

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ВЛАДИВОСТОКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
КОЛЛЕДЖ СЕРВИСА И ДИЗАЙНА

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**  
**МДК.04.01. Технология монтажа радиоэлектронной аппаратуры и**  
**приборов**  
Специальности  
11.02.02. Техническое обслуживание и ремонт радиоэлектронной  
техники (по отраслям)  
Базовая подготовка  
Форма обучения: очная

Владивосток 2022

Методические рекомендации для проведения практических занятий профессионального модуля разработаны на основе Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 11.02.02 Технология обслуживания и ремонт радиоэлектронной техники (по отраслям), утвержденной приказом Министерства образования и науки РФ от 15 мая 2014г. №541.

Разработана:

Т.Н. Козина, преподаватель высшей квалификационной категории КСД ВГУЭС,  
С.В. Плигин, мастер п/о первой квалификационной категории КСД ВГУЭС

Рассмотрена на заседании ЦМК Техническое обслуживание и ремонт РЭТ,  
Протокол № 9 от «19» 05. 2020 г.  
Председатель ЦМК \_\_\_\_\_ Козина Т.Н.

Согласована: Федоряко Юрий Алексеевич – заместитель директора Приморского филиала АО  
«Воентелеком – 741 ремонтный завод средств связи»

### Перечень практических работ

№ п/п	Тема работы	Кол-во часов	Коды формируемых компетенций	
			ОК	ПК
<b>Раздел 1. Выбор радиоматериалов и радиодеталей при выполнении монтажных работ</b>				
1.	Техника безопасности, пожарная безопасность в учебной мастерской. Организация рабочего места. Инструмент радиомеханика.		ОК 1 - 9	ПК 1.1
2.	Сортировка, измерение сопротивления непроволочных постоянных резисторов	4	ОК 1 - 9	ПК 1.1
3.	Сортировка, измерение сопротивления непроволочных переменных резисторов	4	ОК 1 - 9	ПК 1.1
4.	Сортировка, измерение сопротивления проволочных постоянных резисторов	4	ОК 1 - 9	ПК 1.1
5.	Сортировка, измерение емкости конденсаторов постоянной емкости, переменной емкости	4	ОК 1 - 9	ПК 1.1
6.	Заготовка по размерам монтажных проводов, подготовка к пайке	4	ОК 1 - 9	ПК 1.1
7.	Пайка различных фигур по образцам	4	ОК 1 - 9	ПК 1.1
8.	Обработка монтажных проводов пайкой и лужение	4	ОК 1 - 9	ПК 1.1
9.	Заготовка и вязка жгутов различной длины и конфигурации	4	ОК 1 - 9	ПК 1.1
10.	Подготовка ВЧ кабелей к пайке	4	ОК 1 - 9	ПК 1.1
11.	Пайка антенных штекеров	4	ОК 1 - 9	ПК 1.1
12.	Подготовка выводов радиодеталей, формовка, лужение, закрепление выводов радиодеталей, пайка	4	ОК 1 - 9	ПК 1.1
<b>Раздел 2. Проверка исправности радиодеталей, узлов и блоков радиоэлектронной аппаратуры при выполнении монтажных работ</b>				
13.	Техника безопасности		ОК 1 - 9	ПК1.2, ПК1.3
14.	Измерение параметров цепей методом прямого измерения	4	ОК 1 - 9	ПК1.2, ПК1.3
15.	Измерение сопротивления непроволочных постоянных резисторов	2	ОК 1 - 9	ПК1.2, ПК1.3
16.	Измерение сопротивления проволочных постоянных резисторов	2	ОК 1 - 9	ПК1.2, ПК1.3
17.	Измерение сопротивления непроволочных переменных резисторов	2	ОК 1 - 9	ПК1.2, ПК1.3
18.	Измерение параметров цепей с помощью измерительного моста	4	ОК 1 - 9	ПК1.2, ПК1.3
19.	Измерение емкости конденсаторов постоянной емкости	2	ОК 1 - 9	ПК1.2, ПК1.3
20.	Проверка исправности катушек, дросселей ВЧ	2	ОК 1 - 9	ПК1.2, ПК1.3
21.	Проверка исправности полупроводниковых приборов	2	ОК 1 - 9	ПК1.2, ПК1.3
22.	Составление монтажной схемы стабилизированного блока питания	4	ОК 1 - 9	ПК1.2, ПК1.3
23.	Подбор радиоэлементов для сборки стабилизированного блока питания	4	ОК 1 - 9	ПК1.2, ПК1.3
24.	Составление монтажной схемы усилителя низкой частоты	4	ОК 1 - 9	ПК1.2, ПК1.3
25.	Подбор радиоэлементов для сборки усилителя низкой частоты	4	ОК 1 - 9	ПК1.2, ПК1.3

**Результатом освоения учебной дисциплины является овладение обучающимися профессиональными (ПК) и общими (ОК) компетенциями:**

<b>Код</b>	<b>Наименование результата обучения</b>
ПК 1.1	Использовать технологии, техническое оснащение и оборудование для сборки, монтажа и демонтажа устройств, блоков и приборов различных видов радиоэлектронной техники
ПК 1.2	Эксплуатировать приборы различных видов радиоэлектронной техники для проведения сборочных, монтажных и демонтажных работ
ПК 1.3	Применять контрольно-измерительные приборы для проведения сборочных, монтажных и демонтажных работ различных видов радиоэлектронной техники
ОК 1	Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес
ОК 2	Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество
ОК 3	Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность
ОК 4	Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.
ОК 5	Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности
ОК 6	Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями
ОК 7	Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий
ОК 8	Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации
ОК 9	Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности

**Практическое занятие №1,13** Техника безопасности, пожарная безопасность в учебной мастерской. Организация рабочего места. Инструмент радиомеханика.

**Общие требования безопасности**

- 1.1. К выполнению электромонтажных работ под руководством мастера производственного обучения (преподавателя) допускаются обучающиеся, прошедшие инструктаж по охране труда, медицинский осмотр и не имеющие противопоказаний по состоянию здоровья.
- 1.2. Обучающиеся должны соблюдать правила поведения, расписание учебных занятий, установленные режимы труда и отдыха.
- 1.3. При выполнении электромонтажных работ возможно воздействие на работающих следующих опасных и вредных производственных факторов:
  - поражение электрическим током при прикосновении к оголенным проводам и при работе с приборами, находящимися под напряжением;
  - травмирование рук при использовании неисправного инструмента;
  - пайка деталей, проводов с использованием оловянно-свинцовых припоев.
- 1.4. При выполнении электромонтажных работ должна использоваться следующая спецодежда и индивидуальные средства защиты: халат хлопчатобумажный, берет, диэлектрические перчатки, диэлектрический коврик, указатель напряжения и инструмент с изолированными ручками.
- 1.5. В помещении для выполнения электромонтажных работ должна быть мед. аптечка с набором необходимых медикаментов и перевязочных средств.
- 1.6. Обучающиеся обязаны соблюдать правила пожарной безопасности, знать места расположения первичных средств пожаротушения. В помещении для выполнения электромонтажных работ должен быть огнетушитель.
- 1.7. При несчастном случае пострадавший или очевидец несчастного случая обязан немедленно сообщить мастеру производственного обучения (преподавателю), который сообщает об этом администрации учреждения. При неисправности оборудования, инструмента прекратить работу и сообщить об этом мастеру производственного обучения (преподавателю).
- 1.8. В процессе работы соблюдать правила ношения спецодежды, пользования индивидуальными и коллективными средствами защиты, соблюдать правила личной гигиены, содержать в чистоте рабочее место.
- 1.9. Обучающиеся, допустившие невыполнение или нарушение Инструкции по охране труда, привлекаются к ответственности, и со всеми обучающимися проводится внеплановый инструктаж по охране труда.

**2. Требования безопасности перед началом работы**

- 2.1. Надеть спецодежду, волосы тщательно заправить под берет.
- 2.2. Проверить состояние и исправность оборудования и инструмента.
- 2.3. Подготовить необходимые для работы материалы, приспособления и разложить на свои места, убрать с рабочего стола все лишнее.
- 2.4. Подготовить к работе средства индивидуальной защиты, убедиться в их исправности.
- 2.5. При пайке деталей и проводов с использованием оловянно-свинцовых припоев включить вытяжную вентиляцию.

**3. Требования безопасности во время работы**

- 3.1. Запрещается подавать на рабочие столы учащихся напряжение выше 42В переменного и 110 В постоянного тока.
- 3.2. Собирать электрические схемы, производить в них переключения необходимо только при отсутствии напряжения. Источник тока подключать в последнюю очередь.
- 3.3. Электрические схемы собирать так, чтобы провода не перекрещивались, не были натянуты и не скручивались петлями.
- 3.4. При пайке использовать в качестве флюса только канифоль, кислотой пользоваться запрещается.

- 3.5. Собранную электрическую схему включать под напряжение только после проверки ее мастером производственного обучения (преподавателям).
- 3.6. При работе с электрическими приборами и машинами следить, чтобы руки, одежда и волосы не касались вращающихся деталей машин и оголенных проводов.
- 3.7. Не проверять наличие напряжения прикосновением пальцев, использовать для этого указатель напряжения.
- 3.8. Не оставлять без надзора не выключенные электрические устройства.
- 3.9. Строго выполнять инструкцию по охране труда при электропаянии.

#### **4. Требования безопасности в аварийных ситуациях**

- 4.1. При обнаружении повреждений электропроводки, неисправности оборудования, приборов немедленно отключить питание и сообщить об этом мастеру производственного обучения (преподавателю).
- 4.2. При загорании электрооборудования немедленно выключить рубильник и приступить к тушению очага возгорания углекислотным, порошковым огнетушителем или песком.
- 4.3. При получении травмы оказать первую помощь пострадавшему, при необходимости отправить его в ближайшее лечебное учреждение и сообщить об этом администрации учреждения.

#### **5. Требования безопасности по окончании работы**

- 5.1. Отключить электрическую схему от источника тока.
- 5.2. Привести в порядок рабочее место, сдать на хранение оборудование и инструмент.
- 5.3. Провести влажную уборку помещения и выключить вытяжную вентиляцию.
- 5.4. Снять спецодежду и тщательно вымыть руки с мылом.

##### **Требования безопасности перед началом работы**

1. Надеть спецодежду, волосы тщательно заправить под берет.
2. Проверить состояние и исправность оборудования и инструмента.
3. Подготовить необходимые для работы материалы, приспособления и разложить на свои места, убрать с рабочего стола все лишнее.
4. Подготовить к работе средства индивидуальной защиты, убедиться в их исправности.
5. При пайке деталей и проводов с использованием оловянно-свинцовых припоев включить вытяжную вентиляцию.

##### **Оборудование рабочего места.**

На рабочем месте размещается оборудование для обслуживания и ремонта радиоэлектронной техники:

##### **Плоскогубцы**

В комплект монтажного инструмента обычно входит пара плоскогубцев. Одни длиной 150-170 мм имеют насечку на губках и служат для вытягивания толстых одножильных проводов, поджатия различных крепежных скобок. Другие длиной 100-120 мм имеют более тонкие и узкие губки длиной 40-50 мм без насечки, чтобы при сгибании изоляционного провода не портить его поверхность, а при укладке изолированного не повредить изоляцию.

##### **Кусачки**

Для монтажных работ наиболее удобны боковые кусачки – бокорезы, которыми можно откусывать лишние концы проводов внутри прибора. Режущие губки таких кусачек должны быть острыми и плотно сходиться. Боковыми кусачками можно резать провода диаметром 2 мм. Провода большого диаметра режут менее удобными торцовыми кусачками, режущие губки которых расположены под прямым углом к плоскости рукояток. Иногда ими трудно подобраться к откусываемому проводу, но они более прочны. Боковые и торцовые кусачки выбирают обычно одной длины – не более 150 мм. Для монтажных работ с толстыми проводами полезно иметь торцовые кусачки длиной 200 мм.

##### **Пинцеты**

Обычно используют хирургические пинцеты длиной не более 130-140 мм и часовые. Пинцет должен хорошо пружинить. Часовой пинцет имеет острые сходящиеся концы и

применяется при работе с проволокой диаметром 0,03-0,08 мм (заделка концов обмотки потенциометров, контурных катушек). Для заводки, выгибания и закрепления концов проводов на деталях, поддержки провода по пайке используют более прочный, имеющий насечки на губках, хирургический пинцет.

#### Паяльник

Электрические паяльники непрерывного действия обеспечивают интенсивный подвод тепла к месту пайки. Необходимо работать электропаяльниками, рассчитанными на питание переменным током от понижающего трансформатора напряжением 12—42В, так как при работе электропаяльниками с питанием от сети 127 или 220В в случае пробоя изоляции между нагревателем и стержнем можно оказаться под воздействием напряжения, опасного для жизни. Стержень выполняют из меди. Рабочая часть его должна быть зашпильена с двух сторон под углом 30—40°, а затылочная часть — под углом 75—80°. Такая форма рабочей части паяльника обеспечивает хорошее стекание припоя в месте спая.

На рабочем месте размещаются расходные материалы используемые при ремонте радиоэлектронной техники:

#### Припой

Припой должен обладать следующими качествами: хорошо растворять основной металл, смачивать его, иметь хорошую жидкотекучесть и достаточную механическую прочность. Температура плавления припоя должна быть ниже температуры плавления основного металла.

В качестве припоев используют цветные металлы и их сплавы, которые в зависимости от температуры плавления подразделяются на низкотемпературные (мягкие) с температурой плавления до 350С и высокотемпературные (твердые) с температурой плавления 350...1850С.

В соответствии с ГОСТ 21 930-76 и ГОСТ 21 931-76 припои характеризуются температурой начала и конца плавления.

При монтажной пайке применяют оловянно-свинцовые припои.

Припоями называют цветные металлы и сплавы, которые предназначены для создания неразъемных соединений металлических частей путем пайки. В расплавленном состоянии припои смачивают поверхность металлов, проникают в зазоры между соединяемыми деталями и после затвердения дают прочное соединение. Для пайки монтажных соединений в радиоэлектронной аппаратуре широко применяют припои марок ПОС-30, ПОС-40, ПОС-61, ПОСК.-50-18.

#### Флюсы

Для успешного осуществления пайки и получения качественного соединения применяются активные вещества – флюсы. По своему состоянию флюсы могут быть твердыми (канифоль чистая), мягкими (различные посты на основе канифоли) и жидкими (составы кислот или спиртовые флюсы на основе разведенной канифоли).

Флюсы должны обеспечивать своевременное и полное растворение оксидов основного металла, равномерное покрытие поверхности металла у места пайки и предохранение его от окисления в продолжение всего процесса пайки.

При электронной пайке РЭА в основном применяют флюс ФКСп (30...40%-й раствор канифоли на этиловом спирте).

## **МДК.04.01. Технология монтажа устройств, блоков и приборов радиоэлектронной техники**

### **Краткая теоретическая основа**

Электрический монтаж при производстве и ремонте радиоэлектронной аппаратуры является наиболее трудоемким процессом. Контактные выводы радиоэлементов и компонентов соединяют с помощью монтажных проводов или печатных проводников, руководствуясь принципиальными электрическими схемами или схемами соединений, а также другой технической документацией. Обеспечение заданных выходных параметров и надежности работы радиоаппаратов зависит от соблюдения основных требований монтажных работ и технологической дисциплины, так как даже один плохой контакт может вызвать отказ в работе радиоаппарата.

Подготовку монтажных проводов начинают с выбора их соответствующих марок. Сечение токоведущих жил должно соответствовать силе и частоте протекающего по ним тока. При ручном способе резки длину проводов устанавливают по образцу или при помощи линейки.

Провода диаметром до 2 мм рекомендуется резать боковыми кусачками, а провода большего диаметра — торцовыми.

Способ удаления изоляции зависит от ее вида и состава. При зачистке проводов, изоляция которых не содержит стекловолокна, следует применять метод обжигания изоляции при помощи обжигалки или электропаяльника. Провода с фторопластовой изоляцией обжигаются только под вытяжной вентиляцией. При зачистке проводов, содержащих стекловолокно, наружную полихлорвиниловую изоляцию снимают электрообжигом, внутреннюю изоляцию (стекловолокно) расплетают, скручивают и откусывают на расстоянии 1 мм от торца внешней изоляции.

Заделка концов изоляции выполняется несколькими способами в зависимости от марки применяемого провода. При волокнистой изоляции для предохранения от оползания и разлохмачивания концы закрепляют полихлорвиниловыми трубками или нитроклеем.

Нитроклей наносят на участок изоляции длиной 8—10 мм, а трубки такой же длины надевают на конец оплетки. В отдельных случаях волокнистую изоляцию закрепляют биндом, выполненным из хлопчатобумажных ниток № 20, на участке провода длиной 5—7 мм. Экранирующую оплетку монтажных проводов разрезают ножницами на длину 20 мм от края провода, затем закрепляют так, чтобы ее концы можно было подключить к корпусному контактному лепестку.

Монтажные соединения длиной до 40 мм можно выполнять неизолированным медным проводом диаметром 0,5 мм и выше по кратчайшему расстоянию между контактными лепестками. Если в процессе эксплуатации возможны замыкания между отдельными неизолированными проводами или выводами радиоэлементов, то их необходимо изолировать полихлорвиниловыми или линоксиновыми трубками. Трубки не должны иметь повреждений.

Соединение двух электрических контактов, расположенных друг от друга на расстоянии свыше 40 мм, выполняют изолированными проводами. Монтажные провода не должны касаться нагреваемых радиоэлементов. Зазор должен быть не менее 5 мм. Нельзя располагать монтажные провода на острых кромках шасси, так как в процессе эксплуатации радиоаппарата могут произойти их повреждения.

Провода соединяют с выводами навесных радиоэлементов с помощью переходных планок или лепестков, оставляя запас длины провода 7—10 мм на каждом конце для повторной зачистки и соединения.

К одному контактному лепестку разрешается подключать не более трех проводов, в том числе и выводов навесных элементов.



К контактным лепесткам стеклянных герметизированных выводов подключают не более двух проводов общим сечением до  $1 \text{ мм}^2$ , при этом пайку осуществляют при вставленных в панель шаблонах, фиксирующих правильность расположения лепестков.

Расстояние между соседними пайками должно быть не менее 5 мм. Исключение составляет пайка на ламповых керамических панелях. Осуществляя монтаж двух и более проводников, относящихся к разным цепям (например, входным и выходным) и укладываемых на близком расстоянии друг от друга, рекомендуется заключать каждый из них в экранирующую оплетку, чтобы не возникла паразитная связь. При длине монтажного провода до 100 мм экранирующую оплетку пайкой соединяют с шасси в одной точке, а при длине свыше 100 мм — в двух точках. Для цепей переменного тока частотой 50 и 400 Гц провода свивают попарно по всей длине.

Перед монтажом производят формовку выводов радиоэлементов по образцу с помощью шаблона или круглогубцами на расстоянии не менее 2 мм от корпуса. Радиус изгиба устанавливают не менее удвоенного диаметра или толщины вывода. Во избежание технических повреждений выводов не следует изгибать их резко или вровень с корпусом радиоэлемента. Радиоэлементы устанавливают друг от друга на расстоянии не менее 2 мм таким образом, чтобы надписи номиналов и маркировка были хорошо видны и по возможности обращены в одну сторону.

Выводы навесных радиоэлементов и концы проводов перед пайкой механически закрепляют на контактных лепестках путем загибки, скрутки или обжатием (рис. 3.5). Для этого их продевают в отверстие контактного лепестка и отгибают либо загибают пинцетом вокруг лепестка на пол-оборота или на полный оборот. Предварительное крепление перед пайкой повышает надежность монтажных соединений.

На печатные платы навесные радиоэлементы устанавливают после предварительного изгиба выводов по шаблону или по месту, располагая их, как показано на рис. 3.6. Расстояние корпуса навесного радиоэлемента от места крепления выводов должно быть минимальным,

но не менее 8—10 мм, а расстояние от места закрепления луженой жилы до среза изоляции монтажного провода — не более 1—1,5 мм.

Чтобы повысить механическую прочность монтажных проводов, жгутов и уменьшить их взаимное влияние при работе радиоаппарата, их крепят к шасси металлическими скобами через каждые 100—200 мм длины. Между скобами и жгутом (проводом) ставят прокладки из изоляционного материала. Для удобства отыскания неисправностей в процессе ремонта и контроля качества выполненной работы монтажные провода маркируют с обоих концов или используют провода с разноцветной полихлорвиниловой изоляцией.

При монтаже и ремонте радиоэлектронной аппаратуры п а й к а применяется для создания неразъемных соединений. Ее выполняют при помощи электропаяльника с использованием припоев и флюсов.

В процессе пайки происходит взаимное растворение и диффузия припоя и основного металла. После затвердения припоя обеспечивается высокая электропроводность и достаточная механическая прочность соединений, а также их устойчивость против коррозии. Паяные соединения не должны иметь трещин, вздутий пор и пузырей, в которых могли бы собираться пыль и влага. Если паяльник недостаточно нагрет, то припой на соединяемых поверхностях быстро остывает, при этом понижается его смачиваемость. Такая пайка оказывается шероховатой, имеет матовый цвет и недостаточную прочность.

Нельзя и перегревать паяльник, так как стержень паяльника и припой могут окисляться, в результате чего припой скатывается с жала и не образует соединения. Признаком перегрева является сильное сгорание (а; не плавление) канифоли с выделением дыма.

Лужение способствует получению прочного соединения и защищает от окисления контактные выводы радиоэлементов и проводов.

Сущность лужения заключается в том, что перед пайкой соединяемые места предварительно покрывают тонким слоем припоя. После этого выполняют пайку.

Для получения качественной пайки соединений необходимо соблюдать следующие условия. Жало паяльника должно быть очищено от нагара, иметь ровную, без раковин поверхность, температура его нагрева должна быть несколько выше температуры плавления припоя. На место пайки наносят минимальное количество флюса, при этом он не должен растекаться за пределы места пайки. Затем на соединения наносят расплавленный припой и прогревают его до полного расплавления. Минимальное количество припоя для пайки соединения определяется опытным путем. Время пайки одного контактного соединения должно быть минимальным — не более 5 с. Соединяемые провода и выводы радиоэлементов должны быть неподвижными до полного затвердения припоя. Места пайки промывают растворителем для удаления остатков флюса.

При пайке элементов разных размеров тепло необходимо подводить к более массивным. В процессе пайки плотного монтажа применяются теплозащитные экраны. Выводы полупроводниковых приборов, пальчиковых ламп и выводы, заключенные в полихлорвиниловые трубки, а также когда расстояние от места пайки до корпуса радиоэлемента меньше 8 мм, необходимо паять с использованием теплоотвода — пинцета с медными насадками на губках. При этом продолжительность пайки указанных мест не должна превышать 3 с.

Пайка радиоэлементов на печатных платах, где тонкие слои металла заменяют обычные провода, имеет свои особенности. Ее производят электропаяльником мощностью 35 Вт. Жало должно быть заточено в виде четырехгранной пирамиды с углом при вершине 10—20°. Для пайки используются легкоплавкие припои ПОС-61, ПОСК-50-18 и бескислотные флюсы (30 %-й раствор канифоли в денатурированном или метиловом спирте) или пасту ЛТИ-115. Флюс на место пайки наносят кисточкой, не допуская растекания его за пределы спаев. Покрытое флюсом место просушивают в течение 1 — 2 мин, так как быстрое испарение спирта в процессе пайки может привести к образованию пузырей и внутренних раковин в припое.

Место пайки следует достаточно прогреть паяльником, чтобы припой полностью заполнил зазоры между выводом и паечным отверстием.

Количество припоя должно быть минимальным, чтобы наплывы его в местах пайки не превышали 1 мм. Нельзя перегревать места пайки, так как это может вызвать отслаивание печатных проводников.

Время пайки должно быть не более 3 с.

## **Практическое занятие №2-12**

### **Резисторы**

Резисторы используют в качестве нагрузочных и токоограничительных элементов, делителей напряжения, добавочных сопротивлений и шунтов в измерительных цепях и т. д.

Основным параметром резистора является сопротивление, характеризующее его способность препятствовать протеканию электрического тока. Сопротивление измеряется в ом, килоом (тысяча Ом) и мегаом (1000 000 Ом).

Постоянные резисторы. Вначале резисторы изображали на схемах в виде ломаной линии — меандра (рис. 1,а, б), которая обозначала высокоомный провод, намотанный на изоляционный каркас. По мере усложнения радиоприборов число резисторов в них увеличивалось, и, чтобы облегчить начертание, их стали изображать на схемах в виде зубчатой линии (рис. 1,в). На смену этому символу пришел символ в виде прямоугольника (рис. 1,г), который стали применять для обозначения любого резистора, независимо от его конструктивных особенностей.

Номинальную мощность рассеяния резистора (от 0,05 до 5 Вт) обозначают специальными знаками, помещаемыми внутри символа (рис. 2). Заметим, что эти знаки не должны касаться контура условного обозначения резистора.

На принципиальной схеме номинальное сопротивление резистора указывают рядом с условным обозначением (рис. 3). Согласно ГОСТ 2.702—75 сопротивления от 0 до 999 Ом указывают числом без единицы измерения (2,2; 33, 120, 750 и т. д.),

от 1 до 999 кОм — числом с буквой к (47 к, 220к, 910 к и т. д.),  
свыше 1 мегаом — числом с буквой М (1М, 3,6М и т. д.).

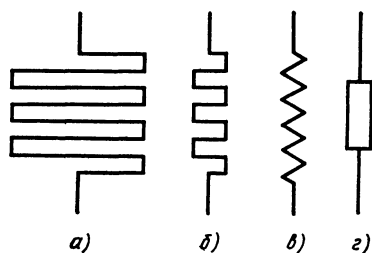


Рис.1

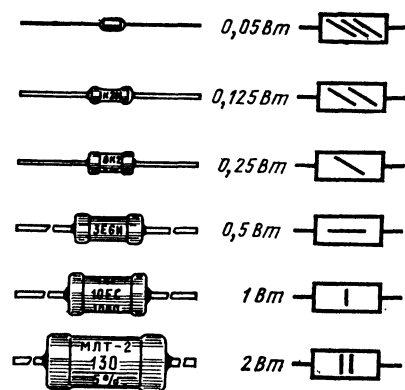


Рис.2

На резисторах отечественного производства номинальное сопротивление, допускаемое отклонение от него, а если позволяют размеры, и номинальную мощность рассеяния указывают в виде полного или сокращенного (кодированного) обозначения. Согласно ГОСТ 11076—69 единицы сопротивления в кодированной системе обозначают буквами Е (ом), К (килоом) и М (мегаом). Так, резисторы сопротивлением 47 Ом маркируют 47Е, 75 Ом — 75Е, 12 кОм — 12К, 82 кОм — 82К и т. д. Сопротивления от 100 до 1000 Ом и от 100 до 1000 кОм выражают в долях килоома и мегаома соответственно, причем на месте нуля и запятой ставят соответствующую единицу измерения: 180 Ом = 0,18 кОм = К18; 910 Ом = 0,91 кОм = К91; 150 кОм = 0,15 МОм = М15; 680 кОм = 0,68 МОм = М68 и т. д.

Если же номинальное сопротивление выражено целым числом с дробью, то единицу измерения ставят на месте запятой: 2,2 Ом — 2Е2; 5,1 кОм — 5К1; 3,3 МОм — 3М3 и т. д.

Кодированные буквенные обозначения установлены и для допускаемых отклонений сопротивления от номинального. Допускаемому отклонению  $\pm 1\%$  соответствует буква Р,  $\pm 2\%$  — Л,  $\pm 5\%$  — И,  $\pm 10\%$  — С,  $\pm 20\%$  — В. Таким образом, надпись на корпусе резистора К75И обозначает номинальное сопротивление 750 Ом с допускаемым отклонением  $\pm 5\%$ ; надпись М33В — 330 кОм  $\pm 20\%$  и т. д.

Постоянные резисторы могут иметь один или несколько отводов от резистивного элемента. На условном обозначении такого резистора дополнительные выводы изображают в том же порядке, как это имеет место в самом резисторе (рис. 4). При большом числе отводов длину символа допускается увеличивать.

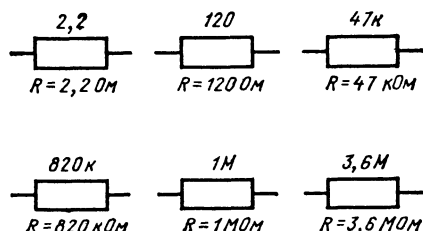


Рис.3

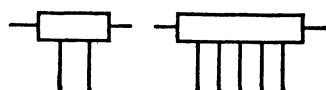


Рис.4

Сопротивление постоянного резистора, как говорит название, изменить невозможно. Поэтому, если в цепи требуется установить определённый ток или напряжение, то для этого приходится подбирать отдельные элементы цепи, которыми часто являются резисторы. Возле символов этих элементов на схемах ставят звездочку \* — знак, говорящий о необходимости их подбора при настройке или регулировке.

Регулируемые резисторы, т. е. резисторы, сопротивление которых можно изменять в определенных пределах, применяют в качестве регуляторов усиления, громкости, тембра и т. д. Общее обозначение такого резистора состоит из базового символа и знака регулирования (рис. 5), причем независимо от положения символа на схеме стрелку, обозначающую регулирование, проводят в направлении снизу вверх под углом  $45^\circ$ . Переменные резисторы, как правило, имеют минимум три вывода: от концов токопроводящего элемента и от щеточного контакта, который может перемещаться по нему. С целью уменьшения размеров и упрощения конструкции токопроводящий элемент обычно выполняют в виде незамкнутого кольца, а щеточный контакт закрепляют на валике, ось которого проходит через его центр. Таким образом, при вращении валика контакт перемещается по поверхности токопроводящего элемента, в результате сопротивление между ним и крайними выводами изменяется.

В непроволочных переменных резисторах обладающий сопротивлением токопроводящий слой нанесен на подковообразную пластинку из гетинакса или текстолита (резисторы СП, СПЗ-4) или впрессован в дугообразную канавку керамического основания (резисторы СПО). В проволочных резисторах сопротивление создается высокоомным проводом, намотанным в один слой на кольцеобразном каркасе. Для надежного соединения между обмоткой и подвижным контактом провод зачищают на глубину до четверти его диаметра, а в некоторых случаях и полируют. Существуют две схемы включения переменных резисторов в электрическую цепь. В одном случае их используют для регулирования тока в цепи, и тогда регулируемый резистор называют реостатом, в другом — для регулирования напряжения, тогда его называют потенциометром. Показанное на рис. 5 условное графическое обозначение используют, когда необходимо изобразить реостат в общем виде.

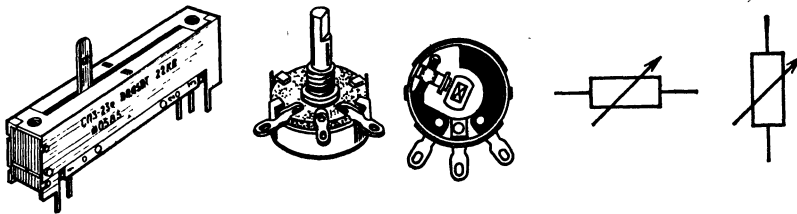


Рис.5

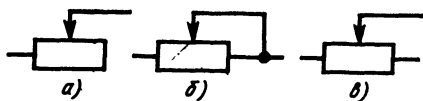


Рис.6

Для регулирования тока в цепи переменный резистор можно включить двумя выводами: от щеточного контакта и одного из концов токопроводящего элемента (рис. 6,а). Однако такое включение не всегда допустимо. Если, например, в процессе регулирования случайно нарушится соединение щеточного контакта с токопроводящим элементом, электрическая цепь окажется разомкнутой, а это может явиться причиной повреждения прибора. Чтобы исключить такую возможность, второй вывод токопроводящего элемента соединяют с выводом щеточного контакта (рис. 6,б). В этом случае даже при нарушении соединения электрическая цепь не будет разомкнута.

Общее обозначение потенциометра (рис. 6,в) отличается от символа реостата без разрыва цепи только отсутствием соединения выводов между собой.

К переменным резисторам, применяемым в радиоэлектронной аппаратуре, часто предъявляются требования по характеру изменения сопротивления при повороте их оси. Так, для регулирования громкости в звуковоспроизводящей аппаратуре необходимо, чтобы сопротивление между выводом щеточного контакта и правым (если смотреть со стороны этого контакта) выводом токопроводящего элемента изменялось по показательному (обратному логарифмическому) закону. Только в этом случае наше ухо воспринимает равномерное увеличение громкости при малых и больших уровнях сигнала. В

измерительных Генераторах сигналов звуковой частоты, где в качестве частотоподающих элементов часто используют переменные резисторы, также желательно, чтобы их сопротивление изменялось по логарифмическому или показательному закону. Если это условие не выполнить, шкала генератора получается неравномерной, что затрудняет точную установку частоты.

Промышленность выпускает непроволочные переменные резисторы, в основном, трех групп: А — с линейной, Б — с логарифмической и В — с обратно-логарифмической зависимостью сопротивления между правым и средним выводами от угла поворота оси  $\varphi$  (рис. 7,а). Резисторы группы А используют в радиотехнике наиболее широко, поэтому характеристику изменения их сопротивления на схемах обычно не указывают. Если же переменный резистор нелинейный (например, логарифмический) и это необходимо указать на схеме, символ резистора перечеркивают знаком нелинейного регулирования, возле которого (внизу) помещают соответствующую математическую запись закона изменения. Резисторы групп Б и В конструктивно отличаются от резисторов группы

А только токопроводящим элементом: на подковку таких резисторов наносят токопроводящий слой с удельным сопротивлением, меняющимся по ее длине.

В проволочных резисторах форму каркаса выбирают такой, чтобы длина витка высокоомного провода менялась по соответствующему закону (рис. 7,б).

Регулируемые резисторы имеют относительно невысокую надежность и ограниченный срок службы. Кому из владельцев радиоприемника или магнитофона не приходилось после двух-трех лет эксплуатации слышать шорохи и трески из громкоговорителя при регулировании громкости. Причина этого неприятного явления — в нарушении контакта щетки с токопроводящим слоем или износ последнего.

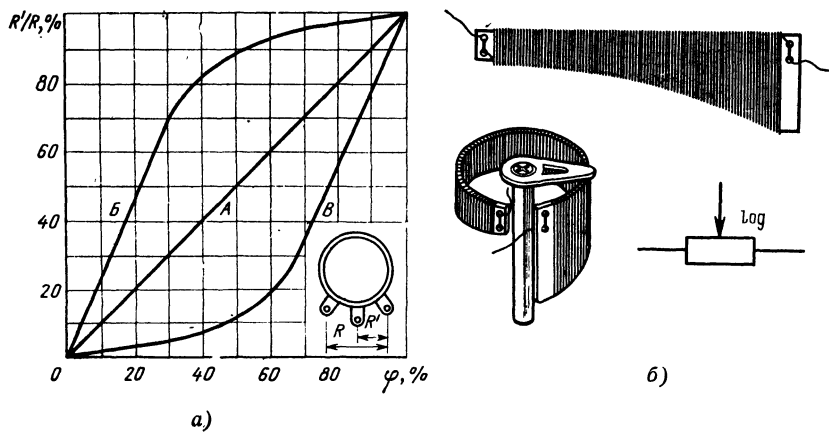


Рис. 7

Поэтому, если основным требованием к переменному резистору является повышенная надежность, применяют резисторы со ступенчатым регулированием. Такой резистор может быть выполнен на базе переключателя на несколько положений, к контактам которого подключены резисторы постоянного сопротивления. На схемах эти подробности не показывают, ограничиваясь изображением символа регулируемого резистора со знаком ступенчатого регулирования, а если необходимо, указывают и число ступеней (рис. 8).

Некоторые переменные резисторы изготавливают с одним, двумя и даже с тремя отводами. Такие резисторы применяют, например, в тонкомпенсированных регуляторах громкости, используемых в высококачественной звуковоспроизводящей аппаратуре. Отводы изображают в виде линий, отходящих от длинной стороны основного символа (рис. 9).

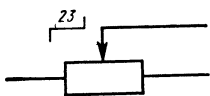


Рис.8

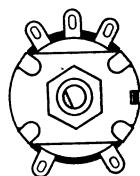
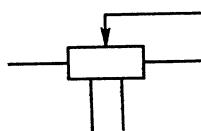


Рис.9



Для регулирования громкости, тембра, уровня записи в стереофонической аппаратуре, частоты в измерительных генераторах сигналов и т. д. применяют сдвоенные переменные резисторы, сопротивления которых изменяются одновременно при повороте общей оси (или перемещении движка). На схемах символы входящих в них резисторов стараются расположить возможно ближе друг к другу, а механическую связь показывают либо двумя сплошными линиями, либо одной штриховой (рис. 10,а). Если же сделать этого не удастся, т. е. символы резисторов оказываются на большом удалении один от другого, механическую связь изображают отрезками штриховой линии (рис. 10,б).

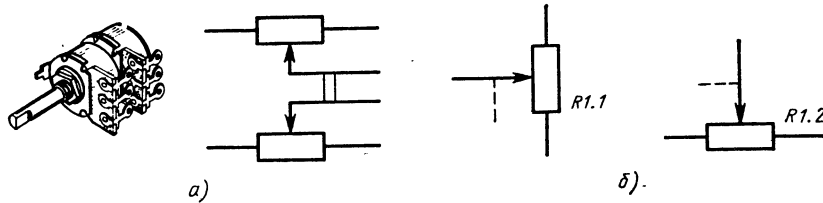


Рис.10

Принадлежность резисторов к одному сдвоенному блоку показывают в этом случае и в позиционном обозначении (R 1.1 — первый — по схеме — резистор сдвоенного переменного резистора R1, R1.2 — второй). Встречаются и такие сдвоенные переменные резисторы, в которых каждым резистором можно управлять отдельно (ось одного проходит внутри трубчатой оси другого). Механической связи, обеспечивающей одновременное изменение сопротивлений обоих резисторов, в этом случае нет, поэтому и на схемах ее не показывают (принадлежность к сдвоенному резистору указывают только в позиционном обозначении). В бытовой радиоаппаратуре часто применяют переменные резисторы, объединенные с одним или двумя выключателями. Символы их контактов размещают на схемах рядом с обозначением переменного резистора и соединяют штриховой линией с жирной точкой, которую изображают с той стороны прямоугольника, при перемещении к которой узел щеточного контакта (движок) воздействует на выключатель (рис. 11,а). При этом имеется в виду, что контакты замыкаются при движении от точки, а размыкаются при движении к ней. В случае, если символы резистора и выключателя удалены один от другого, механическую связь показывают отрезками штриховых линий (рис. 11,б).

Подстроечные резисторы — разновидность переменных. Узел щеточного контакта таких резисторов приспособлен для управления отверткой. Условное обозначение подстроечного резистора (рис. 12) наглядно отражает его назначение: это, по сути, постоянный резистор с отводом, положение которого можно изменять. Общее обозначение подстроечного резистора отличается тем, что вместо знака регулирования использован знак подстроечного регулирования.

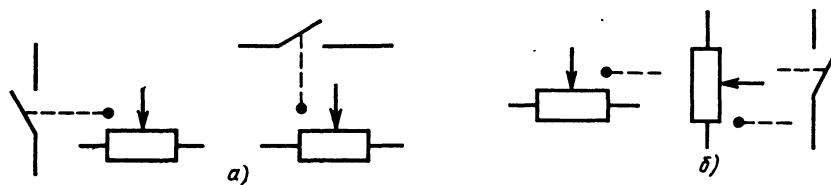


Рис.11

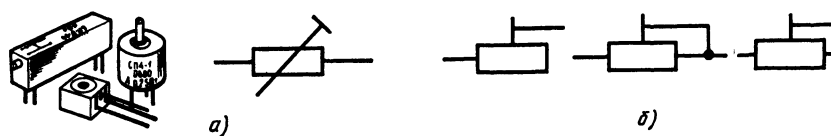


Рис.12

### Нелинейные резисторы

В радиотехнике, электронике и автоматике находят применение нелинейные саморегулирующиеся резисторы, изменяющие свое сопротивление под действием внешних

электрических или неэлектрических факторов: угольные столбы, варисторы, терморезисторы и т.д. Угольный столб, представляющий собой пакет угольных шайб, изменяет свое сопротивление под действием механического усилия. Для сжатия шайб обычно используют электромагнит. Изменяя напряжение на его обмотке, можно в больших пределах изменять степень сжатия шайб и, следовательно, сопротивление угольного столба. Используют такие резисторы в стабилизаторах и регуляторах напряжения. Условное обозначение угольного столба состоит из базового символа резистора и знака нелинейного саморегулирования с буквой Р, которая символизирует механическое усилие — давление (рис. 13,а).

Терморезисторы, как говорит название, характеризуются тем, что их сопротивление изменяется под действием температуры. Токопроводящие элементы этих резисторов изготавливают из полупроводниковых материалов. Сопротивление терморезистора прямого подогрева изменяется за счет выделяющейся в нем мощности или при изменении температуры окружающей среды, а терморезистора косвенного подогрева — под действием тепла, выделяемого специальным подогревателем. Зависимость сопротивления терморезисторов от температуры имеет нелинейный характер, поэтому на схемах их изображают в виде нелинейного резистора со знаком температуры —  $t^{\circ}$  (рис. 13б, в). Знак температурного коэффициента сопротивления (положительный, если с увеличением температуры сопротивление терморезистора возрастает, и отрицательный, если оно уменьшается) указывают только в том случае, если он отрицательный (рис. 13,в). В условное обозначение терморезистора косвенного подогрева кроме знака нелинейного регулирования входит символ подогревателя, напоминающий перевернутую латинскую букву U (рис. 13,г).

Нелинейные полупроводниковые резисторы, известные под названием варисторов, изменяют свое сопротивление при изменении приложенного к ним напряжения. Существуют варисторы, у которых увеличение напряжения всего в 2—3 раза сопровождается уменьшением сопротивления в несколько десятков раз. На схемах их обозначают в виде нелинейного саморегулирующегося резистора с латинской буквой U (напряжение) у излома знака саморегулирования (рис. 13,д).

В системах автоматики широко используют фоторезисторы — полупроводниковые резисторы, изменяющие свое сопротивление под действием света. Условное графическое обозначение такого резистора состоит из базового символа, помещенного в круг (символ корпуса полупроводникового прибора), и знака фотоэлектрического эффекта — двух наклонных параллельных стрелок.

На рисунке 14 приведены примеры обозначений переменных и полупеременных резисторов.

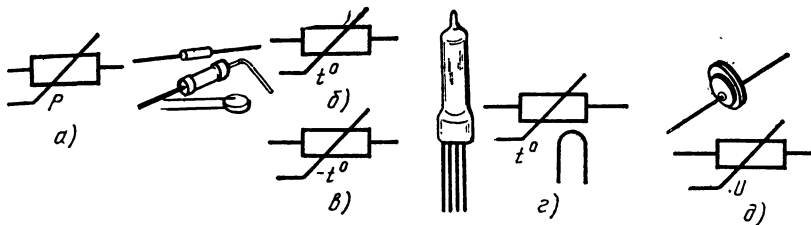


Рис.13

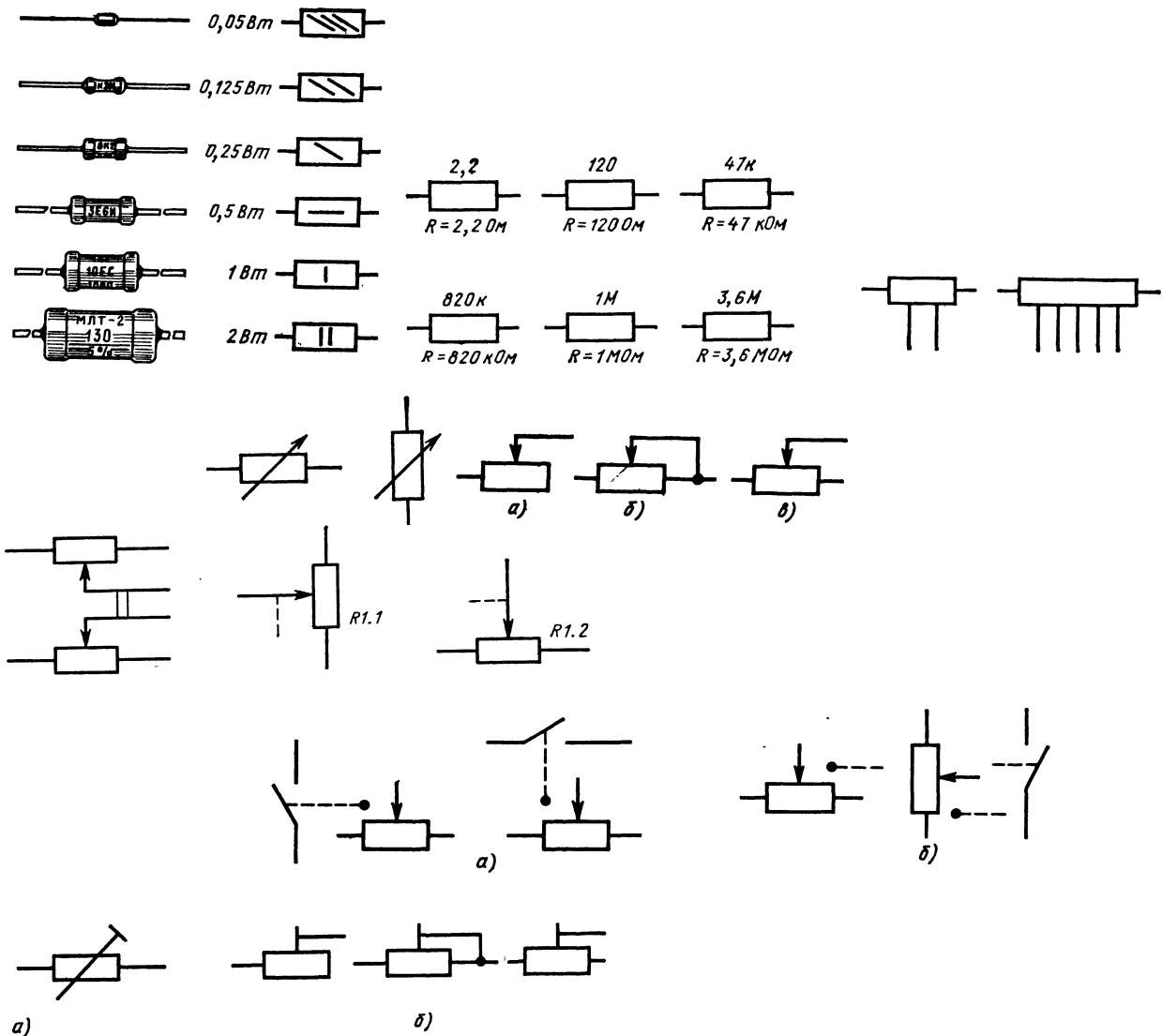


Рис. 14

Низкочастотные конденсаторы постоянной емкости

К группе низкочастотных конденсаторов постоянной емкости относятся бумажные, металлобумажные, электролитические, а также некоторые пленочные конденсаторы. Перечисленные виды конденсаторов обладают большой емкостью и используются в качестве блокировочных, разделительных и фильтрующих элементов в цепях постоянного, переменного и пульсирующего токов.

**Бумажные конденсаторы.** В качестве обкладок у так их конденсаторов применяется лента из алюминиевой фольги толщиной менее 10 мкм, а диэлектриком служит лента из конденсаторной бумаги толщиной 5—10 мкм. Число бумажных лент, как правило, берется не менее двух. Это объясняется тем, что в конденсаторной бумаге могут быть сквозные отверстия, что может явиться причиной короткого замыкания между обкладками конденсатора. Толщина бумажных лент и количество слоев зависят от рабочего напряжения конденсатора. Для увеличения электрической прочности бумажные ленты пропитываются воскообразными изолирующими веществами. Обкладки и бумажные ленты свертывают в рулон и заключают в корпус из картона, керамики или металла. Выводы обкладок изготовляют из тонкой медной луженой или посеребренной проволоки. Выводы присоединяются к фольговым обкладкам путем сварки.

Бумажные конденсаторы выпускают в разнообразном конструктивном оформлении и с различными номинальными значениями емкости. По конструктивному исполнению они делятся на две основные группы. К первой относятся конденсаторы цилиндрической формы, ко второй — конденсаторы прямоугольной формы. В БРЭА широкое распространение



получили бумажные конденсаторы марок КБГ-И (бумажный герметизированный в корпусе из керамики или стекла); БМТ (бумажный малогабаритный теплостойкий); БМ (бумажный малогабаритный); К.40П (малогабаритный бумажный, опрессованный пластмассой). Конденсаторы К.40-13 более современной разработки выпускаются с номинальной емкостью от 0,01 до 1,0 мкФ и номинальным напряжением 200, 400 и 600 В. Они могут заменить конденсаторы марок БМ, БМТ, **К40П-1**.

**Металлобумажные конденсаторы.** Такое название они получили потому, что в качестве обкладок применен тонкий слой металла, нанесенный путем напыления на бумажную ленту, пропитанную изоляционным составом. Эти конденсаторы имеют значительно меньшие габариты по сравнению с идентичными по емкости и рабочему напряжению бумажными конденсаторами. Отличительной эксплуатационной особенностью металлобумажных конденсаторов является способность само восстанавливаться после пробоя. При электрическом пробое в отдельных точках обкладок слой металла расплавляется и частично испаряется без нарушения изоляции между обкладками. Недостатком металлобумажных конденсаторов являются значительно меньшее сопротивление изоляции и несколько большие потери, чем у бумажных конденсаторов.

В БРЭА широко используются следующие марки металлобумажных конденсаторов: МБГ — металлобумажные герметизированные; МБГО — металлобумажные герметизированные с однослойным диэлектриком; МБМ — металлобумажные малогабаритные; К42У-2—металлобумажные малогабаритные герметизированные (предназначены для замены конденсаторов марок МБМ). Конденсаторы выпускаются с номинальной емкостью от 0,005 до 1,0 мкФ и номинальным напряжением 160 В; 250; 500; 750; 1000; 1500 В.

**Пленочные конденсаторы.** По конструкции и технологии изготовления эти конденсаторы аналогичны бумажным и металлобумажным. В качестве диэлектрика в них применяется органическая пленка толщиной 5—20 мкм из полистирола, фторопласта или лавсана. Для обкладок используют алюминиевую фольгу. Обкладки с диэлектриком свертываются в рулон. Расплющенные концы выводов из тонкой проволоки закладываются между диэлектриком и обкладками.

Конденсаторы пленочные малогабаритные ПМ, ПМ-1, ПМ-2 выпускаются с номинальной емкостью от 100 пФ до 0,01 мкФ и номинальным рабочим напряжением до 60 В. Конденсаторы К71-4 обладают большой номинальной емкостью от 0,01 до 10,0 мкФ и номинальным напряжением 160, 250 В; К71-5 имеют меньшие габариты и предназначены для установки на печатных платах, их номинальная емкость бывает от 0,01 до 1,0 мкФ, а номинальное рабочее напряжение 160 В; К72-9 являются термостойкими конденсаторами, они выпускаются с номинальной емкостью от 0,01 до 2,2 мкФ и номинальным рабочим напряжением 200, 300 и 500 В; К73П-3 имеют прямоугольную форму, малые габариты и предназначены для установки на печатные платы, их номинальная емкость бывает в пределах от 0,05 до 1,0 мкФ и номинальное рабочее напряжение 160 В; К73-16 (уплотненные полиэтилентерефталатные) имеют номинальную емкость от 0,1 до 22 мкФ и номинальное рабочее напряжение от 63 до 1600 В.

**Электролитические конденсаторы** обладают большой удельной емкостью (десятки и сотни микрофард) при сравнительно небольших габаритах. Однако для этого типа конденсаторов характерен ряд недостатков: нестабильность параметров; большой ток утечки, который при нагреве конденсатора может достигать значительной величины и вывести его из строя; сильная зависимость значения емкости от температуры; сравнительно небольшой срок службы. Они используются в цепях с пульсирующим током для отфильтровывания переменных напряжений.

Электролитические конденсаторы имеют рулонную конструкцию.

Они состоят из двух лент фольги (оксидированной и не оксидированной), между которыми помещена бумага или ткань, пропитанная электролитом (концентрированными растворами кислот или щелочей).

Эти конденсаторы имеют полярность: положительным электродом является вывод из оксидированной фольги, а отрицательным — вывод из не оксидированной фольги. При включении их в электрическую цепь положительный полюс источника питания всегда должен подключаться к положительному выводу конденсатора. Выпускаются и неполярные типы электролитических конденсаторов.

В БРЭА они используются очень редко. В зависимости от температурных условий эксплуатации электролитические конденсаторы разделяются на четыре группы: Н — не морозоустойчивые ( $-10$ — $-60$  °С), М — морозоустойчивые ( $-40$ — $+60$  °С), ПМ — повышено морозоустойчивые ( $-50$ — $-60$  °С) и ОМ — особо морозоустойчивые ( $-60$ — $-60$  °С).

В БРЭА широко применяются электролитические конденсаторы марок К50-3, К50-6, К50-7, К50-12 и др. Конденсаторы К50-3 имеют номинальную емкость от 1 до 5000 мкФ и номинальное напряжение постоянного тока от 6 до 450 В. Модернизированным вариантом ранее выпускавшихся конденсаторов К50-3 являются конденсаторы К50-12, имеющие меньшие габаритные размеры. Их номинальная емкость может быть от 1 до 5000 мкФ при номинальных напряжениях от 12 до 350 В, а в зависимости от размеров и номиналов они выпускаются с осевыми разнонаправленными и однонаправленными выводами. Конденсаторы К50-6 изготавливают с номинальной емкостью от 1 до 1000 мкФ, номинальным напряжением постоянного тока от 6 до 160 В и допустимым отклонением от  $-20$  до  $+80$  %.

Конденсаторы К50-7 малогабаритные выполняют односекционными и многосекционными (несколько конденсаторов в одном корпусе) с номинальной емкостью от 5 до 200 мкФ и номинальным напряжением до 450 В. Конденсаторы К50-15 имеют удлиненную цилиндрическую форму и обладают повышенной надежностью; стойкостью к механическим нагрузкам, температуростойкостью и стабильностью электрических параметров. Их выпускают с номинальной емкостью 2,2—680 мкФ, допустимым отклонением емкости от  $-20$  до  $+50$  %, номинальным рабочим напряжением от 6,3 до 250 В.

Конденсаторы К50-29 имеют широкий диапазон номинальных емкостей (1—4700 мкФ) и рабочих напряжений (6,3—450 В).

Высокочастотные конденсаторы постоянной емкости

К высокочастотным конденсаторам постоянной емкости относятся слюдяные, керамические, стеклокерамические и стеклянные (рис.4.10). Их применяют в генераторах, усилителях радио- и промежуточной частот. Они обладают высокой стабильностью, малыми допустимыми отклонениями номинальной емкости (2 %), достаточной температуростойкостью, малыми габаритами и массой. Номинальная емкость высокочастотных конденсаторов бывает от единиц до сотен пикофард, а предельная емкость некоторых из них может быть до 1 мкФ. Наиболее точные и стабильные конденсаторы используют как контурные, а остальные — как разделительные, фильтровые и термокомпенсирующие.

Слюдяные конденсаторы. В конденсаторах этого типа диэлектриком служит слюда. Для обкладок применяют алюминиевую, свинцовую или медную фольгу. В слюдяных конденсаторах повышенной стабильности обкладки выполняют нанесением на слюдяные пластинки слоя серебра методом вжигания или вакуумного распыления.

Слюдяные конденсаторы имеют пакетную конструкцию. Пакеты собирают из чередующихся пластинок слюды и напыленных металлизированных обкладок, соединяемых по торцам пакета в общий контакт полосками из фольги, к которым припаивают выводы в виде

проволоки или лент. Пакеты пропитывают церезином и опрессовывают терморезистивной пластмассой, которая защищает конденсатор от механических воздействий и влаги.

В БРЭА широко применяются слюдяные конденсаторы марок КСО (слюдяные опрессованные), имеющие номинальную емкость от 51 до 30 000 пФ и номинальное рабочее напряжение от 250 до 2500 В; КСОТ (слюдяные опрессованные теплостойкие) и КЗ1У-ЗЕ,

имеющие номинальную емкость от 52 пФ до 0,01 мкФ и номинальное рабочее напряжение от 250 до 1000 В. В слюдяных конденсаторах выводы выполняют проволочными, ленточными или резьбовыми. В зависимости от значения ТКЕ они имеют четыре группы стабильности, обозначаемые на корпусе буквами А, Б, В и Г. Конденсаторы СГМ (слюдяные герметизированные малогабаритные) изготавливаются с номинальной емкостью от 51 до 10 000 пФ и номинальным напряжением от 250 до 1500 В. Они бывают четырех видов в зависимости от размеров:

СГМ-1, СГМ-2, СГМ-3 и СГМ-4.

КГК-1 НД-2

Керамические конденсаторы. Диэлектриком керамических конденсаторов являются пластины, диски или трубки из керамики, на которые методом вжигания наносится тонкий слой серебра. Свойства керамики позволяют использовать керамические конденсаторы для работы в радиочастотных цепях в качестве контурных, разделительных и блокировочных, а также для работы в цепях звуковой частоты.

Керамические конденсаторы в зависимости от их свойств и назначения подразделяются на высокочастотные (тип I) и низкочастотные (тип II).

Конденсаторы типа I обладают высокой стабильностью параметров в процессе эксплуатации и при хранении. По степени температурной стабильности емкости эти конденсаторы разделяют на три подгруппы, определяющие их назначение: 1) подгруппа высокой

стабильности: П100, П33, МПО, М33, М47, М75; 2) подгруппа контурных термокомпенсирующих конденсаторов: М150, М220, М330, М470, М750; 3) подгруппа конденсаторов, имеющих повышенную емкость, которая значительно зависит от температуры: М1500, М2200.

Конденсаторы типа II по сравнению с конденсаторами типа I имеют гораздо большие номинальные емкости, однако обладают существенными потерями энергии и меньшим сопротивлением изоляции.

Для конденсаторов типа II характерна нелинейная зависимость емкости от температуры. Например, у конденсаторов групп по ТКЕ от Н20 до Н90 допустимые изменения емкости в интервале рабочих температур составляют от 0 до 90 %.

В зависимости от конструкции керамические конденсаторы бывают двух видов: КД (керамические дисковые) и КТ (керамические 60 трубчатые). Конденсаторы КД имеют номинальную емкость от 1 до 6800 пФ и номинальное напряжение 400 и 500 В, а конденсаторы КТ соответственно от 1 до 10 000 пФ и от 80 до 750 В.

Рассмотрим наиболее употребительные марки керамических конденсаторов.

Дисковые конденсаторы КДУ имеют короткие утолщенные ленточные выводы, а конденсаторы КДО — металлический фланец.

### **Проверка, ремонт и взаимозаменяемость конденсаторов**

Для конденсаторов постоянной ёмкости характерны такие неисправности, как пробой диэлектрика, увеличение тока утечки из-за ухудшения изоляции, изменение номинального значения ёмкости и обрыв выводов. Определить неисправность конденсатора по внешнему виду очень трудно. Сопротивление исправных конденсаторов (за исключением электролитических) составляет десятки и сотни мегаом.

Измерить его у конденсаторов ёмкостью до 0,05 мкФ с помощью омметра практически невозможно.

Для проверки на пробой диэлектрика необходимо отпаять хотя бы один из выводов проверяемого конденсатора. Если при подключении омметра к выводам неэлектролитического конденсатора ёмкостью 0,05 мкФ стрелка прибора отклонится, значит, произошёл пробой диэлектрика. Если проверяемый конденсатор ёмкостью более 0,05 мкФ, то при подключении омметра стрелка прибора после небольшого толчка (зарядка конденсатора от батарей омметра) должна вновь вернуться в положение, помеченное на шкале прибора знаком «Бесконечность». В противном случае это указывает на то, что

ухудшилась изоляция диэлектрика. Конденсаторы с указанным дефектом необходимо заменить исправными. Следует отметить, что проверка исправности неэлектролитических конденсаторов небольшой ёмкости при помощи омметра не всегда бывает достаточной, так как при внутреннем обрыве выводов стрелка прибора будет оставаться на месте.

У электролитических конденсаторов, кроме вышеперечисленных дефектов, происходит высыхание электролита и вследствие этого уменьшается ёмкость. Пробой или снижение сопротивления изоляции (течка) вызывают сильный нагрев такого конденсатора. Проверку его на пробой или утечку проводят омметром. При этом переключатель шкал омметра устанавливают в положение \*1000, соответствующее измерению наибольших значений сопротивлений. Прибор подключают к конденсатору параллельно с соблюдением полярности включения. К алюминиевому корпусу конденсатора следует подключить минусовый щуп прибора, а к выводу – плюсовый. Если конденсатор исправен, то стрелка прибора должна резко отклониться в сторону нулевого показания (зарядка), а затем возвратиться в положение, соответствующее большему сопротивлению. Если стрелка прибора перемещается до значения 50-100 кОм, это указывает на пониженное сопротивление изоляции. Отсутствие показаний прибора при зарядке – разрядке конденсатора свидетельствует о наличии обрыва.

Проверка конденсаторов мультиметром.

Простейший способ проверки исправности конденсатора — внешний осмотр, при котором обнаруживаются механические повреждения, например деформация корпуса при перегреве вызванного большим током утечки. Если при внешнем осмотре дефекты не замечены, проводят электрическую проверку. Омметром легко определить один вид неисправности – внутреннее короткое замыкание (пробой). Сложнее дело обстоит с другими видами неисправности конденсаторов: внутренним обрывом, большим током утечки и частичной потерей ёмкости. Причиной последнего вида неисправности у электролитических конденсаторов бывает высыхание электролита.

Многие цифровые тестеры обеспечивают возможность измерения ёмкости конденсаторов в диапазоне от 2000 пФ до 2000 мкФ. В большинстве случаев этого достаточно. Надо отметить, что электролитические конденсаторы имеют довольно большой разброс допустимого отклонения от номинальной величины ёмкости. У конденсаторов некоторых типов он достигает -20%, +80%, то есть, если номинал конденсатора 10 мкФ, то фактическая величина его ёмкости может быть от 8 до 18 мкФ.

При отсутствии измерителя ёмкости конденсатор можно проверить другими способами.

Конденсаторы большой ёмкости (1 мкФ и выше) проверяют омметром. При этом от конденсатора отпаивают детали, если он в схеме и разряжают его. Прибор устанавливают для измерения больших сопротивлений. Электролитические конденсаторы подключают к щупам с соблюдением полярности. Если ёмкость конденсатора больше 1 мкФ и он исправен, то после присоединения омметра конденсатор заряжается, и стрелка прибора быстро отклоняется в сторону нуля (причем отклонение зависит от ёмкости конденсатора, типа прибора и напряжения источника питания), потом стрелка медленно возвращается в положение «бесконечность».

При наличии утечки омметр показывает малое сопротивление — сотни и тысячи ом, — величина которого зависит от ёмкости и типа конденсатора. При пробое конденсатора его сопротивление будет около нуля. При проверке исправных конденсаторов ёмкостью меньше 1 мкФ стрелка прибора не отклоняется, потому что ток и время заряда конденсатора незначительны.

При проверке омметром нельзя установить пробой конденсатора, если он происходит при рабочем напряжении. В таком случае можно проверить конденсатор мегаомметром при напряжении прибора, не превышающем рабочее напряжение конденсатора. Конденсаторы средней ёмкости (от 500 пФ до 1 мкФ) можно проверить с помощью последовательно подключенных к выводам конденсатора наушников и источника тока. Если

конденсатор исправен, в момент замыкания цепи в головных телефонах слышен щелчок. Конденсаторы малой емкости (до 500 пФ) проверяют в цепи тока высокой частоты. Конденсатор включают между антенной и приемником. Если громкость не уменьшится, значит, обрывов выводов нет.

**Тема занятия:** Подготовка проводов и радиодеталей к пайке.

**Цель занятия:** Научиться подготовке проводов и радиодеталей к монтажу (пайке).

**МТО:** Инструмент радиомеханика, паяльник, подставка, монтажные провода, радиодетали (резисторы, конденсаторы).

Подготовка проводов к пайке состоит в их выпрямлении, резке, снятии с участков провода изоляции, зачистке и лужении зачищенных проводов и выводов. При этом монтажные провода не должны иметь повреждений изоляции, вмятин, скруток, надрезов и других повреждений.

Длина подготовленных проводов, перемычек, кабелей и изоляционных трубок должна соответствовать размерам, указанным в документации. При заготовке проводов рекомендуется группировать их по маркам, цвету изоляции и длине.

Торцы проводов в местах среза должны быть ровными, без заусенцев на проводящей жиле, концы жил не должны быть сплюснуты или обрезаны не перпендикулярно оси провода.

При выпрямлении проводов не допускать сильных натяжений, радиус изгиба провода не должен превышать его двойного диаметра.

Снятие изоляции (зачистка) с концов проводов является одной из ответственных операций, определяющих механическую прочность паяного соединения.

Способы снятия изоляции различны и зависят от типа изоляции провода и от наличия инструмента. Как правило, используют следующие способы снятия изоляции:

- с использованием ножа или скальпеля – самый распространённый способ, но при этом высока вероятность повреждения жилы;

- с использованием электротермоножа – устройства, которое при помощи нити накала пережигает изоляцию, при этом жила не повреждается;

- с использованием съёмника изоляции;

- с использованием приспособления для обжига.

**Главное требование при снятии изоляции – не повредить жилу провода.**

Помещение, в котором производится обжиг изоляции, должно иметь приточно-вытяжную вентиляцию, а работу с фторопластовой изоляцией производят непосредственно в вытяжном шкафу, так как пары фторопласта высокотоксичны.

У голых проводов концы зачищают мелкой шлифовальной шкуркой. У эмалевых проводов типа ПЭЛ диаметром выше 2,5 мм изоляцию удаляют механически с помощью мелкой шлифовальной шкурки или специальными

щипцами без предварительного нагрева или с нагревом в муфельной печи.

Концы проводов с виниловой изоляцией типа ПЭВ обжигают в муфельной печи или опускают в муравьиную кислоту, а затем зачищают шлифовальной шкуркой.

У многожильных эмалевых проводов типа ПЭЛШО, ЛЭШО, ЛЭШД конец провода освобождают от шелковой оплётки, распрямляют проволочки жилы, нагревают их в верхней части пламени спиртовой горелки до светло-соломенного цвета и быстро опускают в спирт. При этом эмаль растрескивается и осыпается, а её остатки удаляют мягкой бязью.

Многожильные провода после снятия изоляции скручивают под углом 15 ... 30° к оси провода плоскогубцами со шлифованными (гладкими) губками.

Жилы сечением 0,2 мм<sup>2</sup> и менее скручивают только пальцами, на которые надевают обезжиренные напальчники.

При удалении изоляции с проводов, имеющих внешнюю хлопчатобумажную или лавсановую оплётку, концы изоляции покрывают лаком или термостойким клеем.

У проводов сечением до 4 мм<sup>2</sup> с волокнистой и плёночной изоляцией и оплёткой из стекловолокна, лавсана и др. (ПТЛ-200, МГТ, ПТЛА, МГЦДО) изоляцию крепят нитяным

бандажом, покрытым клеем. Размер бандажа выбирают в зависимости от диаметра провода, он должен быть от 5 до 12 мм.

Перед установкой радиодетали в схему необходимо, чтобы выводы устанавливаемой детали по форме соответствовали выводам заменяемой детали и были облужены. Выводы деталей изгибают по образцу или по определённой форме в зависимости от места и способа присоединения с помощью как обычного инструмента, так и специальных приспособлений.

При этой операции необходимо соблюдать особые меры предосторожности и не допускать больших механических усилий в местах крепления выводов к корпусам элементов. Внутренний радиус изгиба выводов не должен быть меньше их удвоенного диаметра или толщины. Формовку выводов в зависимости от технологии процесса выполняют как до, так и после облуживания.

Жёсткие выводы элементов изгибать не разрешается.

Выводы радиодеталей облуживают на расстоянии не менее 8 мм от корпуса детали. Для предохранения от перегрева малогабаритных деталей и – особенно! - полупроводниковых приборов применяют теплоотводы. Простейшим и самым распространённым теплоотводом могут служить пинцет или плоскогубцы, которыми необходимо зажать вывод детали между её корпусом и местом пайки.

При пайке любых радиодеталей нужно стремиться, чтобы время воздействия высокой температуры было как можно меньше.

При установке полупроводниковых приборов должны быть выполнены следующие условия:

- надёжный контакт корпуса детали с шасси и теплоотводом;
- необходимая циркуляция воздуха;
- достаточное удаление от элементов схемы, которые при работе выделяют значительное количество тепла (мощных резисторов, трансформаторов и т.п.);
- расположение полупроводниковых приборов вне влияния постоянных магнитов и сильных излучений СВЧ.

Радиидетали крепятся на собственных выводах к монтажным стойкам, лепесткам, контактными площадкам печатных плат и другим элементам конструкции. Для предохранения деталей от влаги и вибрации их можно дополнительно крепить при помощи хомутов, болтов, скоб, держателей, заливать компаундом, приклеивать мастиками или клеями.

Детали необходимо присоединять без натяжения. Навесные элементы устанавливаются так, чтобы была видна их маркировка, а у диодов – и маркировка их полярности.

Рекомендованное расстояние от корпуса радиодетали до места пайки – не менее 5 мм, если иное не указано в технической документации.

Рекомендованное расстояние от корпуса радиодетали до места изгиба – не менее 2 мм, если иное не указано в технической документации.

Для поддержания температурного режима на корпуса радиодеталей могут быть надеты трубки, что оговаривается в документации.

Изоляционные трубки могут надеваться также на выводы радиодеталей для предотвращения замыканий.

Радиидетали, подбираемые в процессе настройки или регулировки аппаратуры, подпаивают непрочно, без механического крепления, а по завершении ремонта их припаивают окончательно и закрепляют.

Возможные дефекты паяных соединений изображены на рисунке 1.

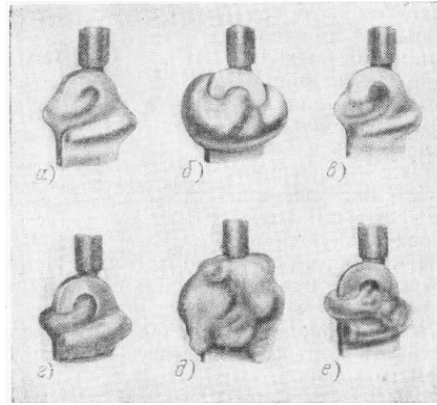


Рисунок 1- Возможные дефекты паяных соединений  
 а правильно выполненное соединение, б—холодный спай, в—паяное соединение с включениями флюса, г—смещенное паяное соединение, д—избыток припоя, е—недостаточное количество припоя

#### Холодный спай

Дефект этого типа возникает в результате неправильного нагрева. Тепло нужно подводить к основному металлу, а не к припою. Нанесение расплавленного припоя на холодный основной металл неизбежно приводит к образованию холодного спаия.

#### Смещенный или сдвинутый спай

Дефект этого типа получается в результате сдвига провода или всего соединения до полного затвердевания припоя. Очень часто результатом такого дефекта является нарушение сплошности паяного соединения.

#### Избыток припоя

Слишком большое количество припоя может скрыть другие имеющиеся дефекты.

#### Недостаток припоя

Этот дефект является результатом низкой квалификации исполнителя и легко обнаруживается. Такие соединения непрочны и быстро разрушаются при вибрациях.

#### Флюсовые включения

Дефект этого вида является часто результатом недостаточного нагрева. Малый вес паяльника или кратковременный контакт его с деталями может привести к образованию канифольных включений между клемм и проводом. В результате паяное соединение будет обладать большим электросопротивлением.

#### Короткозамкнутое паяное соединение

Этот дефект получается в результате избытка припоя, образующего мостик между двумя паяными соединениями. Соединения, расположенные близко друг от друга, следует нагревать небольшим паяльником и применять проволочный припой небольшого диаметра.

**Тема занятия:** пайка монтажных соединений.

**Цель занятия:** научиться пайке монтажных соединений (пайка геометрических фигур).

**МТО:** ИРМ, паяльник, припой, монтажные провода, подставка под паяльник, чертежи фигур.

#### **Порядок выполнения работы.**

1. Подготовить монтажные провода.
2. Отмерить провод в соответствии чертежу.
3. Снять изоляцию с токопроводящей жилы.
4. При необходимости удалить окисные соединения с поверхности монтажного провода.
5. Свернуть токопроводящую жилу.
6. Произвести лужение.
7. Спаять изделие в соответствии чертежу.

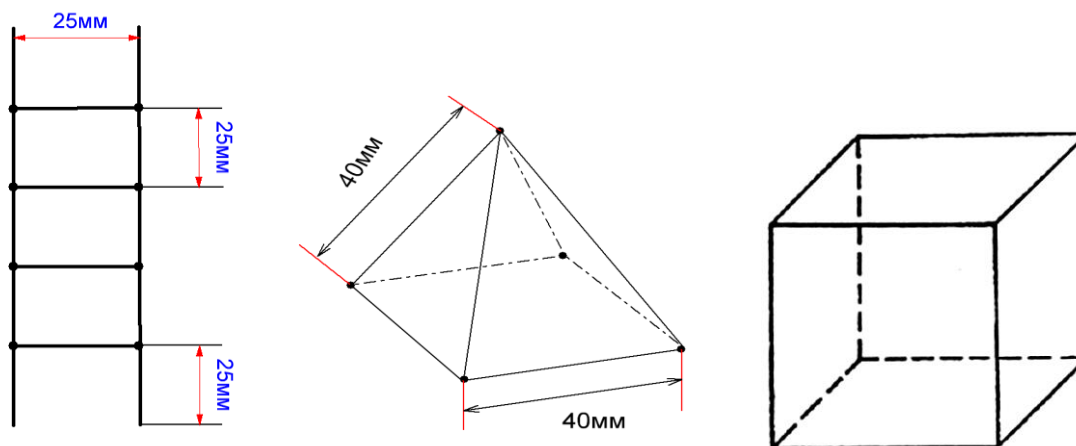


Рисунок 2 – Примеры фигур для пайки монтажных соединений  
**МДК.04.01. Технология сборки устройств, блоков и приборов радиоэлектронной техники**

Краткая теоретическая основа

При, обслуживании бытовой радиоэлектронной аппаратуры и ремонте приходится выполнять различные сборочные работы. В ходе изготовления, диагностики неисправностей и ремонта БРЭА выполняются разъемные и неразъемные соединения деталей и радиоэлементов в сборочные единицы (узлы), изделия и комплексы.

Деталью называется часть изделия, выполненная из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций (например, пластина магнитопровода трансформатора,

контактный лепесток, пластина конденсатора переменной емкости и др.).

**Р а д и о э л е м е н т** — это составная часть изделия, которая выполняет в нем определенную функцию и не может быть разделена на части, имеющие самостоятельное функциональное назначение (например, резистор, конденсатор и др.).

Совокупность радиоэлементов, представляющих собой единую конструкцию (плата, шкаф и др.), называют устройством.

Совокупность радиоэлементов и компонентов, выполняющих в изделии определенную функцию, но не объединенных в единую конструкцию (усилитель радиочастоты, усилитель звуковой частоты и др.), называют функциональной группой.

Сборочной единицей называется изделие, составные части которого подлежат соединению между собой сборочными операциями (например, микромодуль, радиоприемник, магнитофон и др.).

Изделием называется любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии (например, конденсатор, транзистор, телевизор, электрофон и др.).

Комплексом называют два и более специфицированных изделия, не соединенные на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенные для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций (например, радиочастотный передающий центр и др.).

Комплект — это два и более изделий, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющих набор изделий, которые имеют общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера (например, комплект запасных частей, комплект измерительной аппаратуры и др.).

Заключительным этапом в получении готовых изделий в производственном процессе являются сборочные работы. При ремонте радиоаппаратуры их выполняют в случае выхода из строя радиоэлементов, компонентов или деталей. Место и организация выполнения сборочных работ определяются объемом производства и технологическим процессом.



Совокупность операций, в результате которых детали и радиоэлементы соединяются в сборочные единицы, изделия и комплексы, называется т е х н о л о г и ч е с к и м процессом сборки. В свою очередь технологический процесс включает операции, переходы, установки, позиции, приемы.

Операцией называется законченная часть технологического процесса сборки, выполняемая непрерывно одним рабочим или бригадой на одном рабочем месте (например, намотка катушки индуктивности, установка контактных лепестков на планке и др.).

*Переход* — это часть операции, выполняемая над деталью или сборочной единицей одним инструментом или на одном оборудовании.

Если в процессе работы потребуется изменить место, инструмент или режим обработки, то появится необходимость в следующем переходе.

*Установ* — это часть операции, выполняемая при одном закреплении обрабатываемой детали.

*Позиция* — это определенное положение детали или сборочной единицы относительно инструмента, приспособления или оборудования при одном их закреплении.

*Прием* — это часть операции, непосредственно связанная с подготовкой радиоаппарата или прибора к выполнению отдельных переходов.

При сборке радиоаппаратуры выполняют различные соединения деталей, радиоэлементов и компонентов. При подвижном соединении сопряженные детали могут взаимно перемещаться, а при неподвижном — собранные детали сохраняют неизменное взаимное положение. Подвижные и неподвижные соединения могут быть разъёмными и неразъёмными.

Разъёмные соединения позволяют производить многократную сборку и разборку сборочной единицы без повреждения соединяемых и соединяющих деталей. К ним относятся резьбовые, шпоночные, штифтовые, а также соединения, осуществляемые переходными посадками. Разъёмные подвижные соединения достигаются с помощью подвижных посадок. Такие соединения очень удобны при ремонте деталей и устройств радиоаппаратуры.

Неразъёмными называют соединения, которые могут быть разобраны лишь путем разрушения соединяемых деталей или соединительных элементов. Их выполняют склепыванием, развальцовкой пустотелых заклепок, запрессовкой, чеканкой, пайкой, сваркой и склеиванием, а также соединением деталей замазками, опрессовкой терморезистивными и термопластичными материалами, заливкой и другими способами. При сборке радиоаппаратуры применяют главным образом склепывание, развальцовку, пайку, сварку и склеивание.

### **Практическое занятие №14-25**

**Тема занятия:** Сборка, монтаж и проверка параметров мультивибратора.

**Цель занятия:** Научиться сборке, монтажу и проверке параметров мультивибратора.

**МТО:** ИРМ, мультиметр, паяльник, электрическая схема мультивибратора, монтажная плата, радиоэлементы.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Подобрать радиоэлементы в соответствии с электрической схемой, произвести проверку исправности радиоэлементов, результаты проверки записать.
2. Составить монтажную схему усилителя звуковой частоты в дневнике в соответствии с электрической схемой в натуральную величину.
  - а) радиоэлементы равномерно распределить на монтажной схеме;
  - б) обозначение номиналов радиоэлементов на монтажной плате должно быть обращено вверх и хорошо читаемо;
  - в) радиоэлементы устанавливать друг от друга на монтажной плате на расстоянии не менее 2мм;
  - г) радиоэлементы и радиатор устанавливать от края монтажной платы на расстоянии не менее 2мм;

д) радиоэлементы устанавливать на монтажной плате параллельно или перпендикулярно друг другу;

Подготовка монтажной платы к нанесению рисунка монтажной схемы;

а) наклеить на монтажную плату, рисунок монтажной схемы со стороны медной фольги;

б) с помощью керна сделать насечки на монтажной плате в местах для сверления отверстий под выводы радиоэлементов;

в) снять аккуратно рисунок монтажной схемы с монтажной платы;

г) произвести сверление отверстий на монтажной плате по предварительно сделанным насечкам при помощи сверлильного станка;

д) произвести зачистку монтажной платы при помощи мелкой наждачной бумаги, для снятия окисной плёнки;

е) произвести обезжиривание монтажной платы при помощи растворителя;

ё) с помощью карандаша нанести предварительный рисунок монтажной схемы на монтажную плату;

ж) обвести предварительный рисунок монтажной схемы при помощи нитрокраски, в местах сверления отверстий сформировать круглую контактную площадку;

з) произвести сушку монтажной схемы в течении 10-15 минут;

и) произвести травление монтажной платы в растворе хлорного железа в течении 15-20 минут до полного удаления не закрашенных участков медной фольги, по окончании травления промыть монтажную плату в проточной воде.

1. Произвести сборку и монтаж мультивибратора на монтажной плате в соответствии монтажной и электрической схемой.

Измерение карты сопротивлений мультивибратора.

1. Измерить карту сопротивлений на VT1; VT2; VT3 на катодах VD1, VD3, VD5 относительно общей точки источника питания.

2. Показания прибора записать в дневнике.

Измерение карты постоянных и переменных напряжений.

1. Измерить карту --V VT1; VT2; VT3.

2. Измерить карту -V на катодах VD1, VD3, VD5.

3. Измерить карту импульсных напряжений VT1, VT2, VT3.

4. Измерить карту импульсных напряжений на катоде VD1, VD3, VD5.

Таблица 1 – Показания измерений

	Б	Э	К
R			
--V			
Вимпульс			

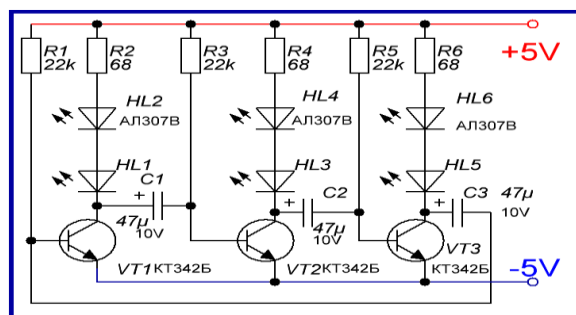


Рисунок 1 - Пример схемы мультивибратора

**Тема занятия:** Сборка, монтаж и измерение параметров не стабилизированного блока питания.

**Цель занятия:** Научиться сборке, монтажу и измерению параметров не стабилизированного блока питания.

**МТО:** ИРМ, мультиметр, паяльник, подставка, припой, флюс, электрическая схема БП, монтажные платы, радиоэлементы.

**Порядок выполнения работы:**

1. Подобрать радиоэлементы; трансформатор с напряжением на вторичной обмотке 12-15 вольт, выпрямительные диоды Д226, Д7, Д237, конденсатор фильтра 470мкф на 25 вольт, произвести проверку на исправность (показания записать).
2. Составить монтажную схему блока питания в дневнике в соответствии с электрической схемой в натуральную величину. (50 x 100 мм).
3. Произвести сборку и монтаж блока питания на монтажной плате в соответствии монтажной и электрической схемой.
4. Составить электрическую схему трансформатора, определить сетевую обмотку, вторичные обмотки.
5. Подключить трансформатор в сеть 220В, 50 Гц, определить вторичные обмотки с напряжением от 12 до 17 В переменного напряжения.
6. Подключить трансформатор к выпрямителю.
7. Измерить напряжение на выходе выпрямителя без нагрузки (показания записать)
8. К выходу выпрямителя подключить резистор нагрузки 100 Ом (50 Ом, 200 Ом), подключить вольтметр постоянного тока параллельно резистору нагрузки 100 Ом, 50 Ом, 200 Ом) и измерить постоянное напряжение (показания прибора записать).
9. Подключить вольтметр переменного тока параллельно резистору нагрузки (100 Ом, 50 Ом, 200 Ом) и измерить напряжение пульсаций (показания прибора записать).
10. Подключить осциллограф параллельно резистору нагрузки (100 Ом, 50 Ом, 200 Ом) и измерить напряжение пульсаций (Зарисовать осциллограмму, показания прибора записать).
11. Подключить амперметр последовательно в цепь резистора нагрузки (100 Ом, 50 Ом, 200 Ом), измерить ток на протекающий по резистору нагрузки (показания записать).
12. Подключить параллельно резистору нагрузки конденсаторы ёмкостью (100 МкФ, 1000 МкФ, 200 МкФ) и произвести измерения согласно пунктам 9, 10, 11, 12 (Полученные значения измерения записать. Подсчитать коэффициент пульсаций для каждого значения ёмкости фильтра С фильтра).  $K_{\text{ц}} = E_{\text{мп}} / V_0 * 100\%$

$V_0$ - постоянная составляющая выпрямленного напряжения;

$E_{\text{мп}}$ - амплитуда переменной составляющей напряжения.

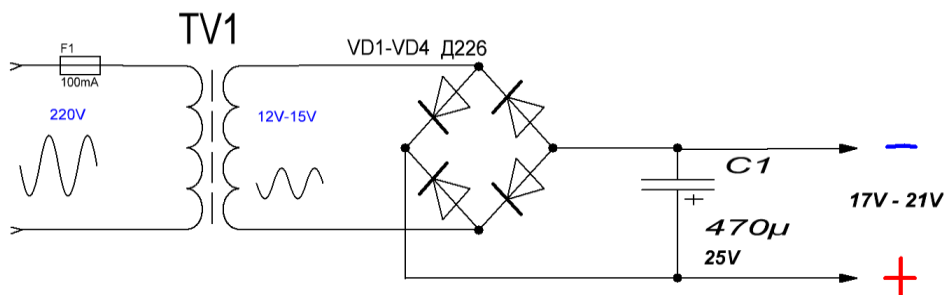


Рисунок 2 – Пример схемы блока питания

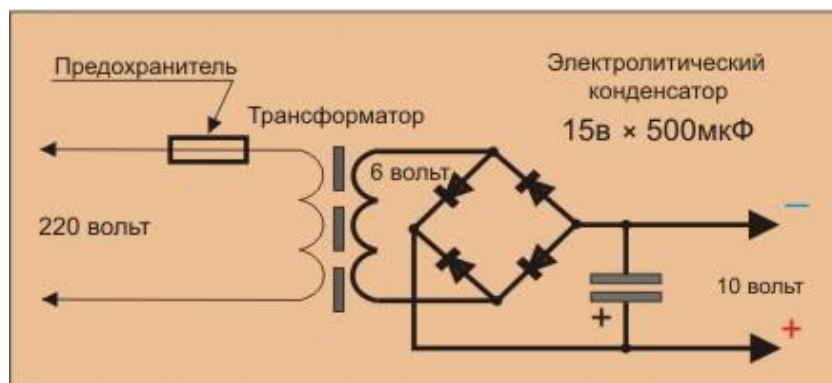


Рисунок 3 – Назначение элементов в схеме

### Проверочная работа

**Тема занятия:** Сборка, монтаж и проверка параметров стабилизированного блока питания.

**Цель занятия:** Научиться сборке, монтажу и проверке параметров стабилизированного блока питания.

**МТО:** ИРМ, мультиметр, паяльник, электрическая схема блока питания, монтажная плата, радиоэлементы.

#### Порядок выполнения работы:

1. Подобрать радиоэлементы в соответствии с электрической схемой, произвести проверку исправности радиоэлементов, результаты проверки записать.
2. Составить монтажную схему стабилизатора в дневнике в соответствии с электрической схемой в натуральную величину. (70 x 90 мм).
3. Произвести сборку и монтаж стабилизатора на монтажной плате в соответствии монтажной и электрической схемой.
4. Составить электрическую схему трансформатора, определить сетевую обмотку, вторичные обмотки.
5. Подключить трансформатор в сеть 220 В 50 Гц, определить вторичные обмотки с напряжением от 15 до 17 вольт переменного напряжения.
6. Подключить трансформатор к выпрямителю.

Измерение карты сопротивлений блока питания.

1. Измерить карту сопротивлений на входе стабилизатора.

3. Измерить карту сопротивлений на VT1, VT2 и на аноде VD2 относительно общей точки источника питания.

4. Измерить карту сопротивлений на выходе стабилизатора.

5. Показания прибора записать в дневнике.

Измерение карты постоянных и переменных напряжений.

1. Измерить карту  $-V$  VT1, VT2.

2. Измерить карту  $-V$  на аноде VD2.

3. Измерить карту  $-V$  на входе стабилизатора.

4. Измерить карту  $-V$  на выходе стабилизатора.

5. Измерить  $V$  пульсаций на входе и выходе стабилизатора.

6. Подключить амперметр последовательно с резистором нагрузки ( $R$  нагрузки = 40-60 Ом) и измерить ток при напряжении на выходе стабилизатора 12V, 9V, 6V.

7. Показания измерений записать в дневнике.

Расстояние изгиба от корпуса резистора не менее 3 мм.

Расстояние изгиба от корпуса конденсатора с осевыми выводами не менее 3 мм.

Расстояние изгиба от корпуса конденсатора с перпендикулярными выводами не менее 10 мм.

Расстояние изгиба от корпуса транзистора не менее 10 мм

Время на проведение работ:

Монтаж R 4шт\* 8мин=32мин

Монтаж VD 5шт\*8мин=40мин  
 Монтаж VT 1шт\*8мин=8мин  
 Монтаж VT на радиатор 1шт\*15мин=15мин  
 Монтаж С 1шт\*8мин=8мин  
 Всего -- 103минуты

Подборка, проверка и оформление

R 4шт\*15мин=60мин  
 VD 5шт\*15мин=75мин  
 VT 2шт\*15мин=30мин  
 С 1шт\*15мин=15мин  
 TV 1шт\*40мин=40мин  
 Всего – 220минут

Составление монтажной схемы - 90мин

Подготовка монтажных проводников к пайке 30мин

Разводка и пайка монтажных проводников на монтажной плате 60мин

Всего 180минут

Всего 8часов 23минуты

Критерии оценки:

1. Рабочее устройство.
2. Качество монтажа, монтажная схема.
3. Качество пайки.
4. Наличие выведенных из строя радиоэлементов.
5. Наличие оборванных печатных проводников.
6. Измерения.
7. Оформление работы.
8. Время затраченное на работу.
9. Товарный вид.
10. ИРМ.

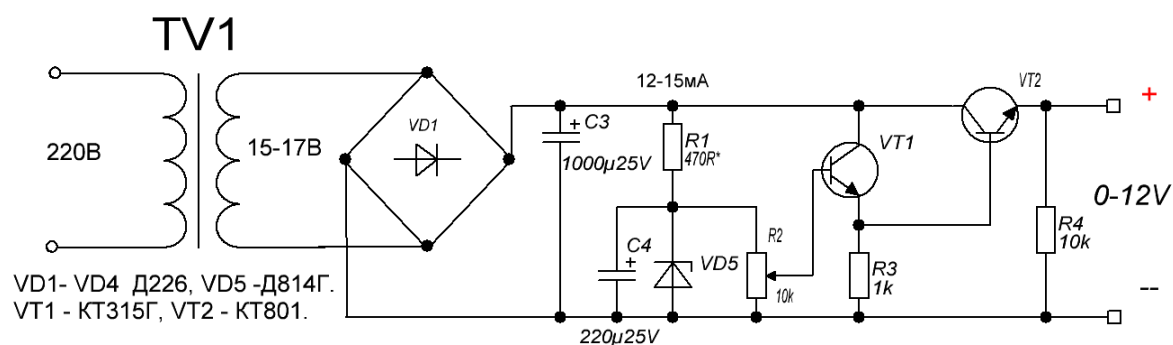


Рисунок 4 – Пример схемы БП

**Тема занятия:** Монтаж и проверка параметров усилителя звуковой частоты.

**Цель занятия:** Научиться монтажу и проверке параметров усилителя звуковой частоты.

**МТО:** ИРМ, мультиметр, паяльник, электрическая схема УЗЧ, монтажная плата, радиоэлементы.

**Порядок выполнения работы:**

1. Подобрать радиоэлементы в соответствии с электрической схемой, произвести проверку исправности радиоэлементов, результаты проверки записать.
2. Составить монтажную схему усилителя звуковой частоты в дневнике в соответствии с электрической схемой в натуральную величину.
3. Произвести монтаж УЗЧ на монтажной плате в соответствии монтажной и электрической схемой.
4. Измерение карты сопротивлений УЗЧ.
5. Измерить карту сопротивлений на VT1; VT2 VT3; VT4, на катоде и аноде VD1 относительно общей точки источника питания.
6. Показания прибора записать в дневнике.

**Подключить УЗЧ к источнику питания и произвести измерение карты постоянных и переменных напряжений.**

1. Измерить карту  $-V$  VT1; VT2 VT3; VT4.
2. Измерить карту  $-V$  на катоде и аноде VD1.
3. Измерить карту  $\sim V$  VT1; VT2; VT3; VT4; (C1-65, B3-38).
4. Измерить карту  $\sim V$  на катоде и аноде VD1; (C1-65, B3-38).
5. Подключить амперметр последовательно в цепь коллектора VT4 и измерить ток покоя УЗЧ.
1. Подготовка отверстий к пайке (чистка от остатков припоя) 20 отверстий - 10минут.
2. Время на монтаж одного радиоэлемента R, C, VD, VT, R (подстроечный) – 8минут, VT (на радиатор) – 15 минут.
3. Установка радиатора – 15 минут.
4. Подборка, проверка и оформление R, C, VD, – 15 минут, R (подстроечный), VT – 15минут.
5. Подготовка монтажных проводников к пайке 10см – 10 минут.
6. Разводка и пайка монтажных проводников на монтажной плате 5см – 10минут.
7. Составление монтажной схемы в натуральную величину - 135 минут.

Монтаж R 8шт\* 8мин=64мин

Монтаж VD 1шт\*8мин=8мин

Монтаж VT 4шт\*8мин=32мин

Монтаж C 4шт\*8мин=32мин

**Всего -- 136минут**

Подборка, проверка и оформление

R 8шт\*15мин=120мин

VD 1шт\*15мин=15мин

VT 4шт\*15мин=60мин

C 4шт\*15мин=60мин

**Всего – 255минут**

**Подборка, проверка, оформление и монтаж всего – 391 минут 6ч.31м.**

Подготовка отверстий к пайке (чистка от остатков припоя) 20 отверстий - 10минут.

**36 отверстий –18 минут**

Подготовка монтажных проводников к пайке 10см – 10 минут - **20см – 20мин.**

Разводка и пайка монтажных проводников на монтажной плате 5см – 10минут - **20см – 40мин.**

Составление монтажной схемы в натуральную величину - **115 минут.**

**Всего – 193 минут 3ч.13м.**

Измерение R, -V, ~ V и оформление

карта R VT 4шт\*8мин=32мин

карта - V VT 4шт\*8мин=32мин

карта ~ V VT 4шт\*10мин=40мин (B3-38)

карта ~ V VT 4шт\*12мин=48мин (C1-65)

Всего – 152 минут 2ч32м.

Всего на усилитель – 12ч.16м.

Критерии оценки:

1. Рабочее устройство.
2. Качество монтажа.
3. Качество пайки.
4. Наличие выведенных из строя радиоэлементов.
5. Наличие оборванных печатных проводников.
6. Измерения.
7. Оформление работы.
8. Время затраченное на работу.
9. Товарный вид.
10. ИРМ.

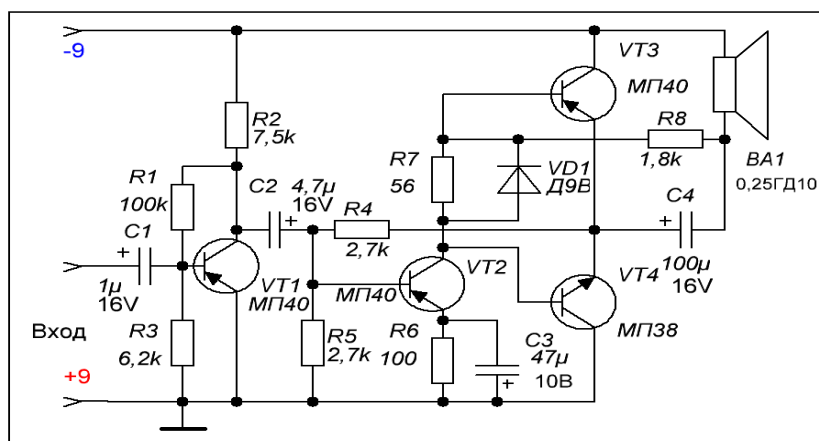


Рисунок 5 – Пример схемы УЗЧ

## Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы

### Основные источники:

1. Романюк, В. А. Основы радиоэлектроники: учебник для среднего профессионального образования / В. А. Романюк. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 288 с. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/456595> (дата обращения: 12.10.2020).
2. Проектирование цифровых устройств: учебник / А.В. Кистрин, Б.В. Костров, М.Б. Никифоров, Д.И. Устюков. — Москва: КУРС: ИНФРА-М, 2019. — 352 с. — Текст: электронный // ЭБС Znanium [сайт]. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1002587> (дата обращения: 12.10.2020).
3. Штыков, В. В. Введение в радиоэлектронику: учебник и практикум для среднего профессионального образования / В. В. Штыков. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 228 с. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452288> (дата обращения: 12.10.2020).

### Дополнительные источники:

1. Основы радиоэлектроники: учебное пособие для среднего профессионального образования / М. Ю. Застела [и др.]; под общей редакцией М. Ю. Застела. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 495 с. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/456545> (дата обращения: 12.10.2020).
2. Хамадулин, Э. Ф. Основы радиоэлектроники: методы и средства измерений: учебное пособие для среднего профессионального образования / Э. Ф. Хамадулин. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 365 с. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/456592> (дата обращения: 12.10.2020).

### Периодические издания:

1. Электрооборудование, эксплуатация и ремонт
2. Радио 2015-2020