

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 30.09.2021 11:13:06

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)**

Кафедра биомедицинской инженерии

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по

учебной работе

О.Г. Локтионова

«Юго-Западный государственный университет»

«ЮЗГУ»



ВВЕДЕНИЕ В НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ И ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КАРЬЕРЫ

Методические указания к выполнению лабораторной работы
студентов для студентов направления подготовки 12.03.04 –
“Биотехнические системы и технологии”

Курск 2017

УДК 681.324

Составители: Н.А. Кореневский

Рецензент

Доктор технических наук, профессор *В.С. Титов*

Введение в направление подготовки и планирование профессиональной карьеры: методические указания к лабораторным работам для студентов/ Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Н.А. Кореневский, Курск, 2016. 70 с. с ил.

Методические указания по структуре, содержанию и стилю изложения материала соответствуют методическим и научным требованиям, предъявляемым к учебным и методическим пособиям.

Рассматриваются вопросы изучения элементной базы радиоэлектроники, изготовления печатных плат для простейших электронных схем, их монтаж и проверка работоспособности с помощью электронных осциллографов. Приобретаются навыки в проведении компьютерного тестирования человека.

Предназначены для студентов направления подготовки 12.03.04 очной и заочной форм обучения

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать *5.05.17*. Формат 60x84 1/16
Усо.печ.л.*4,07*. Уч.-изд.л.*3,68*. Тираж *50* экз. Заказ: *845*. Бесплатно.
Юго-Западный государственный университет.
305040. г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Лабораторная работа №1	5
Элементная база биотехнических систем. Назначение, маркировка	5
Лабораторная работа №2	38
Проверка исправности радиоэлементов мультитестером.....	38
Лабораторная работа №3	45
Монтаж и демонтаж электронных узлов и блоков	45
Лабораторная работа №4	53
Изучение принципов работы и измерений с помощью осциллографов	53
Лабораторная работа №5	61
Сборка и проверка работоспособности простейших электронных блоков.....	61
Лабораторная работа №6	66
Исследование психических свойств человека с помощью компьютерных тестов	66
Приложение А.....	67
Приложение Б	69
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	70

Введение

Предлагаемое методическое пособие ориентировано на закрепление таких структурных компонентов, как уметь и владеть навыками работы с радиоэлектронными компонентами, с простейшими электронными схемами, использовать в своей работе электронные осциллографы, а также уметь проводить оценку человека – оператора биотехнических систем, с помощью компьютерных тестов.

Выполнение этих работ способствует формированию мотивации к будущей профессиональной деятельности.

Лабораторная работа №1

Элементная база биотехнических систем. Назначение, маркировка

1. Цель работы: научить студентов по внешнему виду и маркировке определять тип и назначение элементов, а также определять их характеристики.

В результате выполнения лабораторной работы студент должен овладеть следующей структурной составляющей в рамках компетенции ПК-3:

Уметь: по внешнему виду, маркировке и надписям определять тип и назначение элементов, а также определять их характеристики.

Владеть: приемами маркировки электронных компонентов радиотехнических систем.

2. Информационные материалы к занятию

2.1 Резисторы

2.1.1 Определение и классификация резисторов

Резистором называется пассивный элемент радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), предназначенный для создания в электрической цепи требуемой величины сопротивления, обеспечивающей перераспределение и регулирование электрической энергии между элементами схемы.

Выпускаемые отечественной промышленностью резисторы классифицируются по различным признакам. В зависимости от характера изменения сопротивления резисторы разделяют на **постоянные** — значение сопротивления фиксировано; **переменные** — с изменяющимся значением сопротивления.

В зависимости от назначения резисторы делятся на **общего назначения** и **специальные** (прецизионные, сверхпрецизионные, высокочастотные, высоковольтные, высокомегаомные).

Резисторы общего назначения используются в качестве нагрузок активных элементов, поглотителей, делителей в цепях питания, элементов фильтров, шунтов, в RC — цепях формирования импульсных сигналов и т. д. Диапазон

номинальных сопротивлений этих резисторов 1 Ом... 10 МОм, номинальные мощности рассеяния — 0,125...100 Вт. Допускаемые отклонения сопротивления от номинального значения ± 1 , ± 2 , ± 5 , ± 10 , $\pm 20\%$

Прецизионные и **сверхпрецизионные** резисторы отличаются высокой стабильностью параметров и высокой точностью изготовления (допуск $\pm 0,0005...0,5\%$). Данные резисторы применяются в основном в измерительных приборах, системах автоматики, счетно-решающих устройствах. Диапазон этих резисторов значительно шире, чем резисторов общего назначения.

Высокочастотные резисторы отличаются малыми собственными индуктивностью и емкостью и предназначены для работ в высокочастотных цепях, кабелях и волноводах.

Высоковольтные резисторы рассчитаны на работу при больших (от единиц до десятков киловольт) напряжениях.

Высокомегаомные резисторы имеют диапазон номинальных сопротивлений от десятков мегаом до единиц тераом. Высокомегаомные резисторы применяются в цепях с рабочим напряжением до 400 В и обычно работают в режиме малых токов. Мощности рассеяния их невелики (до 0,5 Вт).

В зависимости от способа защиты от внешних факторов резисторы делятся на неизолированные, изолированные, герметизированные и вакуумные.

Неизолированные резисторы с покрытием или без него не допускают касания своим корпусом шасси аппаратуры.

Изолированные резисторы имеют изоляционное покрытие (лак, компаунд, пластмасса) и допускают касание корпусом шасси и токоведущих частей радиоэлектронной аппаратуры (РЭА).

Герметизированные резисторы имеют герметичную конструкцию корпуса, которая исключает влияние окружающей среды на его внутреннее пространство. Герметизация осуществляется с помощью опрессовки специальным компаундом.

Вакуумные резисторы имеют резистивный элемент, помещенный в стеклянную вакуумную колбу.

По способу монтажа резисторы подразделяются на резисторы для навесного и печатного монтажа, для микромодулей и интегральных микросхем.

По материалу резистивного элемента резисторы делятся на проволочные, непроволочные, металлофольговые.

Проволочные — резисторы, в которых резистивным элементом является высокоомная проволока (изготавливается из высокоомных сплавов: константан, нихром, никелин).

Непроволочные — резисторы, в которых резистивным элементом являются пленки или объемные композиции с высоким удельным сопротивлением.

Металлофольговые — резисторы, в которых резистивным элементом является фольга определенной конфигурации.

Непроволочные резисторы можно разделить на тонкопленочные (толщина слоя в нанометрах), толстопленочные (толщина в долях миллиметра), объемные (толщина в единицах миллиметра).

Тонкопленочные резисторы подразделяются на металлодиэлектрические, металлоокисные и металлизированные с резистивным элементом в виде микрокомпозиционного слоя из диэлектрика и металла, или тонкой пленки окиси металла, или сплава металла; углеродистые и бороуглеродистые, проводящий элемент которых представляет собой пленку пиролитического углерода или борорганических соединений.

К **толстопленочным** относят лакосажевые, керметные и резисторы на основе проводящих пластмасс. Проводящие резистивные слои толстопленочных и объемных резисторов представляют собой гетерогенную систему (композицию) из нескольких фаз, получаемую механическим смещением проводящего компонента, например графита или сажи, металла или окисла металла, с органическими или неорганическими наполнителями, пластификаторами или отвердителем. После термообработки образуется монолитный слой с необходимым комплексом параметров.

В **объемных** резисторах в качестве связующего компонента используют органические смолы или стеклоэмали. Проводящим компонентом является углерод.

В резистивных керметных слоях основным проводящим компонентом являются металлические порошки и их смеси, представляющие собой керамическую основу с равномерно распределенными частицами металла.

2.1.2 Условные обозначения и маркировка резисторов

В полных обозначениях резисторов указываются подклассы, группы, регистрационные номера, параметры и характеристики резисторов. С этой системой обозначений можно познакомиться в специальной справочной литературе.

Для использования в простых электронных схемах общего назначения часто достаточно знать номинал используемого сопротивления и сокращенное обозначение его конструктивных особенностей.

Кодированное обозначение номинальных сопротивлений состоит из трех или четырех знаков, включающих две цифры и букву или три цифры и букву. 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} .

Например, 5R1, 150 K, 2M2 обозначают 5,1 Ом, 150 кОм, 2,2 МОм соответственно.

Часто, если номинал сопротивления определяется в Омах, буквенные обозначения не ставят. Например, цифра 150, написанная на резисторе, обозначает номинал 150 Ом.

Конструктивные особенности резисторов обозначаются тремя буквами: первая обозначает материал резистивного элемента (*У* — углеродистые, *К* — композиционные, *М* — металлопленочные, *П* — проволочные и т. д.); вторая буква обозначает вид защиты (*Л* — лакированные, *Г* — герметизированные, *Э* — эмалированный и т. д.); третья буква — особые свойства или назначение резистора (*Т* — теплостойкие, *П* — прецизионные, *В* — высоковольтные и т. д.). Например, МЛТ — металлопленочные лакированные теплостойкие, КЛВ — композиционные лакированные высоковольтные резисторы.

После этой группы букв часто ставят мощность, рассеиваемую резистором. Например, запись МЛТ-0,5 означает, что резистор рассеивает мощность 0,5 Вт. Если эта мощность будет превышать, резистор начнет перегреваться и в конце концов сгорит.

Некоторые заводы-изготовители на миниатюрных резисторах используют цветовую маркировку в виде кругов или полос.

Для маркировки цветным кодом номинальное сопротивление резисторов в Омах выражается двумя или тремя цифрами (в случае трех цифр — последняя цифра не равна нулю) и множителем 10^n , где n — любое число от -2 до $+9$.

Маркировочные знаки сдвигают к одному из торцов резистора и располагают слева направо в следующем порядке:

первая полоса — первая цифра	} номинальное сопротивление
вторая полоса — вторая цифра	
третья полоса — множитель	
четвертая полоса — допуск	

Цвета знаков маркировки номинального сопротивления и допусков должны соответствовать указанным в табл. 1.1. Пример цветной маркировки приведен на рис. 1.1.

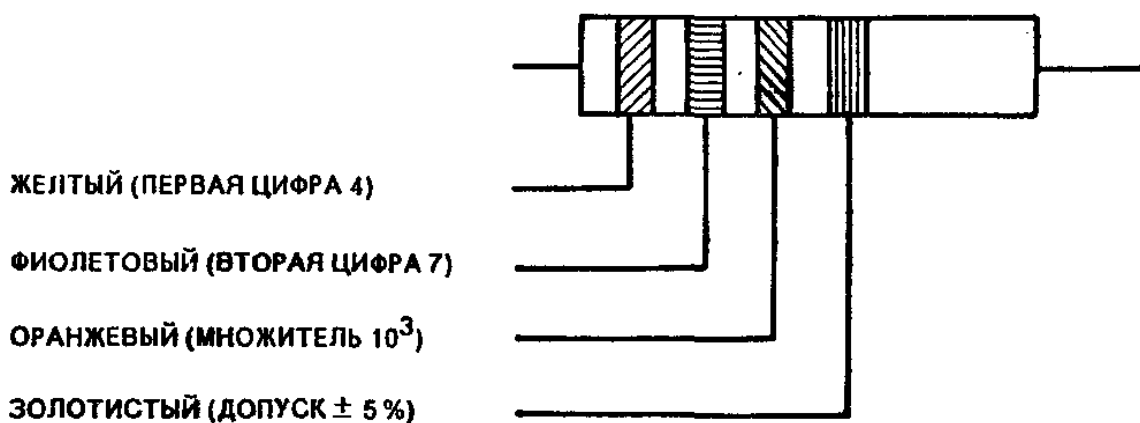


Рис. 1.1 Маркировка резисторов цветным кодом

Таблица 1.1 Цвета знаков маркировки номинального сопротивления и допусков

Цвет знака	Номинальное сопротивление, Ом				Допуск, %
	Первая цифра	Вторая цифра	Третья цифра	Множитель	
1	2	3	4	5	6
Серебристый	—	—	—	10^{-2}	± 10
Золотистый	—	—	—	10^{-1}	± 5
Черный	—	0	—	1	—
Коричневый	1	1	1	10	± 1
Красный	2	2	2	10^2	± 2
Оранжевый	3	3	3	10^3	—
Желтый	4	4	4	10^4	—
Зеленый	5	5	5	10^5	$\pm 0,5$
Голубой	6	6	6	10^6	$\pm 0,25$
Фиолетовый	7	7	7	10^7	$\pm 0,1$
Серый	8	8	8	10^8	$\pm 0,05$
Белый	9	9	9	10^9	—

Условные графические обозначения постоянных резисторов на рис. 1.2, переменных на – рисунке 1.3.

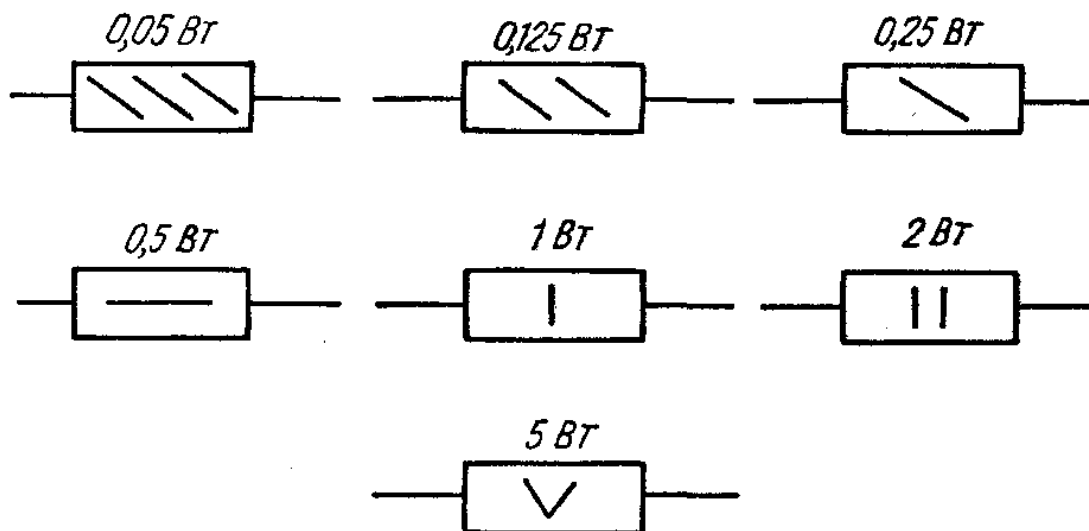


Рис. 1.2 Условные графические обозначения постоянных резисторов различной мощности и рассеяния

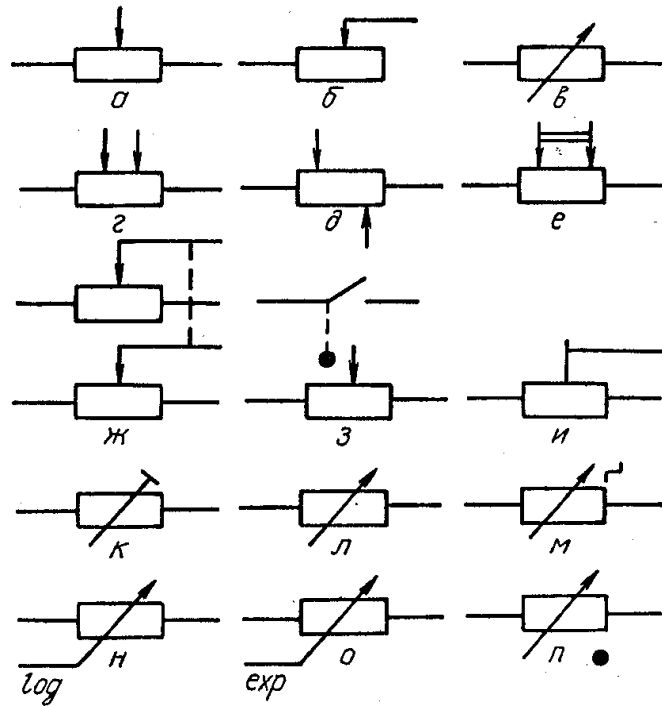


Рис. 1.3 Условные графические обозначения переменных резисторов:

a, б – резистор переменный; *в* – резистор переменный в реостатном включении; *г*, *д* – резистор переменный с двумя подвижными контактами; *е* – резистор переменный с двумя подвижными контактами; *ж* – резистор переменный сдвоенный; *з* – резистор переменный с замыкающим контактом; *и*, *к* – резистор подстроечный; *л* – резистор с плавным регулированием; *м* – резистор со ступенчатым регулированием; *н* – резистор с логарифмической характеристикой регулирования; *о* – резистор с экспоненциальной характеристикой регулирования; *п* – резистор, у которого регулировка выведена на переднюю панель

2.1.3 Основные электрические параметры резисторов

Для оценки свойств резисторов используются следующие основные параметры: номинальное сопротивление, допустимое отклонение величины сопротивления от номинального значения (допуск), номинальная мощность рассеяния, предельное напряжение, температурный коэффициент сопротивления, коэффициент напряжения, уровень собственных шумов, собственная емкость и индуктивность.

Номинальное сопротивление R_N — это электрическое сопротивление, значение которого обозначено на резисторе или указано в сопроводительной документации. ГОСТ 2825—67 устанавливает для резисторов шесть рядов номиналов

сопротивлений: E6, E12, E24, E48, E96, E192 (цифра указывает число номинальных сопротивлений в ряду).

Шкала номинальных сопротивлений для постоянных резисторов общего применения по ряду E6, E12, E24 приведена в табл. 1.2.

Таблица 1.2 Номинальные сопротивления по ряду E6, E12, E24

Индекс ряда	Числовые коэффициенты, умноженные на любое число, кратное 10
E6	1,0; 1,5; 2,4; 3,3; 4,7; 6,8
E12	1,0; 1,5; 2,2; 3,3; 4,7; 6,8
E24	1,2; 1,8; 2,7; 3,9; 5,6; 8,1
	1,0; 1,5; 2,2; 3,3; 4,7; 6,8
	1,1; 1,6; 2,4; 3,6; 5,1; 7,5
	1,2; 1,8; 2,7; 3,9; 5,6; 8,2
	1,3; 2,0; 3,0; 4,3; 6,2; 9,1

Допуск — максимально допустимое отклонение реальной величины сопротивления резистора от его номинального значения, выраженное в процентах.

Согласно ГОСТ 9664—74, установлен ряд допусков (в процентах): $\pm 0,001$; $\pm 0,002$; $\pm 0,005$; $\pm 0,01$; $\pm 0,02$; $\pm 0,05$; $\pm 0,1$; $\pm 0,25$; $\pm 0,5$; ± 1 ; ± 2 ; ± 5 ; ± 10 ; ± 20 ; ± 30 .

Номинальная мощность рассеяния P_n — это наибольшая мощность, которую резистор может рассеивать в течение гарантированного срока службы (наработка) при сохранении параметров в установленных пределах. Значение P_n зависит от конструкции резистора, физических свойств материалов и температуры окружающей среды.

Конкретные значения номинальных мощностей рассеяния в ваттах устанавливаются согласно ГОСТ 24013—80 и ГОСТ 10318—80 и выбираются из ряда: 0,01; 0,025; 0,05; 0,062; 0,125; 0,25; 0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 8; 10; 16; 25; 40; 63; 80; 100; 160; 250; 500.

Для нормальной работы резистора необходимо, чтобы мощность, выделяемая на резисторе в данной электрической цепи, не превышала номинальной мощности рассеяния:

$$\text{или } \begin{cases} P_n > P_{\text{потр}} \\ P_n > I^2 \cdot R. \end{cases}$$

Определение номинальной мощности рассеяния указывается на корпусах крупногабаритных резисторов, а у малогабаритных производится по размерам корпуса.

Предельное напряжение $U_{\text{пред}}$ — это максимальное напряжение, при котором может работать резистор. Оно ограничивается тепловыми процессами, а у высокоомных резисторов — электрической прочностью резистора.

Температурный коэффициент сопротивления (ТКС) — это относительное изменение величины сопротивления резистора при изменении его температуры на один градус:

$$\text{ТКС} = \Delta R / R_0 \Delta T,$$

где R_0 — начальное значение величины сопротивления резистора, ΔR — изменение сопротивления. Значение ТКС прецизионных резисторов лежит в пределах от единиц до $100 \times 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$, а у резисторов общего назначения — от десятков до $2000 \times 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$.

Коэффициент напряжения K_p — это относительное изменение сопротивления резистора при изменении электрического напряжения в определенных пределах:

$$K_p = (R_{10} - R_{100}) / R_{10},$$

где R_{10} и R_{100} — сопротивления резистора при испытательном напряжении, соответствующем 10 и 100 % его номинальной мощности рассеяния. Значение K_p колеблется от десятых долей до единиц процентов.

Собственные шумы резисторов складываются из тепловых и токовых шумов.

Напряжение теплового шума зависит от величины сопротивления резистора и его температуры. ЭДС теплового шума определяется выражением:

$$E_T = B \sqrt{4kTR\Delta f},$$

где k — постоянная Больцмана; T — температура; R — сопротивление, Ом; Δf — полоса частот, в пределах которой определяется E_T .

При протекании тока по резистору возникают токовые шумы. Токовые шумы наиболее характерны для непроволочных резисторов. ЭДС токовых шумов определяется выражением

$$E_I = K_I U ,$$

где K_I — коэффициент, зависящий от конструкции резистора, свойств его резистивного элемента; U — напряжение на резисторе.

Значение ЭДС шумов для непроволочных резисторов находится в пределах от долей единиц до сотен микровольт на вольт.

Собственная емкость и индуктивность — характеристики, определяющие работу резистора на высоких частотах.

Собственная емкость резистора складывается из емкости резистивного элемента и емкости вводов. Собственная индуктивность определяется длиной резистивного элемента, размерами каркаса и геометрией вводов. Наименьшими собственной емкостью и индуктивностью обладают непроволочные резисторы, наибольшими — проволочные резисторы.

В отличие от постоянных резисторов переменные обладают, кроме вышеперечисленных, дополнительными характеристиками и параметрами. К ним относятся: функциональная характеристика, разрешающая способность, шумы скольжения, разбаланс сопротивления (для многоэлементного резистора).

Подробно эти характеристики описываются в специальной справочной литературе.

В качестве примера рассмотрим типовые справочные данные на металлодиэлектрические резисторы общего назначения.

МЛТ, ОМЛТ, МТ, С2-6, С2-11, С2-23, С2-33, С2-33Н, С2-33И, С2-50, Р1-4, Р1-7

Резисторы с металлодиэлектрическим проводящим слоем предназначены для работы в цепях постоянного, переменного и

импульсного тока в качестве элементов навесного монтажа. Резисторы С2-33Н, С2-33, С2-23, МЛТ, ОМЛТ, МТ, С2-6, С2-11, Р1-4 относятся к неизолированным, резисторы С2-33И — к изолированным, резисторы Р1-7 — к огнестойким невоспламеняемым. Конструкция резисторов приведена на рис. 1.4.

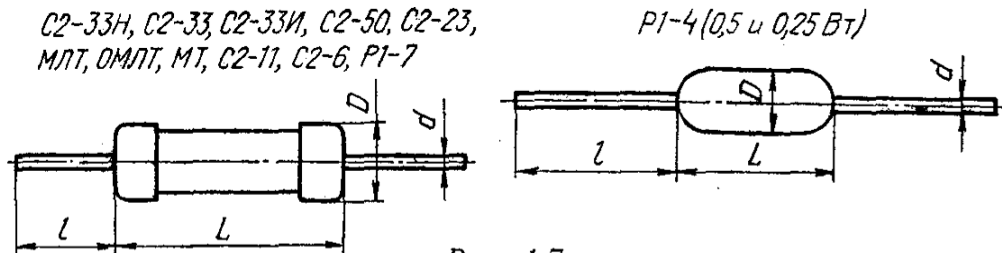


Рис. 1.4 Конструкция и размеры резисторов общего назначения

МЛТ, ОМЛТ

Номинальная мощность, Вт	Диапазон номинальных сопротивлений, Ом	Размеры, мм				Масса, г, не более
		D	L	l	d	
0,125	$8,2...3 \times 10^6$	2,2	6,0	20	0,6	0,15
0,25	$8,2...5,1 \times 10^6$	3,0	7,0	20	0,6	0,25
0,5	$1,0...5,1 \times 10^6$	4,2	10,8	25	0,8	1,0
1	$1,0...10 \times 10^6$	6,6	13,0	25	0,8	2,0
2	$1,0...10 \times 10^6$	8,6	18,5	25	1	3,5

Примечание. Промежуточные значения номинальных сопротивлений для МЛТ соответствуют рядам Е24, Е96 с допуском $\pm 5\%$; $\pm 10\%$ и ряду Е96 с допуском $\pm 2\%$

Температурный коэффициент сопротивления

Диапазон номинальных сопротивлений, Ом	ТКС, $10^{-6} 1/^\circ\text{C}$, в интервале температур, $^\circ\text{C}$	
	от -60 до $+20$	от $+20$ до $+125$
До 10×10^3	± 1200	± 600
$11 \times 10^3...1 \times 10^6$	± 1200	± 700
Свыше 1×10^6	± 1200	± 1000

Уровень собственных шумов, мкВ/В...5

Предельные эксплуатационные данные

Температура окружающей среды, °С	от –60 до +70
Предельное рабочее напряжение постоянного и переменного тока, В:	
0,125 Вт	200
0,25 Вт	250
0,5 Вт	350
1 Вт	500
2 Вт	750
Минимальная наработка, ч	25000
Срок сохраняемости, лет	15

2.2 Конденсаторы

2.2.1 Определение и классификация конденсаторов

Электрический конденсатор — это элемент электрической цепи, предназначенный для использования его емкости. Конденсатор представляет собой систему из двух электродов (обкладок), разделенных диэлектриком, и обладает способностью накапливать электрическую энергию.

Емкость конденсатора — электрическая емкость между электродами конденсатора, определяемая отношением накапливаемого в нем электрического заряда к приложенному напряжению. Емкость конденсатора зависит от материала диэлектрика, формы и взаимного расположения электродов $C=q/U$, где C —емкость, Ф; q — заряд, Кл; U — разность потенциалов на обкладках конденсатора, В.

За единицу емкости в Международной системе СИ принимают емкость такого конденсатора, у которого потенциал возрастает на один вольт при сообщении ему заряда один кулон (Кл). Эту единицу называют Фарадой (Ф). Для практических целей она слишком велика, поэтому на практике используют более мелкие единицы емкости: микрофараду (мкФ), нанофараду (нФ), пикофараду (пФ). $1 \text{ Ф} = 10^6 \text{ мкФ} = 10^9 \text{ нФ} = 10^{12} \text{ пФ}$.

В основу классификации конденсаторов положено деление их на группы по виду применяемого диэлектрика и по

конструктивным особенностям, определяющим использование их в конкретных цепях аппаратуры.

Вид диэлектрика определяет основные электрические параметры конденсаторов: сопротивление изоляции, стабильность емкости, величину потерь и др. Конструктивные особенности определяют характерные области применения: помехоподавляющие, подстроечные, дозиметрические, импульсные и др.

Дальнейшее деление групп конденсаторов по виду диэлектрика связано с использованием их в конкретных цепях аппаратуры, назначением и выполняемой функцией, например, низковольтные и высоковольтные, низкочастотные и высокочастотные, импульсные и др.

В зависимости от назначения можно условно разделить конденсаторы на конденсаторы общего и специального назначения. Конденсаторы **общего назначения** используются практически в большинстве видов и классов аппаратуры. Традиционно к ним относят наиболее распространенные низковольтные конденсаторы, к которым не предъявляются особые требования. Все остальные конденсаторы являются **специальными**. К ним относятся: высоковольтные, импульсные, помехоподавляющие, дозиметрические, пусковые и др.

По характеру изменения емкости различают конденсаторы постоянной емкости, переменной емкости и подстроечные.

Из названия конденсаторов **постоянной емкости** вытекает, что их емкость является фиксированной и в процессе эксплуатации не регулируется.

Конденсаторы **переменной емкости** допускают изменение емкости в процессе функционирования аппаратуры. Управление емкостью может осуществляться механически, электрическим напряжением (вариконды) и температурой (термоконденсаторы). Их применяют для плавной настройки колебательных контуров, в цепях автоматики и т. п.

Емкость **подстроечных** конденсаторов изменяется при разовой или периодической регулировке и не изменяется в процессе функционирования аппаратуры. Их используют для подстройки и выравнивания начальных емкостей сопрягаемых

контуров, для периодической подстройки и регулировки цепей схем, где требуется незначительное изменение емкости.

В зависимости от способа монтажа конденсаторы могут выполняться для печатного и для навесного монтажа, а также для сопряжения с ними. Выводы конденсаторов для навесного монтажа могут быть жесткие или мягкие, аксиальные или радиальные, из проволоки круглого сечения или ленты, в виде лепестков, с кабельным вводом, в виде проходных шпилек, опорных винтов. У конденсаторов для микросхем и микромодулей, а также СВЧ-конденсаторов в качестве выводов могут использоваться части их поверхности (безвыводные конденсаторы). У большинства типов оксидных, а также проходных и опорных конденсаторов одна из обкладок соединяется с корпусом, который служит вторым выводом.

По характеру защиты от внешних воздействий конденсаторы выполняются: незащищенными, защищенными, неизолированными, изолированными, уплотненными и герметизированными.

Незащищенные конденсаторы допускают эксплуатацию в условиях повышенной влажности только в составе герметизированной аппаратуры. **Защищенные** конденсаторы допускают эксплуатацию в аппаратуре любого конструктивного исполнения.

Неизолированные конденсаторы (с покрытием или без покрытия) не допускают касания своим корпусом шасси аппаратуры. Напротив, **изолированные** конденсаторы имеют достаточно хорошее изоляционное покрытие (компаунды, пластмассы) и допускают касания корпусом шасси или токоведущих частей аппаратуры.

Уплотненные конденсаторы имеют уплотненную органическими материалами конструкцию корпуса.

Герметизированные конденсаторы имеют герметичную конструкцию корпуса, который исключает возможность сообщения окружающей среды с его внутренним пространством. Герметизация осуществляется с помощью керамических и металлических корпусов или стеклянных колб.

По виду диэлектрика также можно разделить конденсаторы с органическим, неорганическим, газообразным и оксидным диэлектриком, который является также неорганическим, но в силу особой специфики характеристик выделен в отдельную группу.

На рис. 1.5 показано условное обозначение конденсаторов.

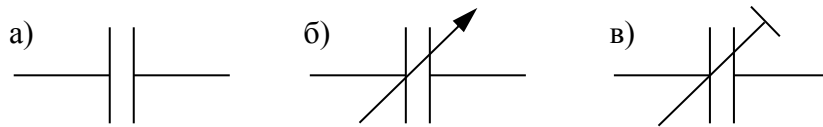


Рис. 1.5 Условные обозначения конденсаторов.

а – конденсатор постоянной емкости; б – конденсатор переменной емкости;
в – подстроечный конденсатор

2.2.2 Основные электрические параметры и характеристики

Удельная емкость конденсатора — отношение емкости к массе (или объему) конденсатора.

Номинальная емкость конденсатора — емкость, которую должен иметь конденсатор в соответствии с нормативной документацией. **Фактическая емкость** каждого экземпляра конденсатора отличается от номинальной, но не более чем на допустимое отклонение. Значения номинальной емкости всех типов конденсаторов постоянной емкости устанавливаются соответствующим стандартом в виде семи рядов значений.

Допускаемое отклонение емкости от номинальной (допуск) характеризует точность значения емкости. Значения этих отклонений установлены соответствующими стандартами в процентах для конденсаторов емкостью 10 пФ и более и в пикофарадах для конденсаторов с меньшей емкостью.

Номинальное напряжение — значение напряжения, обозначенное на конденсаторе (или указанное в документации), при котором он может работать в заданных условиях в течение срока службы с сохранением параметров в допустимых пределах. Номинальное напряжение зависит от конструкции конденсатора и свойств применяемых материалов. При эксплуатации напряжение на конденсаторе не должно превышать номинального. Для многих типов конденсаторов с увеличением температуры (как правило, более 70...85 °С) допустимое напряжение снижается.

Тангенс угла потерь ($\text{tg}\delta$). Потери энергии в конденсаторе определяются потерями в диэлектрике и обкладках. При

протекании переменного тока через конденсатор векторы тока и напряжения сдвинуты на угол δ . Угол δ называется углом диэлектрических потерь (или углом потерь). При отсутствии потерь $\delta = 0$. Тангенс угла потерь определяется отношением активной мощности P_a к реактивной P_p при синусоидальном напряжении определенной частоты:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{P_a}{P_p} = \frac{U \cdot I \cdot \cos \varphi}{U \cdot I \cdot \sin \varphi} = \frac{\cos(90 - \delta)}{\sin(90 - \delta)} = \frac{\sin \delta}{\cos \delta},$$

где φ — угол сдвига фаз между током и напряжением в цепи конденсатор — источник тока; δ — угол потерь, дополняющий до 90° угол сдвига фаз φ . Как правило, $\operatorname{tg} \delta$ имеет минимум в области комнатных температур. С ростом частоты значение $\operatorname{tg} \delta$ увеличивается. Величина, обратная $\operatorname{tg} \delta$, называется добротностью конденсатора. Чем больше добротность конденсатора, тем меньше потери в нем при прочих равных условиях.

Электрическое сопротивление изоляции конденсатора — электрическое сопротивление конденсатора постоянному току, определяемое соотношением $R_{\text{из}} = U/I_{\text{ут}}$, где U — напряжение, приложенное к конденсатору, $I_{\text{ут}}$ — ток утечки, или проводимости.

Допускаемая амплитуда переменного напряжения на конденсаторе $U_{\text{т.доп}}$ — амплитуда переменного напряжения, при которой потери энергии в конденсаторе не превышают допустимых. Значения $U_{\text{т.доп}}$ определяются по формуле $U_{\delta, \text{д.д.}} = \sqrt{P_{\delta, \text{д.д.}} / \pi \cdot f \cdot C}$, где $P_{\text{р.доп}}$ — допустимая реактивная мощность, В·А;

$$P_p = \omega C U^2 = 2\pi \cdot f \cdot C \cdot U^2; P_a = 2\pi \cdot f \cdot C \cdot U^2 \cdot \operatorname{tg} \delta,$$

где U — переменное напряжение на конденсаторе; ω — круговая частота; C — емкость конденсатора, Ф; f — частота переменного напряжения на конденсаторе, Гц.

Температурный коэффициент емкости (ТКЕ) — параметр, применяемый для характеристики конденсаторов линейной зависимостью емкости от температуры. Практически ТКЕ

определяют как относительное изменение емкости конденсатора при изменении температуры на 1 °С.

Стабильность параметров конденсаторов. Электрические свойства и срок службы конденсатора зависят от условий эксплуатации (воздействие тепла, влажности, радиации, вибраций, ударов и др.).

Температура и влажность окружающей среды являются важнейшими факторами, влияющими на надежность, долговечность и сохраняемость конденсаторов. Предельно допустимая температура для конденсаторов ограничивается заданием максимальной положительной температуры окружающей среды и величиной электрической нагрузки. Применение конденсаторов в условиях, превышающих эти ограничения, может вызвать резкое ухудшение параметров (снижение сопротивления изоляции, уменьшение емкости, увеличение тока и тангенса угла потерь), нарушение герметичности спаев. На конденсаторы в составе аппаратуры может еще воздействовать теплота, выделяемая другими сильно нагревающимися при работе аппаратуры изделиями.

Для многих типов конденсаторов в условиях низких температур характерно снижение емкости, особенно у оксидных и керамических конденсаторов. Все типы оксидных конденсаторов с жидким или пастообразным электролитом при температурах ниже 60 °С практически неработоспособны.

С ростом температуры окружающей среды напряжение на конденсаторе должно снижаться.

Воздействие влаги сказывается на снижении значения сопротивления изоляции (повышается вероятность пробоя), увеличении тангенса угла потерь.

Влага, кроме того, вызывает коррозию металлических деталей конденсаторов.

При эксплуатации аппаратуры конденсаторы подвергаются воздействию различного вида механических нагрузок: вибрации, ударам, ускорению и т. д. Как следствие могут возникнуть обрывы выводов, трещины и снижение электрической прочности.

2.2.3 Маркировка конденсаторов

Маркировка конденсаторов может быть либо буквенно-цифровая, содержащая сокращенное обозначение вышеперечисленных параметров, либо цветовая.

Кодированное обозначение номинальных емкостей состоит из двух или трех цифр и букв. Буква кода является множителем, составляющим значение емкости (табл. 1.3), и определяет положение десятичной дроби.

Допускаемое отклонение величины емкости в процентах от номинального значения указывают теми же буквами, что и допуски на сопротивление резисторов, однако, с некоторыми дополнениями. Кодированные значения допустимых отклонений от номинальной емкости приведены в табл. 1.3. для конденсаторов емкостью менее 10пФ допускаемое отклонение устанавливается в пикофарадах:

Допуск, пФ	$\pm 0,1$	$\pm 0,25$	$\pm 0,5$	± 1
Код	В	С	Д	Ф

Таблица 1.3 Кодированное обозначение номинальной емкости и допуска

Емкость			Допуск			
Множитель	Код	Значение	Допуск, %	Код	Допуск, %	Код
10^{-12}	р	пикофарады	$\pm 0,1$	В	± 20	М (В)
10^{-9}	п	нанофарады	$\pm 0,25$	(Ж)	± 30	N (Ф)
10^{-6}	μ	микрофарады	$\pm 0,5$	С (У)	-10...+30	Q (-)
10^{-3}	m	миллифарады	± 1	Д (Д)	-10...+50	T (Э)
1	F	фарады	± 2	Ф (Р)	-10...+100	Y
			± 5	G (Л)	-20...+50	(Ю)
			± 10	J (И)	-30...+80	S (Б)
				K (С)		Z (А)

Примечание. В скобках указано старое обозначение допуска.

Температурные коэффициенты емкости кодируются по правилам, приведенным в таблице 1.4.

Таблица 1.4 Цветовая и кодовая маркировка температурного коэффициента емкости (ТКЕ) керамических и стеклянных конденсаторов

Группа ТКЕ	Номинальное значение ТКЕ ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	Буквенный код	Цветовой код		
			Новое обозначение	Старое обозначение	
				Цвет покрытия конденсатора	Маркировочная точка
1	2	3	4	5	6
П100	+100	A	Красный + фиолетовый	Синий	—
П60	+60	G	—	Синий	Черная
П33	+33	N	Серый	Серый	—
МПО	0	C	Черный	Голубой	Черная
М33	-33	H	Коричневый	Голубой	Коричневая
М47	-47	M	Голубой + красный	Голубой	—
М75	-75	L	Красный	Голубой	Красная
М150	-150	P	Оранжевый	Красный	Оранжевая
М220	-220	R	Желтый	Красный	Желтая
М330	-330	S	Зеленый	Красный	Зеленая
М470	-470	T	Голубой	Красный	Синяя
М750	-750	U	Фиолетовый	Красный	—
М1500	-1500	V	Оранжевый + оранжевый	Зеленый	—
М2200	-2200	K	Желтый + оранжевый	Зеленый	—
М3300	-3300	Y	—	—	—

Для конденсаторов с нелинейной зависимостью емкости от температуры температурную стабильность емкости конденсатора характеризуют относительным изменением емкости при переходе от нормальной температуры ($20 \pm 5^{\circ}\text{C}$) к предельным значениям рабочей температуры (табл. 1.5).

Таблица 1.5 Цветовая и кодовая маркировка допуска керамических конденсаторов с ненормируемым ТКЕ

Группа ТКЕ	Допускаемое изменение емкости, %, в интервале $t^{\circ} -60...+80$	Буквенный код	Цветовой код		
			Новое обозначение	Старое обозначение	
				Цвет покрытия конденсатора	Маркировочная точка
H10	± 10	B	Оранжевый + черный	Оранжевый	Черная
H20	± 20	Z	Оранжевый + красный	Оранжевый	Красная
H30	± 30	D	Оранжевый + зеленый	Оранжевый	Зеленая
H50	± 50	X	Оранжевый + голубой	Оранжевый	Синяя
H70	± 70	E	Оранжевый + фиолетовый	Оранжевый	—
H90	± 90	F	Оранжевый + белый	Оранжевый	Белая

Кодирование номинальных напряжений конденсаторов производится в соответствии с информацией, приведенной в таблице 1.6.

Таблица 1.6 Кодированное обозначение номинальных напряжений конденсатора

Номинальное напряжение, В	Код	Номинальное напряжение, В	Код	Номинальное напряжение, В	Код	Номинальное напряжение, В	Код
1,0	I	16	E	80	L	350	T
1,6	P	20	F	100	N	400	Y
2,5	M	25	G	125	P	150	U
3,2	A	32	H	160	Q	500	V
4,0	C	40	S	200	Z		
6,3	B	50	J	250	W		
10	D	63	K	315	X		

Конденсаторы маркируются кодом в следующем порядке:

- номинальная емкость;
- допускаемое отклонение емкости;

– ТКЕ и (или) номинально напряжение.

Приведем примеры кодированной маркировки конденсаторов.

Сокращенная буквенно-цифровая маркировка на конденсаторе 33pKL обозначает номинальную емкость 33 пФ с допуском отклонением $\pm 10\%$ и температурной нестабильностью группы M75 ($75 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}$). Надпись m10SF обозначает 100мкФ с допуском $-20...+50\%$ и номинальным напряжением 20В.

Номинальная емкость 150 пФ может обозначаться 150p или n15; 4700 пФ – 4n7; 0,15 мкФ – $\mu 15$; 2,2 мкФ – $2\mu 2$.

Номинальная емкость зарубежных конденсаторов часто кодируется тремя или четырьмя цифрами, последняя из которых обозначает число нулей в значении емкости в пикофарадах. Например, код 391 обозначает 390 пФ; 132 – 1300 пФ (1,3 нФ); 473 – 47000 пФ (47 нФ); 1623 – 162000 пФ (нФ); 154 – 150000 (0,15 мкФ); 105 – 100000 пФ (1 мкФ). Номинальная емкость конденсаторов до 99 пФ обозначают двумя подчеркнутыми цифрами. Емкость конденсаторов то 0,001 мкФ до 0,9 мкФ иногда обозначают десятичной дробью без первого нуля. Например, код .001 обозначает 0,001 мкФ; .02 – 0,02 мкФ. За рубежом в качестве разделителя десятичной дроби применяется не запятая, а точка.

Цветовая кодировка применяется для маркировки номинальной емкости, допуском отклонения емкости, номинального напряжения до 63 В (табл. 1.7) и группы ТКЕ (табл. 1.4). Маркировку наносят в виде цветных точек или полосок.

Таблица 1.7 Цветовые коды для маркировки конденсаторов

Цветовой код	Номинальная емкость		Допускаемое отклонение емкости	Номинальное напряжение, В
	Первая и вторая цифры	Множитель		
1	2	3	4	5
Серый	—	—	—	3,2
Черный	10	1	± 20	4,0
Коричневый	12	10	± 1	6,3
Красный	15	10^2	± 2	10
Оранжевый	18	10^3	$\pm 0,25$	16
Желтый	22	10^4	$\pm 0,5$	40
Зеленый	27	10^5	± 5	25 или 20

1	2	3	4	5
Голубой	33	10^6	± 1	32 или 30
Фиолетовый	39	10^7	$-20\dots+50$	50
1	2	3	4	5
Серый	47	10^{-2}	$-20\dots+80$	—
Белый	56	10^{-1}	± 10	63
Серебристый	68	—	—	2,5
Золотистый	82	—	—	1,5

2.3 Диоды

2.3.1 Определение и основные технические характеристики

К диодам относят полупроводниковые приборы, пропускающие ток в одном направлении. В зависимости от технологических процессов, используемых при изготовлении, различают точечные диоды, сплавные диоды и диоды с диффузной базой. По конструктивным признакам их подразделяют на точечные, плоскостные, планарные и мезадиоды. По функциональному назначению диоды делят на выпрямительные, универсальные, импульсные, стабилитроны, туннельные и т.д. Большинство полупроводниковых диодов выполняют на основе несимметричных р-п-переходов.

На рисунке 1.6 показано условное обозначение диода, один из выводов которого называют анодом (А), второй – катодом (К). Аноду соответствует вывод полупроводника р-типа, катоду – п-типа.

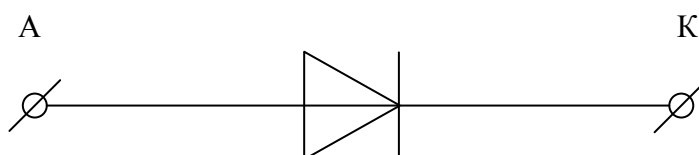


Рис. 1.6 Условное обозначение диода

Если к выводам диода приложить положительное напряжение $U_{AK} > 0$, сопротивление р-п-перехода становится небольшим, диод открывается и пропускает ток в прямом направлении. При отрицательном напряжении $U_{AK} < 0$ сопротивление р-п-перехода резко возрастает, диод закрывается, и через него протекает

незначительный обратный ток. Этот ток на несколько порядков меньше прямого.

Режим работы диодов определяется их нелинейными вольтамперными характеристиками $I = f(U_{AK})$. Типовая характеристика диода приведена ниже (рис. 1.7).

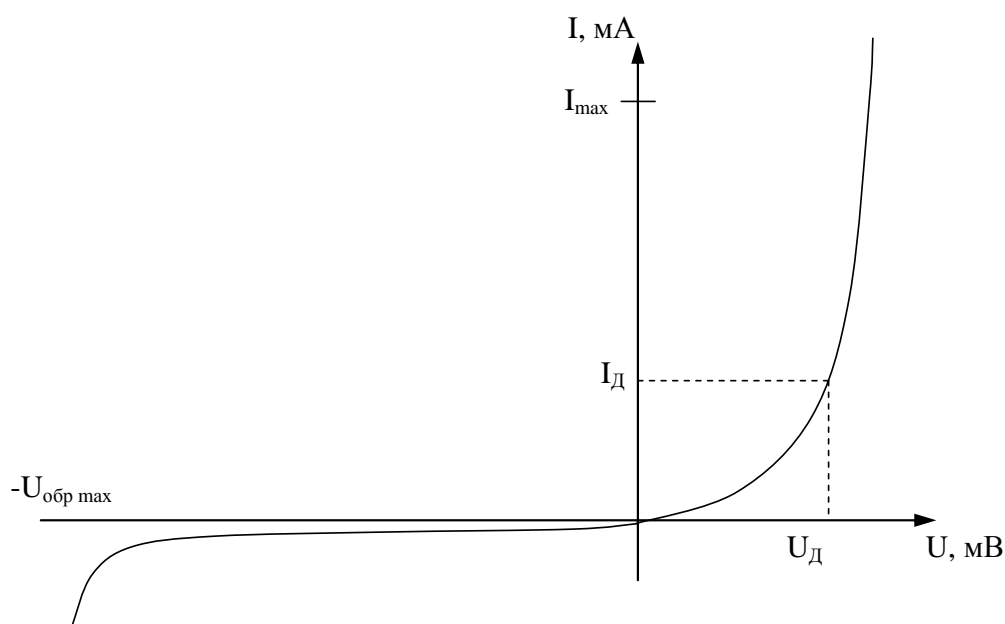


Рис. 1.7 Типовая характеристика диода

Прямой ток резко возрастает при малых положительных напряжениях U_{AK} , однако этот ток не должен превышать максимального допустимого значения I_{max} . В противном случае наступает перегрев диода, приводящий к выводу его из строя. Если увеличить обратное напряжение до некоторого максимального предела ($|U_{AK}| > U_{обр\ max}$), то через диод вновь будут протекать достаточно большие токи, но обычно диоды в таком режиме работать не могут. В них происходит локальный перегрев, и они выходят из строя.

Часто в инженерных расчетах с определенной долей погрешности считают, что напряжение на открытом диоде постоянно в интервале токов, лежащих от $0,1 \cdot I_{max}$, то есть диод может быть охарактеризован прямым напряжением U_D , измеренным при токе $I = 0,1 \cdot I_{max}$.

Для получивших широкое практическое применение германиевых диодов $U_D = 0,2 \dots 0,4$ В, для кремниевых $U_D = 0,5 \dots 0,8$

В. В более точных расчетах характеристику диода аппроксимируют выражением

$$I = I_T (e^{(U_{AK} - I r_A) / \varphi_0} - 1), \quad (1.1)$$

где I – ток через открытый диод, I_T – теоретический обратный ток равновесного состояния, r_B – омическое сопротивление базы диода, φ_T – температурный потенциал.

В силу малости r_B составляющей $I r_B$ часто пренебрегают. Температурный потенциал достаточно сильно зависит от температуры диода. При комнатной температуре $\varphi_T = 25,5$ мВ. На рисунке 1.8 показаны идеальные характеристики, соответствующие выражению (1.1) для германиевого и кремниевого диодов.

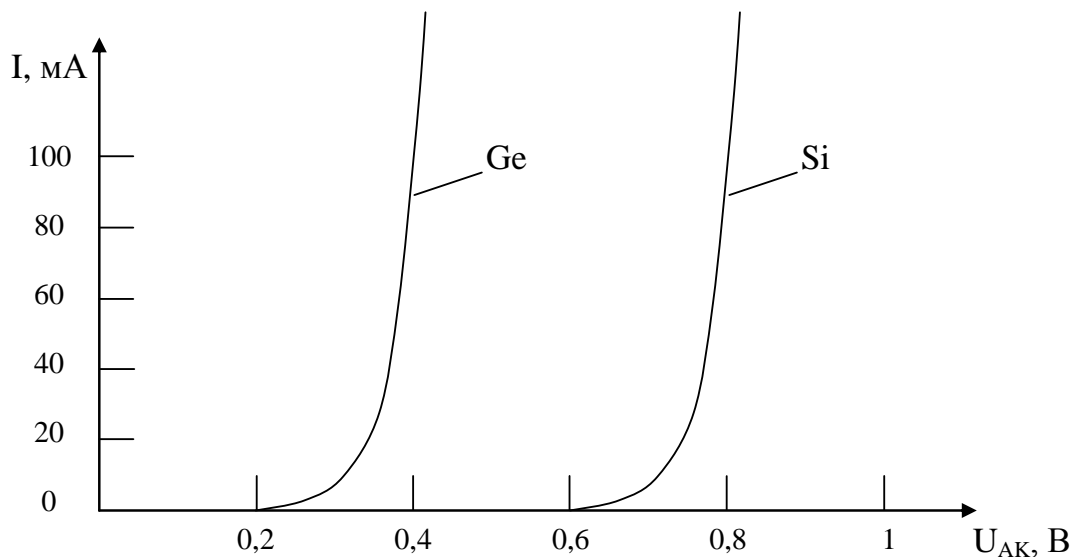


Рис. 1.8 Характеристики диодов в линейном масштабе

Обратный ток у кремниевых диодов намного меньше, чем у германиевых, и им обычно пренебрегают. Для германиевых диодов в инженерных расчетах считают, что обратный ток удваивается при увеличении температуры на 10°C . На рисунке 1.9 приведены типовые вольтамперные характеристики германиевого (а) и кремниевого (б) диодов для различных температурных режимов.

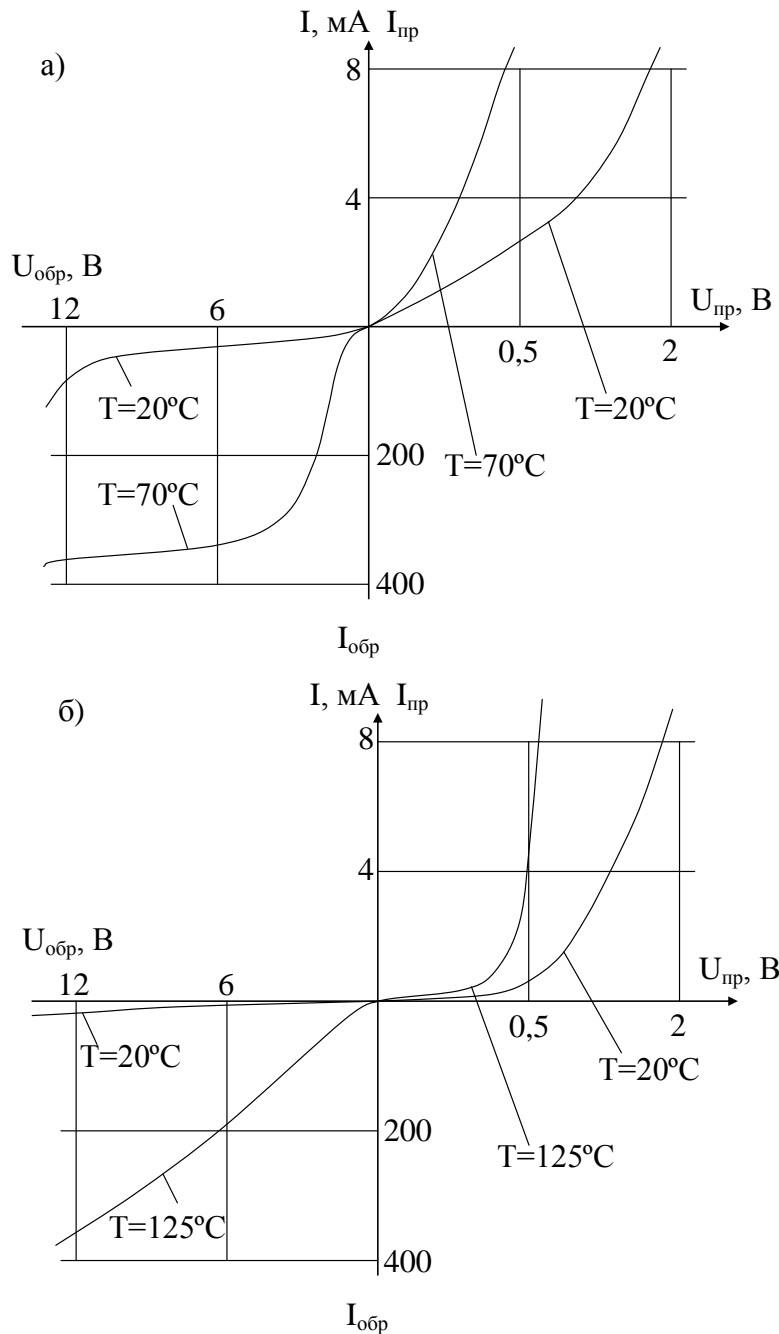


Рис. 1.9 Типовые вольтамперные характеристики диодов

Количественные характеристики диодов представляются рядом параметров, из которых в инженерных расчетах чаще всего используются следующие:

- $I_{пр\ max}$ – максимально допустимый постоянный прямой ток;
- $U_{пр}$ – постоянное прямое напряжение, соответствующее заданному току;

- $U_{\text{обр max}}$ – максимально допустимое постоянное обратное напряжение диода;
- $I_{\text{диф}}$ – дифференциальное сопротивление диода при заданном режиме работы.

2.3.2 Маркировка диодов

Для обозначения различных диодов используется специальный буквенно-цифровой код (рис 1.10).

Первый элемент (цифра или буква) обозначает исходный полупроводниковый материал, второй (буква) – подкласс приборов, третий (цифра) – основные функциональные возможности прибора, четвертый – число, обозначающее порядковый номер разработки, пятый элемент – буква – определяет классификацию приборов, изготавливаемых по единой технологии. Например, диод 2Д204 – кремниевый выпрямительный диод с постоянным и средним значением тока 0,3...10 А, номер разработки 0,4, группа В.

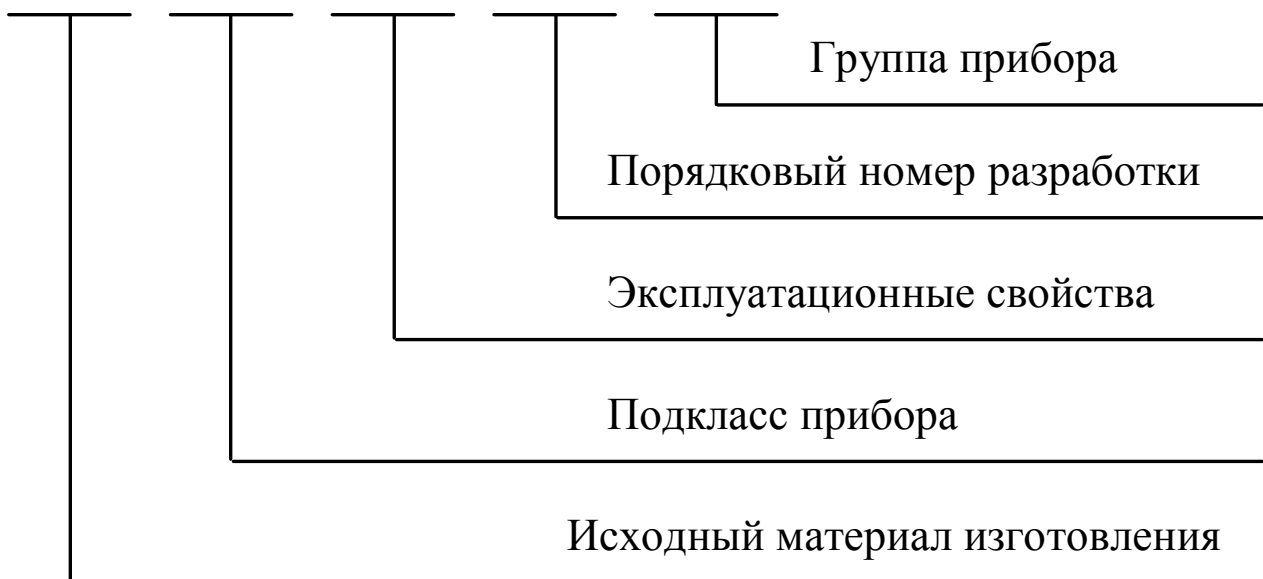


Рис. 1.10 Обозначения полупроводниковых диодов

Применяется также цветовая маркировка в виде точек и колец различного типа. Этот тип маркировки с соответствующими рисунками приведен в приложении Д.

2.4 Транзисторы

2.4.1 Определение и основные технические характеристики

К транзисторам относят полупроводниковые приборы с тремя электродами, которые служат для усиления или переключения сигналов. Для изготовления транзисторов наиболее часто используют кремний и германий. В соответствии с этим различают кремниевые и германиевые транзисторы.

К классу широко распространенных **биполярных транзисторов** относят полупроводниковые приборы с двумя или несколькими взаимодействующими электрическими p-n-переходами и тремя или более выводами, усилительные свойства которых обусловлены явлениями инжекции и экстракции носителей заряда.

Инжекцией называется введение (нагнетание) носителей заряда через p-n-переход в область полупроводника, где они являются неосновными носителями за счет снижения потенциального барьера (прямое включение перехода).

Экстракцией называют процесс «отсоса» неосновных носителей заряда при обратном включении напряжения.

В зависимости от типа электропроводности наружных слоев различают транзисторы p-n-p-типа (рис. 1.11) и n-p-n-типа.

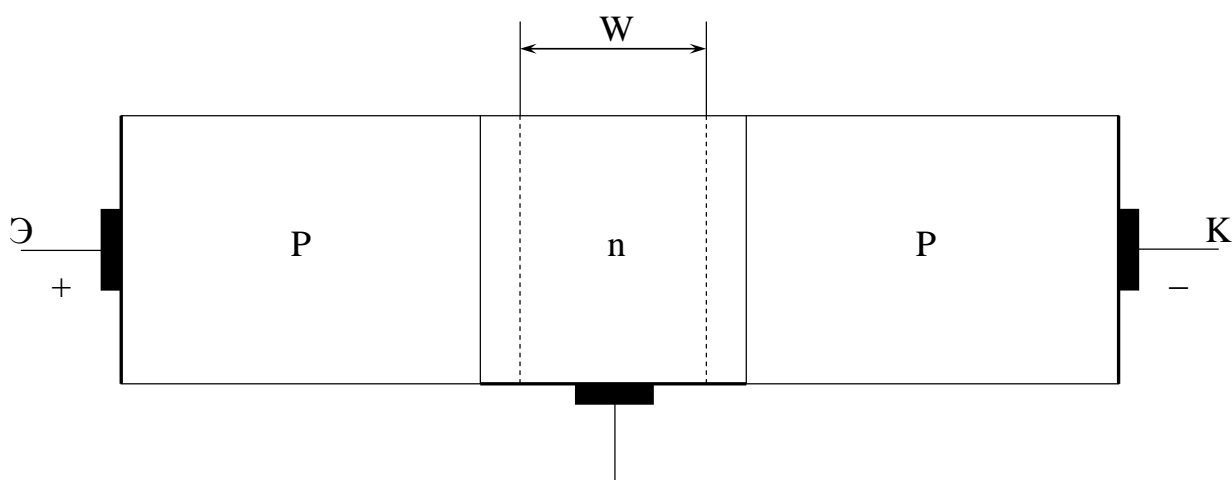


Рис. 1.11 Структура p-n-p-транзистора

На рисунке 1.12 показано условное обозначение p-n-p- и n-p-n-транзистора.

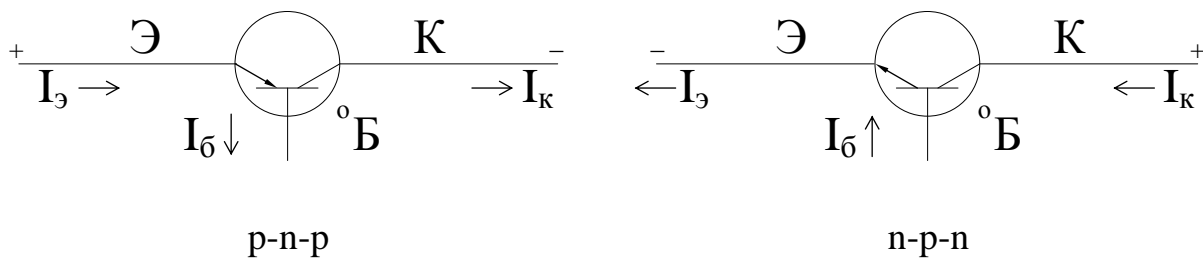


Рис. 1.12 Условное обозначение транзисторов

При подключении транзистора к одному переходу прикладывается прямое, к другому – обратное напряжение.

Переход, к которому при нормальном включении приложено прямое напряжение, называют **эмиттерным**, а его соответствующий вывод – **эмиттером** (э). Переход, к которому при нормальном включении приложено обратное напряжение, называют **коллекторным**, а вывод – **коллектором** (к). Средний слой называют **базой** (б).

Допустимо обратное включение переходов, его называют **инверсным включением**. При инверсном включении параметры транзистора сильно изменяются.

В отличие от биполярных транзисторов, управляемых током, класс полупроводниковых приборов, способных усиливать электрические сигналы, управляемых электрическим полем (практически без затрат мощности управляющего сигнала), называют **полевыми транзисторами**.

Рисунок 1.13 иллюстрирует классификацию типов полевых транзисторов.

Различают 6 различных типов полевых транзисторов, которые подразделяются на 2 вида: с управляющим p-n-переходом и со структурой металл-диэлектрик-полупроводник (МДП-транзисторы).

Управляющим электродом транзистора является затвор G(З), который управляет величиной сопротивления между истоком S(И) и стоком D(С).

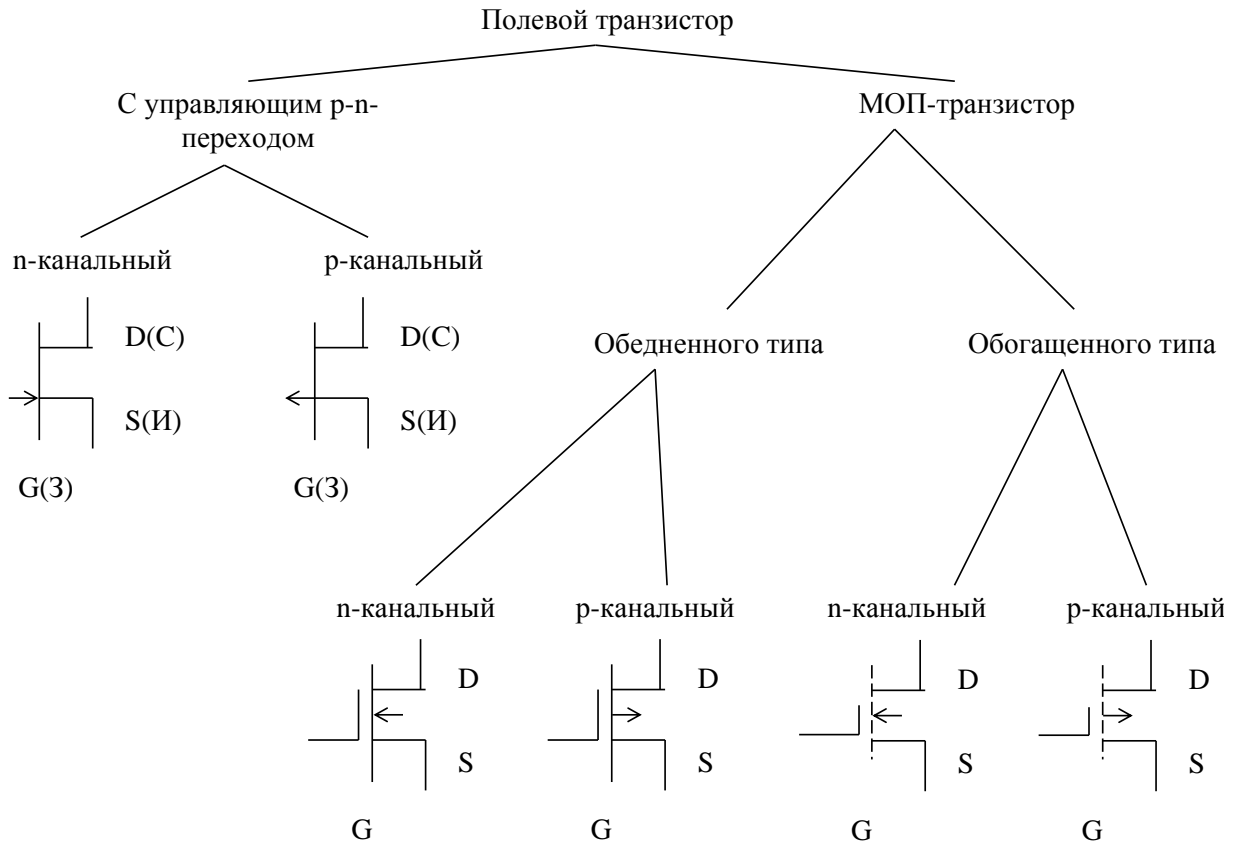


Рис. 1.13 Классификация и схемные обозначения полевых транзисторов

Управляющим напряжением является напряжение U_{GS} . Большинство полевых транзисторов являются симметричными, т.е. их свойства не изменяются, если электроды D и S поменять местами.

В транзисторах с управляющим переходом затвор отделен от канала DS n-p-переходом или p-n-переходом. При правильной полярности напряжения U_{GS} диод, образуемый переходом затвор-канал, запирается и изолирует затвор от канала. При противоположной полярности он отпирается.

У полевых МОП-транзисторов затвор отделен от канала DS тонким слоем SiO_2 . при такой реализации ток через затвор не протекает при любой полярности напряжения на затворе.

В соответствующих справочниках по транзисторам приводятся следующие их технические характеристики:

$U_{КБ0}$ – максимально допустимое напряжение коллектор – база;

$U_{КБО\ и}$ – максимально допустимое импульсное напряжение коллектор – база;

$U_{КЭО}$ – максимально допустимое напряжение коллектор – эмиттер;

$U_{КЭО\ и}$ – максимально допустимое импульсное напряжение коллектор – эмиттер;

$U_{КЭН}$ – напряжение насыщения коллектор – эмиттер;

$U_{СИ\ max}$ – максимально допустимое напряжение сток – исток;

$U_{СИО}$ – напряжение сток – исток при оборванном затворе;

$U_{ЗИ\ max}$ – максимально допустимое напряжение затвор – исток;

$U_{ЗИ\ отс}$ – напряжение отсечки транзистора, при котором ток стока достигает заданного низкого значения (для полевых транзисторов с р-п-переходом и с изолированным затвором);

$U_{ЗИ\ пор}$ – пороговое напряжение транзистора между затвором и стоком, при котором ток стока достигает заданного низкого значения (для полевых транзисторов с изолированным затвором и n-каналом);

$I_{К\ max}$ – максимально допустимый постоянный ток коллектора;

$I_{К\ max\ и}$ – максимально допустимый импульсный ток коллектора;

$I_{С\ max}$ – максимально допустимый постоянный ток стока;

$I_{С\ нач}$ – начальный ток стока;

$I_{С\ ост}$ – остаточный ток стока;

$I_{КБО}$ – обратный ток коллектора;

$P_{К\ max}$ – максимально допустимая постоянная рассеиваемая мощность коллектора без теплоотвода;

$P_{К\ max\ т}$ – максимально допустимая постоянная рассеиваемая мощность коллектора с теплоотводом;

$P_{СИ\ max}$ – максимально допустимая постоянная рассеиваемая мощность сток – исток;

$h_{21Э}$ – статический коэффициент передачи тока биполярного транзистора в схеме с общим эмиттером;

$R_{СИ\ отк}$ – сопротивление сток – исток в открытом состоянии;

S – крутизна характеристики;

$f_{гр.}$ – граничная частота коэффициента передачи тока в схеме с общим эмиттером;

$K_{ш}$ – коэффициент шума биполярного (полевого) транзистора.

2.4.2 Маркировка транзисторов

При обозначении различных типов транзисторов используют буквенно-цифровой код. Первый элемент (цифра или буква) обозначает исходный полупроводниковый материал, из которого изготовлен транзистор, второй элемент (буква) определяет подкласс (группу) транзисторов, третий (цифра) – основные функциональные возможности транзистора, четвертый – число, обозначающее порядковый номер разработки технологического типа транзисторов, пятый элемент – буква – условно определяет классификацию по параметрам транзисторов, изготовляемых по единой технологии (1.14).

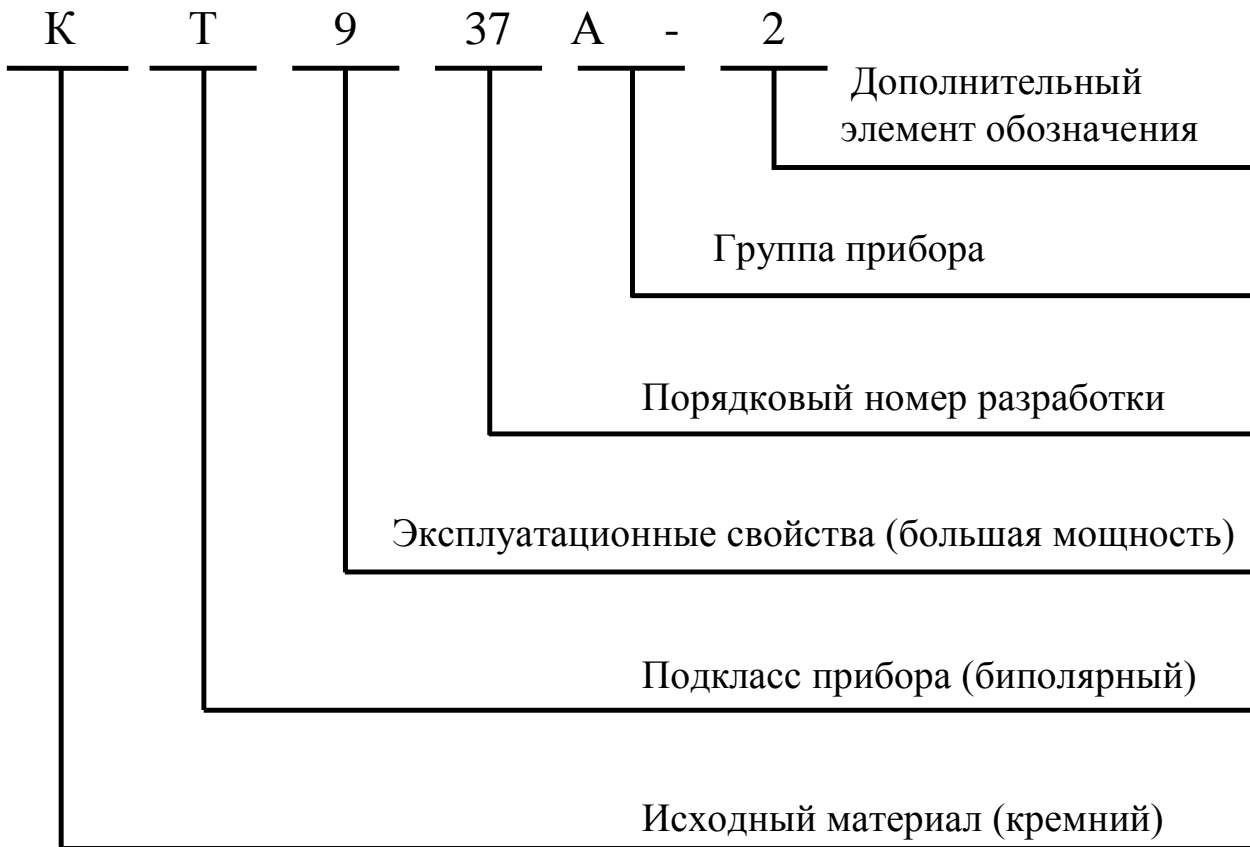


Рис. 1.14 Схема обозначения транзисторов

Подробно маркировка, конструкции и расположение выводов по конкретным типам транзисторов приведены в приложении Т.

3. Порядок выполнения работы

3.1 Ознакомьтесь с информационными материалами к работе.

3.2 Из заданного набора радиоэлементов произведите сортировку сопротивлений, конденсаторов, диодов и транзисторов.

3.3 По имеющейся маркировке определите тип, параметры и номинальные значения (если они имеются на маркировке) всех заданных радиоэлементов.

3.4 У диодов и транзисторов по их рисунку определите электроды (у диодов – анод, катод; у транзисторов – эмиттер, база, коллектор).

4. Вопросы для самоконтроля

4.1 Дайте определение резистора и расскажите об их классификационных признаках.

4.2 Как производится маркировка резисторов и как по ней определить их параметры?

4.3 Как изображают различные типы резисторов на схемах?

4.4 Назовите основные электрические параметры резисторов.

4.5 Дайте определение конденсатора и расскажите об их классификационных признаках.

4.6 Как производится маркировка конденсаторов и как по ней определить их параметры?

4.7 Как изображают различные типы конденсаторов на схемах?

4.8 Назовите основные электрические параметры конденсаторов.

4.9 Дайте определение диода и расскажите об их классификационных признаках.

4.10 Как производится маркировка диодов и как по ней определить их параметры?

4.11 Как изображают различные типы диодов на схемах?

4.12 Назовите основные электрические параметры диодов.

4.13 Дайте определение транзистора и расскажите об их классификационных признаках.

4.14 Как производится маркировка транзисторов и как по ней определить их параметры?

4.15 Как изображают различные типы транзисторов на схемах?

4.16 Назовите основные электрические параметры транзисторов.

Лабораторная работа №2

Проверка исправности радиоэлементов мультитестером

1. Цель работы: научить студентов с помощью мультитестера в режиме измерения сопротивления определять исправность таких радиоэлементов, как резисторы, конденсаторы, диоды и транзисторы и выделять неисправности типа разрыв и короткое замыкание, а также определять выводы анода и катода в диодах и выводы коллектор, база, эмиттер в биполярных транзисторах.

В результате выполнения лабораторной работы студент должен овладеть следующей структурной составляющей в рамках компетенции ПК-29:

уметь: определять неисправности типа разрыв цепи и короткое замыкание у резисторов, конденсаторов, диодов и транзисторов.

владеть: методами определения неисправностей с помощью мультитестера.

2. Информационные материалы к занятию

В электронных цепях биотехнических систем достаточно большую долю составляют сопротивления, конденсаторы, диоды и транзисторы, от исправности работы которых зависит работа биотехнических систем в целом.

Самыми распространенными неисправностями этих и ряда других радиоэлементов являются разрыв цепей и короткое замыкание. В первом случае внутри конструкции элементов при дефектах в исполнении или из-за нарушения условий эксплуатации возникает разрыв электрического контакта, сопротивление всего элемента становится очень большим и приборами, измеряющими сопротивление (омметрами), регистрируется как бесконечность. Во втором случае либо на этапе изготовления, либо в ходе неправильной эксплуатации (возникновение электрического пробоя из-за повышенных токов и(или) напряжений) возникает электрическая цепь практически с нулевым сопротивлением (короткое замыкание).

Таким образом, контролируя с помощью омметра сопротивления проверяемых радиоэлементов можно установить, по крайней мере, два типа их возможных неисправностей.

При контроле неисправности радиоэлементов с помощью мультитестеров следует учитывать, что измерение сопротивления R_X производится косвенным методом, а именно путем регистрации величины протекающего через измеряемое сопротивление тока. Схема измерительной цепи приведена на рисунке 2.1

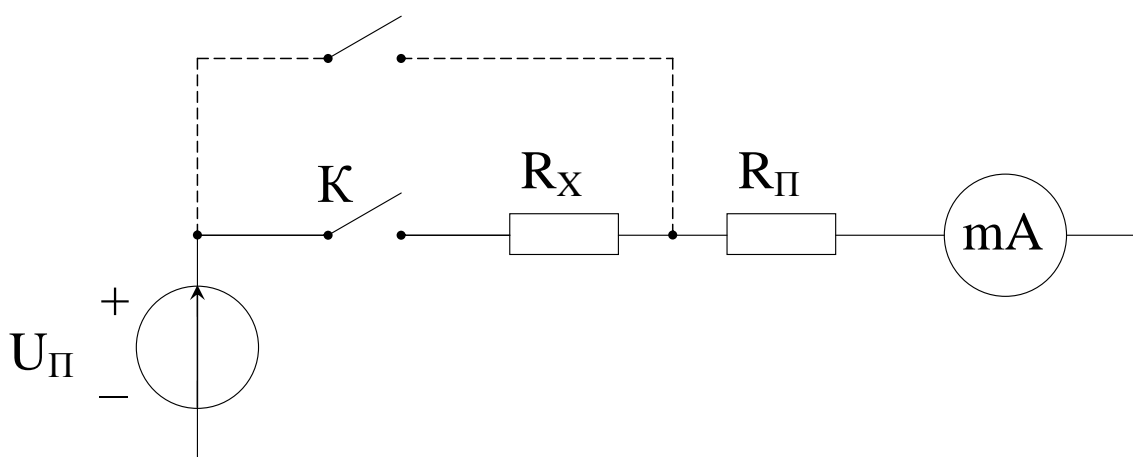


Рис. 2.1 Схема косвенного измерения сопротивления

В этой схеме измерение сопротивления осуществляется с использованием закона Ома в соответствии с выражением:

$$I = \frac{U_{\text{П}}}{R_{\text{П}} + R_X}$$

Из этого выражения следует, что ток в измерительной цепи зависит от трех параметров $U_{\text{П}}$, R_X и $R_{\text{П}}$. В реальных приборах $U_{\text{П}}$ это батарейка с фиксированным напряжением. $R_{\text{П}}$ – сопротивление прибора, которое подбирается с тем расчетом, чтобы соответствовать измерительной шкале миллиамперметра.

Подбор сопротивления осуществляется переключателем мультитестера, на котором обозначены диапазоны измеряемого сопротивления. Когда измеряемое сопротивление R_X соответствует выбранному диапазону, точность измерения максимальна. Если $R_{\text{П}}$ слишком велико, стрелка прибора может показать большое сопротивление. Если $R_{\text{П}}$ слишком мало, стрелка прибора может

показать нулевое сопротивление. После того как значение R_{Π} выбрано переключателем, оно так же зафиксировано. Причем, если замкнуть измерительные щупы между собой (пунктир на схеме 2.1), то стрелка прибора покажет нулевое сопротивление (короткое замыкание), а при включении измеряемого сопротивления R_X стрелка прибора отклонится на величину, пропорциональную R_X . Для удобства измерений шкала миллиамперметра проградуирована отдельной шкалой сопротивлений дополнительно к шкале токов и напряжений.

Рассмотрим далее подробно процесс контроля неисправности радиоэлементов мультитестером в режиме измерения сопротивлений.

1 Контроль исправности сопротивлений

1.1 Если номинальное значение сопротивления известно, то переключатель диапазонов измерения сопротивлений устанавливается на соответствующее деление шкалы и в случае исправного сопротивления на шкале прибора наблюдается измеряемое значение сопротивления с учетом погрешностей измерения и изготовления измеряемого резистора. При неисправности типа разрыв цепи прибор показывает бесконечное сопротивление.

1.2 При неизвестном номинальном сопротивлении контролируемого резистора измерения проводятся на всех диапазонах переключателя мультитестера.

В обоих случаях следует иметь в виду, что если прикасаться руками к металлическим измерительным щупам мультитестера, то в контур измерения будет включено сопротивление биообъекта, что может привести к неверным результатам, особенно при больших (более 50 кОм) измеряемых сопротивлениях.

2 Контроль исправности конденсаторов

Известно, что исправные конденсаторы не проводят постоянный ток. Поэтому короткое замыкание между обкладками

конденсатора, возникающее, например, в результате его пробоя, можно проверить мультиметром в режиме омметра. Диапазон измерений рекомендуется выбрать для небольших сопротивлений. Если конденсатор, включенный в цепь измерений (руки следует убрать с металлических контактов), исправен, он покажет бесконечное сопротивление. При измерении от батареи U_{Π} (рис. 2.2)

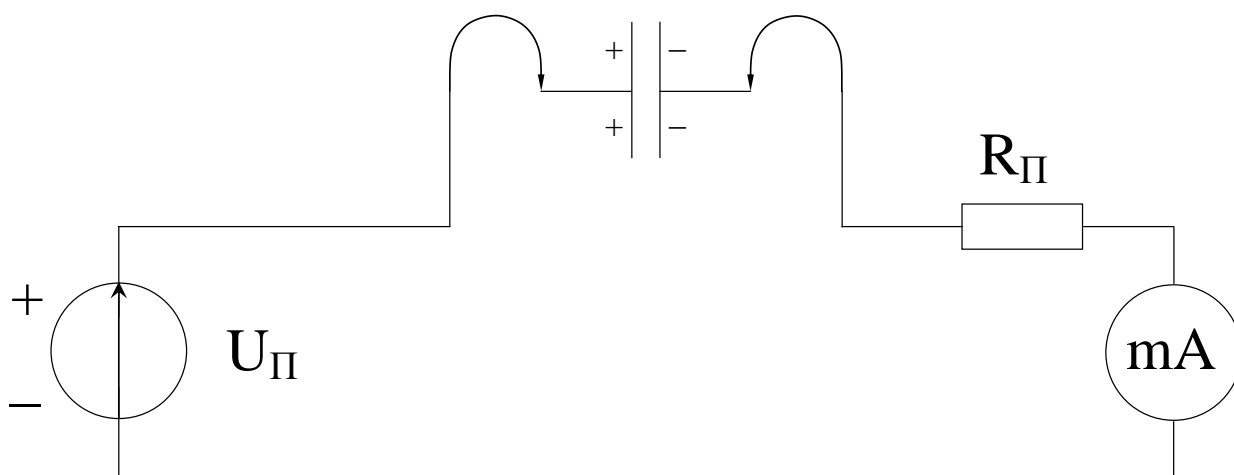


Рис. 2.2 Схема контроля неисправностей конденсатора

обкладки конденсатора заряжаются. Если при этом конденсатор перевернуть и вновь включить в цепь омметра, то конденсатор начнет разряжаться и ток разряда заставит стрелку прибора отклониться, затем по мере перезаряда конденсатора она возвращается на место. Это говорит об исправности конденсатора. Но эффект отклонения стрелки будет заметен, только если конденсатор обладает достаточной емкостью (обычно от единиц микрофарад). Если конденсатор небольшой емкости, то с помощью омметра можно выявить только неисправность типа короткое замыкание. Для определения неисправности типа разрыв цепи и ряда других (например, потеря емкости) необходимо использовать специальные приборы.

3 Контроль исправности диодов

Наличие источника постоянного тока в мультитестере позволяет проверить работоспособность диода, который при

подключении в прямом направлении проводит электрический ток, а при подключении в другом направлении его не проводит (размыкает цепь) (рис. 2.3).

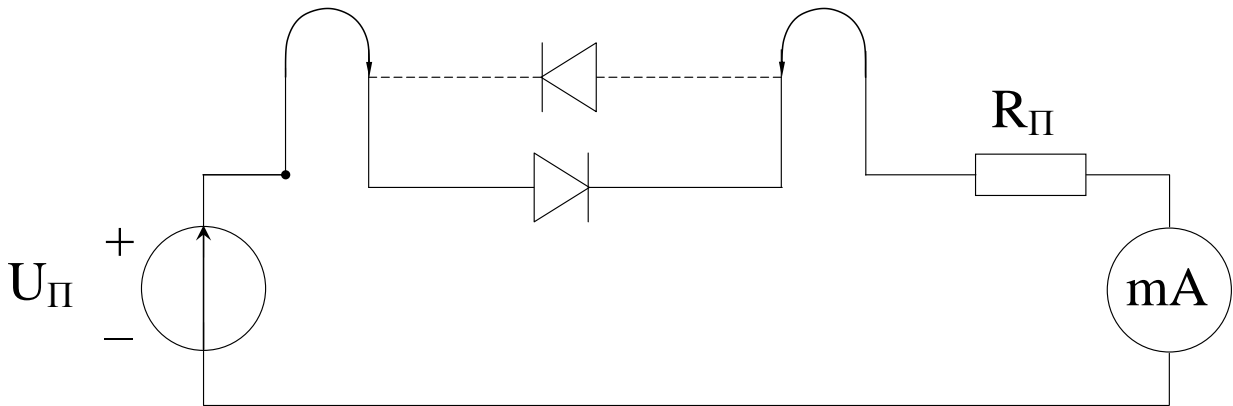


Рис. 2.3 Схема контроля диода

При включении диода в прямом направлении (плюс источника питания подключен к аноду диода) диод обладает малым сопротивлением (единицы Ом), что будет зафиксировано мультиметром. При включении в обратном направлении (пунктир на рис. 2.3) прибор покажет большое сопротивление. Это свидетельствует об исправной работе прибора.

Если при проверке диода его сопротивление мало в обоих направлениях, это говорит о неисправности типа короткое замыкание (пробой диода). Если при проверке диода его сопротивление велико (мегаомы) в обоих направлениях, это говорит о неисправности типа разрыв цепи.

Мультитестер, включенный в режим омметра, может быть использован для определения вывода диода, подключенного к аноду и(или) катоду. Для этого необходимо знать, к какому проводу мультитестера подключен, например, плюс его внутреннего источника питания. Если заранее не известно, к какой клемме мультитестера подключены выводы внутреннего источника питания, то можно проверить это с помощью диода с известным заранее расположением анода и катода относительно выводов диода, учитывая, что р-область диода соответствует его аноду (+), а n-область катоду (-).

4 Контроль исправности транзисторов

Одной из эквивалентных схем транзистора является его представление в виде пары встречно включенных диодов (рис. 2.4)

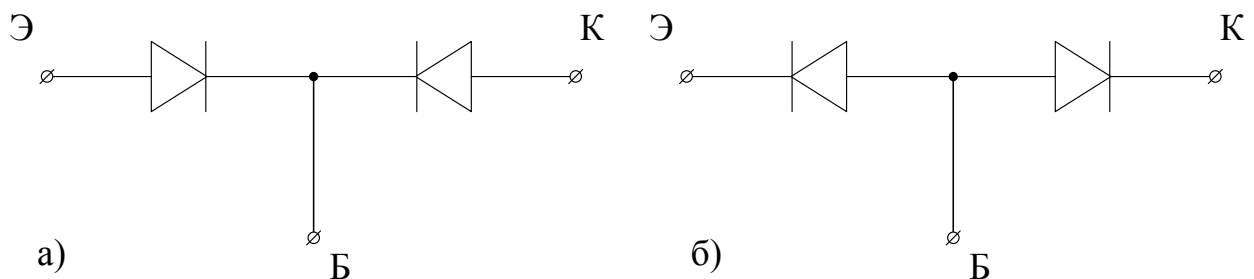


Рис. 2.4 Эквивалентные схемы транзисторов
а) р-п-р-типа; б) п-р-п-типа

Из приведенных эквивалентных схем транзисторов следует, что исправность каждого из переходов транзистора можно проверить относительно базы, последовательно проверяя наличие короткого замыкания или разрыва цепи по методике, изложенной в п.3 (Проверка исправности диодов).

Кроме этого может быть определен тип транзистора (р-п-р или п-р-п) или расположение его выводов на корпусе.

3. Порядок выполнения работы

3.1 Получите у преподавателя набор радиоэлементов (резисторы, конденсаторы, диоды, транзисторы).

3.2 Изучите ручки управления мультитестера и выберите режим измерения сопротивлений.

3.3 Проверьте исправность всех выданных Вам элементов, дополнительно у диодов установив вывод его анода, а у транзисторов уточните их тип. Сверьте Ваши выводы с данными справочников.

4. Вопросы для самоконтроля

4.1 Почему метод измерения сопротивлений относится к косвенным методам?

4.2 Какие типы неисправностей могут контролироваться мультитестером в режиме омметра?

4.3 Как проверить работоспособность резисторов, конденсаторов, диодов и транзисторов омметром?

4.4 Как с помощью диода с известным расположением его выводов проверить полярность подключения внутреннего источника питания к клеммам мультитестера?

4.5 Как с помощью омметра определить тип транзистора и расположение его выводов?

Лабораторная работа №3

Монтаж и демонтаж электронных узлов и блоков

1. Цель работы: научить студентов с помощью электропаяльника производить пайку радиоэлементов на типовых печатных платах и их демонтаж из печатных плат, а также рисовать печатные платы для простейших электронных схем.

В результате выполнения лабораторной работы студент должен овладеть следующей структурной составляющей в рамках компетенций ПК-27 и ПК-29:

Уметь: производить монтаж и демонтаж радиоэлементов на печатных платах.

Владеть: навыками изготовления печатных плат в бытовых условиях для простых принципиальных схем.

2. Информационные материалы к занятию

Значительное число электронных узлов и блоков биотехнических схем изготавливают на так называемых **печатных платах**. Эти платы изготавливают на основе тонких пластин из диэлектрика, на которых с помощью специальных технологий наносят рисунок проводников, соединяющих радиоэлементы, и удаляют все остальные проводящие участки. В местах контакта радиоэлементов с проводниками печатной платы, если это необходимо, сверлят отверстия, в которые вставляют ножки радиоэлементов или специальных панелей этих элементов. Далее радиоэлектронные элементы устанавливают на печатные платы и производят их пайку с помощью легкоплавких материалов. Простейший способ пайки специальным инструментом с нагреваемым элементом – паяльником.

Нагревательный элемент паяльника (жало) нагревается до температуры плавления соединительного материала, например, олова. Если на проводниках в местах спайки образуется окисная пленка, она удаляется механически, кислотой, канифолью или другим способом.

Жалом паяльника олово плавится и переносится на место пайки. Далее паяльник убирается, место спайки остывает.

Застывшее олово образует надежный контакт радиоэлемента с печатной платой. Демонтаж радиоэлементов производится следующим образом. Вывод радиоэлемента, подлежащего демонтажу, нагревается паяльником. Соединительный материал плавится, и далее специальными приспособлениями (в простейшем случае пинцетом) удаляемый элемент отсоединяют от печатной платы.

В производственных условиях процесс пайки производится с помощью специальных паяльных станций или специальных технологических линий. Этот процесс изучается в рамках специальных курсов.

Процесс изготовления печатных плат также изучается в ходе специальных курсов. Здесь же рассмотрим простейший вариант изготовления печатных плат под простейшие электронные схемы при отсутствии специальных условий.

На первом этапе в соответствии с имеющейся электрической принципиальной схемой подбираются необходимые радиоэлементы или их аналоги. Вместо реальных радиоэлементов можно воспользоваться соответствующими справочниками, где можно найти данные о геометрических размерах и способах крепления к печатным платам.

На миллиметровой бумаге рисуется расположение используемых радиоэлементов и точек, где предполагается вставлять их выводы в печатную плату. При этом расположение радиоэлементов должно быть таким, чтобы необходимые соединения были как можно более короткими, а проводники, которые не соединяются по схеме, не должны пересекаться при их изображении на миллиметровке. Если таких пересечений избежать не удастся, то изображение одного из проводников прерывается, рисуются контактные площадки, которые при монтаже могут быть соединены изолированным проводом. Наиболее просто печатная плата изготавливается, если радиоэлементы располагаются по одну сторону печатной платы, а все проводники идут с другой ее стороны.

Пример. На рис. 3.1 (а) изображена принципиальная схема, для которой необходимо нарисовать печатную плату.

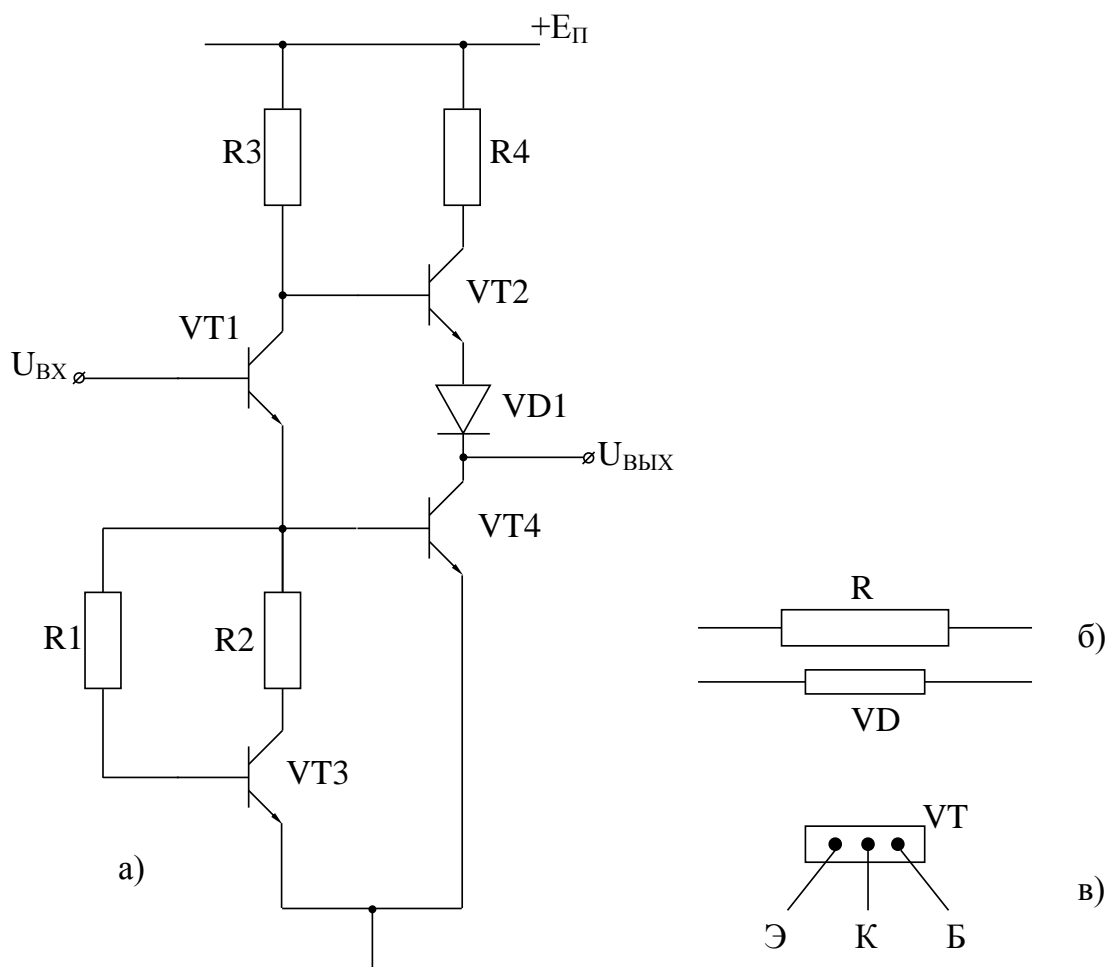


Рис. 3.1 Пример схемы электрической принципиальной

Пусть сопротивления и диод имеют вид и размеры, приведенные на рис. 3.1 (б), а транзисторы (вид снизу со стороны выводов) имеют корпус и выводы, приведенные на рис. 3.1 (в). На рис. 3.2 изображен условный вид элементов со стороны проводников.

На местах где выводы радиоэлементов входят в печатную плату изображают круглые контактные площадки. Контактные площадки рисуются для мест пайки входных и выходных клемм и клемм питания. Далее контактные площадки соединяются линиями связи (рекомендуется изменения направлений линии связи рисовать под прямым углом). Изображение на миллиметровке может корректироваться до получения наиболее компактного и «красивого» результата.

По полученному размеру вырезается печатная плата с проводящим слоем (например, гетинакс, покрытый металлической

фольгой). Изображение на миллиметровке накладывается на плату со стороны предполагаемых проводников и на специальном станке сверлятся отверстия для закрепления выводов радиоэлементов. Далее миллиметровка убирается и специальным лаком (можно

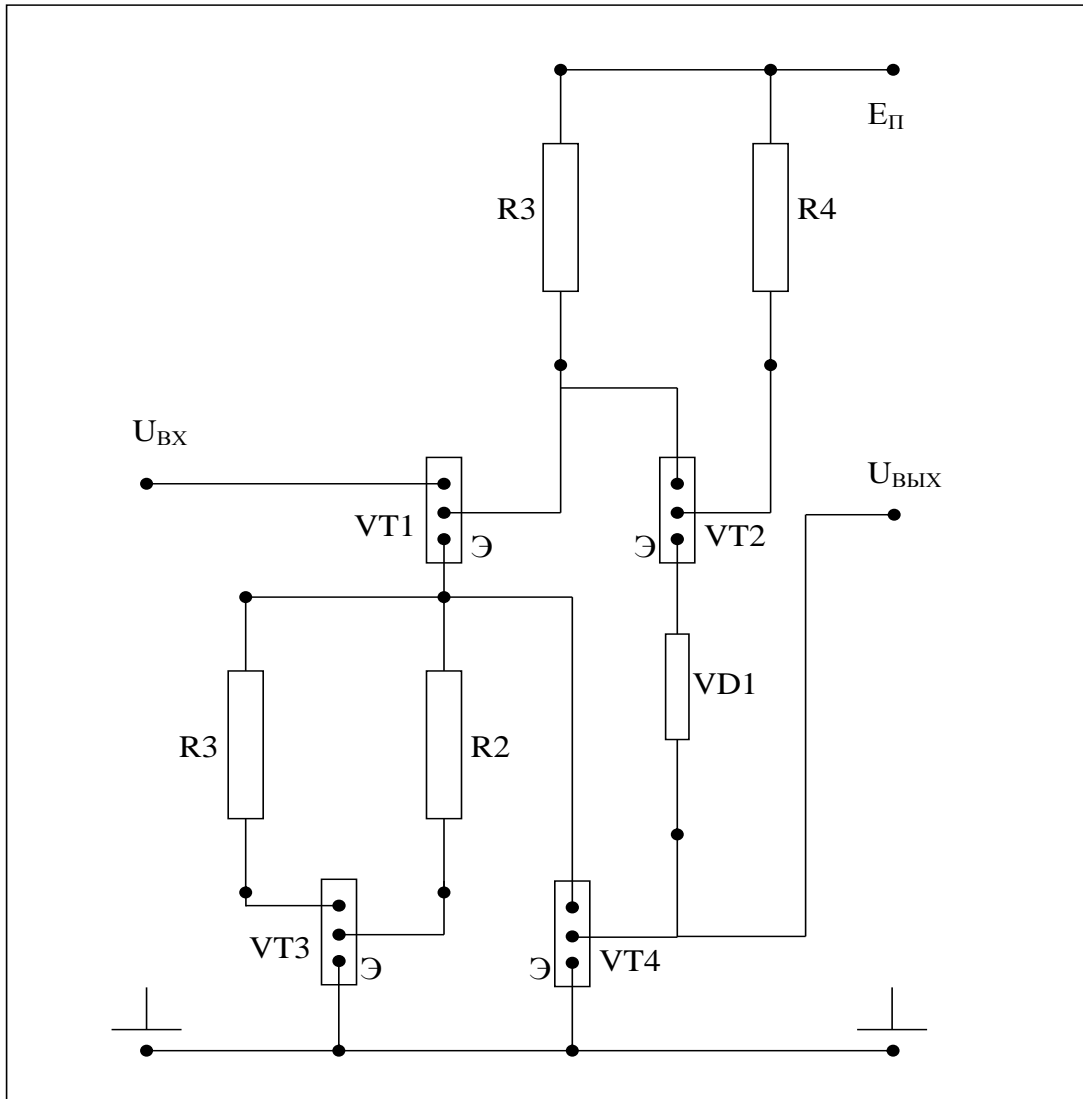


Рис. 3.2 Вид печатной платы со стороны проводников

лаком для ногтей) на металлической фольге повторяется рисунок проводников и контактных площадок. При этом необходимо следить, чтобы не было ненужных соединений в виде соприкосновений лаковых дорожек и контактных площадок.

Следующий этап называется этапом травления. На этом этапе готовится раствор, который растворяет не защищенные лаком участки металлической фольги (раствор хлорного железа или другие типы растворов, например, медного купороса). Вариант

составления раствора для травления: 2 части поваренной соли, 1 часть медного купороса; 300 г смеси на 1 литр воды.

Печатная плата опускается в раствор и находится там до тех пор, пока не занятое лаком пространство металлической фольги полностью не растворится. После этого печатная плата тщательно промывается водой и высушивается. Внимательным осмотром проверяется, нет ли коротких замыканий между проводниками. При их наличии они удаляются острыми инструментами. Наличие коротких замыканий и разрывов проводников можно уточнить с помощью омметра. При разрыве контактов на место разрыва напаяваются дополнительные проводники. Лак в месте контактов с радиоэлементами и на других контактных площадках очищается, обрабатывается кислотой или расплавленной паяльником канифолью. Далее паяльником (с набранной горячей «пленкой» олова) контактные площадки покрываются тонким слоем олова. При этом нельзя площадки перегревать. В противном случае они могут «отстать» от печатной платы.

Подготовленная таким образом печатная плата готова для монтажа.

Ножки радиоэлементов вставляются в соответствующие отверстия платы, обрезаются по размеру и паяльником запаиваются в плату небольшими капельками олова.

3. Порядок выполнения работы

3.1 Получите у преподавателя печатную плату электронного блока и проведите демонтаж и монтаж радиоэлементов, указанных преподавателем.

3.2 В соответствии с Вашим номером выберите вариант схемы электрической принципиальной.

3.3 По справочнику радиоэлементов определите их габариты, размеры и выберите способ закрепления на печатной плате.

3.4 На миллиметровой бумаге нарисуйте контактные площадки и соединительные проводящие полосы.

3.5 С миллиметровой бумаги переведите чертеж на фольгированный гетинакс, предварительно просверлив контактные отверстия.

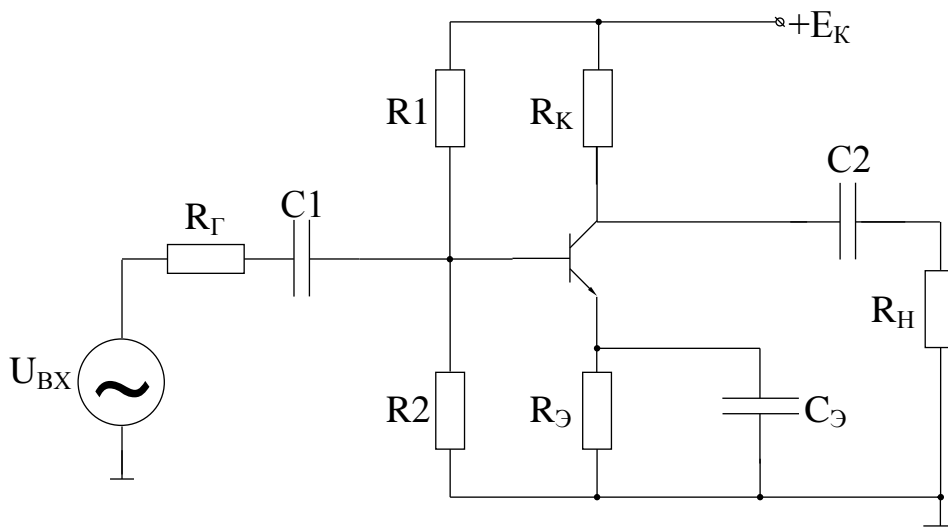
3.6 Выполните травление печатной платы и ее подготовку к монтажу радиоэлементов.

3.7 Получите у преподавателя требуемый набор радиоэлементов и выполните монтаж печатной платы.

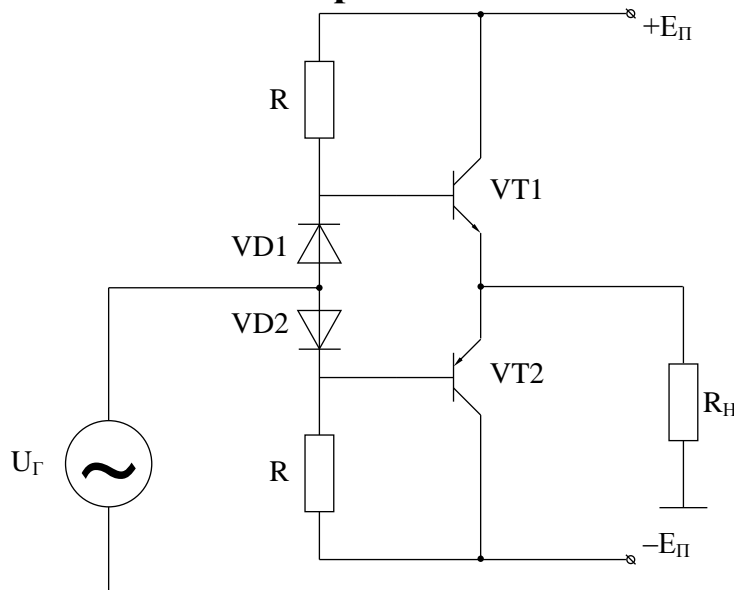
Примечание: за выполнение п. 3.5 и 3.6 назначаются дополнительно премиальные 3 балла, а за выполнение п. 3.7 еще 5 баллов.

Варианты заданий.

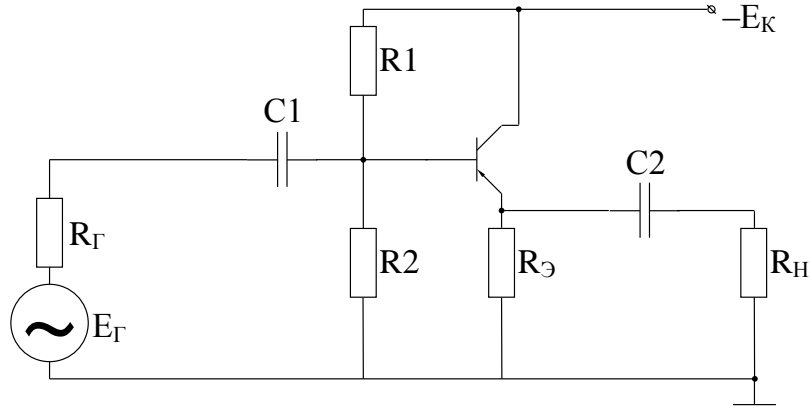
Вариант 1



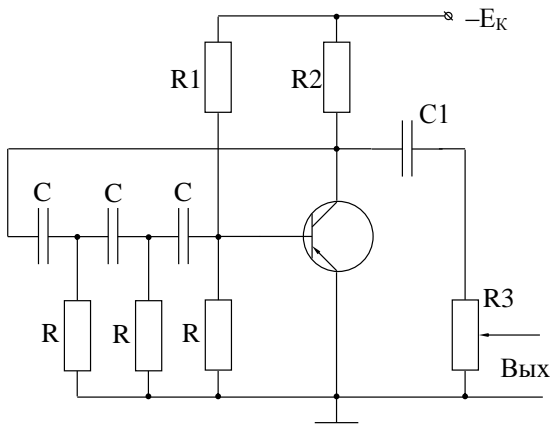
Вариант 2



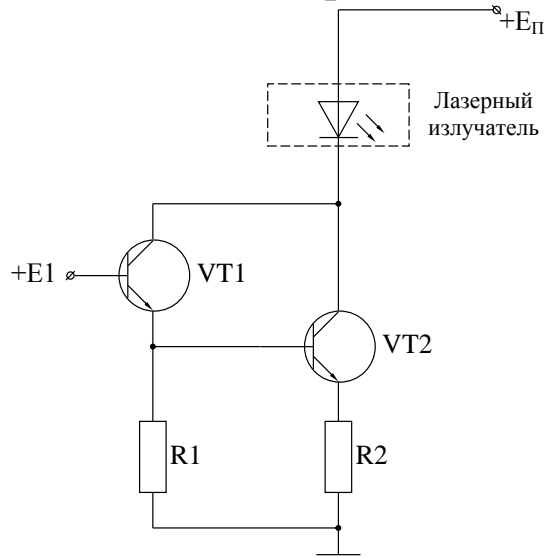
Вариант 3



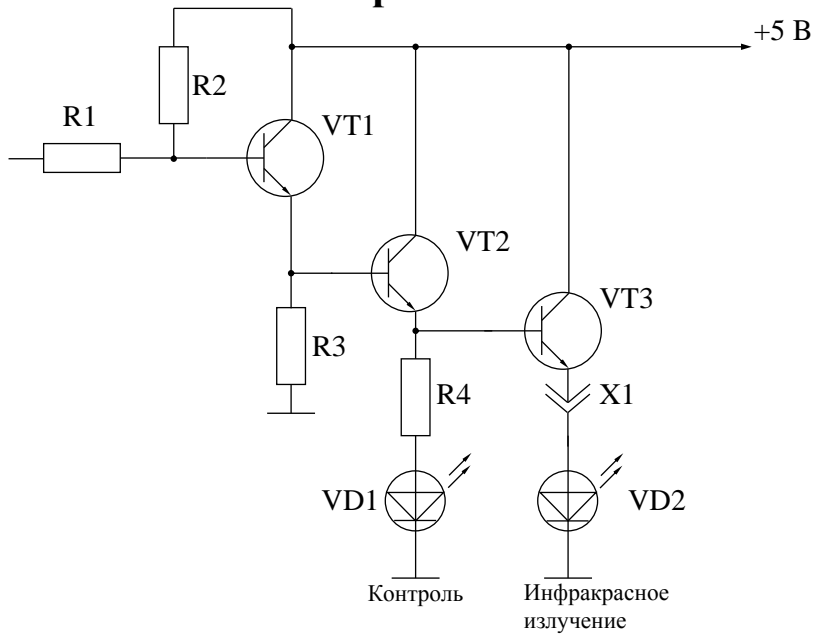
Вариант 4

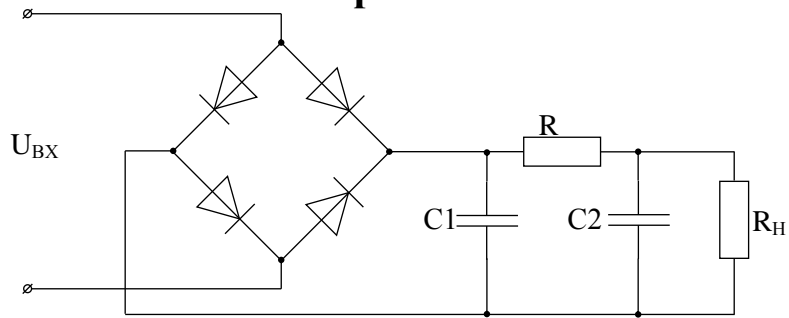
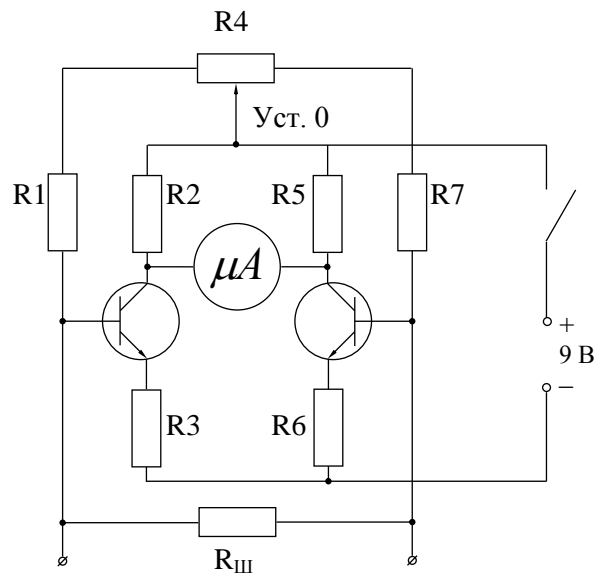
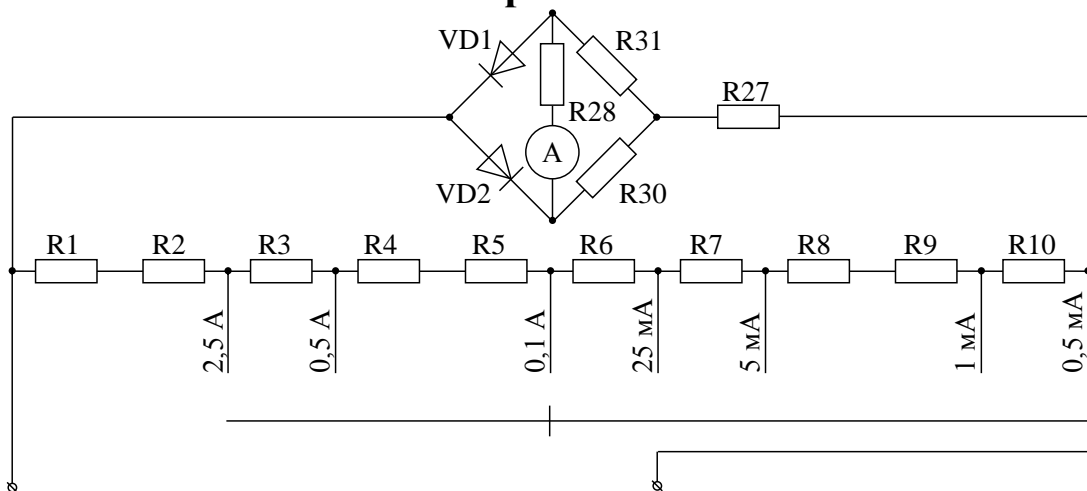


Вариант 5



Вариант 6



Вариант 7**Вариант 8****Вариант 9**

Лабораторная работа №4

Изучение принципов работы и измерений с помощью осциллографов

1. Цель работы: научиться пользоваться осциллографом для контроля параметров периодических сигналов.

В результате самостоятельного изучения материалов и выполнения лабораторной работы студент должен обладать следующей структурной составляющей в рамках общих компетенций ОК-8 и ПК-3, ПК-28:

Знать: структуру и принцип работы осциллографа.

Уметь: настраивать осциллограф для контроля параметров периодических сигналов и осуществлять этот контроль.

Владеть: методикой использования осциллографов для контроля параметров электрофизиологических сигналов, высокой мотивацией использования средств измерений при создании и эксплуатации биотехнических систем.

2. Информационные материалы к занятию

Электронные осциллографы относятся к классу универсальных измерительных приборов, позволяющих наблюдать электрические сигналы, определять их мгновенные значения, изучать амплитудные, временные и частотные характеристики и т.д.

Типовая упрощенная схема осциллографа приведена на рис. 4.1.

Центральным элементом осциллографа является его **электронно-лучевая трубка (ЭЛТ)**, формирующая изображение исследуемого сигнала. Электронно-лучевая трубка реализует четыре операции: формирование, фокусировку и отключение электронного луча, а также преобразование электрической энергии в видимый свет.

Формирование электронного луча обеспечивается тем, что катод, нагреваемый нитью накала, создает вокруг себя облако электронов, которые ускоряются высоковольтным положительным анодным напряжением и узким пучком летят к экрану ЭЛТ.

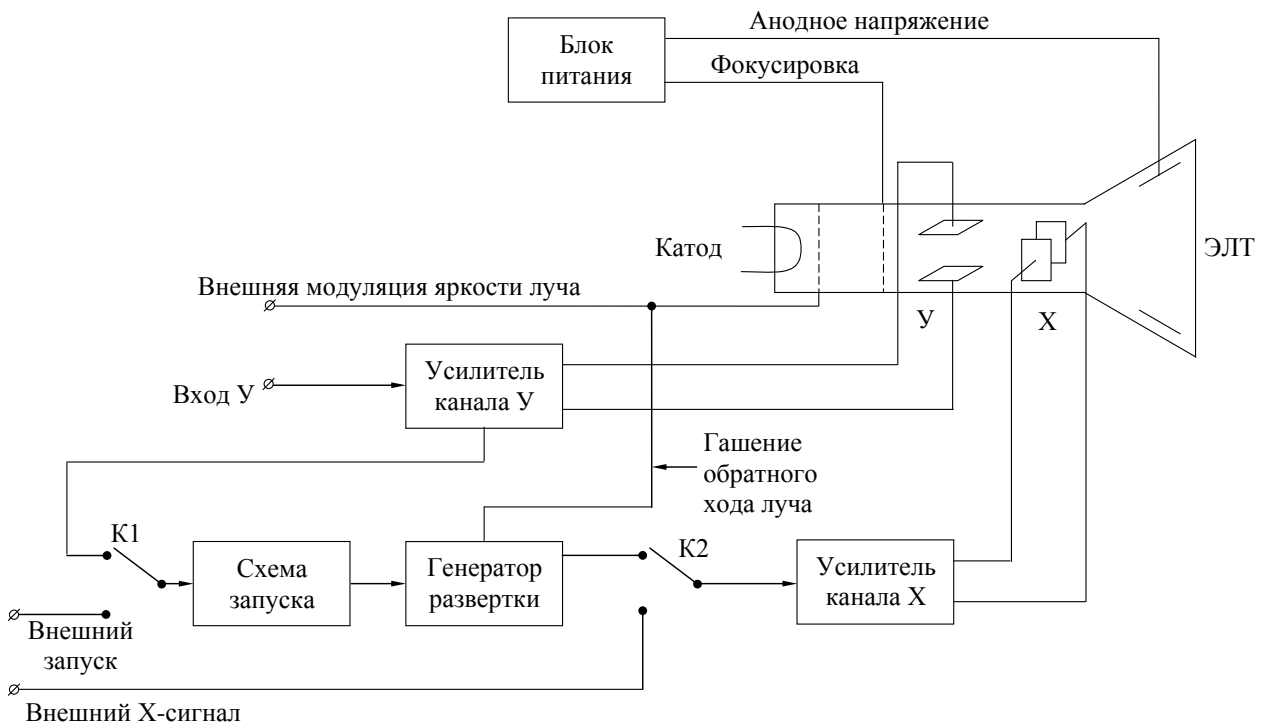


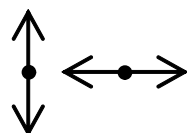
Рис. 4.1 Функциональная схема осциллографа

Экран ЭЛТ покрыт слоем люминофора (ZnS с Cu , Al и другими химическими элементами), атомы которого легко возбуждаются при бомбардировке электронным пучком, испуская кванты света. Если электронным пучком света не управлять, то на экране ЭЛТ наблюдается светящаяся точка.

Поскольку электроны в пучке, имея одинаковый знак, слегка отталкиваются, то вместо четкой точки на экране наблюдается светящееся пятно. Превратить его в точку можно, пропустив пучок электронов через цилиндрическую сетку со сравнительно небольшим отрицательным напряжением относительно катода. Это сжимает пучок электронов, фокусируя его в точку (ручка «Фокус» на панели осциллографа).

Для отклонения луча по оси X (горизонтальная развертка) используют горизонтальные отклоняющие пластины, подавая на них специально формирующееся напряжение. Возникающее при этом электрическое поле воздействует на пучок электронов, отклоняя его в горизонтальном направлении. Аналогично организуется вертикальное отклонение луча, если подать напряжение на вертикальные отклоняющие пластины Y .

Наблюдаемый сигнал подключают ко входу Y , где он усиливается (если мал) или ослабляется (если велик) усилителем канала Y , у которого имеется механизм регулировки коэффициента усиления. Если при подаче на вход Y контролируемого сигнала, изменяющегося во времени (например, синусоидальный сигнал), переключатель $K2$ находится в нижнем положении, а на вход X сигнал не подается, то на экране ЭЛТ будет высвечиваться вертикальная линия. Если сигнал со входа Y перевести на вход X , то при нижнем положении ключа K будет высвечиваться горизонтальная линия. Местоположение этих линий на экране ЭЛТ можно менять, если с помощью внутренних схем на дополнительные (внутренние) входы усилителей каналов X и Y подавать соответствующие фиксированные напряжения. Для этого на панели осциллографов выводятся ручки переменных резисторов, обозначаемых стрелками типа:



Эти же ручки сдвигают «вверх-вниз», «влево – вправо» изображения любых сигналов, формируемых на экране ЭЛТ.

Для наблюдения за изменением сигнала, подключаемого ко входу Y во времени ключ $K2$ переводят в верхнее положение, подключая ко входу усилителя канала X генератор развертки. Этот генератор запускается (начинает формировать горизонтальную линию на экране ЭЛТ) схемой запуска, которая, в свою очередь, управляется либо исследуемым сигналом, либо специальным сигналом внешнего запуска. Запущенный генератор развертки формирует линейно нарастающий сигнал (рис. 4.2).

На этапе формирования изображения (при отсутствии сигнала на входе Y) нарастающее напряжение U_x перемещает луч слева направо по экрану ЭЛТ, высвечивая горизонтальную полосу. Когда луч доходит до правого края экрана ЭЛТ, генератор развертки «резко» уменьшает напряжение на своем выходе, возвращая луч в исходное положение.

Если непрерывно повторять запуск генератора развертки, то на экране ЭЛТ будет наблюдаться светящаяся линия, положение

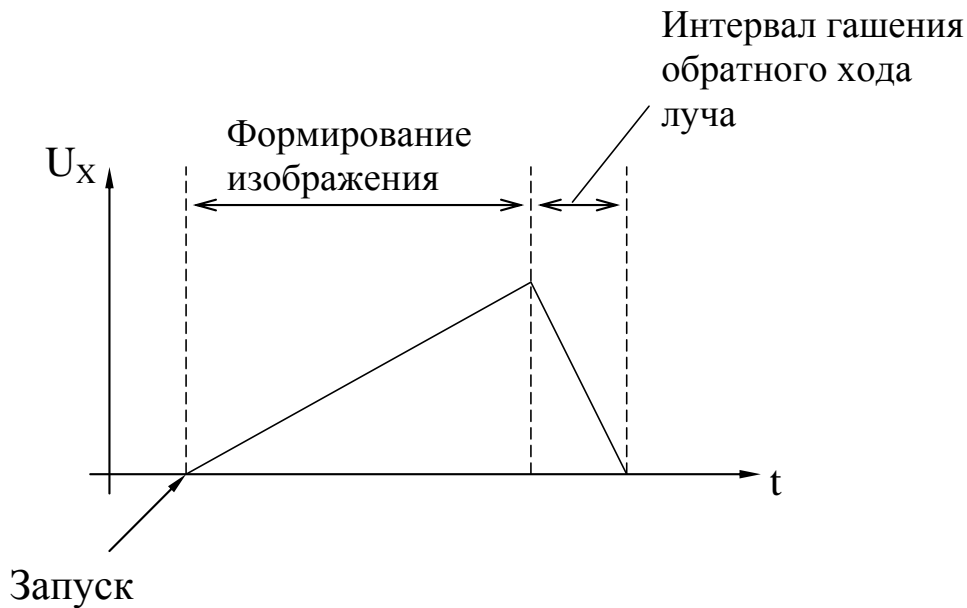


Рис. 4.2 Диаграмма работы генератора развертки

которой может меняться ручкой



Из-за формы сигнала развертки он получил название пилообразного напряжения. Чтобы при возврате луча назад экран осциллографа был чистым, на это время формируется импульс гашения обратного хода луча, прерывающий поток электронов к аноду. По этому же проводу, ускоряя или замедляя поток электронов, можно управлять яркостью свечения изображения (сигнал «Внешняя модуляция яркости луча»). В осциллографах применяют два способа запуска развертки, выбираемые переключателем К1. В нижнем положении К1 запуск развертки осуществляется от сигнала «Внешний запуск». Это позволяет синхронизировать начало формирования изображения с какими-либо внешними событиями. В верхнем положении К1 запуск синхронизируется исследуемым сигналом. Это позволяет наблюдать устойчивое изображение периодических сигналов. Если этой синхронизации не будет, то наблюдается «плывущая» картинка, не позволяющая составить четкого представления об исследуемом сигнале.

Если при включенной развертке на вход Y подается исследуемый сигнал, то луч электронной трубки будет перемещаться с постоянной скоростью по горизонтали и со скоростью и амплитудой, определяемой формой входного сигнала U_Y . Чтобы сделать хорошо наблюдаемую картинку по вертикали, с помощью пучка усиления регулируется коэффициент усиления усилителя канала Y . Обычно вокруг этой ручки на панели осциллографа указана амплитуда напряжения (μV , mV , V).

Обязательным условием получения устойчивого изображения является то, что частота развертывающего напряжения U_X должна соответствовать частоте исследуемого сигнала (рис 4.3).

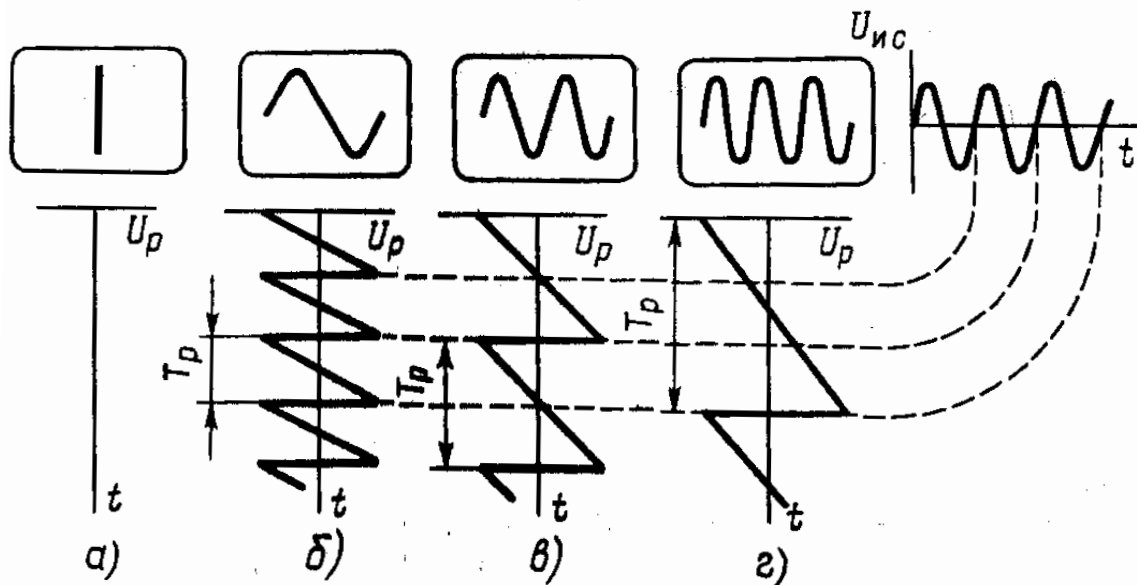


Рис. 4.3 Осциллограммы синусоидального напряжения при отсутствии развертывающего напряжения (a), при частоте развертывающего напряжения, равной частоте исследуемого сигнала (b), и при его частоте, в два и три раза меньшей ($в$, $г$)

При работе осциллографом частоту развертки регулируют до получения на экране изображения одного или нескольких периодов исследуемого сигнала. Регулировка частоты развертки осуществляется ручкой, вокруг которой на панели осциллографа указывают время развертки (μs , ms , s).

Непрерывная линейная развертка пригодна при наблюдении непрерывных периодических сигналов и импульсных сигналов малой скважности и непригодна при исследовании случайных

непериодических и однократных процессов. Импульсные сигналы большой скважности, частота которых равна частоте развертки, называют соответствующие кратковременные вертикальные выбросы луча и светового пятна (рис. 4.4, *a*).

Для наблюдения таких процессов осциллограф специальным переключателем приводится в так называемый ждущий режим.

Ждущая линейная развертка позволяет осциллографировать кратковременные импульсы большой скважности и случайные непериодические процессы. При этом несложными схемными изменениями генератор развертки переводят из автоколебательного режима в ждущий и на экране вместо горизонтальной линии развертки появляется световое пятно. Каждый импульс исследуемого сигнала, отклоняющий луч по вертикали, одновременно запускает генератор развертки, вырабатывающий импульс линейно нарастающего напряжения, однократно отклоняющий луч по горизонтали. Поскольку каждое однократное движение луча по горизонтали вызывается каждым исследуемым импульсом, создается жесткая синхронизация развертки и исследуемого сигнала.

Из рис. 4.4, *б*, *в* видно, что каждый импульс исследуемого напряжения $U_{ис}$ вызывает один проход луча по вертикали и один цикл его движения по горизонтали, длительность которого определяется периодом ждущей развертки $T_{жр}$. Если, например, длительность τ исследуемого импульса в четыре раза меньше периода ждущей развертки $T_{жр}$, как это показано на рис. 4.4, *б*, импульс занимает одну четвертую линии развертки. Переключив развертку на меньшую длительность, получают более быстрый проход луча по горизонтали и наблюдают тот же импульс, занимающий почти половину линии развертки (рис. 4.4, *в*). Следовательно, изменяя период ждущей развертки, можно изменять скорость движения луча по горизонтали и наблюдать импульс в разных масштабах времени.

В биотехнических системах имеется целый набор сигналов, где одновременно существует большая почти постоянная составляющая, на фоне которой разворачиваются более быстрые сигналы небольшой амплитуды.

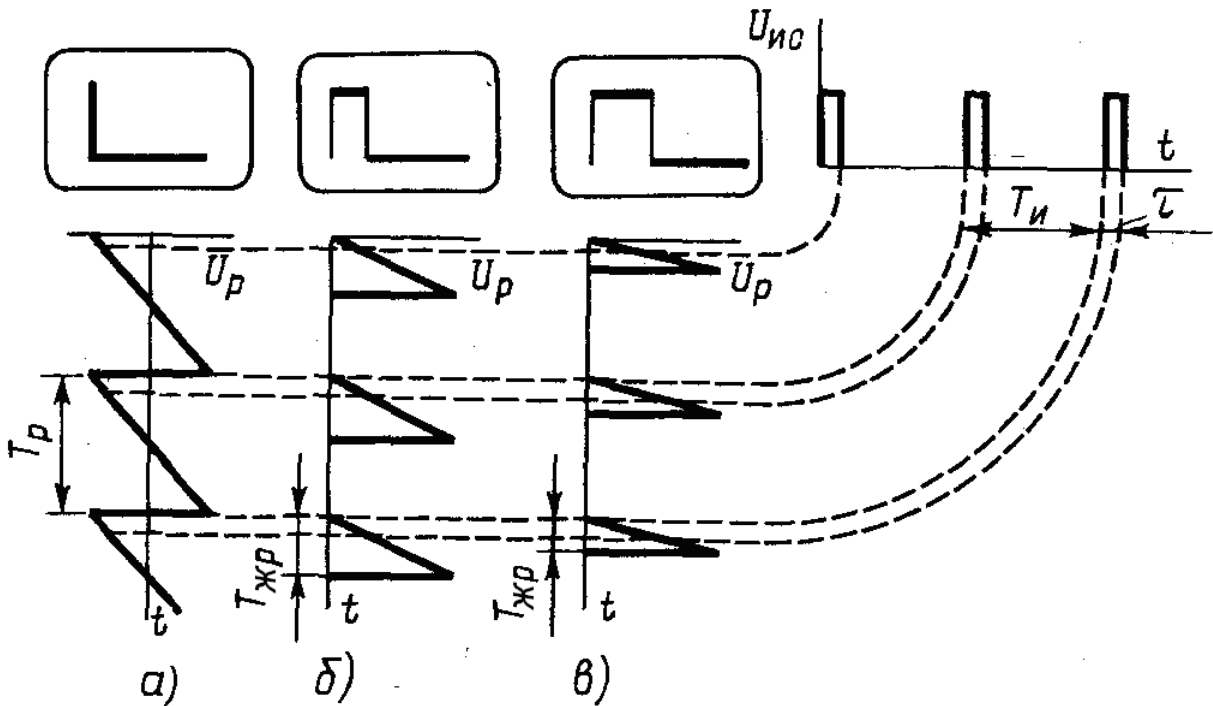


Рис. 4.4 Осциллограммы импульсного напряжения:
а – при непрерывной развертке, *б*, *в* – при ждущей развертке разной
 длительности

Для того чтобы наблюдать только малые и высокочастотные составляющие осциллограф переводят в режим закрытого входа (\sim). В этом режиме между входом Y и усилителем канала Y устанавливается конденсатор, не пропускающий постоянную составляющую. Если нужно наблюдать постоянную составляющую, осциллограф переводится в режим открытого входа (\simeq). В этом режиме вход Y подключается напрямую ко входу усилительного канала Y . У этого переключателя режима может быть третье положение (\perp). В этом положении вход Y подключается к «земле» и сигнал на усилитель канала Y не проходит.

3. Порядок выполнения работы

3.1 Изучите инструкцию и панель осциллографа.

3.2 Найдите на панели все описанные в информационных материалах ручки и переключатели управления.

3.3 Узнайте у преподавателя характеристики сигнала генератора и установите ручки управления и переключатели в соответствующее положение.

3.4 Включите осциллограф и подключите его вход Y к выходу генератора. Наблюдайте исследуемый сигнал на экране ЭЛТ и зарисуйте его на миллиметровой бумаге.

3.5 По сетке прибора и установкам ручек осциллографа определите параметры исследуемого сигнала.

3.6 Изменяя установки коэффициента усиления и времени развертки в большую и меньшую сторону, наблюдайте изменения сигнала на экране ЭЛТ. Пересчитайте параметры сигнала для различных установок ручек управления.

4. Контрольные вопросы

4.1 Нарисуйте функциональную схему осциллографа и объясните назначение каждого его блока.

4.2 Как устроена, работает и управляется электронно-лучевая трубка?

4.3 Для чего реализуется гашение обратного хода луча?

4.4 Как осуществляется синхронизация развертки и наблюдаемого сигнала? Для чего нужна синхронизация?

4.5 Как осуществляется фокусировка ЭЛТ?

4.6 Перечислите основные ручки и переключатели управления осциллографом и объясните принципы управления.

4.7 Что такое ждущая развертка, как она реализуется и для чего используется?

Лабораторная работа №5

Сборка и проверка работоспособности простейших электронных блоков

1. Цель работы: научиться собирать простейшие электронные схемы типа усилителей и генераторов и исследовать их основные характеристики.

В результате самостоятельного изучения материалов и выполнения лабораторной работы студент должен овладеть следующей структурной составляющей в рамках общих компетенций ОК-8 и ПК-3:

Знать: типовые схемы электрические принципиальные генератора и усилителя на одном транзисторе.

Уметь: собирать одностранзисторные генераторы и усилители в лабораторных условиях.

Владеть: навыками в оценке работоспособности одностранзисторных генераторов и усилителей и высокой мотивацией к использованию электронных узлов в будущей профессиональной деятельности.

2. Информационные материалы к занятию

Частный случай управления энергией, при котором путем затраты небольшого ее количества можно управлять энергией во много раз большей, называется **усилением**. Устройство, осуществляющее такое управление, называется **усилителем**. Если управляющая и управляемая энергия являются электрическими, то такой усилитель называется усилителем электрических сигналов. В усилителях электрических сигналов осуществляется управление потоком энергии, идущим от источника питания в нагрузку.

В инженерной практике используется широкий набор усилителей различных типов и назначений. На рис. 5.1 приведена обобщенная классификация усилителей по их основным признакам.

Основные показатели усилителей электрических сигналов определяются их конкретным назначением. Рассмотрим некоторые из них, широко применяемые в инженерной практике.

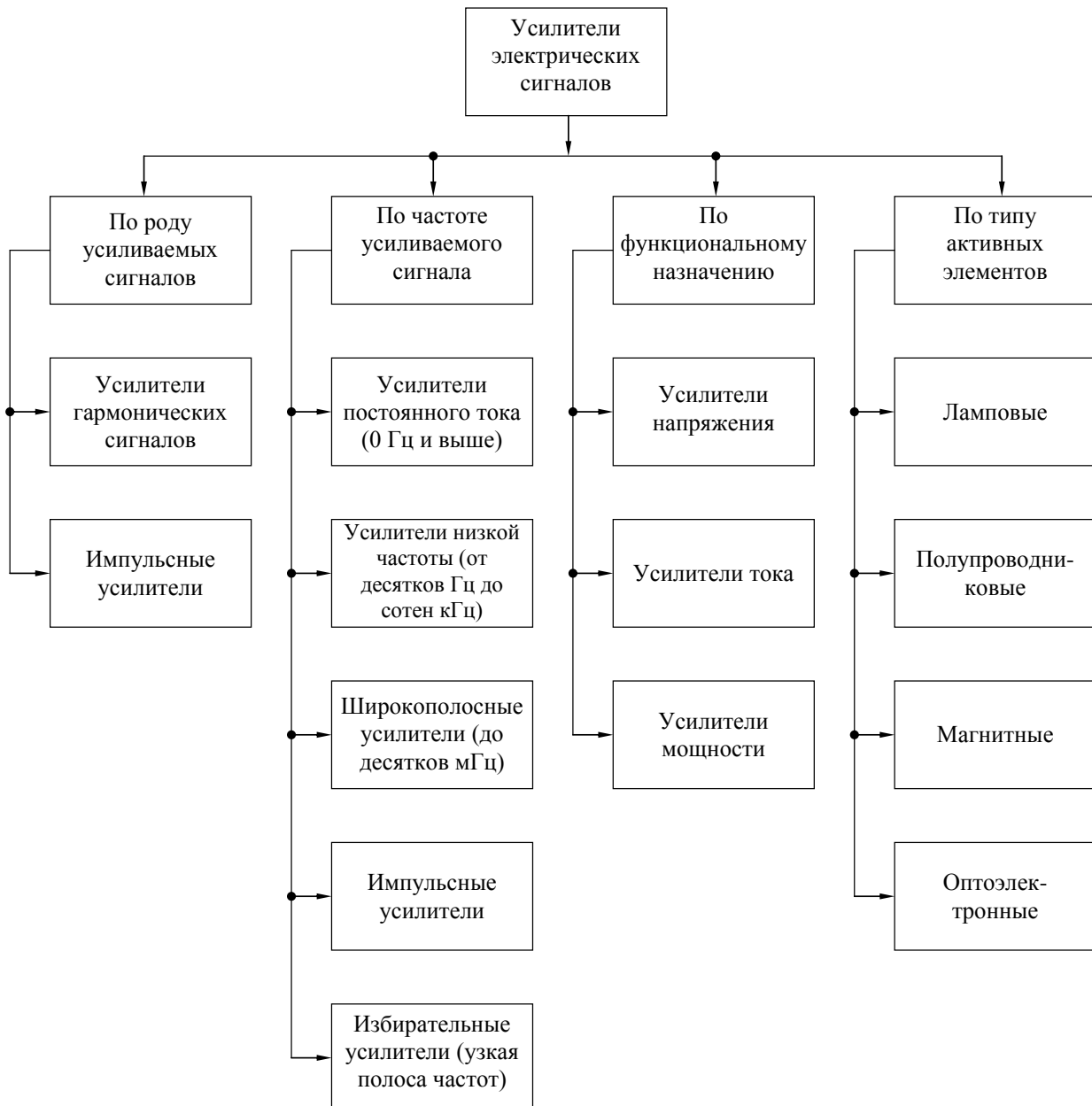


Рис. 5.1 Обобщенная классификация усилителей электрических сигналов

Коэффициентом преобразования или **коэффициентом передачи** называют отношение выходного сигнала к входному. В варианте, когда входное и выходное значения сигнала являются однородными, коэффициент преобразования называют коэффициентом усиления. В зависимости от функционального назначения усилителя по напряжению K_U , по току K_I или по мощности K_P , соответствующие коэффициенты определяются по формулам:

$$K_U = \frac{U_{\hat{A}\hat{U}\hat{O}}}{U_{\hat{A}\hat{O}}};$$

$$K_I = \frac{I_{\hat{A}\hat{U}\hat{O}}}{I_{\hat{A}\hat{O}}};$$

$$K_D = \frac{D_{\hat{A}\hat{U}\hat{O}}}{D_{\hat{A}\hat{O}}},$$

где $U_{\text{ВЫХ}}$, $I_{\text{ВЫХ}}$, $P_{\text{ВЫХ}}$ – амплитуды напряжения тока и мощность сигнала на выходе усилителя соответственно; $U_{\text{ВХ}}$, $I_{\text{ВХ}}$, $P_{\text{ВХ}}$ – амплитуды напряжения тока и мощность сигнала на входе усилителя.

Часто коэффициенты усиления выражают в логарифмических единицах – **децибелах**:

$$K_U^{\hat{E}} (\hat{A}) = 20 \lg K_U;$$

$$K_I^{\hat{E}} (\hat{A}) = 20 \lg K_I;$$

$$K_P^{\hat{E}} (\hat{A}) = 20 \lg K_P.$$

Если усилитель состоит из нескольких последовательно включенных каскадов, для каждого из которых известен его «частный» коэффициент усиления K_1, K_2, \dots, K_n , то **общий коэффициент усиления** определяется выражением:

$$K_0 = K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_n.$$

В логарифмических единицах измерения:

$$\hat{E}_I^{\hat{E}} (\hat{A}) = \hat{E}_1^{\hat{E}} (\hat{A}) + \hat{E}_2^{\hat{E}} (\hat{A}) + \dots + \hat{E}_n^{\hat{E}} (\hat{A}).$$

На рис. 5.2 приведена одна из практических схем усилителя с эмиттерной стабилизацией. В этой схеме конденсаторы C_1 и C_2 обеспечивают гальваническую развязку (разделение входных и выходных цепей по постоянному току) усилителя от других узлов электронной схемы. Сопротивления R_1 и R_2 позволяют выбрать ток базы таким, чтобы транзистор находился примерно на середине линейного участка характеристик транзистора. Сопротивление R_K является нагрузкой транзистора и во многом определяет коэффициент усиления усилителя. Сопротивление R_E и конденсатор C_E улучшают электрические характеристики усилителя.

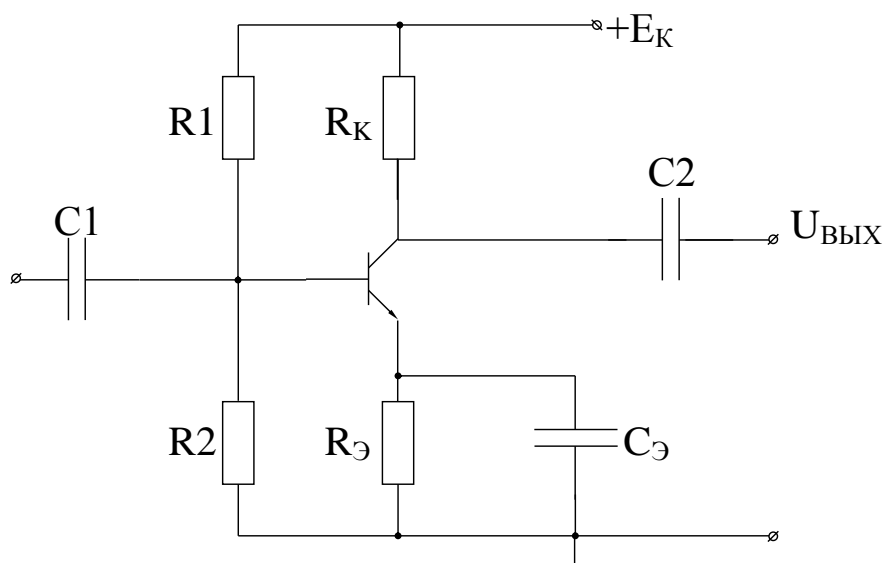


Рис. 5.2 Вариант схемы усилителя с эмиттерной стабилизацией.

В рамках теории проектирования электронных устройств было показано, что при определенных условиях усилительные схемы могут стать генераторами, то есть устройствами, формирующими на своих выходах периодические сигналы, включая синусоидальный сигнал. Для того чтобы усилитель перевести в режим генератора, необходимо выходной сигнал с усилителя подать на его вход со сдвигом фаз на 360° . Сдвиг на 180° осуществляет одностранзисторный усилитель. Еще 180° обеспечивает специально организованная R-C цепь. В результате генератор может быть построен так, как это показано на рис. 5.3.

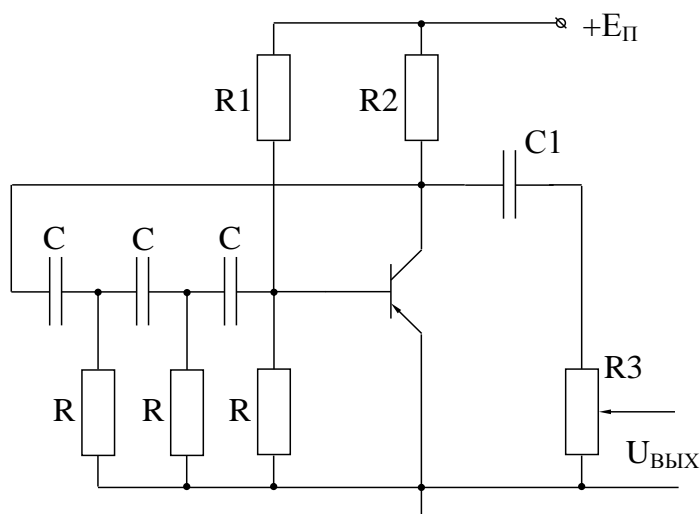


Рис. 5.3 Схема электрическая принципиальная R-C генератора

3. Порядок выполнения работы

3.1 В подгруппах по два человека каждая определите, кто из подгруппы собирает схему усилителя, а кто генератора.

3.2 Получите у преподавателя набор сопротивлений, конденсаторов и транзисторов. Пользуясь указанием преподавателя по номиналам сопротивлений и способу монтажа радиоэлементов, выполните монтаж.

3.3 Подключите выход генератора к осциллографу и измерьте с его помощью параметры генерируемого сигнала. Измените положение движка переменного резистора R_3 и наблюдайте тенденцию изменения амплитуды осциллограммы.

3.4 Измените номиналы сопротивления R и наблюдайте изменение частоты исследуемого сигнала.

3.5 Подключите выход генератора ко входу усилителя и наблюдайте осциллограммы на выходе усилителя.

3.6 Измените сопротивление R_1 усилителя на 2 номинала, полученных от преподавателя. Наблюдайте изменения осциллограммы.

4. Контрольные вопросы

4.1 Дайте определение усилителя.

4.2 Расскажите о назначении элементов усилителя, изображенного на рис. 5.2.

4.3 Расскажите о способе перевода усилителя в режим генератора.

Лабораторная работа №6

Исследование психических свойств человека с помощью компьютерных тестов

1. Цель работы: закрепить навыки тестирования психических свойств человека.

В результате самостоятельного изучения материалов и выполнения лабораторной работы студент должен овладеть следующей структурной составляющей в рамках общей компетенции ОК-8 и ПК-3:

Знать: особенности использования субъективных и объективных тестов, контролирующих психическую сферу человека.

Уметь: приводить компьютерное тестирование свойств психики человека.

Владеть: навыками компьютерного тестирования биологических систем и высокой мотивацией к исследованию средств психологического тестирования.

2. Информационные материалы к занятию

В работе используются те же информационные материалы, что и в практическом занятии № 5.

3. Порядок выполнения работы

3.1 Ознакомьтесь с содержанием тестов, заданных преподавателем по вариантам заданий к практическому занятию № 5.

3.2 Проведите компьютерное тестирование студентов из списка Вашей группы.

3.3 Выполните описание характеристик психических свойств тестируемых.

4. Контрольные вопросы

Лабораторная работа закрепляет навыки, сформированные при выполнении практического занятия №5 и содержит те же контрольные вопросы, что и в соответствующем практическом занятии.

Приложение А

Цветовая маркировка выпрямительных и импульсных диодов

Тип диода	Цвет корпуса или метка на корпусе	Метка у выводов		Рисунок +▷-
		анода (+)	катода (-)	
Д9Б	-	красное кольцо	-	
Д9В	-	оранжовое или красное + оранжовое кольцо	-	
Д9Г	-	жёлтое или красное + жёлтое кольцо	-	
Д9Д	-	белое или красное + белое кольцо	-	
Д9Е	-	голубое или красное + голубое кольцо	-	
Д9Ж	-	зелёное или красное + зелёное кольцо	-	
Д9И	-	два жёлтых кольца	-	
Д9К	-	два белых кольца	-	
Д9Л	-	два зелёных кольца	-	
Д9М	-	два голубых кольца	-	
КД102А	-	зелёная точка	-	
КД102Б	-	синяя точка	-	
2Д102А	-	жёлтая точка	-	
2Д102Б	-	оранжевая точка	-	
КД103А	чёрный	синяя точка	-	
КД103Б	зелёный	жёлтая точка	-	
2Д103А	-	белая точка	-	
КД105Б	точка отсутствует	белая или жёлтая полоса	-	
КД105В	зелёная точка	белая или жёлтая полоса	-	
КД105Г	красная точка	белая или жёлтая полоса	-	
КД105Д	белая или жёлтая точка	белая или жёлтая полоса	-	
КД208А	жёлтая точка	чёрная, зелёная или жёлтая точка	-	
КД208А	-	зелёная полоса	-	
КД209А	-	чёрная, зелёная или жёлтая точка	-	
КД209Б	белая точка	чёрная, зелёная или жёлтая точка	-	
КД209В	чёрная точка	чёрная, зелёная или жёлтая точка	-	
КД209Г	зелёная точка	чёрная, зелёная или жёлтая точка	-	
КД209А	-	красная полоса на торце корпуса	-	
КД209Б	зелёная точка	красная полоса на торце корпуса	-	
КД209В	красная точка	красная полоса на торце корпуса	-	
КД209Г	белая точка	красная полоса на торце корпуса	-	
КД221А	-	голубая точка	-	
КД221Б	белая точка	голубая точка	-	
КД221В	чёрная точка	голубая точка	-	
КД221Г	зелёная точка	голубая точка	-	
КД226А	-	-	оранжовое кольцо	
КД226Б	-	-	красное кольцо	
КД226В	-	-	зелёное кольцо	

Параметры выпрямительных и импульсных диодов

Тип диода	U _{ОБР} (имп) В	I _{ПР max} (имп) А	I _{ОБР max} мкА	f _{Д max} , кГц	Рисунок
Д226	400	0,3	50	1	
Д226А	300	0,3	50	1	
Д226Б	400	0,3	100	1	
Д226Д	100	0,3	100	1	
Д226Е	200	0,3	50	1	
Д226Ж	600	0,1	100	1	

Параметры стабилитронов и стабилиторов

Тип	U _{СТ} , В			при I _{СТ} , мА	I _{СТ} , мА		P _{МАКС} Вт	R _{СТ} Ом	при I _{СТ} , мА	δU/°C %	Рисунок
	мин.	ном.	макс.		мин.	макс.					
КС107А	0,63	0,7	0,77	10	1	100	0,125	12	10	-0,3	
КС113А	1,17	1,3	1,43	10	1	100	0,18	15	10	-0,3	

Приложение Б

Параметры отечественных биполярных транзисторов

Тип транзистора	Структура	$U_{КБ0(и)}, В$	$U_{КЭ0(и)}, В$	$I_{К\max(и)}, мА$	$P_{К\max(и)}, Вт$	$h_{21Э}$	$I_{КБ0}, мкА$	$f_{Гр}, МГц$	$K_{ш}, дБ$	Рисунок
ГТ346А	p-n-p	20	20	10	0,05	10+150	≤ 10	≥ 700	≤ 3	
ГТ346Б	p-n-p	20	20	10	0,05	10+150	≤ 10	≥ 550	≤ 5	
ГТ346В	p-n-p	20	20	10	0,05	10+150	≤ 10	≥ 550	≤ 6	
КТ312А	n-p-n	20	20	30(60)	0,225	10+100	≤ 10	≥ 80	-	
КТ312Б	n-p-n	35	35	30(60)	0,225	25+100	≤ 10	≥ 120	-	
КТ312В	n-p-n	20	20	30(60)	0,225	50+280	≤ 10	≥ 120	-	
2Т818А	p-n-p	100	100	15(20) А	3(100)	20+225	≤ 1 мА	≥ 3	< 1	
2Т818Б	p-n-p	80	80	15(20) А	3(100)	20+225	≤ 1 мА	≥ 3	< 1	
2Т818В	p-n-p	60	60	15(20) А	3(100)	20+225	≤ 1 мА	≥ 3	< 1	

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гусев, В.Г. Получение информации о параметрах и характеристиках организма и физические методы воздействия на него [Текст] учеб. пособие/ В.Г. Гусев. М.: Машиностроение, 2004. 597 с.
2. Клаассен, К.Б. Основы измерений. Электронные методы и приборы в измерительной технике. / К.Б. Клаассен. Москва: Постмаркет, 2000. – 352 с.
3. Корневский, Н.А. Медицинские приборы, аппараты, системы и комплексы [Текст]: Учебник / Н.А. Корневский, Е.П. Попечителей, С.П. Серегин. Курск. гос. техн. ун-т. – Курск: ОАО «ИПП «Курск», 2009. – 986 с.
4. Корневский, Н.А. Узлы и элементы медицинской техники [Текст]: учебное пособие / Н.А. Корневский, Е.П. Попечителей. Курск. гос. тех. ун-т. Курск, 2009: 426 с.
5. Петухов, В.М. Полупроводниковые приборы. Транзисторы. Дополнение второе [Текст]: Справочник. / В.М. Петухов. М.: Рикел, Радио и связь, 1995 – 288 с.
6. Практикум по инженерной психологии и экономике: Учеб. Пособие для студ. высш. учеб. заведений / С.К. Сергиенко, В.А. Бодров, Ю.Э. Писаренко и др.; Под. Ред. Ю.К. Стрелкова. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 400 с.
7. Акимов, Н.Н. Резистор, конденсаторы, трансформаторы, дроссели, коммутационные устройства РЭА: Справ. / Н.Н. Акимов, Е.П. Ващуков, В.А. Прохоренко, Ю.П. Ходоренок – Мн.: Беларусь, 1994. – 591 с.
8. Телешевский, Б.Е. Измерения в электро- и радиотехнике: Учеб. для средн. проф.-техн. училищ / Б.Е. Телешевский – М.: Высш. шк., 1984. – 207 с.