

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Оренбургский государственный университет»

Колледж электроники и бизнеса

Кафедра электронной техники и физики

Ю.В. ЕСИПОВ

# **ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ РЭА**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К ЛАБОРАТОРНОМУ ПРАКТИКУМУ

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом  
государственного образовательного учреждения  
высшего профессионального образования  
«Оренбургский государственный университет»

Оренбург 2006

УДК 621.396(075.3)

ББК 32.844 Я72

Е 83

Рецензент заведующая кафедрой Л.А. Бушуй

**Есипов Ю.В.**

**Е 83 Техническое обслуживание и ремонт РЭА [Текст]: методические указания к лабораторному практикуму Есипов Ю.В. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2006. –32с.**

Методические указания включают: лабораторные работы, пример выполнения лабораторных работ.

Методические указания предназначены для проведения лабораторных работ по дисциплине «Техническое обслуживание и ремонт РЭА» для студентов четвертого курса специальности 2014 «Техническое обслуживание и ремонт радиоэлектронной аппаратуры».

ББК 32.884Я72

©Есипов Ю.В. 2006

©ГОУ ОГУ, 2006

## Содержание

Введение.....	5
Лабораторная работа №1 .....	6
Дефектация пассивных элементов схем.....	6
1.1 Краткое теоретическое обоснование.....	6
1.1.1 Резисторы.....	6
1.1.2 Конденсаторы.....	8
1.1.3 Намоточные узлы и детали радиотелевизионной аппаратуры .....	11
1.1.4 Катушки индуктивности радиочастоты.....	21
1.1.5 Колебательные системы, фильтры, линии задержки.....	23
1.1.6 Коммутирующие устройства.....	32
1.2 практическая часть работы №1.....	40
1.2.1 Оборудование.....	40
1.2.2 Порядок выполнения работ.....	40
1.2.2.1 Резисторы.....	40
1.2.2.2 Конденсаторы.....	42
1.2.2.3 Намоточные узлы.....	44
1.3.3 Оформить отчет о проделанной работе, сделать выводы и сдать отчет преподавателю. ....	46
2.1 Краткое теоретическое обоснование .....	46
2.1.1 Полупроводниковые диоды.....	46
2.1.2 Транзисторы.....	55
2.1.3 Специальные полупроводниковые диоды.....	55
2.1.4 Микросхемы.....	59
2.2 Практическая часть работы №2.....	62
2.2.2 Порядок выполнения работ.....	62
2.2.2.1 Полупроводниковые диоды.....	62
2.2.2.2 Транзисторы.....	64
2.2.2.3 Специальные полупроводниковые диоды.....	68
2.2.2.4 Микросхемы.....	69
Список контрольных вопросов.....	70
Список использованных источников.....	71

## **Введение**

Методические указания по дисциплине «Техническое обслуживание и ремонт РЭА» предназначены для проведения лабораторных работ для студентов четвертого курса специальности 2014 «Техническое обслуживание и ремонт радиоэлектронной техники».

Методические указания состоят из двух работ, объединенных общей темой «Дефектация комплектующих схем»

В большинстве случаев неисправности бытовой РЭА возникают по причине выхода из строя активных и пассивных электрорадиоэлементов. К активным ЭРЭ относят интегральные микросхемы, транзисторы, тиристоры, стабилитроны и т. д. К пассивным относятся резисторы, конденсаторы, трансформаторы, дроссели и другие элементы.

При проведении ремонтных работ необходимо уметь проводить контроль работоспособности активных и пассивных ЭРЭ как вне блоков (модулей), так и в их составе, т. е. без выпаивания их из плат, а также уметь определять неисправности конкретных ЭРЭ.

# Лабораторная работа №1

## Дефектация пассивных элементов схем.

**Цель работы:** Научится осуществлять проверку и дефектацию пассивных радиоэлементов.

### 1.1 Краткое теоретическое обоснование

#### 1.1.1 Резисторы

Резистор представляет собой радиоэлемент, используемый в радиоэлектронных схемах в качестве активного электрического сопротивления и предназначенный для регулирования или ограничения тока в электрических цепях.

Резисторы используются в БРЭА в качестве анодных и коллекторных нагрузок, делителей напряжения для создания требуемого режима питания ламп, транзисторов и микросхем. Принцип их действия основан на свойстве токопроводящих материалов с большим удельным электрическим сопротивлением оказывать сопротивление проходящему электрическому току.

В зависимости от конструкции и материала токопроводящего элемента резисторы подразделяются на непроволочные и проволочные. В непроволочных резисторах токопроводящий элемент изготавливают методом нанесения на керамическое основание тонкого слоя углерода или сплава металлов, обладающих высоким удельным сопротивлением, а в проволочных — его выполняют из проволоки высокоомного материала (константен, манганин, нихром).

По характеру изменения сопротивления резисторы подразделяются на постоянные и переменные, в том числе подстроенные.

Основными параметрами резисторов являются: номинальное сопротивление и его допустимое отклонение, номинальная мощность рассеивания, предельное рабочее напряжение, температурный коэффициент сопротивления и шумы.

Номинальное сопротивление постоянных и переменных резисторов указывает значение их сопротивления в омах, килоомах или мегаомах и проставляется на резисторах. Установлено шесть рядов номинальных значений сопротивлений: E6, E12, E24, E48, E96, E192. Цифры после букв указывают число номинальных значений в данном ряду.

Допустимое отклонение сопротивления указывает на наибольшее возможное отклонение от номинального значения в сторону увеличения или уменьшения действительного значения активного сопротивления резисторов и выражается в процентах. Пределы допустимых отклонений сопротивлений резисторов приведены в прил. 1.

Номинальная мощность рассеивания указывает максимально допустимую мощность, которую резистор может рассеивать

при длительной электрической нагрузке, нормальных атмосферном давлении и температуре. Непроволочные резисторы изготовляют на номинальную мощность 0,05; 0,125; 0,25; 0,5; 1; 2; 5 и 10 Вт, а проволочные — 0,2—150 Вт. Номинальная мощность рассеивания резисторов должна быть на 20—30 % больше рабочей рассеиваемой мощности.

Предельное рабочее напряжение — это максимально допустимое напряжение, приложенное к выводам резистора, которое не вызывает превышения норм технических условий (ТУ) на электрические параметры. Эта величина задается для нормальных условий эксплуатации и зависит от длины резистора, шага спиральной нарезки, температуры, давления окружающей среды и атмосферного давления. Чем выше температура и ниже атмосферное давление, тем выше вероятность теплового или электрического пробоя и выхода из строя резистора.

Температурный коэффициент сопротивления (ТКС) характеризует относительное изменение сопротивления резистора при изменении температуры окружающей среды на 1 °С. У непроволочных резисторов, применяемых в БРЭА, ТКС не превышает  $\pm 0,04$ — $0,2$  %, а у проволочных —  $\pm 0,003$ — $0,2$  %.

Шумы в резисторах обусловлены хаотическим движением носителей зарядов, что вызывает появление дополнительного шумового напряжения на выводах резисторов и создает помехи при прохождении сигнала. Собственные шумы резисторов бывают тепловые и токовые.

Тепловые шумы возникают под действием хаотического движения электронов в токопроводящем слое, что вызывает микроизменения сопротивления резистора и переменные пульсации напряжения в нем. С увеличением температуры резистора тепловые шумы возрастают.

Токовые шумы появляются в углеродистых, металлизированных и композиционных резисторах. С увеличением приложенного напряжения они возрастают.

Наибольшие токовые шумы создают непроволочные резисторы. Проволочные резисторы обладают лишь тепловыми шумами, гораздо меньшими, чем токовые.

Сокращенная система обозначений резисторов введена в соответствии с ГОСТ 13453—68 с учетом вышеназванных групп и свойств резисторов и состоит из букв и цифр. Буквами обозначается группа резисторов: С — резисторы постоянные, СП — резисторы переменные. Первая цифра после букв указывает материал, из которого они изготовлены (1 — непроволочные тонкослойные углеродистые и бороуглеродистые; 2 — непроволочные тонкослойные металлопленочные и металлоокисные; 3 — непроволочные композиционные пленочные; 4 — непроволочные композиционные объемные; 5 — проволочные; 6 — непроволочные тонкослойные металлизированные). Следующие цифры, написанные через дефис, указывают порядковый номер разработки конструктивной разновидности резисторов данного вида. Например,

резистор С2-22 — постоянный непроволочный с порядковым номером разработки 22.

С 1980 г. введена новая система сокращенных условных обозначений, в которой первый элемент — буква или сочетание букв — обозначает подкласс резистора (Р — постоянные резисторы, РП — переменные резисторы, НР — наборы резисторов); второй элемент — цифра обозначает группу резисторов по материалу резистивного элемента (1 — непроволочные, 2 — проволочные); третий элемент — цифра обозначает регистрационный номер конкретного типа резистора. Между вторым и третьим элементами ставится дефис. Например, резисторы переменные проволочные с номером 18 записываются РП2-18.

Резисторы, которые изготовлялись до введения вышеуказанных систем сокращенных обозначений, имеют старые наименования, в основу которых положены отличительные признаки (вид токопроводящего материала, защиты и др.). К ним относятся резисторы типа ВС (высокостабильные) МЛТ (металлизированные лакированные теплостойкие) и другие.

### **1.1.2 Конденсаторы**

Конденсатор представляет собой радиоэлемент, состоящий из двух металлических пластин (обкладок), разделенных диэлектриком, способный накапливать электрические заряды на обкладках, если к ним приложена разность потенциалов. В качестве диэлектрика применяют бумагу, слюду, стеклоэмаль, керамику, воздух и др. Конденсаторы применяют в схемах для разделения переменной и постоянной составляющих тока и сглаживания пульсаций напряжений выпрямителей. В сочетании с катушками индуктивности они образуют резонансные контуры, широко используемые в БРЭА. В зависимости от назначения конденсаторы подразделяются на контурные, разделительные, блокировочные, фильтровые и подстроенные. По характеру изменения емкости и в зависимости от конструкции они делятся на три группы: постоянной емкости, полупеременные (подстроечные) и переменной емкости. Конденсаторы постоянной емкости в зависимости от конструкции, параметров и назначения в свою очередь подразделяются на две группы: низкочастотные (бумажные, металлобумажные и электролитические) и высокочастотные (слюдяные, стеклоэмалевые, керамические, пленочные и металлопленочные).

Конденсаторы независимо от группы и вида характеризуются параметрами: номинальным значением и допустимым отклонением емкости, рабочим напряжением и электрической прочностью, температурным коэффициентом емкости, допустимой реактивной мощностью и тангенсом угла потерь.

Номинальное значение емкости конденсатора зависит от геометрических размеров пластин и вида диэлектрика. При изменениях температуры и влажности окружающей среды в процессе эксплуатации изменяются диэлектрические свойства материала и, следовательно, емкость.

Единицей электрической емкости является фарад (Ф). Емкость конденсаторов измеряется в микрофарадах (мкФ), нанофарадах (нФ) или пикофарадах (пФ):  $1 \text{ мкФ} = 10^{-6} \text{ Ф}$ ;  $1 \text{ нФ} = 10^{-9} \text{ Ф}$ ;  $1 \text{ пФ} = 10^{-12} \text{ Ф}$ .

Конденсаторы постоянной емкости изготавливаются с номинальными значениями емкости от 1 пФ до десятков тысяч микрофарад, и эти значения указываются на конденсаторах.

На подстроечных конденсаторах и конденсаторах переменной емкости могут быть указаны минимальная и максимальная емкости или только максимальная.

Допустимое отклонение емкости конденсатора показывает отклонение в процентах от номинального значения. Конденсаторы широкого применения выпускаются с допустимым отклонением  $\pm 5\%$ ,  $\pm 10\%$  и  $\pm 20\%$ , отдельные типы — с допустимым отклонением емкости от номинального значения  $\pm 2\%$  и менее. У некоторых электролитических конденсаторов допустимое отклонение составляет  $50\%$  и более. Конденсаторы с небольшим допустимым отклонением емкости от номинального значения применяются в каскадах радиочастоты, где требуется повышенная точность настройки контуров, с большим допуском — в блокировочных и развязывающих цепях. Электрическая прочность — это способность конденсатора выдерживать приложенное к нему напряжение без пробоя диэлектрика. Она характеризуется значениями рабочего и испытательного напряжений, которые определяются свойствами и толщиной диэлектрика. Для большинства типов конденсаторов указывается рабочее напряжение постоянного тока, которое может быть от единиц вольт до десятков киловольт. При включении конденсаторов в цепь переменного тока необходимо учитывать, что амплитудное напряжение не должно превышать номинальное.

Температурным коэффициентом емкости (ТКЕ) называется относительное изменение емкости конденсатора при изменении температуры на  $1^\circ\text{C}$ . В зависимости от вида конденсатора ТКЕ может быть положительным или отрицательным. Положительный ТКЕ соответствует увеличению емкости при нагревании, отрицательный — уменьшению. Значения ТКЕ выражаются в миллионных долях изменения емкости, отнесенных к  $1^\circ\text{C}$ . Для большинства типов конденсаторов они находятся в пределах от  $10^8$  до  $10^{12}$  1/град. В зависимости от значения ТКЕ конденсаторы постоянной емкости делят на группы. У слюдяных конденсаторов группа обозначается соответствующей буквой на корпусе, у керамических — каждой группе соответствует определенный цвет корпуса или цветная отметка. Кроме того, для обозначения ТКЕ используются буквы, указывающие знак ТКЕ (М — минус, П — плюс, МП — близок к нулю), и цифры, указывающие значение ТКЕ в миллионных долях. Для конденсаторов других типов ТКЕ не регламентируется. Низкочастотные керамические конденсаторы маркируются буквой Н.

Конденсаторы с малым положительным ТКЕ являются термостабильными и применяются в колебательных контурах с высокой стабильностью частоты. Керамические конденсаторы с отрицательным ТКЕ являются

термокомпенсирующими и применяются для компенсации изменения емкости конденсаторов колебательных контуров.

Допустимая реактивная мощность конденсатора - это наибольшая колебательная мощность, которая может быть приложена к конденсатору без разрушения его изоляции. Реактивную мощность конденсаторов учитывают в случае применения их в радиочастотных цепях и колебательных системах.

Тангенсом угла потерь ( $\operatorname{tg} \delta$ ) называется отношение мощности потерь к реактивной мощности, запасаемой конденсатором при работе. Когда через конденсатор проходит переменный ток, то напряжение и ток оказываются сдвинутыми по фазе, но меньше, чем на  $90^\circ$  (фазовый угол  $\varphi$ ). Угол, дополняющий фазовый до  $90^\circ$ , называется углом потерь  $\delta$ . В идеальном конденсаторе, не имеющем диэлектрических потерь,  $\delta = 0$ .

Маркировка и типовые обозначения конденсаторов характеризуют их основные свойства и особенности. Буквы, обозначающие тип конденсатора, указывают:

материал диэлектриков (Б — бумажный, МБ — металlobумажный, П — пленочный, МП - металlopленочный, С — слюдяной, К — керамический, Э — электролитический); вид защиты (О — спрессованный или открытый, Г — герметизированный) ; конструктивную особенность (Т — трубчатый, Д — дисковый, П — пластинчатый или плоский; Б — бочоночный, Г — горшкообразный, Ц — цилиндрический); особые свойства (Т — теплостойкий, В — высоковольтный, М — малогабаритный, Ч — частотный, У — ультракоротковолновый). Например, СГМ — конденсатор слюдяной герметизированный малогабаритный; ПОВ — пленочный открытый высоковольтный.

Для вновь разрабатываемых конденсаторов в зависимости от их группы и свойств в соответствии с ГОСТ 13453—68 введена система обозначений, состоящая из следующих элементов.

Первый элемент — буквы, означающие: К — конденсаторы постоянной емкости; КП — конденсаторы переменной емкости; КТ — конденсаторы подстроечные; КС — конденсаторные сборки.

Второй элемент—числа, обозначающие материал диэлектрика и группу по рабочему напряжению: 10 — керамические на номинальное напряжение ниже 1600В; 15 — керамические на номинальное напряжение 1600 В и выше; 20 — кварцевые; 21 —стеклянные; 22 — стеклокерамические; 23 — стеклоэмалевые; 31 —слюдяные; 40 — бумажные с обкладками из фольги на номинальное напряжение ниже 2 кВ; 41 — бумажные с обкладками из фольги на номинальное напряжение выше 2 кВ; 42 — металlobумажные; 50 — электролитические алюминиевые; 51 — электролитические танталовые фольговые; 52 — электролитические танталовые объемнопористые; 53 -электролитические оксиднополупроводниковые; 54 — оксиднометал-лические; 60 — воздушные; 61 — вакуумные; 70 — полистирольные с фольговыми обкладками; 71 — полистирольные с металлизированными обкладками; 72 — фторопластовые; 73

— полиэтилентерефталатные; 75 — комбинированные; 76 — лакопленочные; 77 — поликарбонатные; 78 — полипропиленовые.

Третий элемент — буквы, обозначающие режим работы: П — в цепях постоянного и переменного токов; Ч — в цепях переменного тока; У — в цепях постоянного и переменного токов в импульсных режимах (универсальный); И — в импульсных режимах; отсутствие буквы после числа указывает, что конденсатор может работать только в цепях постоянного и пульсирующего токов.

Четвертый элемент — цифры, указывающие порядковый номер исполнения (модель).

Для конденсаторов переменной емкости и подстроечных цифра, следующая за буквами, указывает вид диэлектрика: 1 - вакуумный; 2 — воздушный; 3 — газообразный; 4 — твердый. Например, КТ4-10—подстроечный конденсатор с твердым диэлектриком, порядковый номер 10; К40П-2 — конденсатор бумажный с фольговыми обкладками, может быть использован в цепях постоянного и переменного токов, порядковый номер 2.

На корпусах конденсаторов обычно указываются их основные характеристики: тип, номинальное значение емкости, допустимое отклонение емкости от номинального значения, номинальное рабочее напряжение.

### **1.1.3 Намоточные узлы и детали радиотелевизионной аппаратуры**

Общие сведения. В отличие от резисторов и конденсаторов намоточные узлы и детали радиотелевизионной аппаратуры являются в основном нестандартными изделиями, и их конструкция определяется назначением конкретного устройства, для которого они предназначаются. В зависимости оттого, с какой целью и в каких цепях бытовой РЭА (низкочастотных, высокочастотных, импульсных и т.д.) используются эти узлы и детали, их можно разделить на следующие группы:

- катушки индуктивности, дроссели и трансформаторы высокой частоты;
- трансформаторы и дроссели низкой частоты;
- импульсные трансформаторы;
- отклоняющие системы телевизионной аппаратуры.

У намоточных узлов и деталей одна общая особенность - конструктивно они имеют узел, выполненный путем намотки обмоточного провода.

Катушки индуктивности, дроссели и трансформаторы высокой частоты. К высокочастотным катушкам индуктивности, применяемым в виде обмоток, относятся такие, у которых сопротивление имеет индуктивный характер в диапазоне частот с верхней границей 100кГц-400мГц. Такие катушки используют в качестве элементов колебательных контуров для получения магнитной связи между определенными участками-М электрических цепей РЭА или

для создания на отдельных участках электрической цепи реактивных сопротивлений индуктивного характера.

В зависимости от назначения катушки индуктивности высокой частоты делятся на: контурные; катушки связи контуров с другими цепями; вариометры и дроссели высокой частоты. По конструктивному исполнению катушки бывают бескаркасные и с каркасом, с сердечником, и без него, экранированные и неэкранированные, однослойные и многослойные цилиндрические, плоские и тороидальные, а по технологий изготовления вожженные, намотанные, печатные и тонкопленочные.

Катушки индуктивности высокой частоты являются нестандартными изделиями, поэтому в каждом конкретном случае их конструкцию рассчитывают по заданным электрическим параметрам. Основные параметры таких катушек:

- Номинальное значение индуктивности катушки. Этот параметр характеризует количество энергии, запасаемой катушкой, при протекании по ней электрического тока. Чем выше индуктивность катушки, тем больше энергия магнитного поля при заданном значении силы тока. Индуктивность зависит от формы, размеров катушки, числа ее витков, а также от размеров, формы и материала ее сердечника. При этом сердечник увеличивает индуктивность катушки. В справочной литературе приводятся формулы для расчета индуктивности катушек различных типов, измеряемой в микрогенри (мкГ), миллигенри (мГ).

- Допустимые отклонения действительного значения индуктивности от номинального, измеряемые в процентах.

- Добротность катушек индуктивности. Характеризует качество работы катушки индуктивности в цепях переменного тока. Добротность  $Q$  катушки определяется как отношение ее индуктивного сопротивления к активному на рабочей частоте:

$$Q = X_L / R = 2\pi f L / R$$

где  $X_L = 2\pi f L$  - индуктивное сопротивление;  $f$  - рабочая частота;  $L$  — номинальное значение индуктивности;  $R$  - активное сопротивление катушки, которое включает сопротивление провода обмотки и сопротивление, обусловленное потерями электрической энергии в каркасе, сердечнике, экране, изоляции. Чем меньше активное сопротивление катушки (потери энергии), тем выше добротность катушки. Обычно в бытовой РЭА используют катушки с добротностью от 30 до 200.

- Стабильность параметров катушки. Прежде всего это стабильность индуктивности и добротности катушки во времени, а также при изменении температуры, влажности. Температурная стабильность индуктивности количественно оценивается температурным коэффициентом индуктивности (ТКИ), равным относительному изменению индуктивности при изменении температуры на  $1^\circ\text{C}$ .

- Собственная емкость катушек индуктивности. Обусловлена емкостью между витками катушки, емкостью витков по отношению к шасси или экрану. Собственная емкость является паразитным параметром и ее стремятся уменьшить (прежде всего за счет конструкции катушек). Значение собственной емкости

колеблется от 0,5 - 1,5 пФ для однослойных шаговых катушек до 20 - 30 пФ для многослойных рядовых.

Контурные катушки индуктивности широко применяются в различной бытовой РЭА (радиоприемники, телевизионные приемники). Они могут быть намотаны на каркасе обмоточными проводами или выполнены без каркаса. В качестве обмоточных проводов используют провода типа КПЭЛ, ПЭТ, ПЭЛШО, ПЭЛШД.

Увеличения добротности можно достичь с помощью провода типа «литцендрат» (ЛЭШО). Катушки индуктивности без каркасов применяют,

Иногда необходимы большая добротность, малая индуктивность. Диаметр провода в этом случае выбирают в основном из соображения жесткости конструкции (1 - 1,5 мм и более), а количество витков ограничивают (5 - 8). Каркасы изготавливают из пресс-порошков и термопластичных пластмасс

или из высокочастотных диэлектриков: керамики, полиэтилена, полистирола. Они могут быть гладкими, нарезными, ребристыми. Ребристые каркасы снижают собственную емкость катушки индуктивности, а нарезные увеличивают стабильность параметров (может быть холодная плотная намотка в канавку или горячая намотка, осажденная в пазы обмотки). Контурные катушки индуктивности по типу обмоток могут быть однослойными и многослойными. Однослойные катушки выполняют сплошной намоткой или намоткой с принудительным шагом. Для последних характерны снижение собственной емкости и повышение добротности. Некоторые, типы таких катушек приведены на рис. 1.

Однослойные симметричные катушки индуктивности используют в симметричных колебательных контурах (например, контурах

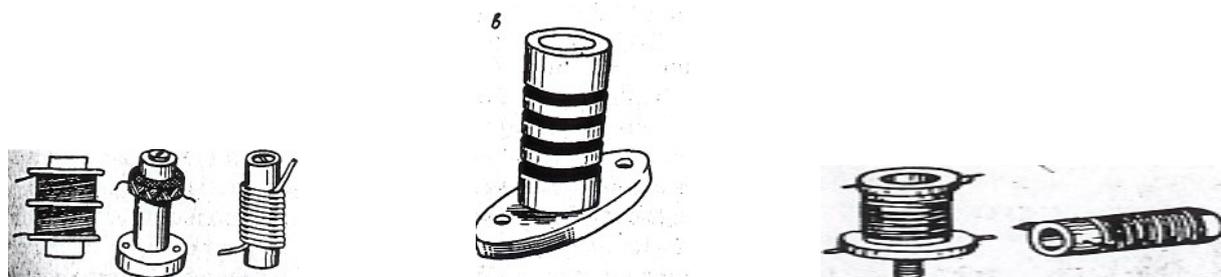


Рисунок 1 - Некоторые типы контурных однослойных катушек индуктивности: а - со сплошной намоткой; б - полученные намоткой с принудительным шагом; в - с осажденной обмоткой на нарезном каркасе



Рисунок 2 - Многослойные контурные катушки индуктивности с сердечниками

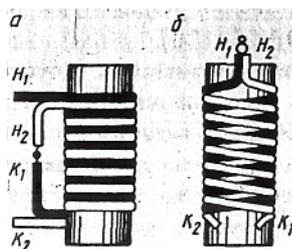


Рисунок 3 - Симметричные катушки индуктивности, выполненные бифилярной (а) и перекрестной (б) намоткой частотных детекторов).

Многослойные контурные катушки индуктивности бывают не секционированными и секционированными. Не секционированные катушки получают рядовой обмоткой (пониженная добротность и стабильность параметров, большая собственная емкость), намоткой «внавал» (характеристики лучше, чем в предыдущем случае), перекрестной намоткой, называемой «универсаль» (характеристики лучше, но сложны в изготовлении). Секционированные катушки характеризуются сравнительно высокой добротностью, пониженной собственной емкостью и меньшим наружным диаметром. Наиболее часто секционированные катушки наматывают на специальные каркасы внавал. Каждая секция представляет собой многослойную катушку, и число секций колеблется обычно от двух до шести.

Катушки индуктивности могут быть экранированными, когда необходимо устранить паразитные связи, обусловленные внешним магнитным полем катушки, или влияние на катушку полей других источников. В бытовой РЭА широко применяют контурные катушки индуктивности с сердечниками как из немагнитных металлов (медь, латунь, алюминий и его сплавы), так и из ферромагнитных материалов (магнитодиэлектрики, ферриты). Катушки с сердечниками из немагнитных металлов характеризуются высокой стабильностью параметров, но при этом уменьшается их индуктивность и еще в большей степени добротность. Катушки индуктивности с ферромагнитными сердечниками имеют меньшее число витков при заданной индуктивности и отличаются более высокой добротностью и меньшими размерами, но стабильность параметров при этом снижается. Сердечники по форме бывают цилиндрическими, броневыми, тороидальными (кольцевыми). Многослойные контурные катушки индуктивности с сердечниками показаны на рис. 3.

катушках индуктивности с сердечниками может предусматриваться возможность изменения положения сердечника в обмотке, что приводит к изменению индуктивности катушки в небольших пределах. Это свойство широко используется при настройке различных узлов бытовой РЭА.

Катушки связи (трансформаторы В Ч) применяют для магнитной связи между отдельными цепями, что позволяет разделить эти цепи по постоянному току. К катушкам связи не всегда предъявляют жесткие требования в отношении

добротности и точности. Основными параметрами таких катушек являются индуктивность и коэффициент индуктивной связи  $K_a$ :

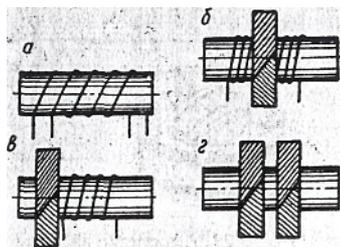


Рисунок 4 - Катушки связи с обмотками: *a* - двумя однослойными ( $K_{св} = 0.9$ ); *б* - однослойной (раздвоенной) и многослойной ( $K_{св} = 0.7$ ); *в* - однослойной и многослойной ( $K_{св} = 0.5$ ); *г* - двумя многослойными ( $K_{св} = 0.8$ )

Где  $M$  - взаимная индуктивность между катушками,  $\Gamma$ ;  $L1$  и  $L2$  — индуктивности связанных катушек.

Определить  $K_{св}$  в общем случае довольно трудно, поэтому чаще всего его ориентировочно оценивают в зависимости от расположения обмоток (рис. 4).

Трансформаторы ВЧ бывают без сердечников и с сердечниками. При этом сердечник может быть общим для связанных катушек, что дает возможность изменять связь между ними с его помощью. Катушки могут иметь постоянную связь и свои сердечники из магнитодиэлектрика для подстройки индуктивности каждой из них в отдельности.

Вариометр - это катушка индуктивности, в которой предусмотрена возможность изменения индуктивности в процессе эксплуатации. Принцип действия вариометра основан на изменении коэффициента связи между двумя катушками при их вращении относительно друг друга (рис. 5, *a*); на изменении индуктивности катушки при перемещении внутри сердечника из материала с высокой магнитной проницаемостью, например из феррита (рис. 5, *б*). В обоих случаях будут происходить изменения индуктивности вариометра в определенных пределах от  $L_{min}$  до  $L_{max}$

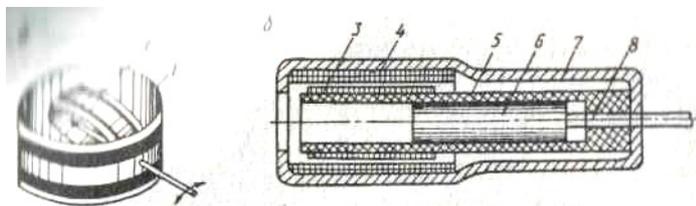


Рисунок 5 - Устройство вариометров:

Дроссель высокой частоты — это катушка индуктивности, включаемая в электрическую цепь для увеличения ее сопротивления токам высокой частоты. При этом значение сопротивления токам низкой частоты и постоянному току малое и не изменяется. Дроссели применяют в различных цепях фильтрации как блокировочные элементы по высокой частоте, т.е. они

пропускают с минимальными потерями постоянный и переменный ток низкой частоты и практически не пропускают токи высокой частоты.

Основные параметры дросселя: индуктивное сопротивление, сопротивление постоянному току несобственная емкость. Сопротивление дросселя постоянному току должно быть минимальным, индуктивное сопротивление  $X_L=2\pi fL$  - достаточно большим на рабочей частоте/, а собственная емкость - весьма малой.

Условные графические обозначения катушек 5 На принципиальных схемах бытовой РЭА рядом с условными обозначениями катушки

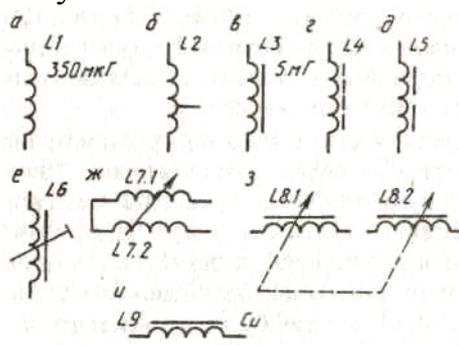


Рисунок 6. Условные графические обозначения катушек индуктивности и дросселей высокой частоты: а - без отвода; б - с отводами; в - с ферритовым или ферромагнитным сердечником; г - с магнитодieleктрическим сердечником; д) - с ферромагнитным сердечником с зазором; е - с подстраиваемой индуктивностью путем изменения положения сердечника; -ж- - вариометра без сердечника; з - вариометра с синхронно перемещающимися сердечниками; и - с немагнитным сердечником из меди

Условные графические обозначения катушек связи (трансформаторов) высокой частоты приведены на рис. 3.25. На

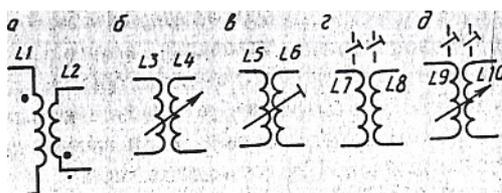


Рисунок 6 - Условные графические обозначения катушек связи (трансформаторов) высокой частоты:

а - без сердечника с постоянной связью; б - без сердечника с переменной связью; в с общим подстроечным сердечником; г - с постоянной связью и подстроечными сердечниками из магнетодиэлектрика В каждой катушке; д - с переменной связью и подстроечными сердечниками из магнетодиэлектрика в каждой катушке

принципиальных схемах в условных графических обозначениях высокочастотных трансформаторов точками может указываться начало обмоток (рис. 6, а), если работа устройств невозможна при неправильном подключении обмоток.

Трансформаторы и дроссели низкой частоты. Трансформатор - это электромагнитное устройство, предназначенное для преобразования переменного сигнала за счет изменения напряжения, силы тока, при этом частота

остается без изменения. Трансформаторы применяют в источниках питания для изменения переменного напряжения, для согласования электрических цепей, осуществления связи между отдельными каскадами, гальванической развязки электрических цепей. Одна из обмоток трансформатора подключается к источнику переменной электродвижущей силы и называется первичной, все остальные обмотки называются *вторичными*. Первичный ток  $I_1$  протекая через витки первичной обмотки  $W_1$ , наводит в ней и сердечнике переменное магнитное поле, магнитный поток которого  $\Phi$  пересекает витки вторичной обмотки  $W_2$  и наводит в них переменную ЭДС, возникает напряжение  $U_2$  и ток  $I_2$  через нагрузку  $R_H$ .

Низкочастотные трансформаторы подразделяют на силовые (трансформаторы Питания) и сигнальные (согласующие). Трансформаторы, преобразующие импульсный сигнал, называют импульсными.

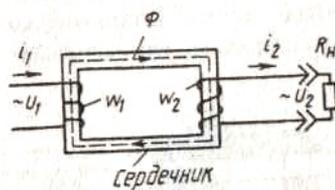


Рисунок 7 - Принцип действия трансформатора:  $\Phi$  - магнитный поток в сердечнике  $I_1, I_2$  - переменный ток в первичной и вторичной обмотках;  $W_1, W_2$  - количество витков соответственно первичной и вторичной обмоток;  $U_1, U_2$  - переменное напряжение первичной и вторичной обмоток

Конструктивно трансформаторы состоят из: сердечника, его называют магнитопроводом; двух и более обмоток, изолированных друг от друга и магнитопровода; каркасов, на которые

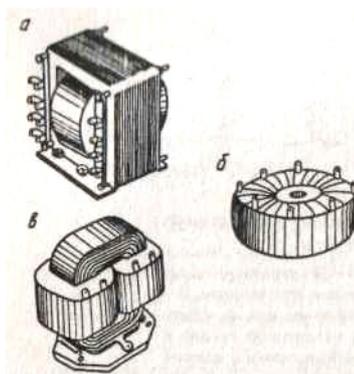


Рисунок 8 - Некоторые типы трансформаторов: *a* - низкочастотный броневым наборным сердечником; *б* - низкочастотный с тороидальным сердечником; *в* - низкочастотный с ленточным разрезным сердечником

наматываются обмотки (может отсутствовать); арматуры для крепления трансформатора; контактной панели для подключения выводов обмоток; экрана (при необходимости). Некоторые типы трансформаторов показаны на рис. 8

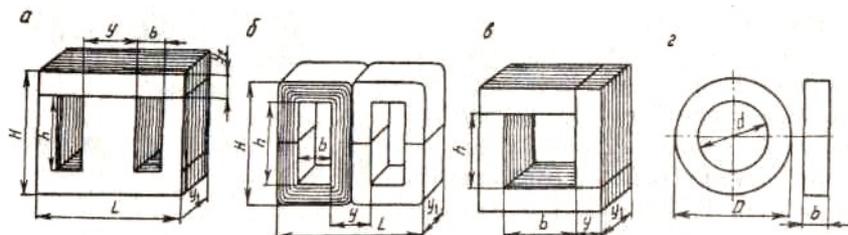
Обмотки трансформаторов обычно выполняются из обмоточного провода с эмалевой изоляцией (марки ПЭЛ, ПЭВ и др.) рядами (виток к витку) или внавал. При повышенных требованиях к электрической прочности обмотки (например, в силовых трансформаторах) применяют рядовую обмотку, может использоваться межрядовая изоляция лентой из бумаги, лавсана или фторопласта. Выводы обмоток должны быть из того же провода, что и

обмотка, или гибкого монтажного провода (если диаметр обмоточного провода меньше 0,4 мм). Для защиты от воздействия внешней среды обмотки трансформаторов могут пропитываться изоляционными материалами, обволакиваться компаундами или герметизироваться.

Магнитопроводы низкочастотных трансформаторов изготавливают из электротехнической стали или железоникелевых сплавов, а также из магнитомягких ферритов. По конструкции магнитопроводы разделяют на броневые, стержневые, кольцевые (тороидальные), из штамповочных пластин, витые (ленточные) и формованные (рис. 8).

В броневом сердечнике обмотки размещаются на центральном стержне, что упрощает конструкцию. Недостатком такого трансформатора является повышенная чувствительность к воздействию магнитных полей низкой частоты. В стержневых магнитопроводах обмотки размещаются на двух стержнях, что уменьшает толщину намотки.

Рисунок – 9 Магнитопроводы: а – броневой из штампованных пластин; б –



броневой витой; в – стержневой; г - кольцевой

Кроме того, сокращается расход провода и увеличивается поверхность охлаждения, что важно для мощных трансформаторов. Кольцевые магнитопроводы позволяют наиболее полно использовать магнитные свойства материала, обеспечивают слабое внешнее магнитное поле трансформатора, однако имеют конструктивные сложности в намотке обмоток трансформатора. Каркасы, на которые наматываются обмотки трансформаторов, прессуют из пластмассы, склеивают из электрокартона или собирают из отдельных деталей, изготовленных из гетинакса, прессшпана, текстолита или электрокартона. На рис. 10 приведены собранный каркас и его детали.

Силовые трансформаторы применяют в блоках питания бытовой РЭА; они служат для изменения переменного напряжения сети 220В с частотой 50 Гц. Силовые трансформаторы характеризуются следующими параметрами:

входное напряжение  $U_1$  и сила тока в первичной обмотке ;

напряжение и номинальные токи вторичных обмоток ( $U_2$ ,  $I_2$  и т. д.);

количество витков в первичной ( $W_1$ ) и вторичных обмотках ( $W_2$  и т. д.),

характеристика обмоточного провода;

тип магнитопровода и его характеристики;

коэффициент трансформации  $n$ :

$$n = W_2/W_1 = U_1/U_2 = I_1/I_2;$$

мощность  $P_1$ , потребляемая от сети:

$$P_1 = U_1 I_1$$

мощность  $P_2$ , отдаваемая в нагрузку:

$$P_2 = U_2 I_2$$

коэффициент полезного действия КПД(%):

$$\text{КПД} = P_2/P_1 \times 100;$$

активные сопротивления обмоток  $r_1, r_2$ ,

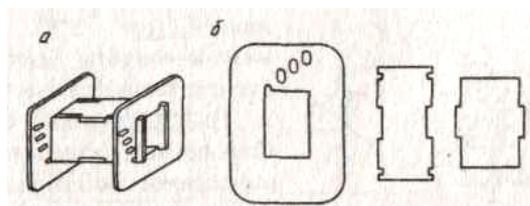


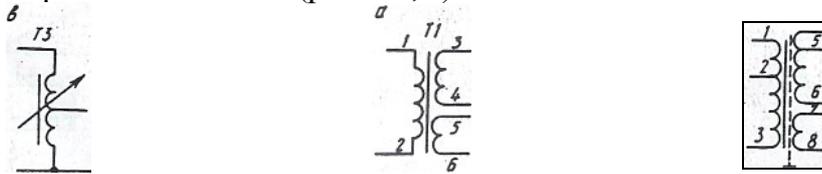
Рисунок 10 - Каркас катушки трансформатора в собранном виде (а) и его детали (б)

На практике кроме трансформаторов применяют автотрансформаторы. Они имеют одну обмотку и большое количество выходных отводов или подвижный выходной контакт, перемещающийся по виткам катушки. Это позволяет; плавно или небольшими скачками (дискретно) изменять выходное напряжение. У автотрансформаторов по сравнению с трансформаторами имеется недостаток - отсутствует электрическое разделение (развязка) первичной и вторичных цепей. Параметры и конструкции автотрансформаторов и трансформаторов аналогичны.

Дроссели низкой частоты (НЧ) представляют собой реактивные индуктивные сопротивления, зависящие от значения индуктивности обмотки и частоты переменного тока ( $X = 2\pi fL$ ). Они применяются в выпрямителях для сглаживания пульсаций выпрямленного тока, в различных низкочастотных корректирующих LC-цепях для изменения частотных характеристик устройств. Дроссели низкой частоты по конструкции похожи на трансформаторы, но имеют одну обмотку. Основными параметрами дросселей, применяемых в выпрямителях, являются индуктивность, номинальный ток подмагничивания, сопротивление постоянному току, допустимое переменное напряжение.

Сигнальные трансформаторы служат для согласования каскадов между собой, с источником входного сигнала, с конечной нагрузкой. К основным параметрам сигнальных трансформаторов относятся: индуктивность первичной и вторичных обмоток  $L$ , активное сопротивление обмоток, собственная емкость  $C$ ; коэффициент трансформации  $n$ ; уровень нелинейных искажений, вносимых трансформатором. Нелинейные искажения, вносимые трансформатором, обусловлены нелинейностью намагничивания магнитопровода и зависят от свойств материала магнитопровода и значения сигнала. Трансформатор также вносит частотные искажения сигнала, которые обусловлены значениями  $L_1, I_2, r_1$  и сопротивлением нагрузки.

Условные графические обозначения низкочастотных трансформаторов приведены на рис. 11. На принципиальных схемах обычно указывают номера выводов трансформаторов (рис. 11, а, б). Экран между первичной и вторичными обмотками показывают штриховой линией (рис. 11, б).



Дроссели низкой частоты изображаются на схемах, как высокочастотные.

Трансформаторы относят к нестандартным изделиям, хотя промышленностью выпускаются и унифицированные трансформаторы

Намоточные узлы и детали радиотелевизионной аппаратуры

Импульсные! трансформаторы, отклоняющие системы телевизионных приемников. Импульсные трансформаторы применяют для преобразования импульсных низкочастотных или высокочастотных сигналов. Они используются, например, в импульсных источниках питания, в каскадах кадровой и строчной развертки телевизионной аппаратуры. По принципу построения они аналогичны рассмотренным выше, хотя и имеют особенности, обусловленные назначением (например, высоковольтная обмотка).

Многие импульсные трансформаторы, применяемые прежде всего в | телевизионных приемниках, выпускаются унифицированными. Это относится к трансформаторам выходным строчным. Например, ТВС-70П2, ПВС-90ПЦ10 (ТВС — трансформатор входной строчный; 90, 70 — угол отклонения луча кинескопа в градусах; П - для полупроводниковых телевизоров, Ц - для цветных телевизоров; 2,10- порядковый номер разработки в новых поколениях телевизоров применяют в качестве выходных трансформаторы, у которых высоковольтная обмотка совмещены с умножителем напряжения. Они также унифицированы и имеют ТДКС (трансформатор диодно-каскадный строчный) с порядковым номером разработки (например, ТДКС-19). Условные графические обозначения некоторых типов выходных строчных трансформаторов показаны на рис. 12

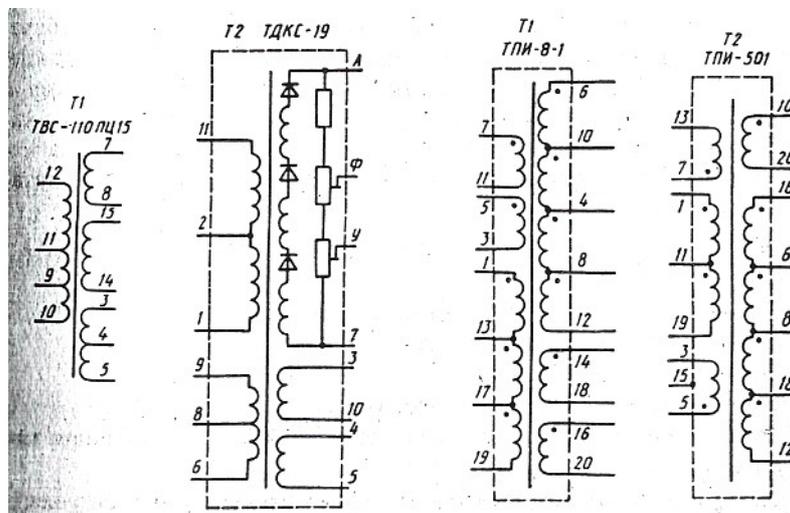


Рисунок 12 - Условные графические обозначения некоторых типов выходных Строчных трансформаторов

Рисунок 13 - Условные графические обозначения некоторых типов импульсных трансформаторов питания

Импульсные трансформаторы, применяемые в источниках питания, а также унифицируются и имеют обозначение ТПИ (трансформатор питания импульсный) с номером модификации. Например, ТПИ-8-1, ТПИ-501, Ш-601 и т. д. На рис. 13 показаны условные графические обозначения Некоторых типов импульсных трансформаторов питания.

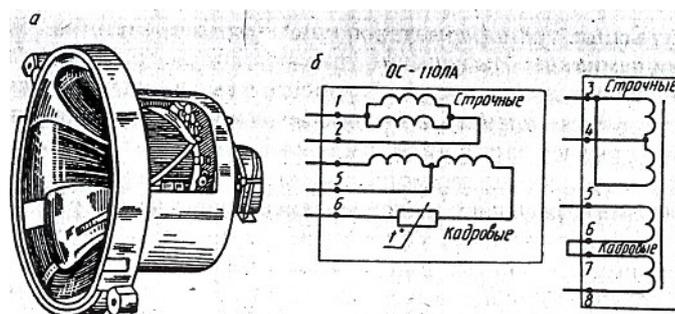


Рисунок 14 - Отклоняющая система (а) и условные графические обозначения некоторых типов отклоняющих систем (б)

Отклоняющие системы (ОС) предназначены для создания магнитного поля, перемещающего луч кинескопа по вертикали и горизонтали. Надевается ОС на горловину кинескопа и имеет две строчные (сверху и снизу) и две кадровые (справа и слева) катушки, которые закрепляются в специальном каркасе с контактной панелью для подключения. ОС унифицируются и обозначаются следующим образом: ОС, угол отклонения луча в градусах, буква Л (для ламповых телевизоров) или Л (для полупроводниковых), буква Ц (только для цветных), номер модификации.

### 1.1.4 Катушки индуктивности радиочастоты

В радиочастотных цепях БРЭА используются катушки индуктивности, которые способны концентрировать в своем объеме или на плоскости электромагнитное поле радиочастоты.

По конструктивному исполнению катушки бывают однослойные и многослойные, с каркасом и без него, с сердечником и без него, экранированные и неэкранированные, цилиндрические, тороидальные и плоские, а по технологии изготовления — намотанные, вожженные, печатные и тонкопленочные.

В зависимости от диапазона частот катушки индуктивности разделяются на длинноволновые (ДВ), средневолновые (СВ), коротко волновые (КВ) и

ультракоротковолновые (УКВ). По назначению и области применения катушки индуктивности подразделяют на четыре группы: контурные катушки, катушки связи, полосовые фильтры и дроссели радиочастоты.

Контурные катушки совместно с конденсаторами составляют колебательный контур. К контурным катушкам предъявляются высокие требования, так как их качество определяет параметры колебательного контура, а следовательно, и выходные параметры радиоприемника. Конструкция их определяется рабочей частотой или диапазоном частот, а также колебательной мощностью в контуре. Наибольшее применение в контурных катушках на ДВ и СВ диапазонах находит намотка «универсаль», обеспечивающая высокую жесткость конструкции и не требующая дополнительных фланцев. Большинство катушек на КВ диапазоне имеет однослойную намотку (сплошную или с шагом), а на УКВ диапазоне катушки имеют еще меньшую индуктивность, а следовательно, и меньшее число витков.

Катушки связи применяют для индуктивной связи между отдельными цепями и каскадами. Такая связь позволяет разделить по постоянному току цепи базы и коллектора, сеточные и анодные цепи и др. К катушкам связи не предъявляют жестких требований по добротности и точности. Поэтому выполняют их из тонких проводов в виде двух обмоток однослойных или многослойных, возможно меньших размеров.

Полосовые фильтры в виде радиочастотных трансформаторов промежуточной частоты являются разновидностью радиочастотных катушек. Трансформаторы промежуточной частоты должны обеспечивать высокий коэффициент усиления, определенную полосу пропускания и стабильность настройки при воздействии внешних факторов.

Дроссели радиочастоты применяют в цепях фильтрации питания усилителей радиочастоты. Они имеют большое сопротивление для токов радиочастоты и малое — для постоянного тока и тока звуковой частоты. Для повышения заградительных свойств дроссель должен обладать значительной по сравнению с контурной катушкой индуктивностью и весьма малой емкостью. Для КВ и УКВ диапазонов используют дроссели с однослойной обмоткой, при этом для УКВ диапазона ее наматывают с шагом. Для ДВ и СВ диапазонов применяют дроссели с многослойной намоткой. Дроссели радиочастоты, выпускаемые промышленностью, намотаны на ферритовые стержни и спрессованы пластмассой. Их индуктивность составляет от сотен микрогенри до единиц миллигенри.

Основными параметрами катушек индуктивности радиочастоты являются номинальная индуктивность, добротность, температурный коэффициент индуктивности и собственная емкость.

Номинальная индуктивность катушки зависит в основном от ее конструктивных особенностей (размеров, формы, числа витков и др.). Чем больше размеры катушки и чем больше содержит она витков, тем больше ее индуктивность. На индуктивность катушки в достаточной степени влияет введение в нее сердечника или помещение ее в экран. Номинальная индуктивность катушек УКВ составляет десятые — сотые доли микрогенри, катушек КВ и СВ

— соответственно единицы и сотни микрогенри, а ДВ — единицы миллигенри. Добротность катушки при заданных индуктивности и рабочей частоте характеризуется бесполезным рассеиванием энергии из-за потерь в обмотке, каркасе, сердечнике и экране. Добротность катушки повышается при введении в нее сердечника из магнитного материала. В БРЭА используются радиочастотные катушки добротностью от 40 до 200.

Температурный коэффициент индуктивности (ТКИ) определяется изменением индуктивности катушек при изменении температуры окружающей среды. Изменение температуры вызывает изменение геометрических размеров катушки, вследствие чего изменяется ее индуктивность. С ростом температуры индуктивность увеличивается, а при снижении ее — уменьшается. Для уменьшения ТКИ катушек каркасы их выполняют из керамики, а намотку производят проводом, нагретым до 80—120 °С, или методом вжигания серебра. В колебательных контурах для улучшения стабильности ТКИ к катушке подключают термокомпенсирующий конденсатор с отрицательным ТКЕ.

Собственная емкость катушки складывается из емкости между витками и слоями, а также из емкости отдельных витков по отношению к шасси или экрану. Значение собственной емкости зависит от вида намотки и числа витков. Однослойные шаговые катушки имеют емкость 0,5—1,5 пФ, однослойные сплошные — 3—5 пФ, типа «универсаль» — 5—9 пФ и многослойные рядовые — 20—30 пФ.

Основными элементами катушек индуктивности являются каркас, обмотка, сердечник и экран. Конструкция определяется диапазоном частот, мощностью колебательных контуров и условиями эксплуатации.

Каркасы катушек индуктивности служат основанием для обмоток. Они обеспечивают механическую прочность и жесткость намотки, возможность крепления выводов и сердечников, а также крепление катушек на плате. Материал каркаса, его размеры разнообразны. Так, в качестве материала широко используется пресс-порошок, полистирол или керамика. Его выбирают в зависимости от требований, предъявляемых к катушке индуктивности (допустимая величина потерь в диэлектрике, стабильность, влияние температуры). При необходимости подгонки индуктивности катушки с помощью сердечника внутри каркаса выполняют винтовую нарезку, позволяющую изменять положение сердечника относительно витков катушки, а соответственно, и ее индуктивность.

Обмотки катушек индуктивности выполняют однослойными и многослойными. Однослойная обмотка может быть следующих видов: простая рядовая сплошная или с шагом; прогрессивная с переменным шагом; тороидальная; бифилярная, характеризующаяся безиндуктивностью (так как магнитное поле витков одного провода направлено встречно магнитному полю витков второго провода).

### **1.1.5 Колебательные системы, фильтры, линии задержки**

Общие сведения. В бытовой РЭА широко используются частотно-избирательные узлы, предназначенные для выделения или подавления радиосигнала определенной частоты (или полосы частот). В зависимости от

назначения и применения частотно-избирательные узлы подразделяются на колебательные системы и фильтры.

К колебательным системам относятся: колебательные контуры (применяются в основном в диапазоне ВЧ); системы с распределенными параметрами, состоящие из отрезков длинных линий и волноводов (для диапазона СВЧ); системы из соединений резисторов и конденсаторов (для диапазона звуковых частот). В радиоаппаратуре для задержки электрического сигнала на определенное время используют устройства, называемые линиями задержки.

Колебательные системы. Колебательные контуры представляют собой последовательно или параллельно соединенные катушки индуктивности и конденсаторы. Колебательные контуры могут быть конструктивно законченными системами, устанавливаемыми при монтаже как самостоятельные узлы, или состоят из конденсаторов и катушек индуктивности, устанавливаемых как отдельные радиоэлементы. На рис. 15 приведены колебательный контур (как самостоятельный узел) и условные обозначения таких контуров на принципиальных схемах.

Колебательные контуры характеризуются частотным резонансом, т. е. имеют резонансную частоту, при которой сила тока или напряжение сигнала принимает максимальное или минимальное значение. При этом электрическими цепями выделяются (или подавляются) сигналы резонансной частоты и близких к ней частот, а сигналы остальных частот подавляются или (выделяются). При подавлении контуром сигнала резонансной частоты его называют режекторным. Колебательные контуры бывают параллельными, последовательными и связанными (рис. 15, б). К их основным параметрам и характеристикам относятся следующие:

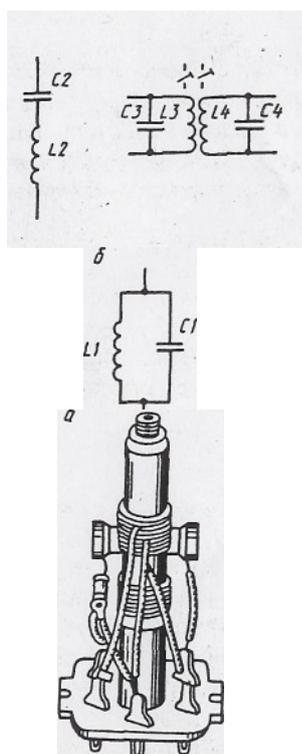


Рисунок 15 - Колебательный контур (а) и условные графические обозначения (б)

(или выделяются). При подавлении контуром сигнала резонансной частоты его называют режекторным. Колебательные контуры бывают параллельными, последовательными и связанными (рис. 15, б). К их основным параметрам и характеристикам относятся следующие.

Резонансная частота колебательного контура  $f_{0p}$ . Зависит от индуктивности катушки и емкости конденсатора и определяется по формуле

$$f_{0p} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}},$$

где  $f_{0p}$  - резонансная частота контура, Гц;  $L$  - индуктивность катушки, Г;  $C$  - емкость конденсатора, Ф.

Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ), или частотная характеристика колебательного контура. Это зависимость выходного напряжения на контуре от его частоты при постоянном входном напряжении. Частотные характеристики колебательных контуров приведены на рис. 16.

На рис. 16, а показана частотная характеристика колебательного контура, который выделяет сигнал с частотой  $f_{0p}$  и близкими к ней частотами, а на рис. 16, б - подавляет сигнал с частотой  $f_{0p}$  и близкими к ней частотами (режекторного контура).

Полоса пропускания (или подавления) колебательного контура  $f_n - f_v$ . Показывает, какие частоты, близкие к резонансной частоте  $f_{0p}$ , выделяются (или подавляются). Полоса пропускания (или подавления) определяется по частотной характеристике на уровне  $0,7 U_{max}$  (рис. 16, а, б).

Коэффициент прямоугольности  $K_{пр}$ . Показывает, как реальная частотная характеристика колебательного контура (рис. 17, а) приближается к идеальной (рис. 17, б), и определяется по формуле

$$K_{пр} = \frac{\Delta f_{0,1}}{\Delta f_{0,7}},$$

где  $\Delta f_{0,1}$  - полоса пропускания сигнала на уровне  $0,1 U_{max}$ ,  $\Delta f_{0,7}$  - полоса пропускания на уровне  $0,7 U_{max}$  (рис. 17, а).

Избирательность колебательного контура  $S_{f1}$  на частоте сигнала  $f_1$ . Показывает, как сигнал с частотой  $f_1$ , подавляется колебательным контуром по отношению к сигналу на резонансной частоте  $f_{0p}$ :

$$S_{f1} = 20 \lg \frac{U_{max}}{U_1},$$

где  $S_{f1}$  - избирательность, дБ;  $U_{max}$  - напряжение выходного сигнала контура на частоте  $f_{0p}$ ;  $U_1$  - напряжение выходного сигнала контура на частоте  $f_1$  (см. рис. 17, а).

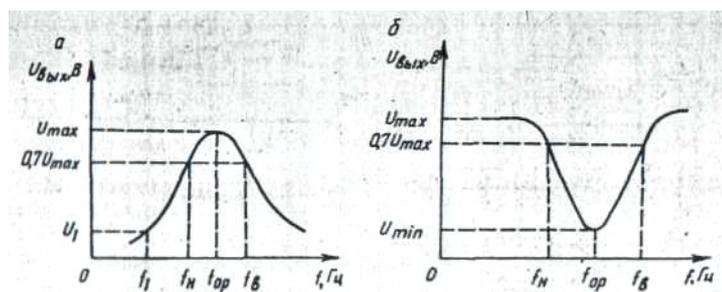


Рисунок 16 - Частотные характеристики колебательных контуров

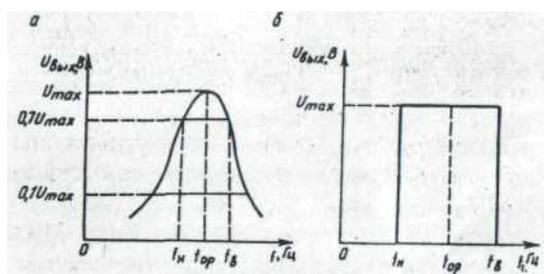


Рисунок 17 - Реальная (а) и идеальная (б) частотные характеристики колебательного контура

Добротность колебательного контура  $Q$ . Показывает потери полезного сигнала в колебательном контуре и определяется по формуле

$$Q = \frac{p}{r} = \frac{\sqrt{L/C}}{r},$$

где  $p$  - характеристическое сопротивление контура:

Стабильность параметров контура (прежде всего резонансной частоты  $f_{op}$ ). Зависит от дестабилизирующих воздействий (температуры, влажности, атмосферного давления, временных факторов).

Колебательные контуры используют в качестве нагрузок в усилителях радиочастоты, в автогенераторах гармонических колебаний, как самостоятельные узлы радиоаппаратуры. Как было указано выше, колебательные контуры могут или выделять радиосигнал, или его подавлять. Простые примеры различных включений контуров показаны на рис. 18.

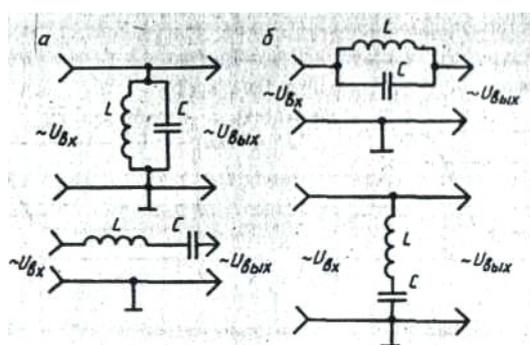


Рисунок 18 - Различные схемы включения колебательных

контуров:

*a* - для выделения сигнала с частотой  $f_{op}$  и близкими к ней (селективные контуры); *б* - для подавления сигнала с частотой  $f_{up}$  и близкими к ней (режекторные контуры)

Колебательные контуры, выполненные на катушках индуктивности и конденсаторах, обладают не очень высокой стабильностью параметров (в частности, частоты  $f_{op}$ ) и не всегда достаточной добротностью. Так, при тщательно подобранных катушках индуктивности (по ТКИ) и конденсаторах (по ТКЕ) относительное изменение частоты при изменении температуры на  $1^\circ\text{C}$  составляет не менее  $(0,5 - 1) \cdot 10^{-4}$  что не всегда достаточно.

Для более высокой стабильности параметров колебательных систем и повышения их добротности используют кварцевые резонаторы, которые выполняют из природного или искусственного кварца, делая срезы под определенными углами к осям кварца. В зависимости от размеров получаемых пластин и их кристаллографической ориентации резонаторы имеют определенную частоту электромеханического резонанса, основанного на прямом и обратном пьезоэффекте. Кварцевый элемент (пьезоэлемент) с кварцедержателем помещается в металлический или стеклянный баллон. Кварцевый резонатор и условное графическое обозначение приведены на рис. 19.

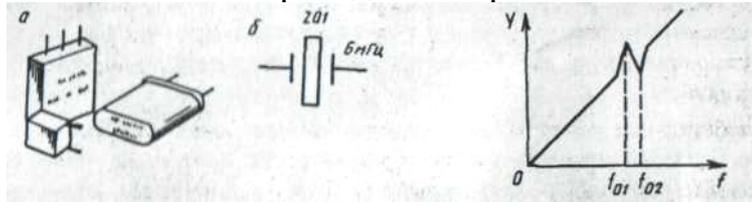


Рисунок 19 - Кварцевый резонатор (а) и условное графическое обозначение (б)

Рисунок 20- Зависимость проводимости пьезоэлемента от частоты подводимого радиосигнала

На принципиальных схемах рядом с условным обозначением кварцевого резонатора может приводиться резонансная частота (рис. 19, б), которая может указываться и на корпусе резонатора.

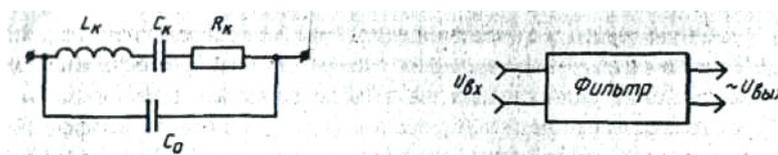


Рис. 21. Эквивалентная схема пьезорезонатора (кварцевого резонатора)

Рис. 22 Структурная схема фильтра

Если на пьезоэлемент подать радиосигнал, частота которого плавно изменяется, то его проводимость линейно возрастает и имеет емкостный характер

(рис. 21). Однако на частотах  $f_{01}$  и  $f_{02}$  проводимость сигнала сначала резко возрастает ( $f_{01}$ ), а затем резко падает ( $f_{02}$ ) и носит активный характер. Такие изменения проводимости обусловлены резонансом. В области частот, близких к резонансу, пьезорезонатор имеет эквивалентную электрическую схему (рис. 22). На рисунке  $L_k$  - собственная индуктивность пьезоэлемента,  $C_0$  - собственная емкость пьезоэлемента,  $R_k$  - активное сопротивление пьезоэлемента,  $C_0$  - емкость кварцедержателя ( $C_0 \gg C_k$ ).

Частота  $f_{01}$  - резонансная частота последовательного колебательного контура ( $L_k, C_k, R_k$ ) и  $f_{02}$  - резонансная частота параллельного колебательного контура ( $L_k, C_k, R_k, C_0$ ). Частоты  $f_{01}$  и  $f_{02}$  близки и отличаются приблизительно на 0,25%. Между этими частотами характер сопротивления пьезорезонатора индуктивный. Кварцевые резонаторы обычно применяют в диапазоне частот  $f_{01} - f_{02}$ , при которых они могут возбуждаться.

На диапазоне СВЧ колебательные системы выполняются из четверть-волновых отрезков коаксиальных линий, катушки индуктивности могут быть изготовлены печатным способом, применяются безвыводные конденсаторы (например, в дециметровых селекторах каналов телевизионных приемников). В качестве колебательных систем могут применяться отрезки волноводов (круглых, прямоугольных, коаксиальных), кратных четвертьволновым, они называются объемными резонаторами (в сантиметровом диапазоне волн). Возбуждение колебаний и отбор энергии в таких резонаторах производится с помощью петли или штыря, помещенного в пучности электрического или магнитного поля.

Фильтры. Фильтры - это устройства, служащие для выделения (подавления) радиосигнала определенной полосы частот и подавления (выделения) остальной части частотного спектра этого радиосигнала. Они применяются в бытовой РЭА для формирования определенных частотных характеристик различных узлов. К основным параметрам и характеристикам фильтров относятся следующие.

Коэффициент передачи  $K_n$ . Определяется как отношение выходного напряжения радиосигнала к входному (рис. 22) и может измеряться соответственно в безразмерных единицах или в децибелах:

$$K_n = \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}}} \quad \text{или} \quad K_n = 20 \lg \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}}}$$

Частотная характеристика. Это зависимость выходного напряжения радиосигнала на выходе фильтра от его частоты при постоянном входном напряжении или зависимость коэффициента передачи  $K_n$  от частоты радиосигнала при постоянном напряжении на входе фильтра.

Полоса пропускания (полоса прозрачности) или полоса задержки (полоса непрозрачности) фильтра. Показывает, какую полосу частот радиосигнала фильтр выделяет, какую подавляет или наоборот.

Центральная частота  $f_{0n}$  полосы пропускания (задержки).

Коэффициент прямоугольности частотной характеристики. Определяется, как и для колебательного контура.

Добротность (тоже, что и при колебательном контуре).

Стабильность параметров. Показывает, как изменяются параметры фильтра (прежде всего полоса пропускания или задержки) при изменении температуры и во времени.

В зависимости от частотной характеристики фильтры подразделяют на фильтры нижних частот (ФНЧ), фильтры верхних частот (ФВЧ), полосовые фильтры (ПФ), режекторные фильтры (РФ). Частотные характеристики и условные графические обозначения (на функциональных и структурных схемах) фильтров приведены на рис. 23

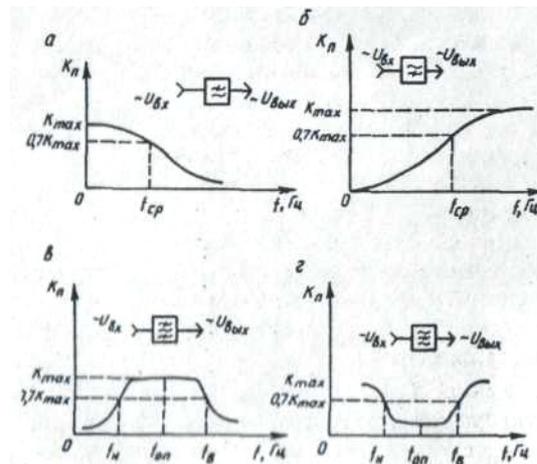


Рис. 23 - Частотные характеристики и условные графические обозначения:  
 а - фильтра нижних частот; б - фильтра верхних частот; в - полосового  
 фильтра; г - режекторного фильтра

Полоса пропускания фильтров определяется, как и для колебательных контуров, на уровне 0,7 максимальной значения  $K_n$  (или выходного сигнала ( $u_{\text{вых}}$ )). ФНЧ выделяет сигналы с полосой частот от 0 (постоянный ток) до  $f_{cp}$ , все сигналы частотой выше  $f_{cp}$  подавляет (рис. 23, а). ФВЧ выделяет сигналы с полосой частот от  $f_{cp}$  и выше и подавляет при частоте от 0 до  $f_{cp}$  (23, б). ПФ выделяет сигналы с полосой частот от  $f_{оп}$  до  $f_{в}$  и подавляет при всех остальных частотах (рис. 23, в). РФ подавляет сигналы с полосой частот от  $f_{н}$  до  $f_{в}$  и пропускает при всех остальных частотах (рис. 23, г). Для ПФ и РФ приведена средняя частота  $f_{оп}$  соответственно полосы пропускания и задержки частотной характеристики (рис. 23, в, г). Частотные характеристики могут быть даны для  $K_n$ , выраженного в децибелах, тогда полосы пропускания и задержки определяют по уровню - 3 дБ (рис. 24, а). Если частотная характеристика имеет вид зависимости отношения  $K_n/K_{max}$  (выраженного в децибелах) от частоты, тогда полосы пропускания и задержки определяют на уровне -3 дБ (рис. 24, б).

Фильтры, применяемые в бытовой РЭА, могут выполняться на катушках индуктивности и конденсаторах (LC-фильтры), на резисторах и конденсаторах (RC-фильтры). Для улучшения параметров применяют активные фильтры, состоящие из соединения LC-элементов или RC-элементов и активных элементов (транзисторы, микросхемы), но они усложняют схемы построения радиоаппаратуры. Очень хорошие результаты получаются при применении

пьезоэлектрических фильтров, отличающихся небольшими габаритными размерами, малой массой, возможностью получения нужной АЧХ без усложнения конструкции и накладки, хорошей стабильностью параметров и большой добротностью. Пьезоэлектрические фильтры изготавливаются из пластины кварца, пьезокерамики или пьезокристаллов. При этом принцип их действия основан на локализации энергии в объеме пластины либо на распространении поверхностной акустической волны вдоль нее.

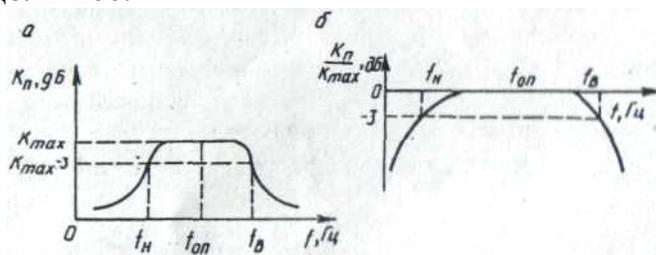


Рис. 24. Частотные характеристики полосового фильтра

В первом случае происходит «захват энергии» упругих колебаний пластины в результате преобразования электрических колебаний в механические и обратно. Металлизированные обкладки (электроды) пластины представляют

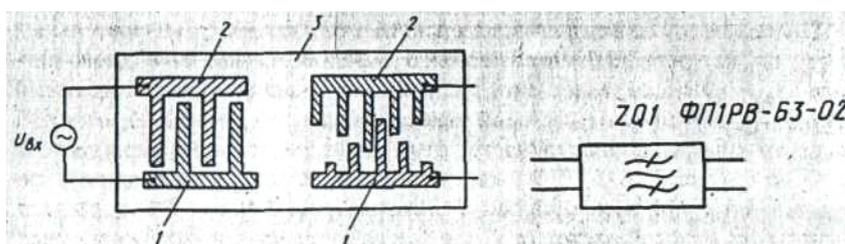


Рис. 25. Фильтр поверхностных акустических волн 1,2- электроды преобразователей; 3 - кристалл

Рис. 26. Условное графическое обозначение полосового фильтра

Собой отдельные резонаторы. на одной пластине можно разместить несколько изолированных друг от друга резонаторов, используя акустическую связь для создания необходимого коэффициента связи между ними, и получить требуемые полосу пропускания и коэффициент прямоугольности. Такие фильтры называют фильтрами упругих волн.

Во втором случае с помощью входного преобразователя электрический сигнал преобразуется в поверхностные акустические волны (ПАВ), которые распространяются по тонкой пластине к выходному преобразователю, и снова преобразуется в электрический сигнал (рис. 25). Такие фильтры называют фильтрами ПАВ.

На принципиальных схемах пьезоэлектрические фильтры показываются прямоугольником, внутри которого приводят условное обозначение типа фильтра, а рядом его марку. Так, на рис. 25 показано условное графическое обозначение полосового фильтра ZQ1 марки ФП1РВ-63-02.

Пьезоэлектрические фильтры имеют следующую систему условных обозначений: первый элемент - ФП, что означает фильтр пьезоэлектрический; второй элемент - цифра, указывающая материал пьезоэлемента (1 - пьезокерамический, 2 - кварцевый, 3 - пьезокристаллический); третий элемент - буква, определяющая функциональное назначение фильтра (П - полосовой, Р - режекторный, Д - дискриминаторный, О - одной боковой полосы); четвертый элемент - цифра, указывающая конструктивно-технологическое исполнение (1 - дискретный, 2 - гибридный однослойный, 3 - гибридный пьезомеханический, 4 - гибридный монокристаллический, 5 - интегральный однослойный, 6 - интегральный монокристаллический, 7 - интегральный на ПАВ, 0 - прочие); пятый элемент - серийный номер; шестой элемент - шифр номинальной частоты фильтра.

При монтаже пьезоэлектрических фильтров следует соблюдать общие требования к электрическому монтажу. Прежде всего необходимо исключать возможность механического повреждения фильтров.

Вывод о неисправности пьезоэлектрических фильтров делают из анализа работы узла, в котором они установлены. При этом производят

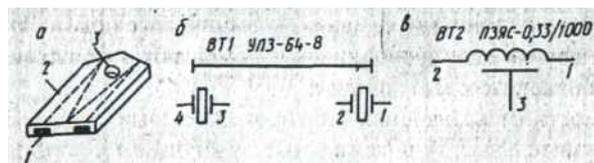


Рис. 27 - Ультразвуковая линия задержки (а) и условные графические обозначения ультразвуковой (б) и искусственной (в) линий задержки

визуальный осмотр фильтра, проверяют прохождение сигнала, частотные характеристики и после этого фильтр меняют.

Линии задержки. Линии задержки, применяемые в телевизионных приемниках, могут быть ультразвуковыми и искусственными. Ультразвуковые линии задержки производят задержку радиосигнала, преобразуя его с помощью входного пьезопреобразователя 1 в ультразвук, который распространяется внутри звукопровода 2, трижды отражаясь от его стенок (рис. 27, а). Выходной преобразователь 3 вновь превращает ультразвуковой сигнал в радиосигнал.

Искусственная линия задержки выполняется на элементах  $L$  и  $C$ . Условные графические обозначения линий задержки показаны на рис. 3.50, б, в. Для линии BT1 задержка радиосигнала осуществляется на 64 мкс, для BT2 - на 0,33 мкс. Линии задержки характеризуются следующими параметрами: временем задержки, входным и выходным сопротивлениями, входной и выходной индуктивностью, габаритами и массой. Обычно линия задержки требует согласования по входу и выходу.

## 1.1.6 Коммутирующие устройства

Коммутирующие устройства в виде выключателей и переключателей широко применяются в БРЭА для коммутации электрических цепей с целью выбора определенного режима их работы. Они состоят из системы контактов и приводного устройства, при помощи которого система контактов переходит из одного состояния в другое. Контакты изготавливаются из бронзы, латуни или вольфрама и покрываются серебром, платиной или золотом.

В зависимости от способа действия приводного устройства переключатели делятся на перекидные, нажимные, галетные, барабанные и продольно-ножевые. Основными параметрами переключателей являются переходное сопротивление, емкость между контактами, четкость фиксации, срок службы и др.

Переходное сопротивление зависит от материала контактов, состояния их поверхностей и давления между ними. Соприкасающиеся поверхности контактов имеют микронеровности, которые образуются в процессе изготовления контактов. Около контактной системы всегда имеется агрессивная среда, под действием которой поверхности контактов покрываются оксидной пленкой, проводимость которой зависит от ее свойств. Наличие шероховатости и оксидной пленки приводит к тому, что соприкосновение происходит не по всей площади контакта, а лишь по части ее — действующей поверхности. Действующая поверхность достигает не более 0,01 номинальной. При сдавливании контактных поверхностей происходит деформация гребешков и образование новых отверстий в пленке. В результате увеличивается действующая контактная поверхность и уменьшается переходное сопротивление. Переходное сопротивление контактов переключателей должно быть не более 0,01—0,03 Ом.

Емкость между контактами определяется их взаимным перекрытием по площади и расстоянием между ними, а также видом диэлектрика, на котором они установлены. Емкость радиочастотных переключателей должна быть не более 1—2 пФ.

Четкость фиксации характеризуется отношением силы, необходимой для вывода переключателя из зафиксированного положения, к минимальной силе для движения переключателя в промежуточном положении. В переключателях фиксаторы удерживают контактные группы в строго замкнутом или разомкнутом положении и препятствуют их перемещению при вибрациях и ударах.

Срок службы оценивается числом переключений исправно работающего переключателя, которое составляет от тысяч до нескольких миллионов. Срок службы зависит от материала контактов, действия окружающей среды и климатических факторов.

Перекидные переключатели типа тумблер широко используются в цепях низкой частоты и постоянного тока, где требуется быстрое включение, отключение или переключение цепей с большими токами (единицы ампер) и напряжениями (сотни вольт). Такие переключатели очень надежны в работе.

Нажимные переключатели бывают кнопочные и клавишные. Кнопочные переключатели изготавливают однополюсного включения и выключения и многополюсного переключения. Такие переключатели могут быть без фиксатора и

с фиксатором. Первые применяются для кратковременного замыкания цепей, а вторые после нажатия на кнопку удерживают свои контакты в замкнутом положении и лишь при повторном нажатии размыкают их.

Модульные переключатели П2К (рис. 28, а) относятся к переключателям кнопочного типа. Они широко применяются в БРЭА и обеспечивают возможность одновременного и раздельного включений различных электрических цепей. Унифицированная конструкция позволяет использовать эти переключатели для печатного и объемного монтажа.

Конструктивно переключатель П2К выполнен в виде отдельных модулей, установленных на металлическом основании. Каждый модуль имеет пластмассовый корпус 1 и подвижный шток 4. На корпусе размещаются неподвижные контакты 2, число которых кратно трем. Каждые три контакта составляют контактную группу. На штоке имеются контакты по числу групп, находящихся в переключателе. На поверхности штока выполнены фигурные выступы 3, благодаря которым с помощью передвижной фиксаторной планки осуществляется фиксация штока. Такая конструкция обеспечивает контакт всех групп модуля при его нажатой кнопке. В этом случае ранее включенная кнопка другого модуля выключается. Имеются переключатели, в которых для выключения необходимо нажать кнопку повторно, а также переключатели без фиксации.

Клавишные переключатели являются многополюсными. Они применяются для переключения диапазонов волн, включения и выключения источника питания, а также для переключения с радиоприема на воспроизведение граммофонных записей.

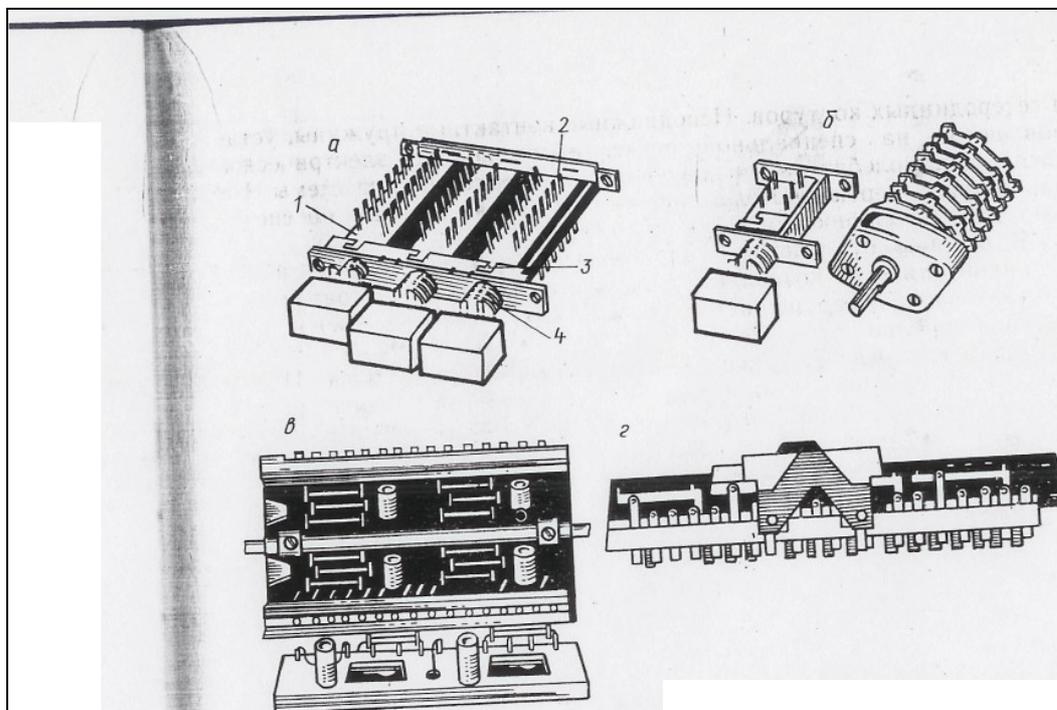


Рисунок 28 –Переключатели

Галетные переключатели (рис. 28,б) также являются многополюсными и

позволяют одновременно коммутировать несколько функционально связанных цепей. Применение галетного переключателя для переключения диапазонов волн радиоприемника дает возможность одновременно переключать контуры радиочастоты во входных и гетеродинных цепях.

Конструктивно этот переключатель состоит из изоляционных пластин-оснований (галет), соединенных между собой и с фиксаторным устройством металлическими втулками и стягивающими шпильками. На галетах из гетинакса или керамики развальцовкой закреплены 12 неподвижных контактов врубного или нажимного типа. В центре галет установлен вращающийся ротор, выполненный в виде изоляционного круга, на котором прикреплены металлические пластинки замыкатели. При вращении ротора с помощью ручки замыкатели соединяют или разъединяют различные контакты, расположенные на галетах. фиксаторное устройство при этом стопорит ось ротора в правильных положениях относительно неподвижных контактов и ограничивает угол поворота оси на требуемое количество переключений. Износоустойчивость галетных переключателей под номинальной нагрузкой составляет 10 000 переключений.

Барабанные переключатели (рис. 28, в) используются для переключения диапазонов волн в радиоприемниках и каналов в телевизорах. Конструктивно они представляют собой барабан, на котором закреплены планки с элементами входных, усилительных

и гетеродинных контуров. Неподвижные контактные пружины, установленные на специальной рейке, обеспечивают электрическое соединение колебательных контуров с остальной частью схемы. На барабанном переключателе имеется звездочка, которая обеспечивает надежную фиксацию его положения.

В отличие от галетного барабанный переключатель не имеет ограничителя, что позволяет производить коммутацию различных контактов и цепей вращением оси на  $360^\circ$  как по часовой, так и против часовой стрелки.

Переключатели продольно-ножевого типа ПД-2 (рис. 28, г) применяются в основном в малогабаритных радиоприемниках для переключения диапазонов ДВ, СВ и КВ. Эти переключатели выпускаются на два, три и четыре диапазона. Конструктивно они состоят из капроновой колодки с неподвижными контактами и подвижной планки с ножевыми контактами. Переключатели на три или четыре положения имеют подвижный ножевой контакт Г-образной формы и один удлиненный общий контакт. Такая конструкция позволяет замыкать последовательно с общим контактом один из трех или четырех других контактов.

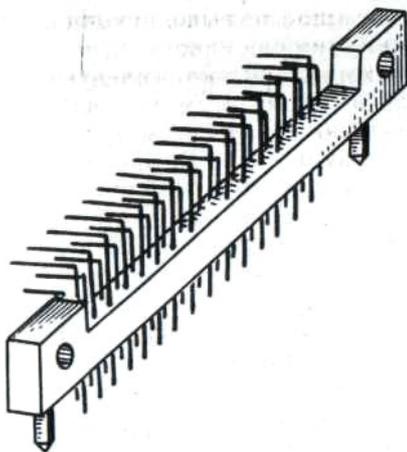
#### Электрические соединители и ламповые панели

Электрические соединители используют в БРЭА для соединения отдельных блоков и функциональных групп с помощью кабелей, жгутов или печатных проводников на общей соединительной плате. Они состоят из двух частей: розетки и вилки. Основания розеток и вилок выполняют из пластмасс, а гнезда и штыри, образующие контактные пары, изготавливают из латуни. Соединители выполняются с гладкими плоскими или круглыми штырями и соответствующей формы пружинными гнездами. Для увеличения действующей контактной

площадки и создания наиболее надежного соединения поверхности гнезда или штыря придают гиперболоидную форму. Основными параметрами соединителей являются количество и надежность контактных пар, их переходное сопротивление, рабочее напряжение и максимальный рабочий ток, рабочий диапазон частот и срок службы.

В зависимости от назначения, конструкции и места установки соединители бывают низкочастотные и высокочастотные, цилиндрические и плоские, двухконтактные и многоконтактные, внутриблочные и межблочные.

Внутриблочные соединители используют для электрического соединения функциональных ячеек внутри блока с помощью печатного или проводного монтажа. На печатных платах вилки соединителей закрепляют винтами, а выводы вилок запаивают в металлизированные отверстия или припаивают к контактным площадкам печатных плат. Розетки устанавливают на соединительной плате или на шасси блоков. На рис. 29 показана конструкция вилочной части внутриблочного соединителя.



Для электрического соединения внутри блоков широко используются гиперболоидные соединители типа ГРПМ (прямоугольные малогабаритные), ГРППМ (прямоугольные для печатного монтажа малогабаритные), ГРПП (прямоугольные для печатного монтажа)

и др.

В обозначениях соединителей первые три-пять букв и цифра указывают тип и его номер, цифры после дефиса — количество контактов; первая буква, следующая за ним, — часть соединителя (Ш — штырь — вилка, Г — гнездо — розетка), а вторая — разновидность выводов вилки (П — прямые, У — под углом 90°, Н — для непосредственной пайки к контактным площадкам) или конструкцию розетки (О — неплавающая, ПЛ — плавающая); затем идут цифры, определяющие покрытие контактов (1 — золочение, 2 — серебрение).

Межблочные соединители применяют при соединении низкочастотных и высокочастотных цепей между блоками. Розетки этих соединителей устанавливают на стенках корпуса или на лицевых панелях, а вилки припаивают к радиочастотным кабелям или к проводам жгутов. Надежность соединения вилки с розеткой достигается применением накидной гайки или замков крепления.

Ламповые панели служат для осуществления электрического контакта штырьков ламп со схемой радиоаппарата. Они выпускаются для ламп с октальным цоколем, ламп пальчиковой серии и ламп специального назначения.

Конструкция ламповых панелей определяется типом применяемых ламп. Панель состоит из изоляционного корпуса и контактных гнезд. Корпус выполняют из пластмассы или керамики. Контактные гнезда изготовляют пружинящими из бронзы или латуни и покрывают оловом или серебром для уменьшения переходного сопротивления, защиты от коррозии и удобства пайки проводов схемы. Крепление

ламповых панелей на шасси выполняют винтами или плоскими запирающими пружинами.

Ламповые панели характеризуются следующими основными параметрами: максимально допустимым рабочим напряжением между гнездами, переходным сопротивлением между штырьком лампы и гнездом панели, емкостью и сопротивлением изоляции между соседними гнездами, усилием для извлечения лампы из панели, допустимым числом вставлений и извлечений лампы из панели.

Панели для ламп с октальным цоколем имеют 8 гнезд. В центре панели предусмотрено отверстие со шлицем для ориентации направляющего ключа лампы. На внешней боковой части панели имеется кольцевой паз для крепления ее на шасси с помощью пружины. Ламповые панели ПЛ-1, ПЛ-2 и ПЛ-3 выпускаются на "рабочее напряжение до 500 В. Емкость между гнездами может быть до 1 пФ, переходное сопротивление между штырьками лампы и гнездом панели не более 0,01 Ом, а износоустойчивость — до 500 вставлений лампы.

Панели для ламп пальчиковой серии выпускаются на 7 и 9 гнезд и отличаются от октальных панелей меньшими размерами, формой основания, способом крепления. Ориентация ключа в панелях этого типа обеспечивается несколько увеличенным расстоянием между 1-м и 7-м или 1-м и 9-м контактными гнездами, допустимое рабочее напряжение составляет 350 В, емкость между гнездами не более 1 пФ и переходное сопротивление не более 0,01 Ом. Из этой серии широко применяются панели типа ПЛК7-Д (панель ламповая керамическая семигнездная с пружинным держателем), ПЛК7-Э (с экраном). Держатели и экраны выпускаются различной высоты. Аналогичную конструкцию имеют и панели типа ПЛК9-Д и ПЛК9-Э.

Панели для ламп специального назначения выпускаются с различным числом гнезд и используются для включения в электрическую цепь электронно-лучевых трубок, высоковольтных кенотронов и других приборов, которые имеют специальную цоколевку и конструкцию. Эти панели рассчитаны на работу с высоким напряжением (до 20000 В и более).

### **Устройства и детали монтажа и внешнего оформления**

К устройствам и деталям монтажа и внешнего оформления относятся шасси, корпуса, держатели предохранителей, верньерные механизмы, расшивочные и переходные панели, радиаторы, ручки управления, амортизаторы, лицевые панели, шкалы и др.

Шасси является основанием (базой) для механической сборки узлов, деталей и электрического монтажа в процессе производства БРЭА. Изготавливают их из листового или фасонного металла сварной или сборной конструкции, а также из пластмасс прессованием или литьем.

Наиболее распространенной конструкцией шасси является плоская металлическая панель из стали или алюминиевых сплавов. Такие шасси обеспечивают достаточную жесткость конструкции, хорошую электрическую и магнитную экранировку. Литые шасси применяют в аппаратуре, где необходима достаточная механическая прочность и сложная конфигурация.

Шасси из пластмасс применяются главным образом в малогабаритной БРЭА с печатным монтажом. По механической прочности они уступают металлическим. Кроме того, для защиты элементов и устройств от воздействия электрических и магнитных полей их необходимо экранировать.

Корпуса БРЭА выполняют из дерева или пластмасс. Для изготовления деревянных корпусов используют березовую фанеру, которая предварительно проходит специальную обработку: сушку, склеивание и внешнюю отделку. Под действием температуры и влаги деревянные корпуса могут покоробиться, на них появляются трещины, перекосы. Для удлинения срока службы, придания красивого внешнего вида деревянные корпуса изнутри скрепляют угольниками или планками, а снаружи шлифуют, покрывают лаком и полируют. Корпуса из пластмасс изготавливают методом горячего прессования пресс-порошков различных марок.

Держатели предохранителей используются для установки предохранителей с целью надежной защиты аппаратуры от больших значений токов. Конструктивно держатели предохранителей бывают открытые и закрытые. Держатели предохранителей устанавливают в легко доступных местах внутри аппарата на специальных панелях под быстросъемной защитной крышкой.

Верньерные механизмы определяют удобство пользования радиоприемником и его внешний вид. Наибольшее применение получили механизмы с гибкой связью (тросиком). Они просты по конструкции, а их элементы могут быть размещены в различных плоскостях на разных расстояниях друг от друга (рис. 30).

Тросики могут быть выполнены из капроновой лески диаметром 0,25—0,3 мм, капроновой, шелковой или льняной нити. Капроновая леска обладает хорошими упругими свойствами, поэтому нет необходимости поддерживать натяжение тросика в механизме специальными пружинами, как это выполняется при тросиках из ниток. При создании необходимого натяжения тросик будет хорошо работать в течение длительного времени. Для избежания проскальзывания тросика на оси верньерного механизма и увеличения тягового момента обычно укладывают 1,5—3 витка тросика на оси ручки управления.

Расшивочные и переходные панели используют главным образом для качественного выполнения навесного монтажа. Они представляют собой изоляционные пластины с металлическими лепестками, установленными в определенном порядке. Пластины располагают в радиоаппарате на стойках или кронштейнах и закрепляют винтами. К контактным лепесткам припаивают

выводы радиоэлементов и концы монтажных проводов. Применение расшивочных и переходных панелей обеспечивает компактность расположения большого количества радиоэлементов и четкость монтажа

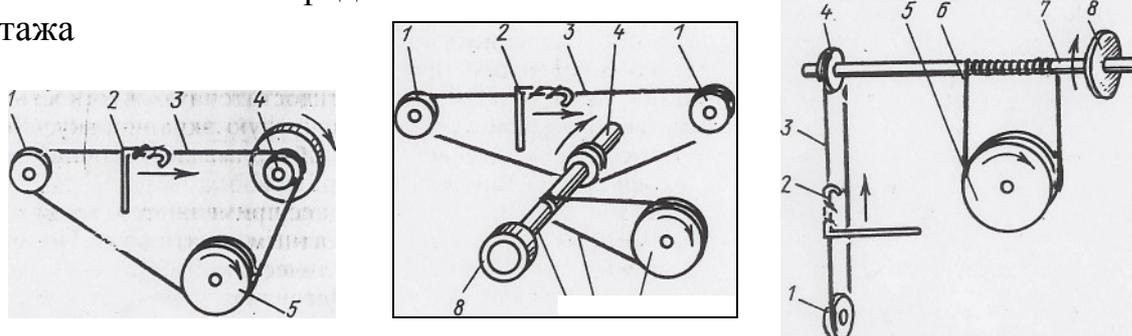


Рисунок 30 - Верньерные устройства:

*а* — механизм с совмещенными функциями настройки и перемещения указателя; *б*—разновидности механизмов с разделенными функциями настройки и перемещения указателя: 1 — шкив; 2 — указатель настройки; 3 — тросик шкального механизма; 4 — шкив шкального механизма; 5 —

шкив верньерного механизма; 6—тросик верньера; 7—ось ручки настройки; 8—ручка настройки проводов, что улучшает условия технического обслуживания и ремонта.

Радиаторы применяются для отвода тепла от полупроводниковых приборов, которые нагреваются при работе в номинальном и максимальном режимах. Изготавливают радиаторы из меди, алюминия и их сплавов, обладающих наибольшей теплопроводностью. Для обеспечения надежной работы полупроводниковых приборов радиаторы должны иметь определенные размеры, создавать надежный тепловой контакт и сохранять герметичность корпуса. Недопустимы перекосы радиаторов при установке, наличие заусенцев и царапин на их поверхности. При необходимости электрической изоляции корпуса транзистора от радиатора применяют прокладки из слюды, полихлорвиниловой пленки, бакелитового лака толщиной 10—40 мкм.

Ручки управления надевают на металлические оси радиоэлементов и устройств управления и регулировки БРЭА, которые выводятся на переднюю панель. Ручки изготавливают из пластмасс цилиндрической или другой формы определенной высоты и диаметра, чтобы было удобно захватывать их пальцами и производить настройку при небольшом усилии. Для переключения устройств, требующего больших усилий, используют цилиндрические ручки с радиальными выступами в виде флажка, на остром конце которого обычно наносится белой краской метка, служащая стрелкой-указателем, как, например, в ручке переключателя селектора каналов телевизора. Закрепляют ручки на осях винтом или упругой металлической пластинкой. В других случаях поверхность ручек имеет обычно продольные приливы или выступы по всей окружности. Ручки, как правило, устанавливают на лицевой панели БРЭА, поэтому они имеют художественно-конструкторскую отделку.

Амортизаторы служат для уменьшения воздействия на радиоаппарат вибраций и ударных нагрузок различной длительности и интенсивности. Сущность предохранения аппаратуры заключается в том, что при вибрации и ударах амортизаторы запасают энергию в течение малых промежутков времени вследствие инерционности аппаратуры, а затем передают запасенную энергию в течение длительного времени. При правильном выборе амортизатора радиоаппарат при вибрациях и ударах будет получать значительно меньшее ускорение, чем сам объект. Наиболее часто используются резинометаллические и скобочные амортизаторы. Надежная работа амортизационной системы зависит не только от правильного выбора амортизаторов, но и от расположения их, которое определяют исходя из массы и размеров, а также положения центра тяжести радиоаппарата, частоты и амплитуды колебаний. В радиотехнических устройствах широкое применение получили амортизаторы двух типов — резинометаллические и скобочные.

Лицевые панели, шкалы и шильдики относятся к деталям внешнего оформления. На лицевых панелях устанавливают элементы управления и регулировки, наносят указатели, деления, знаки, надписи и другие элементы оформления. Условные функциональные обозначения на лицевой панели должны соответствовать ГОСТ 25874—83.

Необходимые деления на панелях и шкалах выполняют тонкими штрихами различной длины, а в ряде случаев и разноцветными. На шкалы радиоприемников наносят обозначения длины волны и частоты. Деления шкалы должны быть точными, контрастными и правильной геометрической формы. На точность отсчета влияет состояние поверхности шкалы. Ее поверхность должна иметь мелкозернистую структуру и быть ровной, матовой.

Рисунок на лицевые панели, шкалы и шильдики наносят гравированием, чеканкой, фотохимическим или литографским способом. Применение соответствующего способа обусловлено материалом панели и шкалы и требованиями к точности настройки. Рисунок шкалы и лицевой панели во время эксплуатации радиоаппарата не должен стираться. В зависимости от размеров, конфигурации и назначения лицевые панели, шкалы и шильдики окаймляются художественно-декоративным материалом и крепятся к корпусам винтами, штифтами, специальными прихватами, а также завальцовкой краев, приклеиванием и другими способами.

## **1.2 практическая часть работы №1**

### **1.2.1 Оборудование**

- 1) Мультиметр М832**
- 2) Ампервольтметр Ц4353**
- 3) Пассивные радиоэлементы**

## 1.2.2 Порядок выполнения работ

### 1.2.2.1 Резисторы

Исправность постоянных резисторов проверяют сначала внешним осмотром. При этом обращают внимание на целостность корпуса, отсутствие на его поверхности трещин и сколов, надежность крепления выводов. У неисправного резистора можно обнаружить обуглившиеся поверхности лакового или эмалевого покрытия, а в ряде случаев — колечки.

Небольшое потемнение лакового покрытия допустимо, но в этом случае следует проверить значение сопротивления. Его допустимое отклонение от номинального значения не должно превышать  $\pm 20\%$ . Отклонение сопротивления от номинального значения может появиться у высокоомных резисторов (более 1 МОм) при их длительной эксплуатации.

В ряде случаев обрыв токопроводящего элемента не вызывает никаких изменений внешнего вида резистора. Поэтому проверку его на соответствие величины номинальному значению производят с помощью омметра. Перед измерением сопротивления резисторов, установленных в БРЭА, последние необходимо выключить и разрядить электролитические конденсаторы. При измерении должен быть надежный контакт между выводами резистора и зажимами прибора. Чтобы не шунтировать измерительный прибор, не следует касаться руками металлических частей щупов омметра. Значение измеренного сопротивления должно соответствовать номиналу, который обозначен на корпусе резистора с учетом допустимого отклонения и погрешности омметра. Если измерение сопротивления резистора осуществляется без выпаивания его из схемы, необходимо учитывать влияние шунтирующих цепей.

Наиболее часто встречающейся неисправностью у резисторов является перегорание токопроводящего слоя. Оно может быть вызвано прохождением через резистор недопустимо большого тока в результате различных замыканий в монтаже или пробоя конденсатора.

Проволочные постоянные резисторы довольно редко выходят из строя. Основные их неисправности (обрыв или перегорание проволоки) обычно устанавливают при помощи омметра. У переменных непроволочных резисторов чаще всего встречаются нарушения контакта подвижной щетки с токопроводящими элементами. Если такой резистор используется в усилителе звуковой частоты в качестве регулятора громкости, то при повороте его оси в головке громкоговорителя слышен треск. Встречаются также обрывы выводных контактов, изнашивание или повреждение токопроводящего слоя.

Непригодные постоянные резисторы заменяют новыми с соответствующими техническими параметрами: номинальным омическим сопротивлением, номинальной мощностью рассеивания и др. При отсутствии резистора с соответствующим сопротивлением его можно заменить двумя (или несколькими), соединенными параллельно или последовательно.

При установке исправных резисторов взамен вышедших из строя необходимо учитывать мощность рассеивания. Без особой нужды не следует

завышать ее, так как резистор большой мощности имеет большие геометрические размеры. В современной радиоаппаратуре монтаж очень плотный и разместить несколько резисторов вместо одного или один большего размера довольно трудно. Кроме того, это может привести к соответствующему увеличению паразитных межкаскадных связей, отрицательно влияющих на работу радиоаппарата.

Исправность переменных резисторов определяется омметром (рис. 31). Для этого подключают один щуп омметра к среднему лепестку резистора, а другой — к одному из крайних лепестков. Ось переменного резистора при каждом таком подключении вращают очень медленно. Если резистор исправен, то при вращении его оси стрелка омметра будет отклоняться плавно. Дрожание, рывки ее свидетельствуют о плохом контакте щетки с токопроводящим элементом. Если стрелка омметра вообще не отклоняется, то резистор неисправен. Проверку рекомендуется повторить, переключив другой щуп омметра ко второму крайнему лепестку резистора, чтобы убедиться в исправности и этого вывода. Неисправный переменный резистор необходимо заменить новым или отремонтировать, если это возможно. Для этого вскрывают корпус резистора, тщательно спиртом промывают токопроводящий элемент, внимательно осматривают его и при отсутствии видимых повреждений наносят тонкий слой машинного масла. Затем его собирают и вновь проверяют надежность контакта.

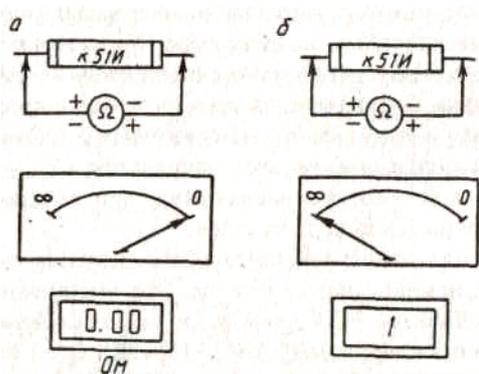


Рисунок 31 - Проверка резисторов с помощью омметра:

*a* - в резисторе короткое замыкание токопроводящего элемента; *б* - в резисторе обрыв выводов или токопроводящего элемента

Исправность терморезисторов, фоторезисторов и варисторов устанавливают специальными измерениями. О выходе их из строя можно судить по внешнему проявлению дефекта.

При определении взаимозаменяемости переменных резисторов, кроме вышеназванных параметров для постоянных резисторов, учитывают и характеристику изменения сопротивления от угла поворота его оси. Выбор резистора с соответствующей характеристикой определяют его схемным назначением. Например, для получения равномерного регулирования громкости

в усилителях 34 выбирают переменный резистор с зависимостью изменения сопротивления (группы В).

Взамен вышедших из строя резисторов типа ВС-0,25а, ВС-0,5а, ВС-1 и ВС-2 можно использовать резисторы типа МЛТ с соответствующей мощностью рассеивания, имеющие меньшие габариты и лучшую влагоустойчивость.

### 1.2.2.2 Конденсаторы

При проверке конденсаторов лучше использовать специальные измерительные приборы. Но, так как они не всегда имеются, рассмотрим проверку конденсаторов с помощью омметров (например, в составе тестера).

К характерным неисправностям конденсаторов относятся следующие: пробой диэлектрика; обрыв выводов; появление тока утечки, превышающего норму (из-за ухудшения свойств диэлектрика); уменьшение номинальной емкости. При проверке конденсаторов с помощью омметра производят измерение сопротивления диэлектрика (сопротивление утечки). В исправном конденсаторе это сопротивление очень высокое, его значение зависит от типа диэлектрика. Сопротивление диэлектрика слюдяных, керамических, пленочных, бумажных, стеклянных, воздушных конденсаторов составляет не менее 100 МОм, электролитических алюминиевых конденсаторов - не менее 100 кОм, а электролитических танталовых, оксидно-полупроводниковых - не менее 1 МОм. При измерении сопротивления утечки в полярных конденсаторах необходимо соблюдать полярность подключения омметра: плюсовой вывод омметра подключают к плюсовому выводу конденсатора, аналогично подключают и минусовые выводы. Необходимо учитывать, что при проверке конденсаторов большой емкости с помощью омметра происходит их зарядка. С ее началом стрелка омметра (показание цифрового индикатора) резко допускается к нулевому значению. По мере зарядки конденсатора его сопротивление увеличивается, а при полной зарядке омметр показывает сопротивление утечки. При очень больших номинальных значениях емкостей (порядка 1000мкФ) зарядка может продолжаться несколько минут. Начальный скачок сопротивления в сторону уменьшения зависит от номинальной емкости и типа омметра (тестера). При проверке конденсаторов с емкостью более 0,05 - 0,1 мкФ этот скачок можно заметить при максимальном пределе измерения омметра. При повторном измерении Сопротивления утечки конденсатор необходимо разрядить, закоротив его выводы. Показания омметра при различных дефектах конденсаторов приведены при исправных конденсаторах - на рис. 32 Таким образом, можно сделать следующие выводы.

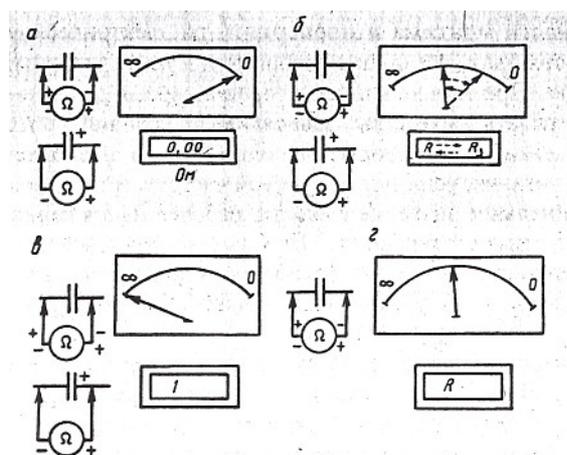


Рисунок 32 – Показания омметра при различных дефектах конденсаторов: а – пробой диэлектрика; б,г – большой ток утечки (изменение свойств диэлектрика); в – обрыв выводов.

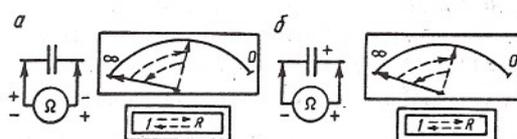


Рисунок 33 - Показание омметра при исправных конденсаторах: а - неполярном; б - полярном

1. Пробой диэлектрика можно определить у любого конденсатора (рис. 33, а).

2. Большой ток утечки определяется у любого конденсатора, только при больших емкостях ( $C > 0,05 - 0,1$  мкФ) стрелка делает скачок к нулевому значению и потом показывает сопротивление утечки (рис. 33, б), а при небольших емкостях омметр сразу показывает сопротивление утечки (рис. 32, г). Сопротивление при больших токах утечки будет: меньше 100 кОм — электролитические алюминиевые конденсаторы;

меньше 1 МОм — электролитические танталовые, ниобиевые, оксиднополупроводниковые; меньше 100 МОм — керамические, стеклянные, слюдяные, пленочные, бумажные и др.

3. Обрыв выводов определяется только у конденсаторов большой емкости (больше 0,05- 0,1 мкФ). При этом, если стрелка прибора (показание цифрового тестера) не сделает скачок в сторону уменьшения сопротивления, это свидетельствует об обрыве выводов (рис. 33, в). Обрыв выводов у конденсаторов малой емкости определить с помощью омметра невозможно.

4. Установить уменьшение (изменение) номинальной ёмкости конденсатора с помощью омметра невозможно.

5. Определить небольшие токи утечки с помощью омметра невозможно.

Из приведенных выводов вытекает, что полное заключение об исправности конденсаторов по показаниям омметра сделать нельзя. На рис. 33 даны показания омметра при исправных конденсаторах большой емкости (больше 0,05 - 0,1 мкФ), но и в этом случае не учтены изменение емкости, небольшие токи утечки. Поэтому

выводы о таких дефектах конденсаторов, как изменение номинала, небольшие токи утечки, обрыв выводов в Конденсаторах с малой номинальной емкостью, делают на основании анализа работы узла, в котором установлен этот конденсатор.

### 1.2.2.3 Намоточные узлы

При монтаже и демонтаже намоточных узлов и деталей необходимо соблюдать следующие требования: исключение механических повреждений (обрыв обмоток, повреждение изоляции обмоток); строгое соблюдение температурного режима и продолжительности пайки, так как у многих деталей и узлов выводы катушек выполнены обмоточными проводами на контактные панели, каркасы изготовлены из пластмассы; надежное механическое крепление деталей и узлов при их наличии.

К характерным неисправностям намоточных узлов и деталей относятся:

- обрыв в обмотках или обрыв выводов обмоток;
- межвитковое замыкание в обмотках;
- замыкание между обмотками;
- замыкание обмоток на магнитопровод;
- пробой диэлектрика каркаса или контактной панели, изоляции катушек (для высоковольтных обмоток);
- поломка сердечника (особенно подстрочных и регулируемых катушек).

Многие из этих неисправностей можно обнаружить прежде всего при внешнем осмотре: механические повреждения; обугленные (потемневшие) обмотки, искрение в деталях и узлах при включенной аппаратуре; сильный перегрев (учитывать, что многие детали и узлы в нормальном режиме должны быть теплыми, т.е. нагреваются до определенной температуры). Простейшая проверка заключается в измерении сопротивлений обмоток, между обмотками, между обмоткой и магнитопроводом с помощью омметра (например, в составе тестера). На рис. 34 показана методика выявления с помощью тестера характерных неисправностей катушек индуктивности и дросселей.

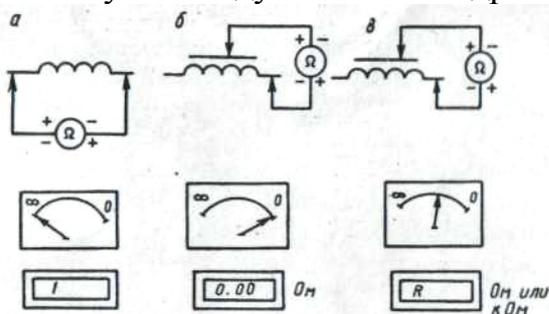


Рисунок 34 - Методика определения с помощью тестера характерных неисправностей катушек индуктивности и дросселей

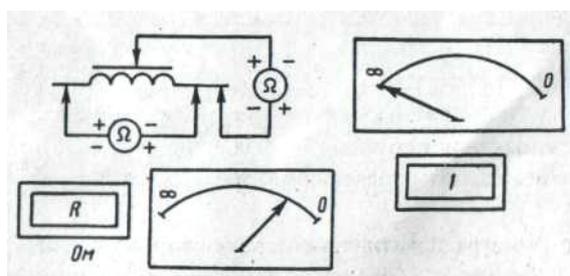


Рисунок 35 - Показания омметра при исправных катушках индуктивности и дросселях

При проверке с помощью омметра полярность его подключения роли не играет. Если омметр показывает бесконечно большое сопротивление между выводами обмотки (рис. 35, а), то это свидетельствует об обрыве обмотке или выводах. Если омметр показывает нулевое сопротивление между обмоткой и сердечником (рис. 35, б) или какое-либо сопротивление (рис. 35, в), то это означает короткое замыкание обмотки на сердечник или потерю диэлектрических свойств изоляции между обмоткой и сердечником. При исправных катушках индуктивности и дросселях показания омметра должны быть такими, как на рис. 36.

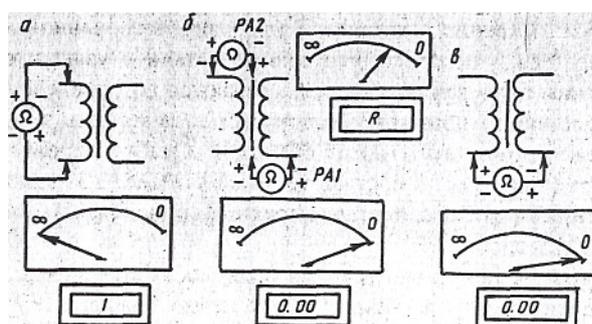


Рисунок 36 - Методика определения с помощью тестера характерных неисправностей трансформаторов

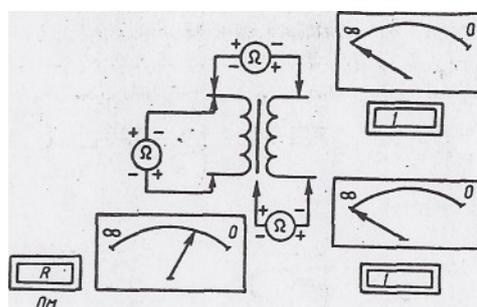


Рисунок 37 - Показания омметра при исправных трансформаторах

На рис. 36 показана методика выявления с помощью омметра характерных неисправностей трансформаторов.

На рис. 36, а показано определение обрыва в первичной обмотке или ее выводов. Если сопротивление между обмоткой и сердечником (рис. 36, б)

равняется нулю (РА1) или имеет какое-либо значение (РА2), то это означает короткое замыкание обмотки на сердечник или потерю диэлектрических свойств изоляции между сердечником и обмоткой. Определение замыкания обмоток показано на рис. 36, в. Показания омметра при исправных трансформаторах должны соответствовать рис. 37.

С помощью омметра практически невозможно определить межвитковое замыкание. Его устанавливают по чрезмерному нагреванию детали, узла или по специфическим изменениям в работе аппарата.

### **1.3.3 Оформить отчет о проделанной работе, сделать выводы и сдать отчет преподавателю.**

## **Лабораторная работа №2 «Дефектация активных элементов схем».**

**Цель работы:** Научится осуществлять проверку и дефектацию активных радиоэлементов.

### **2.1 Краткое теоретическое обоснование**

#### **2.1.1 Полупроводниковые диоды**

Общие сведения. Полупроводниковым диодом называют полупроводниковый прибор с одним электронно-дырочным (р-п) переходом. По конструктивно-технологическому исполнению различают точечные и плоскостные диоды. У точечных диодов р-п-переход образуется в месте контакта полупроводниковой пластины с острием металлической иглы. У плоскостных диодов р-п-переход создается на границе раздела полупроводников с электропроводимостью разных типов. Плоскостные диоды предназначены для электрических цепей, в которых протекают большие токи. Однако эти диоды характеризуются повышенной междуэлектродной емкостью, что ограничивает их применение для работы в диапазоне высоких частот. Точечные диоды используют в цепях с малыми токами и в высокочастотных устройствах, когда требуется малое значение емкости р-п-перехода. С помощью специальных технологических приемов изготавливают плоскостные диоды с очень малой площадью переходов - микроплоскостные «диффузионные мезодиоды». Они сочетают достоинства плоскостных и точечных диодов

Диоды изготавливают из германия, кремния, арсенида и фосфида галлия, индия и других полупроводников и помещают в стеклянные, металлические или пластмассовые корпуса.

В зависимости от назначения полупроводниковые диоды подразделяют на выпрямительные, универсальные, импульсные, стабилитроны и стабилитроны, туннельные и обращенные диоды, светодиоды и фотодиоды. Их условные обозначения складываются из пяти элементов.

Первый элемент - буква или цифра, обозначающая исходный полупроводниковый материал: Г или 1 - германий или его соединения; К или 2 - кремний или его соединения; А или 3 - соединения галлия; И или 4 - индий или его соединения.

Второй элемент - буква, указывающая класс прибора: Д - выпрямительные и импульсные диоды, магнитодиоды, термодиоды; Ц - выпрямительные столбы и блоки; А - сверхвысокочастотные диоды; В - варикапы; С - стабилитроны и стабисторы; Л - излучающие приборы; Ф - фотоприборы; Н - диодные тиристоры; У - триодные тиристоры; О - оптроны и т. д.

Третий элемент - цифра (или буква для оптопар), указывающая назначение и качественные свойства диода.

Четвертый элемент - число, обозначающее порядковый номер разработки (для стабилизаторов и стабисторов - напряжение стабилизации).

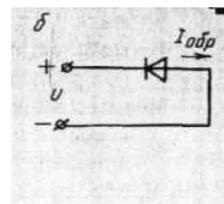
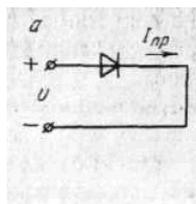
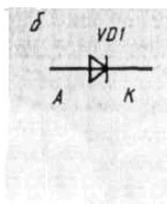
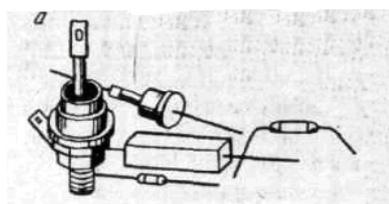
Пятый элемент - буква русского алфавита, указывающая разновидность класса диода по параметрическим группам.

В системе условных обозначений полупроводниковых диодов могут применяться дополнительные элементы: буква С после второго элемента - для набора в одном корпусе нескольких однотипных элементов; цифра через дефис после пятого элемента - для бескорпусных приборов (1 - гибкие выводы без подложки, 2 - гибкие выводы с подложкой, 3 - жесткие выводы без подложки, 4 - жесткие выводы с подложкой, 5 - с контактными площадками без подложки и без выводов, 6 - с контактными площадками с подложкой и без выводов); буквы после последнего элемента (Р - для диодов с парным подбором, Г - с подбором в четверки, К - с подбором в шестерки).

Расшифровка третьего элемента условных обозначений приведена при рассмотрении полупроводниковых диодов различных типов.

Может встречаться более старая система условных обозначений полупроводниковых диодов, состоящая из трех элементов: первый - буква Д, что означает диод; второй - число, обозначающее тип диода (например, от 1 до 100 - точечные германиевые, 100 - 200 - точечные кремниевые и т. д.); третий - буква русского алфавита, указывающая разновидность диодов по параметрической группе.

**Выпрямительные, универсальные и импульсные диоды.** Принцип действия выпрямительных, универсальных и импульсных диодов основан на односторонней проводимости р-п-перехода. Условное графическое обозначение этих диодов показано на рис. 38.



Выпрямительный,

Прямое (а) и обратное

универсальный и импульсные диоды (а) (б) включение полупроводникового и их графическое обозначение (б) диода - рисунок 39  
- рисунок 38

Приведенные на рисунке диоды имеют выводы, которые называют анодом (А) и катодом (К).

Диоды могут быть включены в прямом направлении (на анод подается положительное напряжение, а на катод - отрицательное) или в обратном (наоборот). Схемы включения диода показаны на рис. 39.

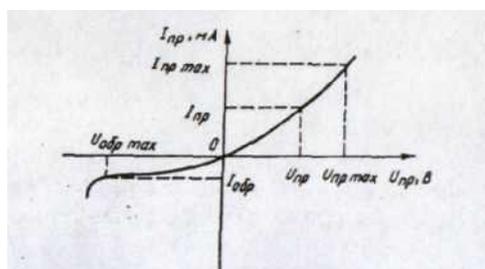
При прямом включении диод считается открытым и через него протекает прямой ток  $I_{пр}$ , (сопротивление диода малое), при обратном включении диод считается закрытым и через него протекает только очень малый обратный ток  $I_{обр}$ . Зависимость протекающего через диод тока от приложенного напряжения отражает вольтамперная характеристика (ВАХ) диода. Типовая ВАХ выпрямительных, универсальных и импульсных диодов показана на рис. 40.

Ветвь, расположенная в первом квадранте, соответствует прямому включению диода, а в третьем квадранте - обратному включению диода.

Выпрямительные диоды служат для выпрямления переменного тока низкой частоты (обычно менее 50 кГц). К основным параметрам этих диодов относятся (рис. 40):

средний прямой номинальный ток диода  $I_{пр}$  - ток, при котором обеспечивается надежная работа прибора;

прямое напряжение на диоде  $U_{пр}$ , - напряжение, которое создает ток  $I_{пр}$ ;



## Вольтамперная характеристика диода - рисунок 40

максимально допустимый прямой ток  $I_{пр, max}$  - максимальный прямой ток, при увеличении которого не будет обеспечиваться надежная работа диода;

максимально допустимое обратное напряжение  $U_{обр, max}$  - максимальное напряжение при обратном включении диода, при котором еще будет обеспечиваться надежная работа прибора;

обратный ток через диод  $I_{обр}$  - ток, протекающий через диод при приложенном обратном напряжении.

При обратном напряжении и прямом токе, значение которых больше допустимых, диод выйдет из строя (наступит пробой p-n- перехода).

Для выпрямления токов НЧ, кроме диодов, могут применяться выпрямительные мосты или блоки, которые состоят из нескольких диодов и являются конструктивно законченными устройствами. Их условные графические обозначения приведены на рис. 41.

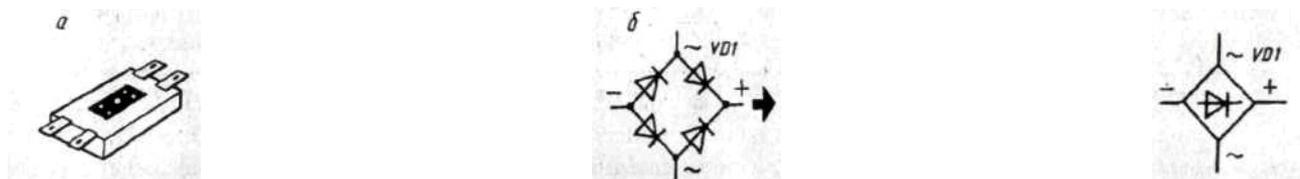
Универсальные диоды служат для выпрямления токов в широком диапазоне частот (до нескольких сотен мегагерц), для различных нелинейных преобразований сигналов (модуляции, умножения). Параметры этих диодов те же, что и у выпрямительных, только вводятся еще дополнительные: максимальная рабочая частота (МГц) и емкость диода (пФ).

Импульсные диоды предназначены для преобразования импульсного сигнала, применяются в быстродействующих импульсных схемах. Их параметры аналогичны параметрам выпрямительных и универсальных диодов, только добавляется время восстановления обратного сопротивления диода, а напряжения и токи могут приводиться в импульсном режиме.

В системе условных обозначений диодов этой группы третий элемент имеет следующие значения:

- 1 - выпрямительные диоды с силой тока  $I_{пр}$  до 0,3 А;
- 2 - выпрямительные диоды с силой тока от 0,3 до 10 А;
- 3 - прочие диоды (магнито- и термодиоды);
- 4-9 - импульсные диоды с классификацией по продолжительности восстановления обратного сопротивления от 500 до 1 нс.

Этот элемент по сравнению с первоначальным вариантом условных обозначений претерпел некоторые изменения, поэтому выпрямительные и универсальные диоды объединены в один подкласс (цифры 1,2)



Выпрямительный мост и блок (а), условное графическое обозначение (б)  
- рисунок 41

выпрямительные диоды с рабочей частотой в мегагерцах. Отсюда их причисляют к НЧ- или ВЧ-диодам. Введено также обозначение прочих диодов (цифра 3) и расширен предел классификации по продолжительности восстановления обратного сопротивления (до 500 нс).

Еще старая классификация по третьему элементу имела вид:

- 1 - 2 - выпрямительные НЧ-диоды (различие по мощности);
- 4- универсальные диоды (рабочая частота до 1000 МГц);
- 5- 9 - импульсные диоды (классификация по продолжительности восстановления обратного сопротивления от 150 до 1 нс).

У выпрямительных столбов и блоков третий элемент имеет следующие значения:

- 1 - столбы малой мощности (сила тока  $I_{пр}$  до 0,3 А);
- 2 - столбы средней мощности (сила тока  $I_{пр}$  от 0,3 до 10 А);
- 3 - блоки малой мощности (сила тока  $I_{пр}$  до 0,3 А);
- 4 - блоки средней мощности (сила тока  $I_{пр}$  от 0,3 до 10 А).

Маркировка диодов этого подкласса осуществляется по разнообразным методикам. Виды маркировочных знаков, наносимых на корпус диодов, типоразмеры корпусов, а также варианты условных обозначений имеются в стандартах на конкретный тип диода или в справочной литературе. При маркировке на корпусе диодов могут указываться их типы в соответствии с системой условных обозначений и ставится знак условного графического обозначения, по которому определяется пометка выводов (анод и катод) диода. Очень часто применяется цветовая маркировка, которая также оговаривается в соответствующих ТУ. При этом используется цвет или цветная метка на корпусе, а также цветные метки у выводов (анода или катода).

КД105В - кремниевый выпрямительный диод малой мощности, НЧ (рабочая частота до 1 кГц), порядковый номер разработки 05, разновидность по параметрической группе В (классифицируются по напряжению ( $U_{обр}$ , в данном случае до 600 В), на корпус наносится цветная метка;

КД521А - кремниевый импульсный диод с продолжительностью восстановления обратного сопротивления от 150 до 500 нс (рабочая частота 100 МГц), порядковый номер разработки 21, разновидность по параметрической группе А (напряжение  $U_{обр}$  до 75 В), на корпус наносится цветная метка;

КД402Г - кремниевый выпрямительный диод средней мощности (сила тока  $I_{пр}$  до 1 А), НЧ (рабочая частота до 5 кГц), порядковый номер разработки 02, разновидность по параметрической группе Г (напряжение  $U_{обр}$  до 300 В), в корпусе собран один выпрямительный мост и на корпусе указано условное обозначение, выводы маркированы значками «~» (два вывода), «+» и «-».

В приведенных примерах для определения условных обозначений часть материала взята из справочной литературы (рабочая частота, классификация по параметрической группе, маркировка на корпусе).

**Стабилитроны, стабилитроны.** Принцип работы стабилитронов и стабилитронов основан на использовании неразрушающего электрического пробоя р-п-перехода под действием обратного (стабилитрон) или прямого (стабилитрон) напряжения. Они применяются для стабилизации (поддержания постоянным) напряжения при изменении силы тока в определенных пределах. Эти диоды и их условное графическое обозначение приведены на рис. 42, а ВАХ - на рис. 43.

У стабилитронов рабочей является обратная ветвь ВАХ, в схемах они включаются в обратном направлении. С их помощью стабилизируется напряжение от 3, 5 В и выше. Для стабилизации малых напряжений (порядка 1 В) применяются стабилитроны, у которых используется прямая ветвь ВАХ. Они включаются в прямом направлении.

К основным параметрам стабилитронов и стабилитронов относятся (рис. 43):

- напряжение стабилизации  $U_{ст}$  - напряжение на стабилитроне или стабилитроне при заданном номинальном токе стабилизации  $I_{стном}$ ;

- допустимый разброс напряжения стабилизации  $U_{ст}$  - допустимое отклонение напряжения на приборе от номинального;

- максимальный  $I_{стmax}$  и минимальный  $I_{стmin}$  токи стабилизации, в пределах которых напряжение на стабилитроне или стабилитроне практически неизменно.

Если сила тока, проходящего через стабилитрон или стабистор, меньше  $I_{ст\max}$ , прибор не будет стабилизировать напряжение, а если больше  $I_{ст\max}$ , наступит необратимый пробой p-n-перехода.

Третий элемент в системе условных обозначений стабилитронов определяет значения мощности и напряжения, приведенные в табл. 1.

В классификации по третьему элементу, принятой до описанной выше, имелись небольшие отличия в значениях мощности и напряжения  $U_{ст}$  (мощность 5-25 Вт, напряжение  $U_{ст}$  100-199 В).



Стабилитроны и стабисторы (а), условное графическое обозначение (б) - рисунок 42



Вольт-амперные характеристики стабилитрона (а) и стабистора (б) – рисунок 43

Таблица 1 - Значения для третьего элемента в системе условных обозначений стабилитронов

Код третьего элемента	Мощность, Вт	Напряжение $U_{ст}$ В
1	До 0,3	До 10
2	До 0,3	10-100
3	До 0,3	Более 100
4	0,3-5	До 10
5	0,3-5	10-100
6	0,3-5	Более 100
7	5-10	До 10
8	5-10	10-100
9	5-10	Более 100

По четвертому и пятому элементам системы условных обозначений определяют напряжение стабилизации. При этом:

если напряжение  $U_{ст}$  меньше 10 В, то четвертый элемент - целое число, а пятый - десятые доли напряжения  $U_{ст}$ ;

если напряжение  $U_{ст}$  от 10 до 100 В, то четвертый и пятый элементы - число, показывающее напряжение  $U_{ст}$ ;

если напряжение  $U_{ст}$  составляет 100 В и более, то сумма 100 В и числа, состоящего из четвертого и пятого элементов, образует напряжение  $U_{ст}$ .

Например:

КС156А - кремниевый стабилитрон мощностью до 0,3 Вт, напряжение стабилизации 5,6 В, разновидность по параметрической группе А, на корпусе цветная метка;

КС522А - кремниевый стабилитрон средней мощности (0,3 - 5 Вт), напряжение стабилизации 22 В, разновидность по параметрической группе А, на корпусе цветная метка;

КС680А - кремниевый стабилитрон средней мощности, напряжение стабилизации 180 В, разновидность по параметрической группе А, на корпусе указаны условное обозначение типа и знак диода для определения анода и катода.

**Варикапы.** Принцип действия варикапа основан на свойстве *p-n*-перехода изменять значение барьерной емкости при изменении на нем величины обратного напряжения, т. е. *p-n*-переход используется как электрически управляемая емкость. Варикапы применяют в бытовой РЭА для электронной настройки колебательных контуров (рис. 44).

В схемах варикапы включаются в обратном направлении. Емкость варикапа имеет зависимость от приложенного обратного напряжения, показанную на рис. 45.

К основным параметрам варикапов относятся:

- номинальная емкость  $C_{ном}$  - емкость варикапа при номинальном обратном напряжении;

- максимальная  $C_{max}$ , и минимальная  $C_{min}$  емкости при минимальном и

- максимальном обратных напряжениях;

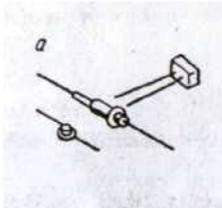
- коэффициент перекрытия  $K_c$  - отношение максимальной емкости

- варикапа к минимальной,  $K_c = C_{max}/C_{min}$ ;

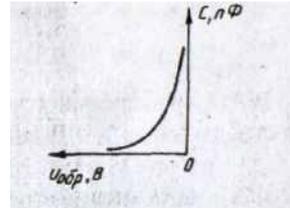
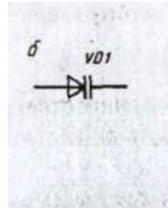
- добротность  $Q$  - отношение реактивного сопротивления варикапа к сопротивлению потерь при номинальном обратном напряжении и заданной частоте;

- максимально допустимое постоянное обратное напряжение  $U_{обрmax}$ .

Цоколевка выводов варикапа определяется или по ключу, или по условному знаку диода (нанесенному на корпусе варикапа). Третий элемент в условных обозначениях варикапа имеет следующие значения: 1 - подстроечные варикапы; 2 - умножительные варикапы. Примеры условных обозначений: КВ102А - кремниевый подстроечный варикап, порядковый номер разработки 11, разновидность по параметрической группе А, на корпусе анод отмечен белой точкой;



Варикапы (а) и их условное обозначение (б) – рисунок 44



Зависимость емкости варикапа от обратного напряжения-рисунок 45

КВС111Б - кремниевый подстроечный с набором однотипных элементов варикап (варикапная матрица), порядковый номер разработки П, разновидность по параметрической группе Б, на корпусе три вывода, общий вывод (катоды) помечен оранжевой точкой.

**Светодиоды, фотодиоды.** Светодиоды - это полупроводниковые диоды, принцип действия которых основан на излучении р-n-переходом света при прохождении через него прямого тока. Излучение света может лежать в видимой части спектра или в инфракрасном диапазоне. Светодиоды и их условное графическое обозначение приведены на рис. 46.

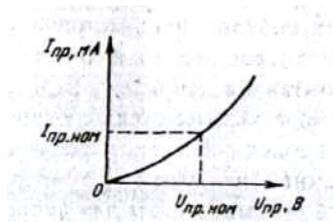
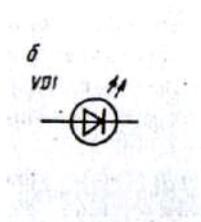
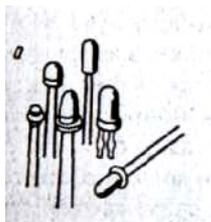
Светодиоды применяют в основном в устройствах индикации бытовой РЭА (например, при визуальном контроле наличия питающих напряжений, режимов работы и т. д.). ВАХ светодиода имеет вид, показанный на рис. 47.

К основным параметрам светодиодов относятся:

- яркость свечения  $L$  - отношение силы света к площади светящейся поверхности, кд/м;
- цвет свечения (диапазон спектра);
- номинальный прямой ток  $I_{прном}$  ;
- номинальное прямое напряжение  $U_{прном}$ , которое вызывает ток  $I_{прном}$
- максимально допустимый прямой ток .

В условных обозначениях приборов этого подкласса третий элемент имеет следующие значения (в том числе не только для светодиодов, но и для других излучающих оптоэлектронных приборов): 1 - для излучающих диодов инфракрасного диапазона; 2 - для излучающих модулей; 3 - для светоизлучающих диодов; 4 - для знаковых индикаторов; 5 - для знаковых табло; 6 - для шкал; 7 - для экранов.

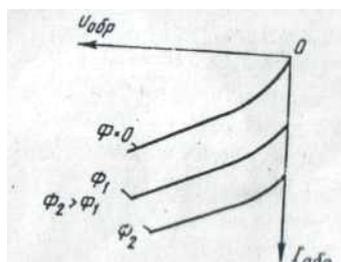
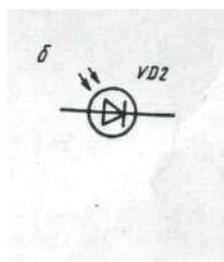
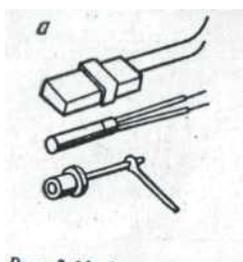
Конструктивное исполнение светодиодов разное, и цоколевка выводов зависит от него (разные толщины анода и катода; ключ, определяющий один из выводов; и т.д.). Например, АЛ106Б - светодиод, выполненный из соединения галлия с инфракрасным излучением, порядковый номер разработки 06, разновидность по параметрической группе Б (классифицируется по мощности излучения), ключ на корпусе устанавливается около катода (из справочной литературы).



Светодиоды (а) и их условное графическое обозначение (б) - рисунок 46

Вольтамперная характеристика светодиода – рисунок 47

Фотодиоды - малоинерционные и высокочувствительные диоды, предназначенные для преобразования световых сигналов в электрические и используемые в качестве датчиков в различной бытовой РЭА.



Фотодиоды (а) и их условное физическое обозначение (б) - рисунок 48

Вольт-амперная характеристика фотодиодов – рисунок 49

Принцип действия этих приборов основан на появлении ЭДС при освещении р-п перехода. Фотодиоды и их условное графическое обозначение приведены на рис. 48, ВАХ фотодиодов имеет вид, показанный на рисунке 49.

К основным параметрам фотодиодов относятся:

- рабочее напряжение на фотодиоде  $U_{раб}$  (В);
- темновой ток  $I_T$  (мкА) - ток через фотодиод при световом потоке  $\Phi = 0$ , направленном на р-п-переход;
- наибольший ток при освещении  $I_{max}$  (мкА);
- максимальное рабочее напряжение  $U_{max}$  (В);
- напряжение шумов  $U_{ш}$  (мВ);
- сопротивление нагрузки  $R_n$  (кОм);
- интегральная чувствительность  $K_k$  (мА/лм).

Фотодиоды могут работать в двух режимах «А» и «Б». Режим «А» характеризуется отсутствием внешнего приложенного напряжения, при этом фотодиод работает как вентильный фотоэлемент. Собственная ЭДС такого элемента около 0,1 В, наибольшая сила тока 100 мкА, диапазон частот ограничен (примерно до 20 кГц). Режим «Б» характеризуется работой фотодиода с приложенным обратным напряжением – фотодиодный режим. В этом случае через фотодиод протекает ток, зависящий от приложенного обратного напряжения

и светового потока  $\Phi$  (рисунок 49). Частотные свойства в этом режиме на порядок лучше, чем в режиме «А» (до 200 кГц).

### 2.1.2 Транзисторы

Общие сведения. Транзистор - электропреобразующий полупроводниковый прибор с одним или несколькими р-п-переходами, имеющий три (или более) внешних вывода. Транзисторы используют в различных схемах бытовой РЭА для усиления, детектирования, генерирования, преобразования, переключения электрических сигналов, их называют *активными элементами*.

В зависимости от происходящих физических процессов транзисторы бывают биполярные и полевые. Различают также транзисторы специального назначения: однопереходные, лавинные. Система условных обозначений транзисторов такая же, как и полупроводниковых диодов, только второй и третий элементы имеют другие значения. Второй элемент: буква Т - биполярный транзистор; буква П - полевой транзистор. Третий элемент - цифра, определяющая функциональные возможности транзистора.

Например:

ГТ322Г - германиевый транзистор малой мощности, высокой частоты (данные по параметрам, цоколевке берутся из справочной литературы или ТУ); КТ940А - кремниевый транзистор большой мощности, высокой частоты.

- Коэффициент усиления по мощности  $K_{y1}$  - ( $C_P$  - отношение мощности на выходе к мощности на входе при определенной частоте радиосигнала и схеме включения).

- Максимально допустимые параметры: напряжение затвор - исток  $U_{з.и.мах}$ ; напряжение сток - исток  $U_{с.п.мах}$ ; ток стока  $I_{с.мах}$ ; мощность рассеивания транзистора  $P_{мах}$ .

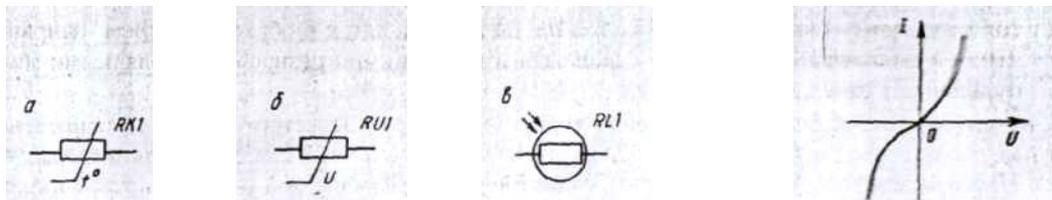
Характеристики и параметры полевых транзисторов приводятся в справочной литературе или соответствующих ТУ, где также указываются их маркировка, цоколевка выводов. Система условных обозначений полевых транзисторов была приведена выше. Конструкции корпусов, как и у биполярных транзисторов, разнообразны. На них могут указываться условные обозначения или маркировка с помощью меток, цветных точек.

Как и у биполярных, у полевых транзисторов существуют три варианта включения: с общим истоком (ОИ); с общим затвором (ОЗ); с общим стоком (ОС). Наиболее часто используются схемы с ОИ. Полевые транзисторы в отличие от биполярных имеют ряд особенностей: большие входные сопротивления; малая мощность потребления от источника питания.

### 2.1.3 Специальные полупроводниковые диоды

Полупроводниковые приборы без р-п-перехода. К полупроводниковым приборам без р-п-перехода можно отнести терморезисторы, варисторы и фоторезисторы. Принцип действия таких полупроводниковых приборов, не

имеющих р-п-перехода, основан на использовании объемных свойств полупроводникового материала. Их условные графические обозначения приведены на рис. 50.



Условное графическое обозначение терморезистора (а), варистора (б), фоторезистора (в) - рисунок 50

Вольтамперная характеристика – рисунок 51

Терморезисторы - это полупроводниковые резисторы, сопротивление которых зависит от температуры. Терморезисторы изготавливают из смеси оксидов кобальта, меди и марганца. Их используют в качестве датчиков температуры, для стабилизации режимов работы активных элементов и т. д. Терморезисторы бывают с отрицательным ТКГ (термисторы) и положительным ТКС (позисторы). Условные обозначения терморезисторов состоят из букв СТ - сопротивление термочувствительные цифры - тип материала и числа - порядковый номер разработки.

Варисторы - это полупроводниковые резисторы сопротивление которых зависит от приложенного напряжения. Они используются для стабилизации напряжения, защиты электрических цепей от перенапряжений. ВАХ варистора имеет вид, показанный на рис. 51. Условные обозначения варисторов состоят из букв СН - сопротивление нелинейное, цифры - код материала и числа - порядковый номер разработка.

Фоторезисторы - это полупроводниковые резисторы, сопротивление которых при воздействии светового облучения уменьшается из-за внутреннего фотоэффекта. Они применяются в качестве датчиков освещенности, положения и перемещения или как составная часть. Условные обозначения фоторезисторов состоят из букв ГЭ - сопротивление фоточувствительное, цифры - код материала и числа – порядковый номер разработки,

Тиристоры. Тиристоры - это полупроводниковые приборы с двумя устойчивыми состояниями, которые имеют три и более р-п-переходов и могут переключаться из закрытого состояния в открытое и обратно.

В зависимости от способа управления тиристоры делятся на:

- динисторы (диодные тиристоры), имеющие два вывода и переключающиеся в открытое состояние импульсам напряжения заданной амплитуды;

- триодные тиристоры (далее – тиристоры), имеющие три вывода и включающиеся импульсами тока управления, в выключающиеся подачей обратного напряжения или прерыванием тока в открытом состоянии;

- симисторы - симметричные тиристоры (эквивалент двух соединенных встречно-параллельно тиристоров), способные пропускать ток в открытом состоянии как в прямом, так и в обратном направлениях и включающиеся однополярными или разнополярными импульсами тока управления.

Система условных обозначений тиристоров соответствует приведенной для полупроводниковых диодов (второй элемент для динисторов -буква Н, для тиристоров - буква У). Третий элемент этой системы имеет следующие значения.

Для динисторов:

1 - максимальная сила прямого тока до 0,3 А;

2 - максимальная сила прямого тока 0,3-10 А.

Для триодных тиристоров:

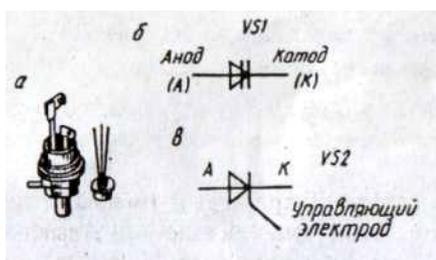
1, 2, 7 - для незапираемых тиристоров с разной максимальной силой среднего прямого тока (или импульсного): до 0,3 А (до 15 А), 0,3 -10 А (15-100 А) и больше 10 А (100 А):

3, 4, 8 - для запираемых тиристоров с разной максимальной силой среднего прямого тока (или импульсного): до 0,3 А (до 15 А), 0,3 -10 А (15-100 А) и больше 10 А (100 А);

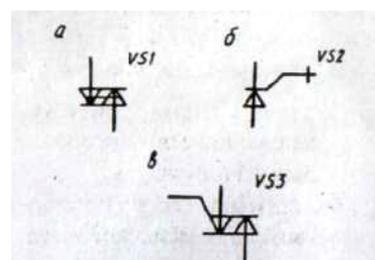
6, 9 - для симметричных тиристоров с максимальной силой среднего прямого тока (или импульсного): до 10 А (100 А) и больше 10 А (100 А). Корпуса тиристоров могут быть разнообразными. Некоторые типы тиристоров, а также их условные графические обозначения приведены на рис. 52. Другие типы тиристоров имеют условные графические обозначения, показанные на рис. 53.

На корпусе тиристоров могут указываться их условные графические обозначения, условный знак диода для определения анода и катода и различные коды маркировки, ключи для определения выводов. Во всех случаях необходимо пользоваться справочной литературой или ТУ для определения типа тиристора, цоколевки выводов.

Выводы тиристоров (см. рис. 52, б, в) называют катодом, анодом и управляющим электродом. Тиристоры применяют в различных устройствах импульсной техники, ключевых схемах.



Тиристоры (а) и условное графическое обозначение динисторов (б) и незапираемых триодных тиристоров (в)



Условные графические обозначения диодного симистора (а), триодного

- рисунок 52

запираемого б) и триодного (симистора в) – рисунок 53



Структуры динистора (а) и триодного тиристора (б) - рисунок 54

Тиристоры обычно имеют четырехслойную структуру типа  $p-n-p-n$  с тремя  $p-n$ -переходами П1.П2.П3 (рис.54).

Оптоэлектронные пары. Оптоэлектронные пары (далее - оптроны) -это полупроводниковые приборы, состоящие из преобразователя электрических сигналов в световые (излучателя) и преобразователя световых сигналов в электрические (фотоприемника). В качестве излучателя обычно используется светодиод, а в качестве фотоприемника - фотодиод, фоторезистор, фототранзистор и т. п.

Система условных обозначений соответствует приведенной для полупроводниковых диодов (для оптопар второй элемент - буква О). Только третьим элементом будет не цифра, а буква, обозначающая тип фотоприемника: Д - диод; Р - резистор; Т - транзистор; У - тиристор.

Примеры условных обозначений оптронов: АОД101А - оптрон из соединений галлия, приемник - фотодиод; АОТ122В - оптрон, выполненный из соединения галлия, с фототранзистором и т. п. Оптроны и их условные графические обозначения показаны на рис. 55.



Оптроны (а) и условные графические обозначения резисторных (б), диодных, тиристорных (в), транзисторных (г) оптопар - рисунок 55

Главная особенность оптронов - гальваническая развязка входной и выходной цепей и однонаправленность сигналов, что характерно для оптических линий связи. С помощью низких напряжений можно управлять очень высокими напряжениями, связывать цепи с различными частотами, повышать помехозащищенность схем (так как электромагнитные помехи не воздействуют на оптическую связь) и т. д. Основное назначение оптронов - это работа в качестве бесконтактных ключевых элементов в электронных схемах.

Методика проверки оптрона заключается в контроле с помощью омметра светодиода, фотоприемника и измерении значения сопротивления между входом и выходом. Вывод о неисправности оптрона можно сделать, проведя измерения

значений напряжения и силы тока в контрольных точках устройства, в которых применяется оптрон.

#### 2.1.4 Микросхемы

Общие сведения. Интегральная микросхема (далее - микросхема) - это конструктивно законченное микроэлектронное изделие, выполняющее определенное преобразование и обработку сигналов и имеющее высокую плотность упаковки радиоэлементов и кристаллов.

В зависимости от технологии изготовления микросхемы делятся на три группы: полупроводниковые, гибридные и прочие (пленочные, вакуумные и др.).

Полупроводниковой является микросхема, в которой все элементы и междуэлементные соединения выполнены в объеме или на поверхности полупроводника. Элементы схемы отделяются друг от друга *p-n*-переходами или диэлектрическими пленками. Активные элементы полупроводниковой микросхемы (диоды, транзисторы) изготавливаются совместно с пассивными элементами (резисторы, конденсаторы).

Гибридными называют микросхемы, в которых пассивные элементы и междуэлементные соединения выполнены методами пленочной технологии, а в качестве активных элементов используют дискретные диоды, транзисторы или бескорпусные полупроводниковые микросхемы.

По функциональному назначению микросхемы классифицируются на аналоговые (линейно-импульсные) и цифровые (логические). Аналоговые микросхемы преобразуют и обрабатывают сигналы, изменяющиеся по закону непрерывной функции. Цифровые микросхемы преобразуют и обрабатывают сигналы, изменяющиеся по закону дискретной функции, т. е. скачками, от некоторого нижнего до какого-то верхнего уровня, и наоборот.

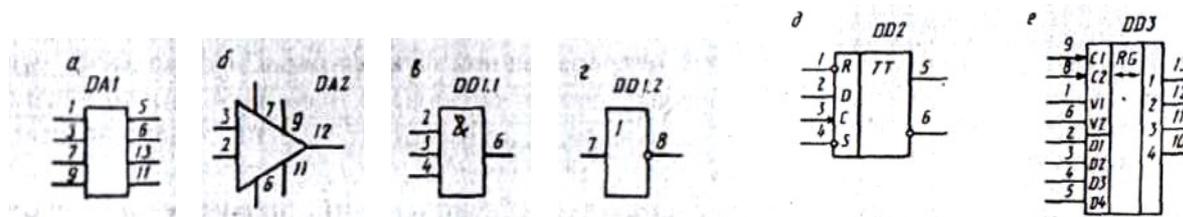
Система условных обозначений, параметры микросхем. Микросхемы выпускаются сериями. Серия - это совокупность микросхем, имеющих единую конструктивно-технологическую основу, но выполняющих различные функции.

Система условных обозначений микросхем включает следующие элементы: первый элемент - цифра, указывающая конструктивно-технологическую группу (1, 5, 6, 7 - полупроводниковые, 2, 4, 8 - гибридные, 3 - прочие); второй элемент - число (двух- или трехзначное), определяющее порядковый номер разработки серии: третий элемент - две буквы, первая из которых обозначает подгруппу, а вторая - вид в этой подгруппе по функциональному назначению; четвертый элемент - число, характеризующее порядковый номер разработки микросхемы по функциональному признаку в данной серии.

Первый и второй элементы образуют число, которое является серией микросхемы. После четвертого элемента может добавляться буква, указывающая разброс электрических параметров микросхемы данного типа номинала. Буква К перед первым элементом обозначает микросхемы широкого применения. После нее может стоять буква, указывающая материал и тип корпуса: М - керамический, Б - бескорпусная, Р - пластмассовый, А - пластмассовый пленарный, И -

стеклокерамический планарный. Например, К174УН19: К - широкого применения, 1 - полупроводниковая, 74 - номер разработки серии, 174 - серия разработки микросхемы, У - усилитель, Н - мощности и низкой частоты, 19 - номер разработки микросхемы в данной серии; КМ155ТМ2: К - широкого применения, М - керамический корпус, 1 - полупроводниковая, 55 - номер разработки серии, 155 - серия, Т - триггер, М - D-типа, 2 - номер разработки микросхемы в данной серии.

За рубежом существуют различные системы условных обозначений микросхем, действующие как в международном масштабе, так и внутри отдельных стран и фирм. Одной из наиболее распространенных систем условных обозначений микросхем зарубежного производства является состоящая из трех букв и серийного номера. Первая буква определяет принцип преобразования сигнала в схеме: S - цифровая схема, T - аналоговая схема, U - смешанная аналого-цифровая схема. Вторая буква не имеет специального значения (выбирается фирмой-изготовителем). Третья буква указывает рабочий диапазон температуры. Далее следует серийный номер, состоящий, как правило, из четырех цифр. Кроме того, за цифрами может указываться буква, определяющая разновидность микросхемы основного типа. Например, TDA 4555 - аналоговая микросхема, температурный диапазон не нормирован (буква А), серийный номер 4555, используется



Условные графические обозначения аналоговых (а,б) и цифровых (в-е) микросхем - рисунок 56

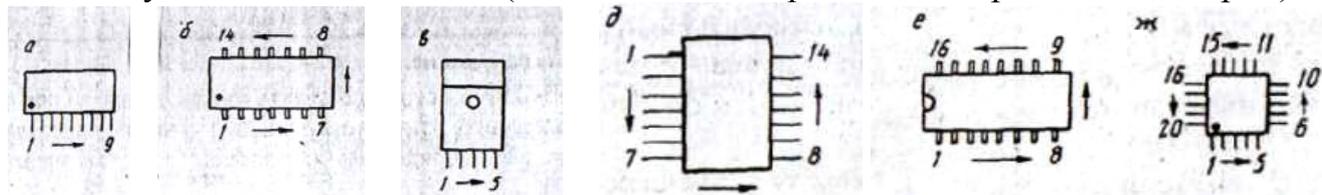
в качестве системного декодера полного цветного телевизионного сигнала (из справочной литературы); SDA 9050 - микросхема выполняет ту же функцию, что и предыдущая, только в цифровом варианте обработки сигнала; SAA 9079 - цифровая микросхема с серийным номером 9079, является аналого-цифровым преобразователем.

Условные графические обозначения микросхем показаны на рис. 56.

Позиционно обозначение аналоговых микросхем на схемах производят буквами DA с порядковым номером микросхемы, а цифровых - буквами DD с порядковым номером. Если в одном корпусе микросхемы выполнено несколько функциональных узлов, то на электрических схемах каждый узел обозначают порядковым номером через точку (рис. 56, в, з). В условных графических обозначениях могут быть предусмотрены поля, где указывают назначения выводов (рис. 56, д, е). На полях условных графических обозначений микросхем могут указываться символы функционального назначения. & - элемент И, И-НЕ; 1 - элемент НЕ, ИЛИ-НЕ, ИЛИ; TT - двойной триггер; RG - регистр. Выводы микросхем имеют порядковые номера, указываемые на электрических схемах.

Корпуса микросхем разнообразны, и при цоколевке выводов (определение первого и направление счета) используют различные ключи (точки, метки около первого вывода). После определения первого вывода счет ведут по ходу часовой стрелки, если смотреть со стороны выводов, или против хода часовой стрелки, если смотреть со стороны корпуса. Некоторые типы корпусов и нумерация выводов приведены на рис. 57.

Микросхемы могут иметь штыревые или планарные выводы. Штыревые выводы запаивают в отверстие печатных плат, а планарные - на контактные площадки. У некоторых микросхем существует возможность крепления на теплоотводы. Кроме меток, определяющих первый вывод, на корпусе микросхемы имеется условное обозначение (может быть в сокращенном варианте - без серии).



Корпуса микросхем (а-ж) и порядок нумерации выводов - рисунок 57

Параметры микросхем разнообразны и зависят от их функционального назначения. Условно все параметры аналоговых микросхем можно разбить на следующие группы:

- функциональные параметры (в зависимости от функционального назначения микросхемы, например, коэффициент усиления по напряжению, диапазон усиливаемых частот, коэффициент нелинейных искажений и т. д.);
- параметры рабочего режима (значения сил токов, напряжений);
- эксплуатационные параметры (рабочие температуры, влажность и т. д.);
- конструктивные параметры (тип корпуса, размеры, масса и т. д.).

Параметры цифровых микросхем также можно условно разбить на следующие группы;

- статические (напряжения и токи логических «1» и «0», мощность и т. д.);
- функциональные (выполняемые функции, таблицы истинности и т. д.);
- динамические (временные - время переключения из состояния логических «0» в «1» и наоборот, время срабатывания и т. д.);
- эксплуатационные;
- конструктивные.

## 2.2 Практическая часть работы №2

### 2.2.1 Оборудование

- 1) Мультиметр М832
- 2) Ампервольтметр Ц4353
- 3) Активные радиоэлементы

## 2.2.2 Порядок выполнения работ

### 2.2.2.1 Полупроводниковые диоды

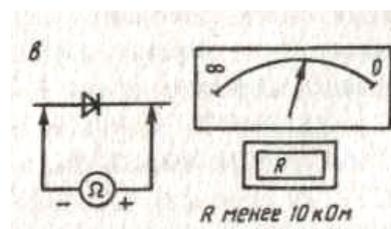
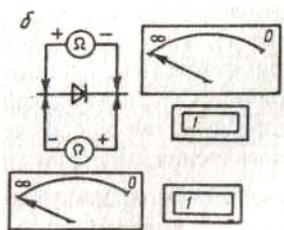
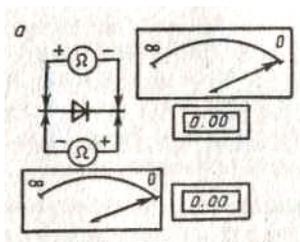
При электрическом монтаже (демонтаже) полупроводниковых диодов необходимо соблюдать общие требования к электрическому монтажу и демонтажу радиоэлементов. В стандартах, ТУ на каждый тип диода указываются особенности их монтажа. При монтаже и демонтаже диодов соблюдают следующие правила: пайка должна быть кратковременной (не более 5 с); температурный режим пайки должен соответствовать рекомендациям для диодов данного типа; при пайке следует применять припой с низкой температурой плавления; исключать перегрев диода, используя теплоотвод между корпусом и местом пайки (например, пинцет); при формовке выводов расстояние от корпуса диода до места изгиба вывода должно быть не менее 2 мм; необходимо соблюдать цоколевку выводов диода.

К неисправностям диода относятся: пробой  $p-n$ -перехода; обрыв выводов диода; большой ток утечки; пробой  $p-n$ -перехода или утечка, появляющиеся под напряжением.

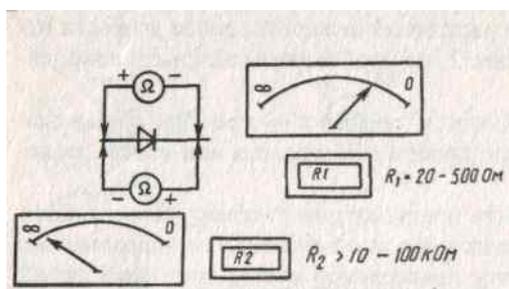
Проверка диода на исправность предусматривает обнаружение одного из перечисленных дефектов. Сначала вывод о возможных неисправностях диода делают, анализируя работу проверяемой схемы (методика такой проверки будет изложена при рассмотрении соответствующих устройств). Вторым шагом является проверка самого полупроводникового диода. При проверке диодов чаще всего используют комбинированные приборы (тестеры) и измеряют сопротивление  $p-n$ -перехода в обоих направлениях. Такое измерение позволяет установить ряд дефектов диода: пробой  $p-n$ -перехода, обрыв выводов, большой ток утечки. На рис. 58 приведены показания омметра (в составе тестера) при перечисленных выше дефектах.

При исправном диоде прямые сопротивления имеют значения 20 - 100 Ом (для кремниевых точечных диодов 150 - 500 Ом), а обратные - более 10 - 100 кОм. При этом прямое и обратное сопротивления зависят от типа диода. Показания омметра при исправных диодах приведены на рис. 59.

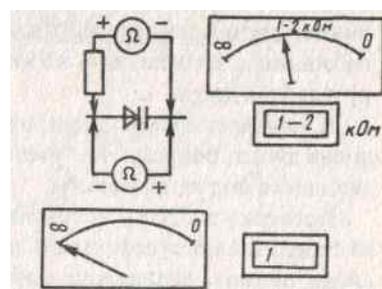
Следует учитывать особенности проверки диодов с помощью омметра: диод должен быть выпаян из схемы для исключения шунтирования  $p-n$ -перехода другими элементами схемы; проверка омметром не позволяет



Показания омметра при проверке выпрямительных, импульсных диодов, стабилитронов: *а* - при пробое р- n-перехода; *б* - при обрыве выводов; *в* - при большом токе утечки - рисунок 57



Показания омметра при исправных полупроводниковых диодах (выпрямительных, импульсных, стабилитронах) – рисунок 59



Показания омметра при проверке исправного – варикапа - рисунок 60

выявлять пробой р-п-перехода диода или утечку под напряжением, так как напряжения питания омметра может быть недостаточно для определения этого пробоя или утечки; у диода с периодическим обрывом р-п-перехода после подключения к его выводам щупов измерительного прибора может временно восстанавливаться нормальная работа р-п-перехода.

Проверка варикапов с помощью омметра имеет свои особенности. Прямое сопротивление варикапов составляет 1 - 2 кОм, при его измерении последовательно включается резистор с номинальным сопротивлением 1 кОм, а напряжение питания тестера не должно превышать 4,5 В. Обратное сопротивление варикапа больше 1 МОм, и напряжение питания тестера не должно превышать 28 В. Показания омметра при исправном варикапе приведены на рис. 60.

### 2.2.2.2 Транзисторы

Особенности монтажа, проверка на исправность транзисторов. При электрическом монтаже (демонтаже) транзисторов необходимо соблюдать общие требования к электрическому монтажу и демонтажу радиоэлементов. В ТУ на каждый тип транзисторов указываются правила и особенности их монтажа (например, температура пайки, продолжительность пайки, защита от электростатического напряжения и т. д.).

Можно выделить следующие общие требования к электрическому монтажу транзисторов:

- пайку проводят паяльником мощностью не более 40 Вт с хорошей изоляцией корпуса от нагревающей обмотки;

- соблюдают температурный режим пайки;
- пайка должна быть кратковременной (не более 5 с);
- при пайке применяют припой с низкой температурой плавления (например, ПОС-61);



Полевые транзисторы - рисунок 61

- во избежание пробоя транзисторов статическим электричеством жало паяльника заземляют, для чего используют заземляющий браслет через сопротивление 1 МОм (в большей степени это касается полевых транзисторов с изолированным затвором), у полевых транзисторов перед пайкой можно закоротить выводы проводником;

- пайку производят на расстоянии не менее 10 мм от корпуса прибора, для корпусов типа КТ-13 (транзисторы КТ315, КТ361) - на расстоянии не менее 2 мм;

- при пайке применяют теплоотвод между корпусом и местом пайки;

- расстояние от корпуса транзистора до места изгиба вывода при формовке должно быть не менее 2 мм;

- вывод базы припаивается первым и выпаявается последним;

- контактная поверхность радиаторов при установке на них транзисторов (для лучшего охлаждения и увеличения мощности  $P_k$  или  $P_u$ ) должна быть чистой, без заусенцев и шероховатостей;

- контактные поверхности радиатора и транзистора смазывают теплопроводящей пастой (например, КПТ-8);

- транзисторы крепятся к теплоотводу с достаточно сильной и равномерной затяжкой.

При проверке транзисторов на исправность, прежде всего необходимо тщательно их осмотреть. Внешними признаками, указывающими на возможный выход транзистора из строя, может быть почернение корпуса или появление цвета побежалости, темных пятен, вспученности.

К неисправностям транзисторов относятся следующие: пробой р-п-перехода (переходов); обрыв выводов; большой ток утечки; пробой р-п-перехода или утечка, появляющиеся под напряжением; пробой диэлектрика или оксида в полевых транзисторах с изолированным затвором; изменение отдельных параметров транзисторов в процессе работы (например, коэффициента  $h_{21э}$ ).

Вывод о возможных неисправностях транзисторов делают из анализа работы проверяемой схемы (резкое увеличение или уменьшение силы потребляемого тока, изменение параметров схемы, режима работы транзистора по постоянному

току и т. д.). Методика анализа будет приведена при описании соответствующих узлов, блоков, аппаратов.

Следующим шагом является проверка самого транзистора. Для этого можно использовать специализированные приборы для проверки транзисторов, но чаще всего применяют комбинированные приборы или измеряют сопротивления  $p$ - $n$ -переходов транзистора. С помощью многих комбинированных приборов можно измерять коэффициент  $h_{2b}$  для сравнения его со справочными данными. Измеряя сопротивление  $p$ - $n$ -переходов транзистора, можно определить ряд их дефектов. Показания омметра (например, в составе тестера) при исправном транзисторе в случае измерения сопротивлений  $p$ - $n$ -переходов приведены на рис. 62.

При обрыве  $p$ - $n$ -переходов транзистора омметр показывает значение бесконечного сопротивления между соответствующими выводами транзистора в зависимости от оборванного  $p$ -«-перехода. Показания омметра при различных вариантах этого дефекта, приведенные на рис. 63 (для транзистора типа  $n$ - $p$ - $n$ ), не зависят от полярности подключения выводов прибора.

При пробое одного или двух  $p$ - $n$ -переходов транзистора их сопротивления будут равны нулю независимо от полярности подключения выводов прибора (рис. 64).

При большом токе утечки транзистора омметр показывает значение обратного сопротивления  $p$ - $n$ -переходов, резко отличающееся от показаний исправного транзистора (оно значительно меньше, рис. 65).

К особенностям проверки транзисторов с помощью омметра можно отнести следующие;

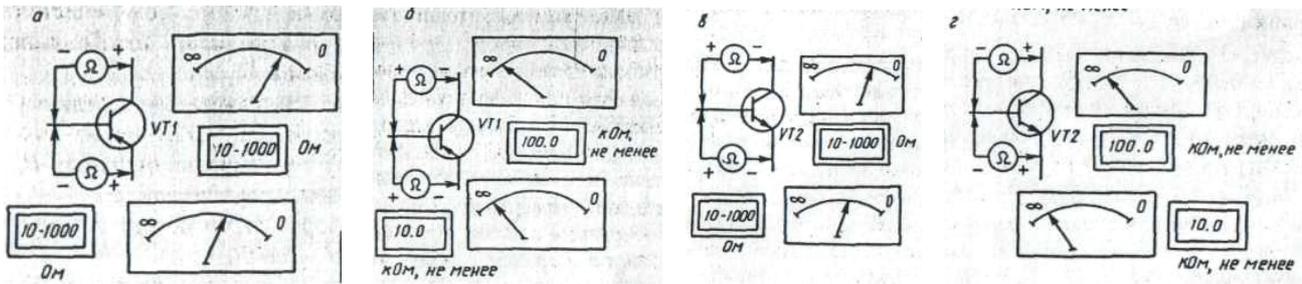
- при проверке транзистор выпадает из устройства, иначе его переходы будут шунтироваться радиоэлементами этого устройства;

- проверка омметром не позволяет выявить пробой  $p$ - $n$ -перехода транзистора или утечку под напряжением;

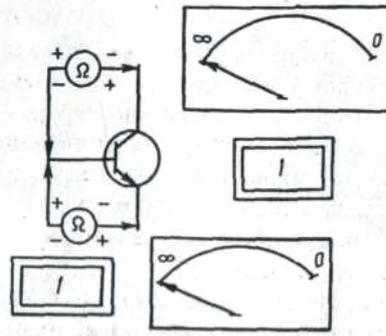
- транзистор с периодическим обрывом перехода после подключения к его выводам щупов измерительного прибора может временно восстанавливать свою работоспособность.

В перечисленных случаях, а также в некоторых других (частичное изменение отдельных параметров) положительного результата достигают при замене транзистора на заведомо исправный, вывод делают из анализа работы исследуемого устройства.

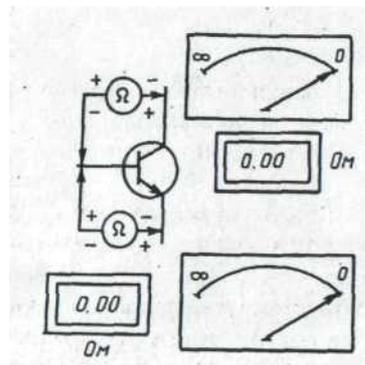
Проверка исправности полевых транзисторов имеет свои особенности. Полевые транзисторы с изолированным затвором проверяют по их работе в исследуемом устройстве (режим работы по постоянному току, соответствие параметров исследуемой схемы ТУ и т. д.). У полевых транзисторов с управляющим  $p$ - $n$ -переходом (например, КПЮЗ, КПЗО2, КПЗО3, КП307 и др.) сопротивление между выводами можно проверять с помощью омметра. Сопротивления между стоком и истоком в обоих направлениях должны иметь небольшие значения и быть примерно одинаковыми. Сопротивление  $p$ - $n$ -перехода между затвором и стоком (или истоком) должно быть таким, как у обычных транзисторов. Показания омметра при исправном полевом транзисторе с  $p$ - $n$ -переходом показаны на рис. 66 (для транзистора с каналом л-типа).



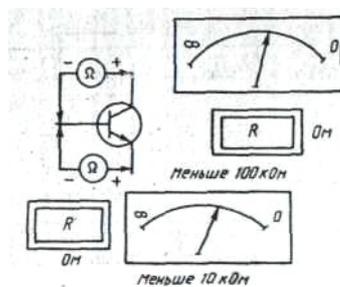
Показания омметра при измерении у исправного транзистора - рисунок 62



Показания омметра при обрыве выводов транзистора - рисунок 63



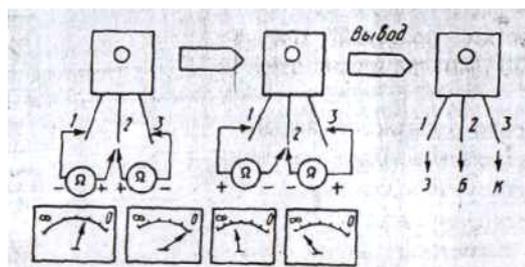
Показания омметра при пробое р-п переходов транзистора - рисунок 64



Показания омметра при большом токе утечки - рисунок 65



Показания омметра при исправном полевом транзисторе с р-п переходом в случае измерения прямых (а) и обратных (б) сопротивлений перехода – рисунок 66



Показания омметра при определении структуры транзистора и его выводов - рисунок 67

В транзисторных сборках каждый транзистор проверяют в отдельности. При измерении сопротивлений р-п-переходов предел измерений омметра должен быть максимальным, что соответствует минимальному току, проходящему через переходы транзистора. Вероятность выхода из строя этих переходов при измерении минимальная. Показания омметра при исправных транзисторах могут немного отличаться от приведенных выше (рис. 62, 66), так как последние усреднены.

Иногда возникает необходимость определить тип транзистора (*p-n-p* или *n-p-n*), выводы эмиттера, коллектора и базы (например, для импортных транзисторов, при стертой маркировке и т. д.). Это можно сделать с помощью омметра. Сначала определяют вывод базы по прямым и обратным сопротивлениям переходов Пэ, и Пк. Затем определяют выводы эмиттера и коллектора по значениям прямого и обратного сопротивлений переходов Пэ и Пк так как у перехода Пэ прямое сопротивление больше, чем у перехода Пк. А по полярности питания омметра устанавливают тип транзистора: *p-n-p* или *n-p-n*. Примеры таких измерений приведены на рис. 67.

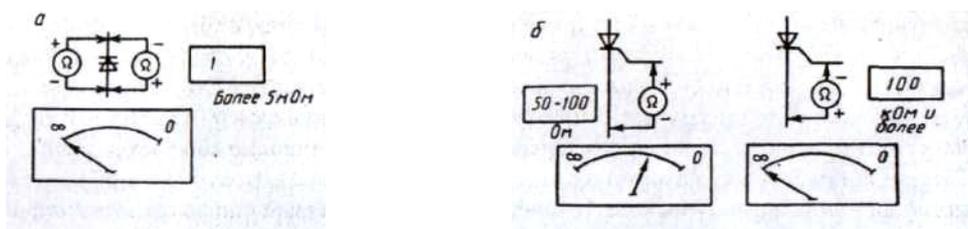
В процессе ремонта бытовой РЭА иногда возникает необходимость замены транзистора одного типа на другой. При таких заменах необходимо учитывать в зависимости от функционального назначения исследуемого устройства предельно допустимые параметры, частотные параметры, усилительные свойства и т. д.

### 2.2.2.3 Специальные полупроводниковые диоды

При проверке тиристора на исправность можно с помощью омметра измерить сопротивление между его выводами. Показания омметра при исправном тиристоре показаны на рис. 68, а, б.

Сопротивление между анодом и катодом в двух направлениях тиристора (динистора и триодного тиристора) всегда большое, так как переход П2 и переходы П1 и П3 всегда включены в обратных направлениях (см. рис. 31). Это относится и к сопротивлению между анодом и управляющим электродом. Только при измерении сопротивления между катодом и управляющим электродом в одном направлении сопротивление будет низкое (прямое включение перехода П1), а в другом - высокое (обратное включение перехода П1, рис. 68, б). Любые другие показания омметра свидетельствуют о дефекте тиристора.

Например, при сопротивлении, равном нулю, будет пробой p-n-переходов; при наличии какого-либо сопротивления между анодом и катодом будет большой ток утечки и т. д.



Показания омметра при исправном тиристоре - рисунок 68

Методика проверки оптрона заключается в контроле с помощью омметра светодиода, фотоприемника и измерении значения сопротивления между входом и выходом. Вывод о неисправности оптрона можно сделать, проведя измерения значений напряжения и силы тока в контрольных точках устройства, в которых применяется оптрон.

### 2.2.2.4 Микросхемы

При монтаже микросхем следует соблюдать общие требования к электрическому монтажу. Но существуют и специфические требования, обусловленные, прежде всего:

- конструктивно-технологическими особенностями приборов этого класса. К ним относятся следующие:
- пайку необходимо осуществлять маломощным паяльником;
- применять защиту от статического электричества (особенно для микросхем, выполненных на полевых транзисторах МДП или МОП структуры);

- соблюдать температурный режим пайки;
- время пайки вывода - не более 3 с;
- продолжительность одновременного воздействия на все выводы - не более 2 с;
- интервал между пайками соседних выводов - не менее 10 с;
- распайку выводов проводить перекрестным способом;
- интервал между повторными пайками - не менее 5 мин;
- при наличии теплоотвода микросхема должна крепиться с достаточной силой и равномерной затяжкой, а контактные поверхности должны быть смазаны теплопроводящей пастой.

Могут возникнуть трудности при демонтаже микросхем, обусловленные большим количеством выводов. В этом случае можно пользоваться различными приспособлениями, такими как игла медицинского шприца (подобранная по диаметру и сточенная), экранированная оплетка, насадка на паяльник для одновременного прогрева всех паек.

Вывод о неисправности микросхемы делают из анализа ее работы в устройстве. При этом измеряют режим работы по постоянному току, проверяют прохождение сигнала, все элементы, подключенные к микросхеме (особенно к тем выводам, на которых значения напряжений не соответствуют указанным в схеме), и только после этого меняют микросхему.

2.3.3 Оформить отчет о проделанной работе, сделать выводы и сдать отчет преподавателю.

## Список контрольных вопросов

### Лабораторная работа №1

1. Что мы проверяем у всех резисторов?
2. Что такое «плавность хода» переменного резистора?
3. Основные дефекты резисторов?
4. Как можно проверить конденсатор емкостью 1 пикофарада?
5. Когда электролитический конденсатор считается условно годным?
6. Основные дефекты конденсаторов?
7. Почему с помощью омметра нельзя проверить коротко замкнутый виток в моточном изделии?
8. Что можно проверить у моточного изделия визуально и с помощью омметра?
9. Основа проверки коммутационных изделий?
10. Как проверить реле?
11. Способы проверки объемного монтажа и печатных плат?
12. Способы проверки на годность предохранителей?
13. Почему для проверки на годность конденсаторов необходим стрелочный измерительный прибор?
14. Как проверить наличие К.З. витка в моточном изделии?
15. Можно ли проверить и как линии задержки яркости и цветности?

## Лабораторная работа №2

1. Как проверить полупроводниковый диод?
2. Почему с помощью прибора мы можем проверить только «условную» годность элемента?
3. Какие стабилитроны нельзя проверить полностью омметром?
4. Как проверить светодиод?
5. Меры предосторожности проверки полевых транзисторов?
6. Как узнать структуру транзистора?
7. Что указывает на материал полупроводника при измерении его омметром?
8. Как найти базовый вывод транзистора?
9. Почему у мощных транзисторов коллектор находится на корпусе?
10. Проверка годности тиристора?
11. Какой элемент называют динистором?
12. Основные дефекты транзисторов?
13. Основные дефекты диодов?
14. Основные дефекты стабилитронов?
15. Основные дефекты тиристоров?
16. В чем разница между проверкой мощных полупроводников и маломощных?
17. Как поверить варикап?
18. Как проверить годность фотодиода?
19. **Какое должно быть соотношение между прямым и обратным сопротивлением полупроводника?**

## Список использованных источников

1. **Абрайтис, Б. Б.** Микропроцессоры и микропроцессорные комплекты интегральных микросхем: справочник: В 2-х т. / Абрайтис, Б. Б. [и др.]; под ред. Шахнова В. А. – М.: Радио и связь, 1988. – Т. 1. – 368 с. – Т. 2. – 386 с.
- 2 **Баранов, В.В.** Полупроводниковые БИС запоминающих устройств: Справочник / Баранов В.В. [и др.]; под ред. Гордонова А. Ю. – М.: Радио и связь, 1986. – 360 с.
- 3 **Данилов, Р. В.** Применение интегральных микросхем в электронной вычислительной технике: Справочник / Данилов Р. В. [и др.]; под ред. Файзулаева Б. Н. – М.: Радио и связь, 1986. – 386 с.
4. **Зельдин, Е. А.** Цифровые интегральные микросхемы в информационно – измерительной аппаратуре / Зельдин Е. А./ –Л.: Энергоатомиздат, 1986.–289 с.
5. **Кудряшов, Б. П.** Аналоговые интегральные микросхемы: справочник / Кудряшов Б. П.– М.: Радио и связь, 1981. – 160 с.

6. **Нефедов, А. В.** Отечественные полупроводниковые приборы и их зарубежные аналоги: справочник / А. В. Нефедов, В. И. Гордеева / . – М: Радио и связь, 1986. – 288 с., ил.
7. **Аксенов А. И.** Элементы схем бытовой РЭА: Конденсаторы. Резисторы / А. И. Аксенов, А. В. Нефедов / . – М.: Радио и связь, 1995. 272 с.
8. **Пыжевского А. М.** Справочник по полупроводниковым приборам и их аналогам / Под общ. Ред. А. М. Пыжевского [Текст] – М.: 1992. – 316 с.
9. **Мисюль П. И.** Техническое обслуживание и ремонт бытовой радиоаппаратуры: Спецтехнология: учебное пособие /П. И. Мисюль/ [Текст]. – Минск: Выш. шк. 2002. – 320 с.
10. **Сидоров И. Н.** Трансформаторы бытовой радиоэлектронной аппаратуры: справочник [Текст] / Сидоров И. Н., Скорняков С. В./– М: Радио и связь, 1994. – 320 с.
11. **Петухов В. М.** Маломощные транзисторы и их зарубежные аналоги. Справочник. Т. 1 [Текст] /Петухов В. М./– М: КубК-а, 1997 – 688 с.
12. Усилители низкой частоты – интегральные схемы [Текст] – М: Патриот, 1995. – 264 с.
13. **Гитцевич . А.Б.** Полупроводниковые приборы. Диоды высокочастотные, диоды импульсные, оптоэлектронные приборы: Справочник / А. Б. Гитцевич, А. А. Зайцев, В. В./ Мокряков и др.; под ред. А. В. Голомеева [Текст] – М: Радио и связь, 1989 – 592 с.
14. **Атаев Д. И.** Аналоговые интегральные микросхемы для радиоаппаратуры: Справочник [Текст] /Атаев Д. И., Болотников В. А./– М: Издательство МЭИ, ТОО Позитив, 1993. – 184 с.
15. **Якубовский С.В.** Аналоговые и цифровые микросхемы: справочное пособие / С. В. Якубовский, Н. А. Барканов, Л. И. Ниссельсон и др.; под ред. С. В. Якубовского [Текст]. 1985. – 432 с.
16. Полупроводниковые приборы: диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы [Текст] – М: Энергоатомиздат, 1982.- с.
17. **Бородин Б.А.** Мощные полупроводниковые приборы: Диоды: справочник / Б. А. Бородин, Б. В. Контдатьяев, В. М. Ломакин [Текст]; под ред. А. В. Голомеева [Текст] – М.: Радио и связь, 1985. – 400 с.