4. Приведите основные характеристики ОУ.
5. Какие типы усилителей, использующих ОУ, вам известны?
6. По каким соотношениям необходимо рассчитывать эти схемы?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8. ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Цель работы: изучить принципы работы, простейших логических элементов и схем.

Работа проводится на учебном стенде ОАВТ, на передней панели блока установлены тумблеры SA1-SA5 и кнопки SB1-SB3 предназначенные для ввода информации. Положение тумблера, при котором вывод замкнут на общий провод, соответствует уровню логического 0, уровню логической 1 соответствует положение, когда вывод замкнут на +5 В. На передней панели блока установлен светодиодный индикатор для индикации режима работы, а также входной и выходной информации устройства.

КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

К простейшим комбинационным схемам относят схемы, составленные из основных логических элементов: И, ИЛИ, НЕ и их комбинации.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Работа проводится на плате П1 с технологическими картами 1.1–1.9, на которых изображена принципиальная схема исследуемого устройства в виде логических элементов выполняющих определенные логические функции. Необходимо составить таблицы истинности для каждой исследуемой схемы.

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Схемотехническая реализация исследуемых схем и элементов.
2. Таблицы истинности.
3. Конспект.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Основные законы булевой алгебры.
2. Привести таблицы истинности для основных логических элементов.

3. Какие узлы схемы базового элемента транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ) определяют вид его переходной характеристики?

4. Почему скорость переключения логических элементов конечная и что ее определяет?

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

Цель и задачи

Практические занятия по дисциплине «Основы электроники» предназначены для формирования у студентов знаний по анализу и синтезу электронных схем. Для достижения этой цели в рамках данной дисциплины рассматриваются особенности построения и функционирования электронных схем. Все практические занятия проводятся в интерактивной форме с обязательным участием каждого студента в обсуждении учебного материала.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1
Расчет схем с пассивными компонентами

1. Цель занятия.

Практическое занятие направлено на структурирование и анализ полученных ранее сведений о токах, напряжениях и мощности в цепях с пассивными электронными компонентами (резистор, конденсатор и катушка индуктивности), а также на формирование навыков и умений расчета простейших электрических схем.

2. Содержание занятия.

Занятие проводится в форме обсуждения материала, изученного студентами в процессе самостоятельной работы по данной дисциплине, и выполнения математических расчетов. Рассматривается выбранная преподавателем электрическая схема. Математически рассчитываются протекающие в ней токи, величины напряжений и значения мощности на отдельных участках цепи. Делаются выводы о целесообразности представленного включения элементов. Изучается влияние элементов цепи на проходящий через нее сигнал.

3. Подведение итогов.

Занятие проводится в интерактивной форме с обязательным участием всех студентов в обсуждении рассматриваемых вопросов.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Закон Ома для участка цепи.
2. Основные параметры резистора
3. Основные параметры конденсатора.
4. Основные параметры катушки индуктивности.

5. Фильтры низких частот.

6. Фильтры высоких частот.

7. Последовательное и параллельное включение конденсаторов.

8. Последовательное и параллельное включение резисторов.

9. Формула полной мощности для цепей переменного тока.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2
Расчет схем с одним активным компонентом

1. Цель занятия.

Рассмотреть методы расчета электрических цепей с одним активным компонентом типа «диод».

2. Содержание занятия.

Занятие проводится в форме обсуждения материала, изученного в процессе самостоятельной работы по данной дисциплине, и выполнения математических расчетов.

Рассматриваются методы расчета электрических цепей, содержащих нелинейные компоненты. Изучается влияние полупроводникового диода на форму проходящего сигнала. Анализируются: протекание токов, значения напряжений и мощности в данной цепи в зависимости от формы входного сигнала.

3. Подведение итогов.

Занятие проводится в интерактивной форме с обязательным участием всех студентов в обсуждении рассматриваемых вопросов.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Принцип работы полупроводникового диода.

2. Причины возникновения искажения сигнала.

3. Типовые схемы с использованием одного диода.

4. Зависимость обратного тока диода от температуры.

5. Основные параметры полупроводникового диода.

6. Влияние частоты сигнала на работу схемы.

7. Правила выбора полупроводникового диода.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3
Расчет схем с группой активных компонентов

1. Цель занятия.

Рассмотреть методы расчета электрических цепей, содержащих полупроводниковые приборы – диод и транзистор.

2. Содержание занятия.

Занятие проводится в форме обсуждения материала, изученного в процессе самостоятельной работы по данной дисциплине, и выполнения математических расчетов.

Рассматриваются методы расчета электрических цепей с нелинейным компонентом. Изучается влияние полупроводникового диода и биполярного транзистора на форму проходящего сигнала. Анализируются: протекание токов, значения напряжений и мощности в данной цепи в зависимости от формы и частоты входного сигнала. Особое внимание уделяется искажениям, вносимым в форму сигнала.

3. Подведение итогов.

Занятие проводится в интерактивной форме с обязательным участием всех студентов в обсуждении рассматриваемых вопросов.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Принцип работы биполярного транзистора.
2. Причины возникновения искажения сигнала.
3. Типовые схемы с использованием одного транзистора.
4. Типовые схемы включения транзистора.
5. Зависимость параметров биполярного транзистора от повышения или понижения его температуры.
6. Основные параметры биполярного транзистора.
7. Влияние частоты сигнала на работу схемы.
8. Правила выбора биполярного транзистора.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4
Программное моделирование работы электронных схем

1. Цель занятия.

Ознакомить студентов с методами математического моделирования электрических схем в программной среде «LTspice».

2. Содержание занятия.

Занятие проводится в форме обсуждения материала, изученного студентами в процессе самостоятельной работы по данной дисциплине, и выполнения компьютерного моделирования.

Студенты знакомятся с компьютерной средой моделирования. В этой среде они собирают и испытывают все схемы, которые были рассчитаны на предыдущих практических занятиях. Далее проводится анализ результатов моделирования и их сравнение с результатами ранее выполненных расчетов.

3. Подведение итогов.

Занятие проводится в интерактивной форме с обязательным участием всех студентов в обсуждении рассматриваемых вопросов.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Математические принципы компьютерного моделирования.
2. Виды источников сигнала в среде «LTspice».
3. Способы отображения формы сигнала в среде «LTspice».
4. Применения среды «LTspice» для моделирования работы схем при изменяющихся параметрах входного сигнала.
5. Причины отличия значений, полученных в ходе компьютерного моделирования, от рассчитанных ранее.

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Общие положения

Целью самостоятельной работы по дисциплине «Основы электроники» является систематическое изучение дисциплины в течение семестра, закрепление и углубление полученных знаний и навыков, подготовка к предстоящим занятиям, формирование культуры умственного труда и самостоятельности в поиске и приобретении новых знаний и умений для углубления профессиональных компетенций. Самостоятельная работа студента осуществляется путем выполнения домашних заданий в форме подготовки отчетов по выполненным лабораторным работам, изучению дополнительной литературы и составления обзоров.

Семестр 3

Домашнее задание № 1.

Решение типовых задач из курса физики по темам «Цепи постоянного тока», «Цепи переменного тока».

Домашнее задание № 2.

Оформление отчета по практической работе № 1.

Домашнее задание № 3.

Оформление отчета по практической работе № 2.

Домашнее задание № 4.

Оформление отчета по практической работе № 3.

Домашнее задание № 5.

Изучение документации к среде моделирования LTSpice IV.

Составить конспект по изученным материалам. Ответить на вопросы:

1. Как происходит процесс компьютерного моделирования?

2. В чем заключаются недостатки методов компьютерного моделирования?

Домашнее задание № 6.

Оформление отчета по практической работе № 4.

Домашнее задание № 7.

Подготовка к экзамену

Семестр 4

Домашнее задание № 1.

Оформление отчета по лабораторной работе № 1.

Домашнее задание № 2.

Оформление отчета по лабораторной работе № 2.

Домашнее задание № 3

Оформление отчета по лабораторной работе № 3.

Домашнее задание № 4.

Оформление отчета по лабораторной работе № 4.

Домашнее задание № 5.

Оформление отчета по лабораторной работе № 5.

Домашнее задание № 6

Оформление отчета по лабораторной работе № 6.

Домашнее задание № 7

Оформление отчета по лабораторной работе № 7.

Домашнее задание № 8.

Составление обзора по современным технологиям и типам аналогово-цифровых преобразователей (АЦП).

Ответить на вопросы:

1. Какой тип АЦП обладает наибольшей скоростью быстродействия?

2. Какой тип АЦП обладает наибольшей точностью?

Домашнее задание № 9.

Оформление отчета по лабораторной работе № 8.

Домашнее задание № 10.

Подготовка к экзамену

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пасынков, В. В. Полупроводниковые приборы : учебное пособие / В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. – 9-е изд. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 480 с. – ISBN 978-5-8114-0368-4. – URL: https://e.lanbook.com/book/210338 (дата обращения: 18.09.2026).

2. Информационно-измерительная техника и электроника : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки «Электроэнергетика» / под ред. Г. Г. Ранеева. – Москва : Академия, 2006. – 512 с. – ISBN 5769522216.

3. Белов, Н. В. Электротехника и основы электроники : учебное пособие / Н. В. Белов, Ю. С. Волков. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 432 с. – ISBN 978-5-8114-1225-9. – URL: https://e.lanbook.com/book/210866 (дата обращения: 18.09.2026).

4. Миловзоров, О. В. Электроника : учебник для вузов / О. В. Миловзоров, И. Г. Панков. – Москва : Высшая школа, 2004. – 288 с.

5. Прянишников, В. А. Электроника: полный курс лекций / В. А. Прянишников. – Санкт-Петербург : Корона-принт, 2004. – 416 с.

6. Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях. Лаборатория на компьютере : учебное пособие для вузов : в 2 т. / под ред. Д. И. Панфилова. – Т. 2 : Электроника. – Москва : Изд-во МЭИ, 2004. – 304 с.

7. Зиновьев, Г. С. Основы силовой электроники : учебное пособие для студентов специальности 200400 «Промышленная электроника» / Г. С. Зиновьев. – Новосибирск : НГТУ, 2004. – 672 с.

8. Современная электроника : журнал для специалистов. – Москва : СТА-Пресс.

9. Электротехника : ежемесячный научно-технический журнал / департамент машиностроения Минпрома РФ и др. – Москва: Знак : Электротехника.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Правила оформления отчета

Текст отчета должен быть подготовлен в редакторе Microsoft Word в формате .doc или .rtf.

Шрифт – Times New Roman, кегль 14, междустрочный интервал – единичный. Размер статьи – не более 3 листов со списком литературы.

Параметры страницы: формат листа А4, ориентация листов – книжная, верхнее/нижнее поле 2,5 см, правое/левое поле 2,5 см. Абзацный отступ – 1,25 см. Выравнивание основного текста статьи – по ширине поля. Установить автоматическую расстановку переносов.

Титульный лист отчета должен содержать:

- Название университета;
- название кафедры;
- **НАЗВАНИЕ ОТЧЕТА** (буквы прописные, жирный шрифт, выравнивание по центру);
- номер лабораторной (практической) работы;
- И. О. Фамилия автора, группа;
- И. О. Фамилия преподавателя, должность;
- Строка для отметки о защите отчета;
- Город (буквы строчные, выравнивание по центру) и год.

Формулы, включенные в основной текст, должны полностью набираться в редакторе формул Microsoft Equation с выравниванием по центру и пропуском строки сверху и снизу (номер формулы выравнивается по правому краю поля). Размеры всех элементов формул должны быть соизмеримы с текстовыми размерами.

Иллюстрации, входящие в состав отчета, выравниваются по центру и должны иметь подпись формата Рис. ** (номер рисунка)

Ссылки в тексте на источник – в квадратных скобках в строгом соответствии с библиографическим списком.