

В.П.ПЕТРОВ

ВЫПОЛНЕНИЕ МОНТАЖА И СБОРКИ  
СРЕДНЕЙ СЛОЖНОСТИ И СЛОЖНЫХ  
УЗЛОВ, БЛОКОВ, ПРИБОРОВ  
РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ,  
АППАРАТУРЫ ПРОВОДНОЙ СВЯЗИ,  
ЭЛЕМЕНТОВ УЗЛОВ ИМПУЛЬСНОЙ  
И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

ПРАКТИКУМ

Рекомендовано  
Федеральным государственным автономным учреждением  
«Федеральный институт развития образования»  
в качестве учебного пособия для использования в учебном процессе  
образовательных учреждений, реализующих программы  
среднего профессионального образования по профессии  
«Монтажник радиоэлектронной аппаратуры и приборов»

Регистрационный номер рецензии 565  
от 20 декабря 2013 г. ФГАУ «ФИРО»



Москва  
Издательский центр «Академия»  
2014

УДК 621.396.6(075.32)

ББК 32.84-08я722

П305

Р е ц е н з е н т —

преподаватель радиотехнических дисциплин, председатель цикловой комиссии радиотехники по специальности 210414 «Техническое обслуживание и ремонт радиоэлектронной техники Государственного бюджетного образовательного учреждения среднего профессионального образования г. Москвы «Колледж автоматики и радиоэлектроники № 27 имени П.М.Вострухина» Ю.Н.Кириленко

**Петров В.П.**

П305

Выполнение монтажа и сборки средней сложности и сложных узлов, блоков, приборов радиоэлектронной аппаратуры, аппаратуры проводной связи, элементов узлов импульсной и вычислительной техники. Практикум : учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / В.П.Петров. — М. : Издательский центр «Академия», 2014. — 176 с.

ISBN 978-5-7695-6560-1

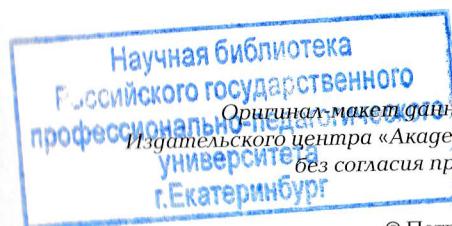
Практикум создан в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом среднего профессионального образования по профессии «Монтажник радиоэлектронной аппаратуры и приборов», ПМ.01 «Выполнение монтажа и сборки средней сложности и сложных узлов, блоков, приборов радиоэлектронной аппаратуры, аппаратуры проводной связи, элементов узлов импульсной и вычислительной техники».

Приведены практические и лабораторные работы по основным вопросам подготовки и овладения профессиональными компетенциями в области монтажа и сборки радиоэлектронных устройств. Основной упор сделан на самостоятельное выполнение обучающимися профессиональных действий по формированию у них соответствующих навыков и умений при овладении техникой пайки, вязки жгутов проводов, измерений электрических параметров с использованием современной элементной базы, новых материалов и оборудования в радиоэлектронной технике.

Для студентов учреждений среднего профессионального образования.

УДК 621.396.6(075.32)

ББК 32.84-08я722



© Петров В.П., 2014

© Образовательно-издательский центр «Академия», 2014

© Оформление. Издательский центр «Академия», 2014

ISBN 978-5-7695-6560-1

**Уважаемый читатель!**

Данный практикум является частью учебно-методического комплекта по профессии «Монтажник радиоэлектронной аппаратуры и приборов».

Практикум предназначен для изучения профессионального модуля ПМ.01 «Выполнение монтажа и сборки средней сложности и сложных узлов, блоков, приборов радиоэлектронной аппаратуры, аппаратуры проводной связи, элементов узлов импульсной и вычислительной техники».

Учебно-методические комплексы нового поколения включают в себя традиционные и инновационные учебные материалы, позволяющие обеспечить изучение общеобразовательных и общепрофессиональных дисциплин и профессиональных модулей. Каждый комплект содержит учебники и учебные пособия, средства обучения и контроля, необходимые для освоения общих и профессиональных компетенций, в том числе и с учетом требований работодателя.

Учебные издания дополняются электронными образовательными ресурсами. Электронные ресурсы содержат теоретические и практические модули с интерактивными упражнениями и тренажерами, мультимедийные объекты, ссылки на дополнительные материалы и ресурсы в Интернете. В них включен терминологический словарь и электронный журнал, в котором фиксируются основные параметры учебного процесса: время работы, результат выполнения контрольных и практических заданий. Электронные ресурсы легко встраиваются в учебный процесс и могут быть адаптированы к различным учебным программам.

## Предисловие

Практикум включает в себя лабораторные и практические работы, объединенные по блочному принципу, — главам. Каждая глава имеет самостоятельное значение, способствующее формированию компетенций обучающихся по профессии «Монтажник радиоэлектронной аппаратуры». В то же время блоки дополняют и углубляют содержание друг друга. Так, технические измерения связаны по смыслу и технически со сборкой и монтажом сложных устройств электронной техники, монтаж радиоэлементов — с технологией монтажных операций.

Техническая насыщенность лабораторных и практических работ требует серьезных усилий по самостоятельной подготовке обучающихся, конкретизирует формы этой работы, способствует формированию планов учебной практики, при проведении которых полученные первичные навыки перерастают в умения и профессиональную компетентность.

Внутри глав есть четкое разделение на лабораторные и практические работы. Лабораторные работы прививают обучающимся интерес к исследованиям, систематизации, анализу полученных экспериментальных данных на основе теоретических знаний. Практические работы призваны формировать первичные навыки монтажа, работы с инструментом, с оборудованием, выполнением конкретных действий, направленных на повышение производительности труда. Некоторые работы выделены в особую категорию, так называемый усложненный вариант. В них предлагается обучающимся выполнить работу, приближенную к техническому творчеству и настоящему исследованию на базе серьезной самостоятельной подготовки.

Большинство работ построены по принципу «сам создай — сам исследуй» и рассчитаны на отработку практических навыков на реальных схемах, профессиональном измерительном оборудовании. Обучающийся имеет возможность проделать весь путь от схемы до реального устройства. Ориентация на учебно-лабораторное оборудование в виде готовых стендов не совсем корректна и зависит от технической оснащенности того или иного учебного

заведения. Предлагаемый метод обладает определенной гибкостью и может быть подстроен под конкретную задачу подготовки профессиональных кадров в том или ином регионе. Технически это реализуется минимальными средствами. В большинстве случаев понадобятся заготовки разных печатных плат, которые можно изготовить самостоятельно, радиоэлектронные элементы и другие доступные материалы.

В практикуме приводятся наиболее современные средства химической и механической обработки. В то же время можно без ущерба для качества монтажа воспользоваться доступными материалами и приспособлениями.

Для выполнения большинства работ необходимы заготовки таких печатных плат, как макетная, установочная и демонстрационная.

Макетная плата (рис. П.1) предназначена для макетирования простейших устройств и измерительных схем без пайки. Временное размещение компонентов на такой плате позволяет точно проверить занимаемое ими место и зрительно представить окончательный результат. Это снижает риск появления ошибок и улучшает внешний вид будущей схемы. Макетная плата также позволяет правильно выполнить формовку выводов радиоэлектронных элементов перед пайкой. Все соединения выполняются цветными перемычками. К плате подводится напряжение питания. Самостоятельно надо предусмотреть связь с измерительным оборудованием.

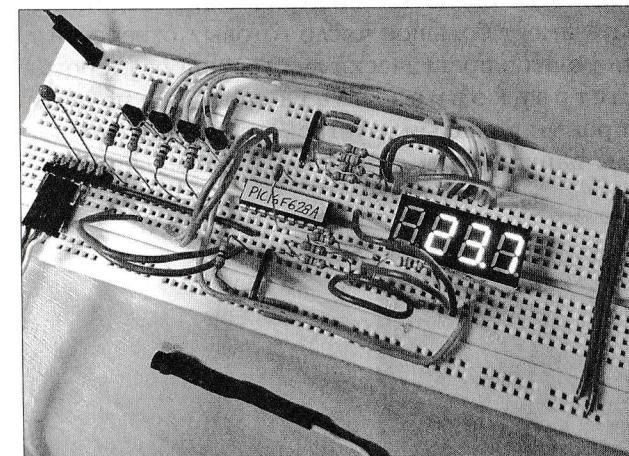


Рис. П.1. Типичная макетная плата

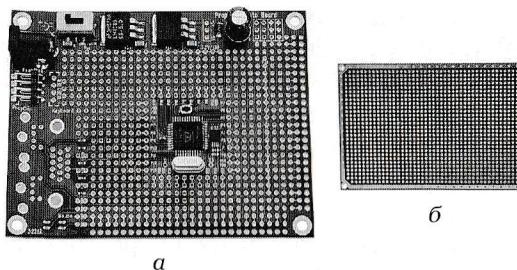


Рис. П.2. Виды установочных плат:  
а — заготовка для готового изделия; б — заготовка для свободного монтажа

ем. В макетных платах элементы и соединительные провода вставляются в подготовленные отверстия. Для удобства отверстия (контакты) пронумерованы подобно ячейкам электронных таблиц. Для соединения элементов можно использовать любые тонкие одножильные провода, но удобнее пользоваться проводами из специального комплекта для макетных плат.

**Установочная плата** (рис. П.2) предназначена для макетирования реального устройства без изготовления печатной платы к нему, что является довольно трудоемким процессом. При этом используется технология навесного монтажа, а соединения выполняются проводами с использованием пайки, сварки и т.д. Достоинством установочных плат является возможность макетировать схемы с установкой крупных элементов и модулей, а также многократная отработка способов электрических соединений. Установочная плата имеет большое число готовых отверстий для монтажа радиоэлементов практически любых типоразмеров.

**Демонстрационная плата** (рис. П.3) не предназначена для макетирования реальных устройств. На ней можно отрабатывать методы пайки и крепления монтажно-монтируемых элемен-

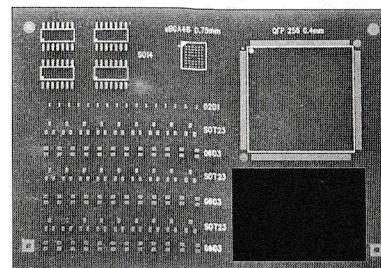


Рис. П.3. Демонстрационная плата для пайки SMD-компонентов

тов SMD с различными типами корпусов и технологий. Она имеет много вариантов, но ее важные отличия от других видов плат заключаются в том, что на ней нанесено обозначение часто применяемых на практике корпусов как пассивных, так и активных элементов SMD, имеется возможность использования любых приемов нанесения паяльной пасты (диспенсером, трафаретом), а также применения любого вида пайки (паяльником, в паяльных печах, окунанием, волной и др.).

Лабораторные работы не имеют четкой регламентации, но разбиты на части, которые рассчитаны на 2—4 академических часа занятий, а практические работы — на 1—2 ч с возможностью планирования на их основе тематики учебных практик. Разбиение частей лабораторных работ на задания имеют цель выделить различные операции с одним и тем же устройством, но с разными технологиями.

При выполнении технологических операций монтажа особое внимание следует уделять работе с технологической документацией, ознакомлению с принципами ее оформления и правильного прочтения. Элементы нормирования приучают обучающихся действовать в условиях конкретного производственного процесса. В таблицах, приведенных в Практикуме, заполненные строки являются примерами и не имеют практического значения.

В процессе прохождения учебной практики рекомендуется использовать прием программного моделирования рассмотренных схем с помощью известных программ Workbench, Multisim и многих других, большинство из которых вполне доступны.

## Глава 1

# ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖНЫХ РАБОТ

### Лабораторная работа № 1.1

#### РАБОТА С МОНТАЖНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

##### Цели работы:

1. Изучить приемы работы с монтажным инструментом при выполнении радиомонтажных операций.
2. Выработать навыки по применению монтажного инструмента при монтаже разъемов и сигнальных розеток.

Использование монтажного инструмента связано с выполнением подготовительных и монтажных операций, из которых наиболее важными являются:

- подготовка радиоэлементов к монтажу;
- крепление монтажных плат и элементов;
- подготовка отверстий в текстолите в соответствии с размерами выводов радиоэлементов;
- крепление сигнальных проводов в розетке, колодке и соединительной муфте;
- крепление проводов в разъемах;
- механическое крепление платы внутри блока или устройства;
- установка радиокомпонентов на плате, радиаторах и несущих частях сборочного устройства.

В минимальный набор радиомонтажника должны входить следующие инструменты и приспособления:

- плоскогубцы для выполнения вспомогательных операций при формовке выводов и установке радиоэлементов;

- круглогубцы для формовки гнутых поверхностей радиоэлементов;
  - набор отверток для выполнения сборочных, демонтажных, регулировочных и настроек операций;
  - нож радиомонтажный для подготовки проводов к монтажу и их зачистки;
  - пинцет для установки и поддержки деталей при их пайке и демонтаже.
- Кроме того, на рабочем месте радиомонтажника должны быть:
- тиски радиомонтажные — используются для фиксации обрабатываемых материалов и инструментов;
  - шуруповерт (аккумуляторный) или ручная дрель применяются как мобильное устройство для развалцовки и подготовки монтажных и технологических отверстий при установке и фиксации радиоэлементов;
  - шило радиомонтажное для выполнения вспомогательных функций очистки отверстий после или до монтажа;
  - набор штырей и заклепок для присоединения монтажных проводов и деталей к контактным элементам платы.

Это далеко не полный перечень необходимых радиомонтажнику инструментов и приспособлений. При радиомонтаже требуется иметь хорошие слесарные навыки, от которых напрямую зависит качество работы, так как приходится работать с печатными платами на основе очень твердых и прочных текстолитов.

Значительная часть монтажа ведется в подготовленные отверстия. Рассчитать диаметр монтажного отверстия можно по формуле

$$D_{cb} = D_h + 0,8(\Delta_1 + \Delta_2) + 2\delta, \quad (1.1)$$

где  $D_h$  — номинальный (измеренный) диаметр вывода, мм;  $\Delta_1$  — предельное отклонение в зависимости от используемого устройства сверления, но не более 0,1 мм при номинальном диаметре до 0,8 мм и не более 0,12 мм при диаметре до 3 мм;  $\Delta_2$  — отклонение, обусловленное деформацией материала после выхода сверла из отверстия, равно 0,03—0,05 мм (при ручном сверлении — максимальный);  $\delta$  — толщина металлического покрытия платы, мкм (обычно — 25 мкм). При подборе сверла следует учитывать, что сверла имеют диаметр, кратный 0,1 мм, поэтому расчетный диаметр монтажного отверстия округляют до значений диаметра сверла.

Важное значение в радиомонтаже имеет установка штырей и пулевок для крепления проводов и радиоэлементов, которые также устанавливаются в отверстия и должны бытьочно закреплены на плате, не деформироваться, не мешать установке элементов, что требует навыков точного расчета запрессовки, клепки и вальцовки. Простейшие монтажные операции связаны с подготовкой проводов и их установкой в различные разъемы, поэтому некачественно выполненные соединения могут привести к искажениям и потерям передаваемого сигнала. Все это требует хороших навыков работы с монтажным инструментом.

## Ход выполнения работы

### Этап 1. Подготовка платы для установки элементов навесного монтажа

#### Оборудование, материалы и приспособления

- Набор сверл;
- шуруповерт или ручная дрель;
- набор радиоэлементов, бывших в употреблении (б/у);
- шило радиомонтажное или керн;
- заготовка (диэлектрическое основание) печатных плат;
- набор штырей монтажных;
- установочная плата;
- очки защитные;
- штангенциркуль или микрометр;
- линейка металлическая.

#### Задание 1. Подготовка заготовки печатной платы к монтажу

Выполнение задания включает в себя следующие действия обучающегося.

1. Получите у преподавателя заготовки плат из стеклотекстолита с рисунком проводников и без него и набор радиоэлементов.
2. Подготовьте рабочее место к проведению работ, включите вентиляцию и освещение. Получите разрешение на выполнение операций после проверки знаний по технике безопасности (ТБ).

3. Измерьте диаметры выводов радиоэлементов с помощью штангенциркуля (при диаметре выводов более 0,5 мм) и микрометром (при диаметре до 0,5 мм).

4. Произведите расчет диаметра отверстий по формуле 1.1.
5. Результаты измерений и расчетов занесите в табл. 1.1.

Таблица 1.1. Результаты расчетов и измерений

№ п/п	Наименование элементов	Фактический диаметр вывода, мм	Расчетный диаметр отверстия на плате, мм	Номинальный диаметр сверла, мм	Диаметр полученного отверстия, мм
1	Резистор				
...	...				

6. Разметьте поверхность платы с помощью линейки и керна или шила точки сверления отверстий с учетом технологического расположения элементов.

П р и м е ч а н и я. 1. Оси отверстий должны быть строго параллельно боковым сторонам платы.

2. При определении расстояния между отверстиями учитывается длина элемента плюс 2 мм с каждой стороны.

7. Закрепите заготовку платы в тисках горизонтально поверхности стола, используя для этого деревянный брускок.

8. Приступите к сверлению отверстий в плате ручной дрелью или на сверлильном станке.

П р и м е ч а н и е. При необходимости выполнения отверстий большого диаметра (например, для монтажа на плане трансформаторов) их готовят в два этапа: сначала малым сверлом, затем — сверлом диаметром, соответствующим диаметру выводов монтируемых элементов.

9. Проверьте диаметр полученных отверстий, результат занесите в табл. 1.1.

10. Убедитесь, что диаметры полученных отверстий соответствуют норме.

#### Задание 2. Установка штырей на заготовку печатной платы с рисунком проводников

1. Просверлите отверстия для штырей и радиомонтажных пулевок (см. задание 1 п. 6—8) так, чтобы диаметр каждого отвер-

стия соответствовал диаметру штыря (пуклевок) и отверстие находилось в центре контактных площадок для радиоэлементов.

2. Запрессуйте штыри радиоэлементов в отверстия со стороны их монтажа.

3. Переверните плату и закрепите ее в тисках за основание одного из штырей.

4. Развальцуйте или расклепайте основание штырей или пуклевок для механического крепления их к плате.

5. Выполните задание для всех штырей разного диаметра.

## Этап 2. Использование монтажного инструмента для монтажа разъемов и сигнальных розеток

### Оборудование, материалы и приспособления

- Экранированная розетка типа RJ-45;
- разъем типа RJ-45;
- устройство для зачистки и обрезки витой пары;
- устройство для заделки витой пары с ударным эффектом;
- разъем модели F;
- кабель радиочастотный РК-75;
- сетевой кабель (витая пара);
- монтажный нож;
- бокорезы;
- набор отверток;
- кrimpер (устройство для обжима);
- тестер.

#### Задание 1. Подготовка и подключение провода к розетке витой пары

1. Открутите шурупы и снимите верхнюю крышку розетки.

2. Ознакомьтесь с внутренним содержимым розетки, оцените конструктивные размеры и расположение контактных пар.

3. Удалите с сетевого кабеля верхнюю оболочку, надрезав ее по кругу и не повредив при этом экран из фольги.

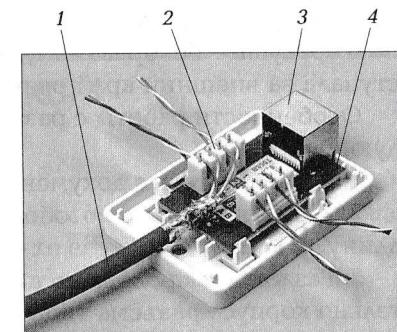
4. Разверните фольгу и отогните ее вниз.

5. Обрежьте фольгу на длину 2 см, необходимую для создания контакта.

6. Обмотайте одножильный дренажный провод (из луженой меди) вокруг фольги для равномерного распределения электрического потенциала.

Рис. 1.1. Монтаж розетки:

1 — кабель; 2 — контактные гнезда; 3 — розетка соединительная; 4 — плата печатная



7. Заведите необработанную часть кабеля в модуль розетки. Обожмите его плоскогубцами так, чтобы фольга и дренажный провод касались модуля (рис. 1.1).

8. Разложите витые пары в соответствии с цветовой маркировкой на печатной плате модуля.

9. С помощью устройства для заделки витой пары надавите на проводники до упора. Визуально контролируйте, чтобы нож устройства прорезал изоляцию и коснулся металла жилы для обеспечения гарантированного контакта.

П р и м е ч а н и е. При использовании специального устройства для заделки витой пары изоляцию жил защищать не нужно.

#### Задание 2. Подключение ВЧ-кабеля к разъему типа F и витой пары к разъему типа RJ-45

F-разъемы разработаны для телевизионного оборудования и работают до частот 1200 Гц с кабелями диаметром до 7 мм.

Разъем типа RJ-45 предназначен для подключения сетевого кабеля к оборудованию.

Особенности работы с разъемом типа F заключаются в следующем.

1. С помощью монтажного ножа или приспособления для снятия изоляции снимите верхнюю резиновую оболочку с радиочастотного (РЧ) кабеля на длину 15 мм, не повредив экранирующую оплетку под ней.

2. Заверните и разложите экранирующую оплетку вдоль кабеля.

3. Поверх экранирующей оплетки и вдоль нее разложите фольгу.

4. Бокорезами или устройством для снятия изоляции снимите слой внутренней изоляции (полистирол) на длину 10 мм.

5. Накрутите разъем типа F сверху до упора.
  6. Откусите бокорезами центральную жилу так, чтобы она выступала за внешний край разъема на 2 мм, не более.
- Особенности работы с разъемом типа RJ-45 заключаются в следующем.
1. Ознакомьтесь с документацией на разъем.
  2. Снимите верхнюю оболочку с отрезка сетевого кабеля на длину 15 мм.
  3. Разложите провода по парам и цветовой маркировке относительно корпуса разъема типа RJ-45.
  4. Обрежьте провода на длину активной части разъема и отформуйте их.
  5. Продвиньте провода до упора в отверстия разъема.
  6. С помощью кrimпера обожмите разъем.
  7. Проконтролируйте качество выполненного соединения визуально и с помощью тестера.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ

1. Из какого материала изготавляются сверла для выполнения отверстий в текстолите?
2. Какие правила техники безопасности необходимо выполнять при подготовке платы к монтажу навесных элементов?
3. Как зависит диаметр посадочного отверстия от толщины медного слоя печатной платы?
4. Что такое «витая пара» и область ее применения?
5. Нарисуйте схему раскладки проводов для разъема RJ-45.

## Лабораторная работа № 1.2

### РАБОТА С ПАЯЛЬНИКОМ

#### Цели работы:

1. Ознакомиться с приемами работы с паяльником и другим паяльным оборудованием при подготовке его к работе.
2. Научиться выполнять действия при пайке паяльником.

Основным элементом проведения монтажных работ является электрический паяльник со спиральным нагревателем (ЭПСН) — наиболее распространенный тип электрических паяльников.

Для пайки и лужения деталей больших размеров, металлических листов и проводов с большим сечением используют паяльники с толстым жалом и мощностью 80—100 Вт, не менее. Аналогичные паяльники применяются для пайки радиаторов, широких проводников, шин питания и облучивания.

Электрические паяльники мощностью нагревательного элемента от 40 до 80 Вт применяют для мелкого ремонта и пайки большинства радиоэлементов — резисторов, конденсаторов, трансформаторов, дросселей, диодов и транзисторов.

Маломощные паяльники (20—40 Вт) с тонким жалом применяются для пайки мелких деталей навесного и поверхностного монтажа чувствительных к статическому напряжению микросхем, высокочастотных транзисторов и диодов.

Главной характеристикой паяльника является эффективная рабочая температура его жала, которая зависит не только от его мощности, но и от его конструкции, и соблюдения всех требований при подготовке паяльника к работе.

При недостаточном нагреве наблюдается довольно частый эффект, называемый «холодная» пайка — место спая оказывается матовым, шероховатым, а соединение получается непрочным. При перегреве ускоряется износ паяльника, жало покрывается окалиной, флюс выгорает и, как следствие, сцепление припоя с жалом ухудшается. В результате перегреваются подвергаемые пайке транзисторы и микросхемы, имеет место отслоение дорожек печатных плат.

Кроме паяльника для проведения пайки требуются дополнительное оборудование и приспособления, а именно:

- специальная подставка под паяльник для обеспечения безопасной работы с ним;

- отсос (механический или вакуумный) для выполнения демонтажных операций при исправлении брака;
- кюветы с двумя отделениями для временного хранения припоя и флюса в твердом и жидком виде;
- комплект сменных жал (насадок) для разных условий и геометрии пайки.

Контролировать температуру жала паяльника в процессе пайки сложно, так как первоначально установленная техническими характеристиками температура изменяется в зависимости от времени контакта жала с элементами пайки, свойств спаиваемых материалов и т.д. Стабильность режима пайки и эффективность защиты от статического электричества в какой-то мере обеспечивают паяльные станции, которые оснащены регулятором температуры и ее автоматическим поддержанием, удобной подставкой под паяльник, ванной для чистящей губки, антistатической защитой и некоторыми дополнительными возможностями. Паяльные станции, как правило, укомплектованы паяльниками с керамическим нагревателем, который обеспечивает форсированный нагрев до нужной температуры, и термофоном.

Полная изоляция жала паяльника от электронной схемы станции гарантирует безопасность при работе с электронными компонентами, чувствительными к статическому электричеству. Для стационарной пайки в помещении паяльные станции подключаются к сети ( $220 \pm 10\%$ ) В, 50 Гц как обычные бытовые приборы, при этом напряжение питания, подаваемое на паяльник, не превышает 24 В, что обеспечивает электробезопасность при пайке.

Особое внимание в технологии пайки уделяется подготовке жала паяльника, кроме паяльников с так называемым необслуживаемым жалом, выполненным по специальной технологии [ 1 ]. В первую очередь жало паяльника очищают от остатков припоя, окалины и разрушенных участков. Очистка паяльника проводится механическим и химическим способами. При механической очистке используют металлическую щетку для удаления остатков разрушенного слоя металла, который ускоряет растворение изготовленного из меди жала в припое и способствует образованию раковин, препятствующих стеканию припоя в место пайки и ухудшающих тепловой контакт жала с элементами пайки. При химическом способе используют специальную пасту, например ТТС-1 или 10%-ный раствор пищевой соды, подогретый до температуры 50—60°, для быстрой и эффективной очистки и лужения насадок паяльников. Этот способ обеспечивает щадящий режим обработки металла, увеличивая его износостойкость и долговечность.

Перед облучиванием элементов пайки паяльник включают в сеть и нагревают в течение 2—3 мин. Затем разогретое жало прижимают к кусочку твердой канифоли, которая, растекаясь по жалу, предохраняет его от окисления. Покрывать жало слоем канифоли нужно сразу же, как только оно нагреется до температуры начала плавления канифоли (примерно 180 °C). Перегрев жала паяльника перед контактом с канифолью недопустим. Если жало паяльника перегрело и его защищенная часть покрылась слоем оксида меди, то паяльник остужают и жало опять обрабатывают.

Как только жало паяльника нагреется до рабочей температуры (плавления припоя), его рабочую поверхность покрывают припоеем, втирая его в поверхность жала с помощью мелкой наждачной шкурки до появления тонкой пленки припоя.

При работе с паяльником нельзя допускать как его перегрева, так и недостаточного нагрева. Перегрев приводит к окислению жала и появлению на нем раковин, недогрев — к некачественному соединению деталей. Контроль за температурой жала паяльника ведется на специальных устройствах (рис. 1.2).

Качество пайки зависит также от качества подготовки паяемых поверхностей, которые должны быть тщательно защищены от оксидов и жиров и облучены. Облученные детали не должны иметь разрывов в пленке припоя, вкраплений и наплывов. При правильной подготовке продолжительность пайки не должна превышать 3—5 с.

Паяные соединения могут быть выполнены внахлест, встык, а также телескопическим, тавровым, торцовыми и комбинированным способами.

Соединения внахлест являются наиболее распространенными в паяных электронных конструкциях, так как позволяют при изменении степени перекрытия деталей достигать заданных

Научная библиотека  
Российского государственного  
профессионально-педагогического  
университета  
г. Екатеринбург

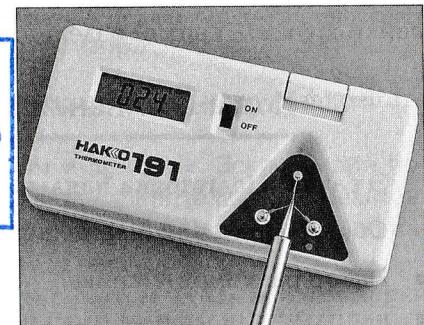


Рис. 1.2. Цифровой прибор контроля температуры жала паяльника

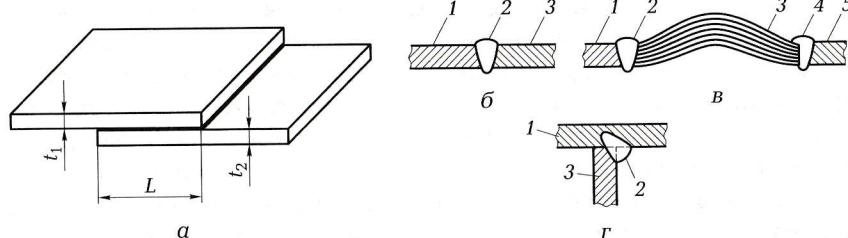


Рис. 1.3. Виды паяных соединений:

*а* — соединение внахлест:  $L$  — длина участка пайки;  $t_1$  и  $t_2$  — толщины проводников; *б* — стыковое соединение: 1 и 3 — проводники; 2 — место пайки; *в* — стыковое соединение гибких проводов: 1 и 5 — проводящие дорожки; 2 и 4 — место пайки; 3 — гибкие провода; *г* — торцевое стыковое соединение: 1 и 3 — проводники; 2 — место пайки

свойств соединений. В радиомонтаже чаще всего используют соединения внахлест (рис. 1.3, *а*) и встык (рис. 1.3, *б*, *в*, *г*).

Стыковые соединения в паяных изделиях применяются реже, чем соединения внахлест, так как они не всегда обеспечивают необходимое качество соединения.

Качество получаемых соединений во многом зависит от способов нанесения флюса на паяемые детали и припои. Выбор технологии нанесения флюса определяется его составом, технологической схемой процесса пайки, конструкцией и размерами паяемого узла. На практике наибольшее распространение получили методы нанесения флюса кистью, погружением, накатыванием вращающимися щетками или валиками и напылением. Нанесение флюса кистью или погружением в ванну, наполненную жидким флюсовым составом, применяются, как правило, только в мелкосерийном производстве. Методом погружения можно наносить флюс различной вязкости. Накатывание и распыление флюса применяют в автоматизированных и полуавтоматизированных системах пайки крупной партии изделий.

## Ход выполнения работы

### Этап 1. Подготовка паяльника к работе

#### Оборудование, материалы и приспособления

- Набор радиомонтажника;
- напильник (надфиль) плоский мелкозернистый;

- пинцет;
- скальпель (монтажный нож);
- тиски;
- металлическая щетка;
- паста чистящая типа ТТС-1;
- набор батистовых салфеток;
- спиртоэфирная смесь — 25 г;
- флюс жидкий и твердая канифоль;
- припой марки ПОС-61;
- мелкозернистая наждачная бумага («нүлевка»);
- паяльник типа ЭПСН, паяльная станция;
- устройство для контроля температуры или термопара.

#### Задание 1. Подготовка жала ЭПСН

1. Ознакомьтесь с инструкцией по технике безопасности (ТБ) и охраны труда (ОТ) при проведении паяльных работ.

2. Включите вытяжную вентиляцию.

3. Получите разрешение у преподавателя после проверки знаний по ТБ и ОТ.

4. Извлеките жало из корпуса паяльника и закрепите его в тисках.

5. Очистите жало от окалины с помощью металлической щетки и чистящей пасты.

6. При наличии трещин, ямок, наплыдов окалины уложите жало на наковаленку и осторожно с помощью молотка обстучите его со всех сторон до получения ровной плотной поверхности.

7. С помощью напильника придайте концу жала форму в виде лопатки с ровной блестящей поверхностью.

**Внимание!** Запрещается обтачивать и подвергать механическому воздействию необслуживаемое жало паяльника.

8. Установите жало в корпусе паяльника до упора и закрепите его винтом.

9. Подготовьте емкости с флюсом и припоеем. Если припой по-дан в виде прутков, он должен быть предварительно размельчен. В качестве флюса используйте твердую канифоль или жидкую канифоль на основе водного спиртового раствора.

10. Обезжирьте наконечник жала спиртом или бензином марки «Калоша».

11. Обсушите жало сжатым воздухом или у вентиляционного входа.

12. Подготовьте к работе прибор измерения температуры жала. Установите экспериментально скорость разогрева паяльника, результаты измерений занесите в табл. 1.2.

**Таблица 1.2. Зависимость температуры жала паяльника от продолжительности разогрева**

Интервал разогрева, мин	Температура жала паяльника, °C
1*	50**
...	...

\* При приближении значений температуры к рабочей области интервал снятия показаний сократить до 10 с.

\*\* Температура жала должна быть ниже 300 °C.

13. При достижении максимальной температуры отключите паяльник от сети и снимите кривую охлаждения.

14. Постройте график зависимости (температурный профиль) нагрева жала паяльника и его охлаждения во времени.

Следить за температурой жала необходимо постоянно. Это распространяется также и на паяльники с автоматической регулировкой температуры, входящие в составы паяльных станций.

15. Доведите температуру жала в соответствие с графиком до температуры плавления флюса 180—200 °C. Поместите разогретое жало паяльника в твердую канифоль на 3—5 с до получения на его поверхности ровного темно-коричневого слоя.

16. Доведите температуру жала паяльника до температуры 230—250 °C, поместите на его наконечник каплю припоя. С помощью наждачной бумаги возвратно поступательными движениями вотрите припой в наконечник жала до получения ровного блестящего слоя без наплыков.

Большое количество припоя при облучивании может привести к ухудшению качества подготовки паяльного оборудования к работе, а недостаточное количество припоя — к микротрецинам, неровностям, «лужкам» и т. д.

17. Отключите паяльник от сети и охладите его до комнатной температуры. Поверхность жала должна быть ровной блестящей, без выбоин и сколов.

18. При обнаружении брака повторите операции подготовки жала и пайки.

19. После окончания процесса пайки металлической щеткой снимите окалину с неиспользуемой части жала, протрите его батистовой салфеткой, смоченной спиртом.

### **Задание 2. Подготовка паяльника в составе паяльной станции**

1. Выполните действия, приведенные в п. 8—18 задания 1.

2. Проверьте температуру жала и показания прибора и определите погрешность измеряемой и фактической величины.

При наличии в паяльной станции дисплея, показывающего температуру, она принимается за измеряемую величину, а показания устройства — за фактическую.

3. Доведите температуру жала до 300 °C, замеряя ее через 1 мин.

4. Результаты занесите в табл. 1.3.

**Таблица 1.3. Результаты измерений температуры жала паяльника паяльной станции**

Продолжительность, мин, разогрева	Температура показания паяльной станции, °C	Температура показаний устройства измерения, °C
1	50	49,5
...	...	...

### **Этап 2. Выполнение элементарных паяльных операций**

#### **Оборудование, материалы и приспособления**

- Набор радиомонтажника;
- пинцет;
- нитрильные перчатки для защиты рук;
- защитные очки;
- монтажный нож;
- тиски;
- набор батистовых салфеток;
- спиртоэфирная смесь — 25 г;
- паяльник ЭПСН, паяльная станция;
- асбестовая пластинка;

- геометрический угольник;
- обмоточный эмалевый провод типа ПЭВ-1, -2 или ПЭВТЛ-1;
- жидкий флюс;
- припой марки ПОС-61;
- паяльная жидкость десмальтол или лимонная кислота.

### **Задание 1. Подготовка проводов к пайке**

1. Подготовьте отрезок эмалевого медного провода длиной 15 см сечением 1—1,5 мм<sup>2</sup>.

2. Выполните формовку провода с наименьшим участками закручивания, изгибов и вмятин.

3. Механическим способом уберите эмалевую изоляцию с помощью монтажного ножа.

**П р и м е ч а н и я:** 1. Снять изоляцию с провода марки ПЭВ можно с использованием раствора муравьиной кислоты (лимонной кислоты) или десмальтола, погружая в них провод.

2. При использовании провода марки ПЭВТЛ с полиуретановой изоляцией предварительное снятие изоляции не требуется.

4. Зажмите подготовленную заготовку в тиски в вертикальном положении.

5. Подготовьте паяльник к работе (см. этап 1, задание 1, п. 1—17).

6. С помощью паяльника нанесите разогретый флюс на поверхность защищенного провода, добиваясь равномерного распределения флюса по всей его поверхности.

7. Доведите температуру паяльника до рабочей температуры пайки (рабочая температура припоя марки ПОС 61~280 °С).

8. Нанесите припой поверх флюса, медленно передвигая жало вдоль провода снизу вверх.

9. Добейтесь ровного без разрывов и наплывов покрытия провода тонким слоем припоя.

10. Для закрепления навыков операцию по подготовке проводов к пайке повторите не менее чем для 10 отрезков провода.

### **Задание 2. Соединение проводов с помощью пайки**

1. Подготовьте 10 отрезков медного провода длиной 10 см сечением 0,5—1 мм<sup>2</sup>.

2. Отформуйте и облудите полученные отрезки провода (см. задание 1, п. 1—9).

3. На ровной поверхности выложите из четырех отрезков правильный четырехугольник, соблюдая соосность отрезков.

4. Нанесите на концы проводов капельки припоя.

От лишнего припоя на жале паяльника избавляются периодической протиркой его асбестовой пластинкой.

5. Закрепите в тисках один из проводов, а вторым манипулируйте с помощью пинцета.

6. Состыкуйте провода (рис. 1.3, б).

7. Спаяйте отрезки проводов в местах стыка до получения прочного соединения, проверьте на механическую прочность спаянные швы.

8. Операции, указанные в п. 5—6, повторить до получения из четырех отрезков провода квадрата (соответствие углов контролировать угольником).

9. Замерьте сторону полученного прямоугольника, разделив ее на шесть отрезков.

10. Выровняйте размеры оставшихся отрезков проводов с помощью бокорезов до внешнего размера прямоугольной рамки.

11. Припаяйте полученные отрезки провода к рамке внахлест (рис. 1.3, а) через равные промежутки, при этом длина нахлеста (*L*) должна быть равной диаметру (*D*) проволоки.

12. Пропаяйте полученную конструкцию в местах стыка отрезков провода и проверьте на механическую прочность.

13. Удалите с помощью воды и кисточки остатки флюса с поверхности полученной конструкции.

14. Проверьте качество полученного изделия.

15. Составьте технологическую карту по форме, приведенной в табл. 1.4, с указанием продолжительности каждой технологической операции.

**Таблица 1.4. Пример составления технологической карты**

№ п/п	Описание операции	Материалы и инструменты	Продолжительность операции
1	Подготовка отрезков провода	Бокорезы; линейка; штангенциркуль	10 мин 15 с
...	...	...	...

## **ВОПРОСЫ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ**

1. Опишите технологию подготовки паяльника и паяльной станции к работе.
2. Как очистить эмалевую изоляцию с обмоточных проводов?
3. Какие недостатки могут возникнуть при облучивании проводов?
4. Как припаять медный провод к алюминиевому (дюралюминиевому) экрану? Какие флюсы и припои используются в этом случае?
5. Как очистить паяные соединения от флюса?

## **Лабораторная работа № 1.3**

### **ФОРМИРОВАНИЕ НАВЫКОВ НАВЕСНОГО МОНТАЖА**

#### **Цели работы:**

1. Закрепить знания по технологии навесного монтажа радиоэлементов (монтаж в отверстия).
2. Сформировать первичные навыки выполнения электрических соединений при навесном монтаже.
3. Научиться определять брак при пайке и принимать меры по его исключению.

Порядок выполнения операций навесного монтажа, используемое оборудование и материалы зависят от степени интеграции, сложности монтируемого устройства и используемых элементов. При подготовке печатной платы и элементов к монтажу производят очистку платы от окисных пленок, защиту токопроводящих дорожек, промывку и сушку, формовку выводов радиоэлементов и их облучивание. Перед защитой платы мастикаами или лаками проводят маркировку ее офсетной печатью в соответствии с монтажной (топологической) схемой и спецификацией. На плате наносят номер согласно конструкторской документации для идентификации ее при настройке, ремонте и замене, наименование элементов, их контуры, а для микросхем, кроме того, указывают «ключ» или первый вывод, для диодов, тиристоров и транзисторов — расположение всех электродов.

Как известно, при единичном и мелкосерийном производстве формовка выводов и установка радиодеталей осуществляются вручную с помощью вакуумного или обычного пинцета в отверстия, просверленные на плате. Установку начинают со штырей, лепестков, навесных шин и прокладок, при этом корпуса элементов не должны касаться друг друга. Монтажник по схеме или маркировке на плате определяет местоположение элемента, извлекает его из тары, устанавливает и механически закрепляет его.

Электрические соединения выполняют преимущественно пайкой, расплавленным припоем под действием постоянного или импульсного нагрева зоны соединения. При одностороннем монтаже навесных элементов на плате и фиксации их положения (подгибка, приклеивание и т. п.) можно использовать пайку волной. Индивидуальную пайку планарных выводов микросхем и других эле-

ментов проводят паяльником с импульсным или инфракрасным (ИК) нагревом, лучом лазера или струей газа.

Во время пайки необходимо следить за тем, чтобы жало паяльника не касалось печатных проводников и корпусов близко расположенных элементов. Окончив пайку, выступающие выводы деталей укорачивают. На плате не должно оставаться капель припоя и междуречечных замыканий. Паяные узлы очищают от остатков флюса с помощью специальных аэрозолей, водой или спиртом. В отдельную операцию выделяется пайка соединителей разъемов, клемм и переходников. Эту операцию выполняют в основном вручную паяльником или паяльным феном при повышенной температуре и коротком контакте с платой.

Кроме пайки при навесном монтаже используются неразъемные соединения, выполняемые методом впрессовывания контактных штырей в металлизированные покрытия плат и оснований, образующих за счет холодной деформации плотное соединение. Наличие на конце контактного штыря специальной пуклевки создает упругую деформацию при впрессовывании штыря в отверстие и формирует прочный контакт.

Монтаж проводников на штырях выполняется либо пайкой, либо накруткой. Рабочий участок провода освобождают от изоляции и облучивают. Острые края прямоугольного штыря обеспечивают прочный контакт.

Особое внимание при монтаже уделяется контролю за качеством паяных соединений. Брак пайки приводит к отказам аппаратуры.

На рис. 1.4 показаны некоторые виды брака при пайке навесных элементов.

На заключительной стадии формирования узла или устройства выполняют резьбовые соединения крупных деталей, крепление проводов и радиаторов, мероприятия по влаго-, электро- и пылезащите и т. д.

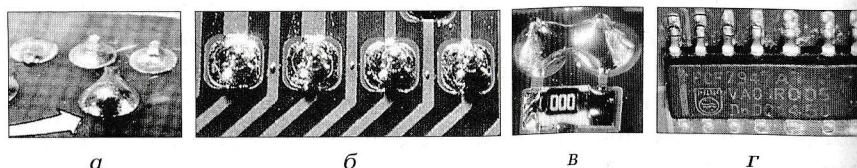


Рис. 1.4. Виды брака при пайке:

а — наплысы — избыточное количество припоя; б — разбрзгивание шариков припоя; в — перемычки припоя; г — «холодная» пайка

## Ход выполнения работы

### Этап 1. Подготовка платы к навесному (объемному) монтажу

#### Оборудование, материалы и приспособления

- Набор радиомонтажника;
- приспособление для накрутки выводов на контактные детали;
- набор пуклевок (штырей);
- монтажная и принципиальная схемы устройства;
- лупа с подсветкой;
- мультиметр;
- припой и флюс;
- антистатический браслет;
- паяльная ванна;
- защитный лак (полиуретановый);
- держатель платы;
- заготовка платы с нанесенным рисунком проводников и контактными площадками (можно использовать демонтированные платы, т. е. бывшие в употреблении);
- плата установочная.

#### Задание 1. Подготовка платы к монтажу. Подбор и установка радиоэлементов

1. Подготовьте рабочее место, проверьте освещение, заземление, вентиляцию.
2. Установите на рабочем столе держатель плат.
3. Обеспечьте эффективное освещение рабочего стола и места монтажа.
4. Приступите к работе после изучения правил ТБ и ОТ при проведении паяльных работ.
5. Наденьте антистатический браслет и подключите его.
6. Подготовьте плату к работе, для чего:
  - 6.1) закрепите плату или ее заготовку в держателе печатных плат;
  - 6.2) очистите плату механическими средствами с помощью металлической щетки и мелкодисперсной наждачной бумаги;
  - 6.3) проведите химическую очистку проводниковых дорожек спиртом;

6.4) распылите или нанесите кистью раствор флюса на проводящие дорожки и контактные площадки;

6.5) проведите облучивание проводниковых дорожек и контактных площадок;

6.6) покройте плату защитным лаком за исключением контактных площадок.

7. Ознакомьтесь с монтажной схемой монтируемого устройства.

Для ознакомления может быть использована любая монтажная схема или набор элементов по спецификации (на усмотрение преподавателя) для монтажа на установочную плату.

8. Замерьте расстояния между контактными площадками (отверстиями) для радиоэлементов.

9. Подберите радиоэлементы и проведите входной контроль (определите номиналы и оцените внешний вид радиоэлементов).

П р и м е ч а н и я. 1. Определение номиналов и тип элемента производится по внешнему виду, символьным меткам и цветным полосам, а также с помощью мультиметра.

2. Фактическое значение — это показания мультиметра или другого измерительного устройства (измерителя емкости, индуктивности и т. д.).

10. Результаты выполнения задания занесите в табл. 1.5 по приведенному примеру.

Таблица 1.5. Входной контроль радиоэлементов

№ п/п	Расположение элемента на схеме	Наименование радиоэлемента	Расстояние между контактными площадками	Результаты входного контроля
1	R5	Резистор МЛТ, номинальное сопротивление — 100 Ом $\pm 5\%$ , 2 Вт	15 мм	Имеются потертости на лаковом покрытии, фактическое сопротивление составляет 99 Ом
...	...	...	...	...

#### Задание 2. Установка на плате монтажных штырей.

1. Выполните установку штырей с использованием пуклевок и клепки.

2. С помощью круглогубцев и плоскогубцев проведите формовку выводов радиоэлементов в соответствии с ГОСТ 29137—91.

Не допускается изгиб выводов более чем на 90°, за исключением вертикального расположения элементов.

3. Выполните изгиб концов выводов в виде зига для крепления деталей в контактных отверстиях. Допускается крепление элементов загибом выводов с обратной стороны в пределах контактной площадки.

4. Выполните накрутку выводов элементов, предусмотренных для монтажа на установленные штыри.

5. Переверните плату и убедитесь, что все элементы надежно закреплены.

### Этап 2. Пайка радиоэлементов

#### Оборудование, материалы и приспособления

- Набор радиомонтажника;
- паяльник (паяльная станция);
- флюс марки ЛТИ-120;
- припой трубчатый марки ПОС-61 (диаметр 0,6 мм);
- лупа с подсветкой;
- мультиметр;
- аэрозоль для удаления флюса.

#### Задание 1. Пайка радиоэлементов навесного монтажа

1. Подготовьте паяльник (паяльную станцию) к работе.
2. Нанесите жидкий флюс на контактные площадки и выводы радиоэлементов, установленных при выполнении этапа 1.
3. Наденьте антистатический браслет и подключите его.
4. Проведите пайку элементов.
5. Удалите с контактных площадок остатки флюса и «брьзги» припоя.

#### Задание 2. Определение брака пайки и меры по его предупреждению

1. По указанию преподавателя обменяйтесь платами с другим обучающимся.

2. По результатам выполнения задания 1 определите наличие брака на проверяемой плате и его вид.

3. Выводы по определению брака занесите в табл. 1.6 в соответствии с приведенным примером.

4. Проведите демонтаж радиоэлементов с платы с использованием оплетки и паяльника, подготовьте плату ко вторичному использованию.

**Таблица 1.6. Показатели брака выполненной пайки**

№ п/п	Радиоэлемент на схеме	Вид брака	Причина	Меры по исправлению брака
1	R3	Наплыв	Передозировка припоя	
...	...			

5. Очистите отверстия в плате от остатков припоя и флюса.

6. Выполните операции по исправлению брака, результаты занесите в табл. 1.6.

### **ВОПРОСЫ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ**

1. В каких случаях при навесном монтаже используются штыри?
2. Опишите технологии крепления проводов и выводов накруткой.
3. Укажите способы крепления радиоэлементов на плате.
4. Какие виды припоя и флюса используются для пайки радиоэлементов? Укажите их основные свойства.
5. Укажите особенности навесного монтажа.
6. Приведите примеры неправильной формовки выводов радиоэлементов.

## **Лабораторная работа № 1.4**

### **ТЕХНОЛОГИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО МОНТАЖА**

#### **Цели работы:**

1. Ознакомиться с основными приемами технологии поверхностного монтажа.

2. Изучить приемы пайки поверхностно монтируемых элементов.

Технология поверхностного монтажа имеет существенные отличия от технологии монтажа в отверстия:

- плата для поверхностного монтажа радиоэлементов не имеет монтажных отверстий;
- для пайки используется паяльная паста, которая состоит из шариков смеси припоя с флюсом на клеевой основе;
- паяльная паста наносится на контактные площадки до установки элементов на плату с помощью технологического шприца либо через трафарет.

При крупносерийном производстве для нанесения паяльной пасты используется метод трафаретной печати. Трафарет (металлический шаблон) совмещают с печатной платой по реперным (контрольным) знакам и сверху ракелем втирают паяльную пасту.

При единичном производстве РЭА используется диспенсорный метод нанесения припойной пасты. Под действием сжатого воздуха паяльная паста выдавливается через иглу диспенсора — шприца на контактные площадки. После нанесения паяльной пасты проводят установку SMD-компонентов обычным или вакуумным пинцетом.

Пайка элементов может осуществляться несколькими способами: паяльником с волновым жалом, обычным паяльником (паяльной станцией), конвекционной пайкой горячим воздухом при линейном расположении элементов, оплавлением.

Технология единичного или опытного производства и ремонта РЭА состоит в следующем:

- на предварительно очищенные контактные площадки диспенсором наносится припойная паста;
- позиционируется и устанавливается на контактные площадки корпус электронного элемента;
- сушка паяльной пасты выполняется паяльником или паяльным феном. Критерием окончания сушки является испарение флю-

- совой составляющей паяльной пасты и оценивается визуально по появлению на поверхности пасты зернистости;
- пайка проводится в течение 3—4 с касанием жала паяльника края контактной площадки, на которую нанесена паяльная паста.

**П р и м е ч а н и я:** 1. При пайке горячим воздухом или волной припоя корпуса элементов предварительно приклеиваются с помощью клея-мастики типа У-9М с наполнителем (ОСТ-92-4685—85).

2. Процесс пайки и сушки должен быть непрерывным. После сушки паяльник подносится к выводам для оплавления пасты.

Для формирования паяного соединения минимальная температура пайки (температура на плате) должна быть на 15 °С выше температуры плавления припоя. При этом следует учитывать погрешности измерительного оборудования и разброс температур на плате в зависимости от сложности изделия, поэтому реальная минимальная температура пайки должна находиться в диапазоне 235—245 °С для припоя, содержащего свинец, или паяльной пасты.

Метод трафаретной печати используется при насыщенной схеме, с малым расстоянием между проводниками, при пайке микросхем с большим числом выводов или в корпусах типа BGA (выводы располагаются под корпусом). В этом случае пользуются трафаретом, предлагаемым производителем микросхем. При использовании безсвинцовых технологий пайки требуется более высокая температура жала паяльника, примерно на 20—30 °С.

Качество пайки планарных элементов (chip-компонентов) оценивается по следующим показателям:

- форма поверхности припоя паяного соединения должна быть в виде галтели, т. е. иметь вогнутую форму. Допускается незначительная выпуклость поверхности припоя. Угол между поверхностью контактного узла (по вертикали) и поверхностью припоя паяного соединения не должен быть менее 120°;
- контактные узлы chip-компонентов не должны смещаться за пределы контактных площадок платы:
  - а) по ширине более чем на 25 % от ширины контактного узла;
  - б) по длине контактный узел chip-компонента не должен выходить за пределы контактной площадки;
  - в) минимальное перекрытие металлизацией chip-компонента контактной площадки платы (с каждой стороны) должно составлять 0,15 мм;

- не допускаются развороты (повороты) и смещения chip-компонентов относительно контактных площадок, приводящие к выходу контактной части выводов за пределы контактных площадок платы более чем на  $\frac{1}{4}$  от их размеров, как по длине, так и по ширине, или, если расстояние между соседними компонентами и проводниками составляет менее 0,15 мм;
- не допускаются трещины и сколы на корпусах chip-компонентов, отслаивание и нарушение целостности контактной металлизации (выводов) компонентов.

При монтаже на плату SMD-микросхем или интегральных микросхем с 2—4-сторонним расположением планарных выводов (типа «ласточкиного» крыла) и шагом от 0,3 до 0,65 мм соблюдают следующие правила:

- не допускается смещение выводов микросхем по ширине за пределы контактных площадок платы более чем 10 % от ширины выводов микросхем;
- предпочтительной формой паяных соединений должна быть «галтель» или «заливная» форма. Допускаются паяные соединения с «видимой» пайкой плоской части выводов микросхем к плате и охватом припоеем боковой части выводов;
- не допускаются «усы» на паяных соединениях и наплыты припоя на выводах микросхем, которые могут привести в дальнейшем к короткому замыканию. Минимальное расстояние в таких «узких» местах должно быть не менее 0,15 мм.

Сколы и трещины на корпусах микросхем, а также деформация выводов как у корпуса, так и в монтажной зоне не допускаются.

## Ход выполнения работы

### Этап 1. Поверхностный монтаж дискретных элементов.

#### Оборудование, материалы и приспособления

- Наклонный столик с лотком для кассеты и упорами для фиксации платы;
- ультразвуковая ванна;
- шприцы с паяльными пастами типа SMT623602-38 (SAC-305), содержащей свинец, и SMT9603005-38 (без содержания свинца);
- электронный микроскоп для монтажа платы типа SMD или лупа с подставкой;

- пинцет обыкновенный с насадками диаметром 0,8—1,2 мм;
- паяльная станция или паяльник мощностью до 20 Вт;
- оснастка для ручной установки поверхностно монтируемых элементов;
- демонстрационная плата;
- аэрозоль для чистки платы после пайки;
- набор элементов в корпусах типа 0201, SOT23 и 0603;
- антистатический браслет;
- кисточка;
- секундомер.

**Задание 1. Подбор, установка и пайка поверхностно монтируемых элементов**

1. Подберите элементы поверхностного монтажа с корпусами типа 0201, SOT23 и 0603 (диоды, транзисторы, конденсаторы, резисторы).

2. Определите параметры чип-компонентов по справочникам и внешнему виду. Результаты занесите в табл. 1.7.

**Таблица 1.7. Показатели входного контроля элементов**

№ п/п	Тип корпуса	Элементы	Параметры и характеристики
1	SOT23	Диод	
...	...	...	...

3. Установите демонстрационную плату в держатель, добиваясь ее удобного для пайки положения.

4. Нанесите дисперсионным способом пасту с содержанием свинца на контакты корпуса типа SOT23 и пасту без содержания свинца на контакты корпусов 0201 и 0603.

1. Паста наносится по центру контактных площадок слева-направо для микросхем с шагом выводов, равным 0,65 мм, на контактные площадки которых паста размещается в шахматном порядке.

2. Рекомендуется размещать иглу дозатора под углом 30°—60° к плоскости печатной платы, подъем иглы после нанесения дозы пасты следует осуществлять строго вертикально.

5. С помощью пинцета установите элементы поверхностного монтажа таким образом, чтобы их выводы точно совпадали с контактными площадками.

Пользуйтесь только антистатическим инструментом, в противном случае компоненты будут «прилипать» к пинцету, и качественная установка станет невозможной.

6. Просушите паяльную пасту, нагревая ее паяльником при температуре 120—160 °C в течение нескольких секунд, при этом контролируя визуально степень ее высушивания, а продолжительность — по секундомеру. Проведите высушивание пасты при различных температурах.

7. Результаты проведенных работ занесите в табл. 1.8.

**Таблица 1.8. Результаты выполнения задания**

№ п/п	Вид работ	Тип корпуса	Температура, °C	Продолжительность, с
1	Просушка	0603	120	10
	...	...	...	...
2	Пайка	0603	200	5
	...	...	...	...

Период от момента нанесения пасты до высушивания не должен превышать 24 ч.

8. Установите и подключите электронный микроскоп (лупу с подсветкой), сфокусировав его на месте пайки.

9. Разогрейте паяльник до температуры 235 °C и пропаяйте выводы компонентов установленных на припой, содержащий свинец, контролируя процесс по экрану монитора (в случае использования микроскопа) либо через лупу.

Нельзя касаться жалом паяльника выводов элементов, а только края паяльной пасты.

10. Проверьте качество пайки через 2—3 мин на сдвиг компонентов при механическом воздействии пинцетом.

После пайки компоненты должны располагаться ровно на своих контактных площадках, выводы транзисторов и диодов не должны иметь зазоров, пайка должна быть выполнена без наплынов и растресканий (рис. 1.5).

11. Выполните пайку при различных температурах, фиксируя время полимеризации припоя и качество пайки.

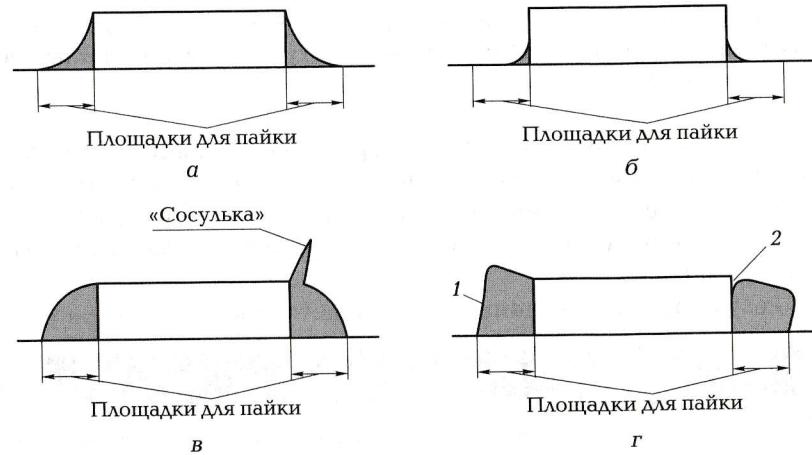


Рис. 1.5. Определение качества пайки SMD-компонентов:

*a* — пайка выполнена правильно; *б* — брак — недостаточное количество припоя; *в* — брак — избыток припоя, приводящий к появлению «сосульки»; *г* — избыток припоя, приводящий к наплыву 1, или отсутствие прилипания припоя 2, приводящее к эффекту «холодной пайки»

12. Результаты выполнения работы занесите в табл. 1.8.

13. Удалите с платы остатки флюса с помощью спрея или изо-  
пропилового спирта.

#### **Задание 2. Пайка с применением бессвинцового припоя**

1. Подготовьте плату к монтажу.
2. Нанесите на контактные площадки бессвинцовый припой.
3. Проведите сушку припоя паяльником при разных температурах, фиксируя продолжительность высушивания по секундомеру.
4. Результаты выполненных работ занесите в табл. 1.8.
5. Разогрейте паяльник до температуры 235—285 °C и пропаяйте выводы компонентов на бессвинцовом припое.
6. Проведите пайку радиоэлементов при различных температурах, выбрав однотипный компонент.
7. Результаты занесите в табл. 1.9.
8. Выберите наиболее оптимальный режим пайки свинцовым и бессвинцовым припоеем. Качество пайки оцените визуально.
9. Постройте графики температурного режима сушки и пайки на основе полученных данных для двух видов припоеев.

**Таблица 1.9. Последовательность выполненных работ и оценка их качества**

№ п/п	Опера- ция	Качество подготовки		Темпера- тура паяль- ника, °C	Продолжи- тельность пайки, с	Качество пайки по 5-балльной системе
		Подсушен- ная паста	Неподсу- шенная			
1	Сушка	—	—	120	3	3
...	...	...	...	...	...	...
...	Пайка	+	—	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...

#### **Этап 2. Пайка поверхностно монтируемых микросхем**

##### **Оборудование, материалы и приспособления**

- Паяльная ванна;
- наклонный столик с лотком для кассеты и упорами для фиксации платы;
- ультразвуковая ванна;
- шприцы с паяльной пастой типа SMT623602-38 (SAC-305) и SMT9603005-38 (без содержания свинца);
- паяльная паста с шариками припоя;
- клей-мастика У-9М;
- клей марки СА-35 для фиксации много выводных (более 100 выводов) микросхем;
- электронный микроскоп для монтажа платы SMD или лупа с подставкой;
- пинцет или вакуумный пинцет с насадками диаметром 0,8—1,2 мм с присоской для монтажа микросхем;
- кисточка;
- паяльная станция или паяльник мощностью до 20 Вт;
- паяльный фен;
- термостол;
- стальная игла;

- антистатический браслет;
- оснастка для ручной установки поверхностно монтируемых элементов;
- демонстрационная плата для поверхностного монтажа;
- аэрозоль для очистки платы после пайки;
- набор микросхем в корпусах типа SO14(18, 20) и QFP.

#### **Задание 1. Установка, подбор режимов пайки микросхем в различных корпусах**

1. Изучите типы корпусов микросхем и их назначение по справочной литературе.
2. Сведения об изученных типах корпусов микросхем занесите в табл. 1.10.

**Таблица 1.10. Типы корпусов микросхем и определение технологии пайки радиоэлементов**

№ п/п	Тип корпуса	Назначение	Число выводов	Предполагаемая технология пайки
1	SO14	Мультиплексор	14	Паяльная станция. Селективная пайка

3. Подготовьте паяльное оборудование к пайке.
4. Наденьте и подключите антистатический браслет.
5. Нанесите на контактные площадки флюс.
6. Облудите контактные площадки (слой припоя должен быть тонким и не иметь неровностей) в паяльной ванне или паяльником.
7. Нанесите на «брюшко» микросхемы каплю клея-мастики.
8. С помощью пинцета установите корпус микросхемы так, чтобы ее выводы лежали точно на контактных площадках.

**Примечания:** 1. Предварительно выводы микросхемы необходимо сформовать, добиваясь их параллельности и перпендикулярности относительно площадок.

2. При установке обратите внимание на положение ключа и первого вывода микросхемы. В случае отсутствия точки на плате, определяющей первый вывод микросхемы, обратитесь к технической документации.

9. Прижать микросхему на 2—3 с к плате, контролируя состояние ее выводов (они должны плоско лежать на плате и не загибаться).

**Причина:** В случае необходимости допускается прижать выводы к контактным площадкам стальной иглой.

10. Нанесите на выводы микросхемы капли паяльной пасты.
11. Установите на фене соответствующую насадку, соответствующую конфигурации корпуса микросхемы.
12. Включите фен и отрегулируйте скорость подачи воздуха (микросхему не должно сдувать, а припой не должен разбрзгиваться), направьте поток разогретого воздуха на выводы микросхемы и выдержите в течение 2—3 с.

При пайке паяльником, в первую очередь, пропаивают угловые контакты микросхемы, контролируя точность совпадения выводов с контактными площадками, отстающие выводы пропаивают, придерживая их иглой.

#### **Задание 2. Пайка микросхем в корпусах BGA шариками припоя**

Пайка проводится на микросхемах в корпусах типа Q с различным шагом и числом выводов не более 100. Тип корпуса и число выводов подбираются под демонстрационную плату.

Пайка корпусов BGA имеет свои особенности, так как выводы находятся под микросхемой и при пайке недоступны. Этот вид пайки при отсутствии конвекционных инфракрасных паяльных станций требует особой профессиональной подготовки и выполняется в следующем порядке.

1. Нанесите на контактные площадки демонстрационной платы шарики припоя (для этого лучше всего воспользоваться трафаретом).
2. Облудите выводы микросхемы.
3. Установите микросхему, четко ориентируя ее на контактные площадки по маркерным меткам на плате и микросхеме.
4. Подготовьте термостол (прогревочный стол) к работе.
5. Прогрейте плату с обратной стороны (при отсутствии прогревочного стола можно воспользоваться феном) до минимальной температуры плавления припоя 180—200 °C (устанавливается экспериментально).

При использовании термостола плата с установленной микросхемой помещается на его решетку.

Проконтролировать качество пайки в лабораторных условиях без использования профессионального оборудования невозможно.

## **ВОПРОСЫ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ**

1. Определите основные параметры поверхностно монтируемых компонентов по внешнему виду.
2. Охарактеризуйте основные технологии поверхностного монтажа.
3. Проанализируйте температурный профиль, полученный при поверхностном монтаже.
4. Перечислите способы очистки платы перед монтажом.
5. Укажите основные этапы метода пайки волной при поверхностном монтаже.
6. Назовите особенности пайки оплавлением.
7. Какие существуют методы исправления брака при поверхностном монтаже?

## **Лабораторная работа № 1.5**

### **РАБОТА С ПАЯЛЬНЫМ ФЕНОМ (ТЕРМОВОЗДУШНЫЙ ПАЯЛЬНИК)**

#### **Цели работы:**

1. Изучить принцип работы термовоздушного паяльника.
2. Исследовать основные параметры термовоздушного паяльника.
3. Приобрести навыки работы с термовоздушным паяльником.

Термовоздушный паяльник (паяльный фен, термофен) предназначен для обычной и безсвинцовой пайки SMD-компонентов, восстановления больших печатных плат, ремонта SMD-компонентов и других микросхем, а также для замены, ремонта и восстановления специальных компонентов (металлического защитного покрытия, пластиковых соединителей и пластиковых коннекторов). Кроме пайки электронных компонентов феном паяльной станции удобно усаживать термоусадочную трубку, сгибать или сваривать пластмассовые детали.

Термовоздушные паяльники используются для демонтажа радиокомпонентов. В условиях единичного и мелкосерийного производства и при ремонте плат фен является важнейшим инструментом. Типы корпусов микросхем, для которых эффективен этот метод пайки, следующие:

- PLCC — пластиковый чип с выводами (расстояние между выводами 1,27 мм);
- QFP — квадратный планарный корпус;
- LQFP — низкопрофильный корпус QFP высотой 1,4 мм;
- PQFP — пластиковый корпус QFP (имеет 44 и более выводов);
- CQFP — керамический корпус QFP;
- TQFP — тонкий корпус QFP;
- PQFN — силовой корпус QFP без внешних выводов, с площадкой для радиатора.

Принцип работы термовоздушного паяльника основан на создании потока воздуха, нагретого до 500 °C при скорости воздушного потока 25 л/мин.

В табл. 1.11 приведены характеристики основных видов термовоздушных паяльников.

**Таблица 1.1.1. Типы термовоздушных паяльников и их характеристики**

Тип фена	Номинальная температура нагрева, °C	Скорость потока воздуха, м/мин	Температура рабочего газа, °C	Номинальная температура воздуха, °C					
AOYUE-998	500	Диафрагменный	«	100—480	Аналого-вый	Светодиодный	Цифровой	«	Вакуумный
AOYUE-Int852A+	250	«	«	200—480	«	«	«	—	пинцет
KADA858	550	Турбинный	«	100—480	Аналого-вый	Светодиодный	«	—	—
YX-868	750	«	«	—	—	—	—	—	—

Различают термовоздушные паяльники диафрагменного и турбинного типа с цифровой или аналоговой регулировкой температуры и скорости потока.

В основе конструкции термовоздушного фена диафрагменного типа лежит принцип работы диафрагмы или мембранных систем клапанов и патрубков организованная подача воздуха с помощью вакуума на входе фена и выброс воздуха (нагнетание) на его выходе.

В турбинных двигателях термовоздушных паяльников используется крыльчатка. Турбинные двигатели имеют меньшие размеры, но создают больше шума.

## Ход выполнения работы

### Этап 1. Освоение приемов работы с термовоздушным паяльником, изучение режимов его работы

#### Оборудование, материалы и приспособления

- Паяльная станция с термовоздушным паяльником;
- демонстрационная плата;
- секундомер;
- дополнительные аксессуары к термовоздушной станции: датчик А — для измерения температуры потока воздуха и датчик В — для измерения температуры поверхности паяемого элемента;
- измеритель скорости воздуха — крыльчатый анемометр (термоанемометр) с диапазоном измерений от 0 до 25 м/с.

#### Задание 1. Изучение конструкции и принципа работы термовоздушного паяльника

1. Ознакомьтесь с органами регулировки температуры и скорости потока воздуха термовоздушного паяльника.

2. При включенном питании снимите термовоздушный паяльник с подставки и убедитесь, что через некоторое время он включается автоматически.

Запрещается определять факт включения, температуру и скорость воздуха термовоздушного паяльника рукой.

3. Проконтролируйте скорость потока и температуру воздуха по умолчанию.

4. Положите паяльник на подставку и убедитесь, что он автоматически отключается. Отметьте время отключения по уменьшению шума мотора.

5. Отрегулируйте температуру термовоздушного паяльника и проследите за ее индикацией на дисплее.

6. Установите максимальный поток воздуха, снизьте скорость до минимума.

7. Подберите насадку нужного диаметра для пайки компонентов поверхностного монтажа — микросхем в различных корпусах.

8. Отключите паяльник от сети, произведите замену насадок.

9. Проверьте работоспособность паяльника после смены насадки. Оцените визуально изменение скорости потока воздуха.

10. Проконтролируйте время установки стабильной (требуемой) температуры.

11. Выполните замену нагревательного элемента, для чего:

- отключите питание паяльной станции;
- ослабьте винты на ручке паяльника;
- высвободите кольцо и откройте ручку;
- извлеките крыльчатку и ее оболочку из корпуса;
- отсоедините нагревательный элемент;
- извлеките из корпуса нагревательный элемент и изоляционную трубку;
- закройте новый нагревательный элемент изолятором и вставьте его в стальную трубку ручки фена.

Различные типы термовоздушных станций имеют определенные особенности замены нагревательного элемента, поэтому перед заменой ознакомьтесь с инструкцией по эксплуатации конкретного термовоздушного паяльника.

## Задание 2. Исследование параметров термовоздушной станции

1. Закрепите выносной датчик на корпусе паяльника.

2. Измерительный конец датчика установите на расстоянии 1—2 мм от конца сопла головки.

3. Подключите измерительный конец датчика к измерительному прибору (электронный термометр).

4. Включите паяльник и установите регулятор температуры в крайнее левое положение.

5. Установите регулятор скорости потока воздуха в среднее положение.

6. Проведите два измерения температуры — на краю сопла паяльника и в центре.

7. Повторите измерение температуры при различных положениях регулятора температуры паяльной станции.

8. Результаты занесите в табл. 1.12.

Таблица 1.12. Результаты измерений температуры воздуха термовоздушного паяльника

№ п/п	Положение регулятора температуры	Температура воздуха, °C		Показания внутреннего прибора*, °C
		В центре	На краю	
1	1			
2	2			
3	3			

\* Графа заполняется при наличии внутреннего измерительного прибора в паяльной станции.

9. Поместите измерительный конец датчика А на расстоянии 5, 7 и 10 см от точки предполагаемой пайки на демонстрационной плате.

10. Включите паяльник и установите регуляторы скорости потока и температуры в среднее положение (положение «2»).

11. Измерьте температуру потока в точке пайки. Результаты занесите в табл. 1.13.

Таблица 1.13. Значения фактической температуры воздушного потока в точке пайки

№ п/п	Расстояние от сопла до места пайки, см	Температура в точке пайки, °C	Номинальная температура в центре сопла по табл. 1.11, °C
	5		
	7		
	10		

13. Установите измерительную головку анемометра на предполагаемое место пайки.

14. Проведите автокалибровку измерительного прибора.

15. Включите паяльник и установите ручку регулятора температуры до упора влево (положение «0»).

16. Проведите измерение скорости потока воздуха в трех положениях регулятора и при трех типах насадок для корпусов типа QFP и 0603.

17. Результаты измерения занесите в табл. 1.14.

**Таблица 1.14. Скорость потока воздуха в зависимости от положения регулятора температуры**

№ п/п	Вид насадки	Расстояние до места предполагаемой пайки, см	Положение регулятора			Скорость потока в месте пайки, м/с
			минимальное	среднее	максимальное	
...	...	...	...	...	...	...

## Этап 2. Выполнение пайки и демонтажа с помощью термовоздушного паяльника

### Оборудование, материалы и приспособления

- Паяльная станция с паяльным феном;
- ультразвуковая ванна;
- демонстрационная плата;
- набор компонентов поверхностного монтажа в корпусах типа 0201 и 0603;
- диспенсор с паяльной пастой типа SMT623602-38 (SAC-305);
- флюс марки АТИ-120 или спиртовой раствор канифоли;
- пинцет;
- набор микросхем в корпусах типа DIP и QFP;
- приспособление для демонтажа поверхностно монтируемых микросхем;
- лупа с подсветкой или USB-микроскоп;
- стальная игла.

### Задание 1. Установка и пайка поверхностно монтируемых элементов термовоздушным паяльником

1. Очистите демонстрационную плату в ультразвуковой ванне.
2. Выполните подбор элементов SMD под контактные площадки демонстрационной платы.
3. Нанесите диспенсором паяльную пасту на контактные пло-

4. Установите элементы в корпусах типа 0201 и 0603 на контактные площадки с нанесенной паяльной пастой.

Причина. Допускается установка элементов с перекосом относительно контактных площадок, при этом перекос может достигать 30°.

5. Установите температуру, равную -235 °C и скорость воздушного потока ~ 4—7 м/с термовоздушного паяльника в месте пайки с учетом данных, приведенных в табл. 1.11—1.13.

6. Пропаяйте места установки компонентов в течение 3—5 с.

7. Контролируйте качество пайки визуально с помощью лупы с подсветкой и следите за самоустановкой элементов при пайке.

### Задание 2. Установка и пайка поверхностно монтируемых микросхем термовоздушным паяльником

1. Нанесите на контактные площадки выводов для корпусов типа SOIC и QFP микросхем паяльную пасту.

2. Установите корпуса микросхем с учетом совпадения выводов с контактными площадками (допускается небольшой перекос для корпусов типа SOIC).

3. Подберите насадку для фена под тип корпуса.

4. Установите температурный режим и скорость потока воздуха для пайки с учетом выбранной насадки (см. табл. 1.13).

5. Закрепите микросхему пропайкой угловых выводов обычным паяльником (можно закрепить микросхемы с помощью специального клея — см. лабораторную работу 1.4).

6. Проведите пайку выводов медленно, не останавливаясь, передвигая сопло паяльника вдоль выводов.

Качество пайки контролируйте визуально.

7. С помощью стальной иглы проверьте прочность и качество паяных соединений.

8. Операцию повторите до получения воспроизводимых качественных результатов.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ

1. Назовите виды брака при пайке термовоздушным паяльником.
2. Как зависит температура в месте пайки от конфигурации насадок к термовоздушному паяльнику (фену)?
3. В чем заключаются особенности технологии пайки пассивных элементов термовоздушным паяльником?
4. Каковы особенности технологии пайки микросхем в корпусах типа SMD?
5. Укажите этапы подготовки термовоздушного паяльника к пайке.

## **Лабораторная работа № 1.6**

### **ДЕМОНТАЖ ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ**

#### **Цели работы:**

1. Изучить приемы демонтажа корпусов изделий, блоков и модулей.
2. Освоить приемы демонтажа элементов поверхностного и навесного монтажа, микросхем.

Операции демонтажа используются в случае ремонта или исправления брака, допущенного при монтаже. Качественный, не разрушающий демонтируемые элементы демонтаж снижает брак, увеличивает долговечность изделий, сохраняет их ремонтопригодность. Демонтажные операции включают в себя:

- демонтаж корпуса прибора;
- демонтаж крупных компонентов, блоков и модулей;
- демонтаж элементов с печатных плат.

Демонтаж корпусов радиоэлектронных устройств требует определенных навыков и знаний. Для предотвращения несанкционированного доступа многие производители при сборке корпуса микросхем устанавливают скрытые защелки, потайные фиксирующие узлы и специальные формы головок резьбовых соединений. В этом случае наряду со специальными отвертками пользуются «вскрывателем» корпуса или слайдером (плоская жесткая стальная пластинка). Запрещается использовать отвертки, ножи, шило и др. во избежание непоправимого повреждения корпуса.

Демонтаж крупных элементов, расположенных внутри корпуса изделия, начинают с отключения их от основной схемы, а заканчивают снятием механических креплений к корпусу элементов.

Основную трудоемкость демонтажных операций составляет демонтаж элементов с печатных плат, закрепленных припоеем. При этом используют паяльники — обычновенные, импульсные, газовые и термовоздушные. Средствами для удаления расплавленного припоя являются отсос — механический и полуавтоматический, калибр и лента (оплетка).

Принцип действия механического отсоса заключается во всасывании расплавленного припоя за счет создаваемого подпружиненным поршнем разрежения. Применяется для очистки отверстий печатных плат, крупных элементов, разъемов.

При использовании полуавтоматического отсоса расплавленный припой выталкивается из отверстий с помощью стальных прутков-калибров. Удобен для демонтажа с многослойных плат.

При применении ленты (оплетки) припой удаляется за счет впитывания припоя оплеткой пропитанной флюсом. Оплетка пригодна для удаления избытков припоя с контактных площадок, выводов элементов навесного монтажа и микросхем.

Рассмотренные средства для удаления припоя при демонтаже РЭА недостаточно эффективны при работе с компонентами поверхностного монтажа. Выполнение этой операции возможно только с помощью паяльников, имеющих специальное приспособление — термопинцеты. Кроме того, демонтаж радиоэлектронных элементов может производиться с использованием горячего воздуха, подаваемого через сопло, которое также выполняет роль отсоса припоя с помощью вакуумного насоса (допустимые температура и продолжительность нагрева элементов строго ограничены).

#### **Ход выполнения работы**

##### **Этап 1. Демонтаж устройства и крупных узлов электронных изделий**

###### **Оборудование, материалы и приспособления**

- Набор отверток, в том числе часовых;
- нитрильные перчатки;
- защитные очки;
- монтажный нож или скальпель;
- приспособление для вскрытия корпуса монитора;
- пинцет;
- лупа с подсветкой или USB-микроскоп;
- набор батистовых салфеток;
- ЖК-монитор в сборе (неисправный, бывший в употреблении, размер по диагонали от 14'');
- руководство по сервисному обслуживанию (мануал) монитора.

###### **Задание 1. Демонтаж ЖК-монитора**

1. Подготовьте рабочее место, включите вентиляцию и местное освещение.

- Изучите сервисную документацию на ЖК-монитор (порядок разборки может отличаться в зависимости от марки монитора).
- Уложите монитор на поролоновую прокладку (антистатический поролон) экраном вниз.
- Открутите саморезы, крепящие заднюю крышку монитора к корпусу.
- Вставьте рабочую часть приспособления для вскрытия корпуса монитора в щель между задней и передней крышками.
- Медленно передвигая приспособление вдоль образовавшейся щели, отсоедините заднюю крышку от передней. Проделайте эту операцию для боковых и нижней части корпуса.
- Снимите крышку монитора и отсоедините кабели основной платы от передней панели, модуля питания и панели ЖКИ.
- Открутите винты защитного верхнего экрана монитора с корпуса основной платы и блока питания, снимите экран.
- Открутите винты, крепящие корпус основной платы и корпус блока питания к корпусу панели ЖКИ.
- Ознакомьтесь с внутренним содержанием блоков и сверьтесь с мануалом.
- Нарисуйте эскиз расположения элементов на печатных платах блока питания и основной платы и укажите их назначение.

## **Задание 2. Демонтаж панели ЖКИ**

При выполнении демонтажа соблюдайте меры предосторожности, аккуратно и четко выполняйте следующие действия. Выполнение этого задания предполагает, что полностью выполнены действия задания 1.

- Проверьте эффективность приточно-вытяжной вентиляции, уровень освещенности рабочего стола, которая должна быть не менее 500 люкс.
- Выполните влажную уборку рабочего места.
- Очистите место проведения демонтажа РЭА сжатым воздухом.
- Определите место положения инвертора (см. п. 10 задания 1).
- Отключите от платы инвертора провода подключения ламп подсветки.

В некоторых мониторах плата инвертора находится на одной плате с блоком питания или основной схемой.

- Открутите винты крепления панели ЖКИ к корпусу.

Уложите панель ЖКИ на ровную чистую поверхность с поролоновым покрытием.

- Открутите винты крепления ламп подсветки на корпусе панели.

Вытащите на себя лампы из корпуса панели.

Запрещается покачивать лампы из стороны в сторону, допустима поддержка за провода лампы.

Отделите с помощью слайдера или тонкой шлицевой отвертки металлический бандаж от панели и снимите его.

Наденьте нитрильные перчатки.

Извлеките матрицу ЖКИ со всеми ее элементами в сборе.

Снимите поляризационные фильтры и светофильтры с плоскости рассеивающего стекла, уложите их по порядку, переложив листами пергамента (бумаги). Порядок расположения фильтров запишите.

Проверьте чистоту рассеивающего стекла и сохранность непрозрачных полосок по его краям.

Проверьте чистоту передней и задней сторон панели, фильтров и при необходимости проведите ее очистку мыльным раствором дистиллированной воды, очистителем экранов типа TOPPERR с помощью специальных или батистовых салфеток. После очистки панель просушите сжатым воздухом. На стеклах панели, а также на фильтрах не должно быть подтеков, пыли, отпечатков пальцев.

Составьте технологическую карту последовательности демонтажа панели ЖКИ.

Выполните монтаж монитора в обратной последовательности.

## **Этап 2. Демонтаж компонентов навесного и поверхностного монтажа**

### **Оборудование, материалы и приспособления**

- Наклонный столик с лотком для кассеты с упорами для фиксации платы (держатель плат);
- аэрозоль для отмывки платы после пайки;
- пинцет обыкновенный или вакуумный с насадками шириной 0,8—1,2 мм с присоской для монтажа микросхем;
- лупа с подсветкой или USB-микроскоп;
- стальная игла;
- паяльная станция с паяльным термовоздушным паяльником;

- флюс марки АТИ-120 или спиртовой раствор канифоли;
- плата, бывшая в употреблении, с установленными элементами поверхностного монтажа;
- плата, бывшая в употреблении, с установленными элементами навесного монтажа;
- механический отсос;
- оплетка для демонтажа;
- экстрактор;
- припой из сплава Розе;
- липкая термостойкая лента типа КЛ-11-1,5 (кремнеземная);
- термопара типа Е (ТХКн) или АМ-1118;
- мультиметр.

#### **Задание 1. Демонтаж элементов, установленных в монтажные отверстия**

1. Подготовьте рабочее место, включите вентиляцию и освещение.
2. Закрепите на наклонном столике печатную плату с установленными компонентами (резисторы, конденсаторы, диоды, транзисторы) в горизонтальном положении элементами вниз.
3. Включите паяльник и подготовьте его к работе.
4. Доведите температуру паяльника до 280 °C.
5. Подготовьте оплетку, при необходимости смочите ее жидким флюсом.
6. Приложите оплетку к выводам транзистора.
7. Поднесите жало паяльника к выводу элемента, одновременно прижимая оплетку.
8. Наберите как можно больше расплавленного припоя на оплетку.
9. Передвиньте чистый участок оплетки к следующему выводу и повторите операцию.

Для исключения перегрева и выхода из строя элемента удерживайте паяльник на выводе не более 5 с. Если при этом вывод неполностью очистился от припоя, повторите эту операцию через 2—3 мин до полного удаления припоя с выводов.

10. Демонтируйте с помощью оплетки резисторы и конденсаторы, установленные на плате.
11. Удалите выводы демонтированных элементов из отверстий.
12. Очистите все отверстия от остатков припоя.

Припой в отверстиях, соединенных с шинами заземления или электропитания, прогревается значительно дольше за счет большой теплоотдачи в окружающий слой сплошной металлизации. Воспользуйтесь стальным калибром (иглой) для выталкивания остатков припоя из таких отверстий.

13. Выпаянные элементы уложите в кассету держателя плат.

#### **Задание 2. Демонтаж крупных деталей и разъемов**

1. Уложите плату с крупными деталями (блок питания, плата видеоустройства, материнская плата компьютера) элементами вниз.
2. Включите паяльник.
3. Прижмите жало разогретого паяльника к выводу элемента (трансформатора, дросселя, электролитического конденсатора).
4. Поднесите к выводу под углом примерно 45° «носик» отсоса.
5. Нажмите на кнопку спуска отсоса во время «закипания» припоя.
6. Операцию повторите до полного очищения выводов демонтируемого элемента от припоя.
7. Повторите операции, указанные в п. 1—8, для удаления разъемов PCI и ISA — слоты на материнских платах компьютеров с использованием калибров (стальной иглы).

#### **Задание 3. Демонтаж элементов, установленных методом поверхностного монтажа**

1. Закрепите печатную плату в держателе в горизонтальном положении электронными компонентами вверх.
2. Смочите выводы демонтируемого компонента (транзистора в корпусе типа 0603, микропредохранителя в пластмассовой оболочке) флюсом.
3. Паяльником нанесите припой из сплава Розе на выводы компонента до образования продолговатых капель, скрывающих выводы с каждой стороны детали.
4. Круговыми движениями термовоздушного паяльника прогрейте припой вокруг демонтируемого компонента, пока он не достигнет жидкого состояния.

Температура воздушного потока паяльника должна быть не выше 100 °C.

5. Не дожидаясь застыивания сплава, отсоедините пинцетом деталь с печатной платы.
6. Остатки сплава с выводов и освобожденных контактных площадок удалите с помощью «оплетки».

**Задание 4. Демонтаж микросхем с 4-сторонним расположением выводов в корпусах типа PLCC, PQFP и «реболлинг» и микросхем в корпусах BGA**

1. Установите в ремонтное положение плату с процессором, смонтированным по BGA-технологии (выводы находятся под корпусом).
2. Зафиксируйте липкой термостойкой лентой термопару (термодатчик) на расстоянии 5 мм от корпуса микросхемы.
3. Установите на термофен плоскую насадку по типу корпуса микросхемы.
4. Включите термовоздушный паяльник.
5. Доведите температуру воздуха до 300 °C при среднем положении регулятора скорости потока.
6. Направьте насадку на термопару и отрегулируйте температуру воздушной струи паяльника до 280 °C.
7. Прогрейте разогретым термовоздушным паяльником круговыми движениями корпус микросхемы в течение 10 с, не более.
8. Пинцетом или экстрактором удалите микросхему, не прилагаая чрезмерных усилий.
9. После удаления микросхемы с помощью оплетки удалите с контактных площадок остатки паяльных шариков.
10. Повторите операции 2—9 для микросхем в корпусах типа PLCC и PQFP.

**ВОПРОСЫ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ**

1. Каковы особенности технологии демонтажа корпуса электронного изделия?
2. В чем особенности демонтажа BGA-микросхем?
3. Опишите технологию очистки фильтров матрицы ЖКИ.
4. Почему для вытапки конденсаторов с материнской платы компьютера надо использовать стальные прутки (калибраторы)?
5. Какие меры предосторожности нужно применять при демонтаже высокочастотных транзисторов?
6. Назовите характеристики и параметры припоя «сплав Розе». Какова область его применения?

**Практическая работа № 1.7**

**ПОДГОТОВКА МОНТАЖНЫХ ПРОВОДОВ К ПАЙКЕ**

**Цели работы:**

1. Закрепить знания по технологии выбора и подготовке проводов к эксплуатации.
2. Научиться рассчитывать параметры проводов.

В радиоэлектронике используются следующие виды проводов:

- обмоточные провода в катушках индуктивности, дросселях и трансформаторах;
- монтажные провода для выполнения внутрисхемных соединений и электрической связи модулей и устройств между собой;
- сигнальные провода и кабели для соединения высокочастотных узлов и подключения внешних устройств с использованием различных интерфейсов связи.

Для выбора монтажных и обмоточных проводов используются следующие упрощенные формулы.

Допустимая сила тока при заданной плотности тока  $\Delta$  ( $\text{A}/\text{мм}^2$ ) определяется по формуле

$$I = 0,785\Delta \cdot D^2. \quad (1.2)$$

Здесь  $D$  — диаметр провода, мм, который, в свою очередь, определяется по формуле

$$D = \sqrt{1,27I/\Delta}, \quad (1.3)$$

где  $I$  — сила тока, протекающего по проводу, А.

Если норма плотности тока 2  $\text{A}/\text{мм}^2$ , формула (1.3) примет вид

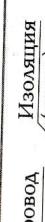
$$D = 0,8\sqrt{I}. \quad (1.4)$$

Диаметр токоведущей жилы (без изоляции) измеряют штангенциркулем или микрометром. Сечение жил многопроволочных проводов определяют по сумме сечений всех входящих в жилу проволок. Расчет сечения,  $\text{мм}^2$ , ведется по формуле

$$S = 3,14D^2/4. \quad (1.5)$$

Некоторые типы монтажных проводов, их характеристики и назначение приведены в табл. 1.15.

Таблица 1.15. Характеристика и область применения монтажных проводов

Марка провода	Характеристика	Эскиз	Интервал рабочих температур, °C	Область применения и свойства
МШП	Однопроволочный, изолированный обмоткой из шелка и полиэтиленом	Привод Обмотка 	-60 ... +70	Для фиксированного внутри- и межприборного монтажа
МПГЛ	Многопроволочный, изолированный обмоткой и оплёткой из лавсанового волокна, лакированный	Привод Изоляция 	-60 ... +150	Фиксированный и нефиксированный внутритехнический монтаж электрических устройств
МГВ	Многопроволочный, изолированный полихлорвинилом	Привод Изоляция (пластикат) 	-60 ... +70	Для фиксированного монтажа схем слаботочной радиоаппаратуры и электроприборов
МГПВЭ	Многопроволочный, изолированный двойной обмоткой из искусственного или пропитанного натурального шелка и полихлорвинилом, экранированный	Привод Изоляция (лента) Изоляция (пластикат) Оплётка 	-60 ... +70	

ПМВ	Однопроволочный, изолированный полихлорвинилом	Жила Изоляция (пластикат) 	-60 ... +50	Для фиксированного монтажа слаботочной радиоаппаратуры
МГПШ	Многопроволочный, изолированный обмоткой из шелка и полиэтиленом	Изоляция (полиэтилен) Жила Обмотка (шелк) 	-60 ... +70	Для фиксированного внутри- и межприборного монтажа
ПВЛ-1 и ПВЛ-2	Многопроволочный, изолированный резиной и оплёткой из стекловолокна	Жила Изоляция (резина) Оплётка (стекловолокно) 	-40 ... +50	При монтаже высоковольтных цепей радиоаппаратуры

## Ход выполнения работы

### Оборудование, материалы и приспособления

- Набор проводов марок МГШВЭ и ПМВ;
- микрометр или штангенциркуль;
- маркировочные трубы;
- фломастер.

### Задание 1. Подбор проводов и подготовка их к монтажу

1. Промаркируйте провода, полученные для выполнения задания, цифрами.

Для маркировки проводов диаметром по изоляции до 1 мм применяют цветные маркировочные трубы с внутренним диаметром, соответствующим наружному диаметру провода.

2. По внешнему виду определите тип провода, пользуясь данными, приведенными в табл. 1.15.
3. Результаты занесите в таблицу 1.16.

**Таблица 1.16. Свойства проводов, подобранных для выполнения практической работы, и их применение**

Номер промаркированного провода	Свойства провода	Область применения
...	...	...

### Задание 2. Расчет и определение параметров монтажного провода

1. Отберите одножильные провода марки ПМВ.
2. Определите диаметр проводов с помощью микрометра.
3. Рассчитайте по формуле (1.5) сечение проводов,  $\text{мм}^2$ .
4. Рассчитайте по формуле (1.2) допустимый ток, протекающий по проводу.
5. Результаты расчета занесите в табл. 1.17.

**Таблица 1.17. Расчетные параметры монтажных проводов**

Номер провода	Диаметр жилы, мм	Расчетное поперечное сечение, $\text{мм}^2$	Плотность тока, $\text{А}/\text{мм}^2$		Сопротивление провода, Ом
			Измененная	Допустимая	

4. Рассчитайте плотность тока и допустимый ток для многопроволочного провода марки МГШВЭ.

5. Рассчитайте сопротивление отрезков проводов.

6. Результаты расчетов занесите в табл. 1.16.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ

1. Как рассчитывается плотность тока?
2. Какой провод выдерживает большую токовую нагрузку — многопроволочный или однопроволочный?
3. Какими способами можно определить диаметр провода?
4. В каких случаях применяется провод марки МГШВ?

## Практическая работа № 1.8

### СНЯТИЕ ИЗОЛЯЦИИ С МОНТАЖНЫХ ПРОВОДОВ

#### Цели работы:

1. Освоить работу с инструментами по снятию изоляции.
2. Сформировать твердые навыки снятия изоляции.

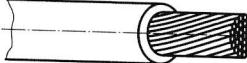
Несмотря на кажущуюся простоту, операция по снятию с монтажных проводов изоляции требует определенных навыков, при которых не происходит разрушение структуры провода, обеспечивается долговечная и безопасная эксплуатация прибора в целом. Снятие изоляции обязательно должно сопровождаться заделкой края провода, невнимательное отношение к которому приводит к обрывам, механическим поломкам и короткому замыканию в цепях РЭА. При снятии с провода изоляции и закреплении его края пользуются правилами, изложенными в ГОСТ 23587—96.

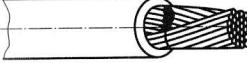
Снятие изоляции выполняют следующими способами:

- с помощью монтажного ножа или скальпеля — при этом лезвие направляется под углом от себя. Способ этот неприменим для очистки изоляции тонких монтажных проводов и сигнальных кабелей. Надрезы, сколы и зачистки приводят к изменению заданных параметров и механической поломке проводов;
- «обжигалкой» — устройство используется как насадка к паяльнику в виде никромовой проволоки, при нагреве которой изоляция плавится и легко снимается. Наилучшее применение для тонких монтажных и сигнальных проводов;
- приспособлением для снятия изоляции — специальными клещами с круглыми ножами для проводов различных диаметров. Это самый щадящий способ, но имеет ограничения по диаметру провода.

При неправильном снятии изоляции с монтажных проводов возможен брак, приводящий к потере качества проводов и их изоляции (табл. 1.18).

Таблица 1.18. Показатели снятия изоляции с монтажных проводов

Схемы	Показатели
	Правильно снятая изоляция

Схемы	Показатели
	Неровный разрез изоляции
	Остатки изоляции находятся на проводе
	Повреждение изоляции провода
	Отдельные проволочки повреждены или разрезаны

#### Ход выполнения работы

##### Оборудование, материалы и приспособления

- Набор проводов различного сечения — однопроволочные марок МШП и ПМВ и многопроволочные — МГШП и ПВЛ;
- инструмент и приспособления для снятия изоляции — монтажный нож или скальпель, клещи, «обжигалка»;
- термоусадочные трубки;
- лавсановые нитки;
- клей ПХВ.

##### Задание 1. Снятие изоляции с однопроволочных проводов

1. Отберите шесть отрезков однопроволочного провода попечерным сечением 0,25, 0,5 и 1 мм.
2. Пользуясь инструментами и приспособлениями, снимите изоляцию с провода на расстоянии 10 мм от края.
3. Закрепите край изоляции наиболее оптимальным способом.
4. Оцените качество выполненной работы в соответствии с табл. 1.18.
5. Добейтесь качественного снятия изоляции тремя способами без надрезов, сколов, стираний и других механических повреждений на всех марках подобранных проводов.

6. Повторите операцию по снятию изоляции с проводов другого диаметра.

#### **Задание 2. Снятие изоляции с многожильных проводов**

1. Подберите 12 отрезков многожильных проводов с различными видами изоляции и разными диаметрами (проводы марок ПВЛ-1, ПВЛ-2, ПМВ, МГШП, МГШВЭ).
2. Выполните действия в соответствии с заданием 1 п. 2—5 для многожильного провода.
3. Закрепите край изоляции.

#### **ВОПРОСЫ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ**

1. Определите область применения различных инструментов для снятия изоляции.
2. Опишите виды брака при снятии изоляции.
3. Какой инструмент применяют для снятия полихлорвиниловой изоляции?
4. Как зачистить провод, имеющий многослойную изоляцию, например, провод типа МГШВЭ?
5. Как закрепить край провода с шелковой изоляцией?

## **Практическая работа 1.9**

### **СКРУЧИВАНИЕ ОДНОПРОВОЛОЧНЫХ И МНОГОПРОВОЛОЧНЫХ ПРОВОДОВ**

#### **Цели работы:**

1. Изучить методы скрутки проводов различного диаметра и типа.
2. Получить первичные навыки сращивания проводов методом скрутки.

Операция скрутки — обязательный элемент технологии работы с проводами и подготовки их к монтажу. Перед пайкой и облучиванием многожильные провода скручиваются для уменьшения потерь на переходных сопротивлениях. Самое прочное соединение (сращивание) проводов между собой также обеспечивается скруткой.

После снятия изоляции с многожильного провода каждая его жила должна быть защищена и скручена в направлении заводской завивки. Обычно жилы закручиваются по часовой стрелке, по направлению завертывания винта.

Скрутка провода выполняется перед пайкой, а также при холодном соединении проводов для получения электрического контакта. В месте соединения скрученных проводов устанавливают термоусадочную трубку.

Процесс скручивания выполняют круглогубцами, плоскогубцами или пинцетом, мелкие провода скручивают специальными приспособлениями.

На рис. 1.6 показана технология скрутки однопроволочных, а на рис. 1.7 — многопроволочных проводов.

#### **Ход выполнения работы**

##### **Оборудование, материалы и приспособления**

- Плоскогубцы;
- круглогубцы;
- пинцет;
- набор проводов;
- клещи по зачистке изоляции;
- бокорезы.

### Задание 1. Скручивание однопроволочных проводов

1. Подготовьте три пары проводов одинакового диаметра и две пары проводов разного диаметра, бандажный провод — однопроволочная гибкая медная жила меньшего диаметра, чем скрываемые провода.
2. Подготовьте два однопроволочных провода одинакового диаметра.
3. Зачистите концы проводов от изоляции на расстоянии 10 мм от края.
4. Выполните операцию скрутки в соответствии с рис. 1.6, а, б.
5. Проконтролируйте качество выполненной операции: провода в скрутке должны быть плотно прижаты друг к другу и выдерживать небольшое усилие при попытке их разъединения.
6. Отрежьте бокорезами оставшиеся концы проводов.
7. Добейтесь необходимого качества и его повторяемости.
8. Проделайте операции, указанные в п. 2—7, для проводов разного диаметра и для различных способов скрутки в соответствии с табл. 1.19.

### Задание 2. Скручивание многопроволочных проводов

1. Подготовьте две пары многопроволочных проводов.
2. Снимите изоляцию с концов проводов на длину 15—20 мм.
3. Распустите, зачистите и облудите отдельные проволочки (не облучиваются проволочки многопроволочных сигнальных проводов и кабелей).

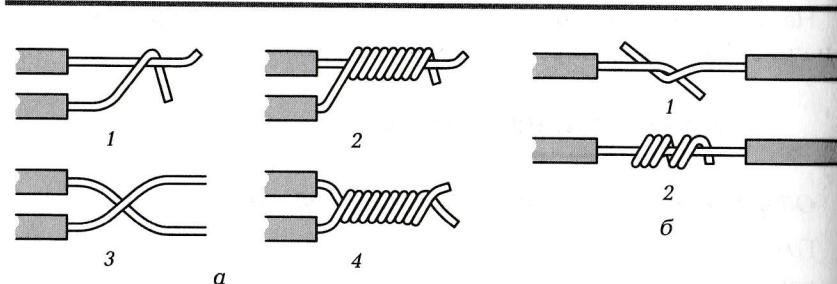


Рис. 1.6. Технология скрутки однопроволочных жил:  
а — скрутка под углом: 1 и 2 — соответственно начальная и завершающая операции скрутки вокруг одного провода; 3 и 4 — соответственно начальная и завершающая операции скрутки способом «крест-накрест»; б — скрутка встык: 1 и 2 — соответственно начальная и завершающая операции скрутки

Расположение проводов	Виды скрутки		Желобком
	Бандажная	Параллельная скрутка	
Параллельная скрутка	 	 	 
Последовательная скрутка	 	 	 
Ответвление			

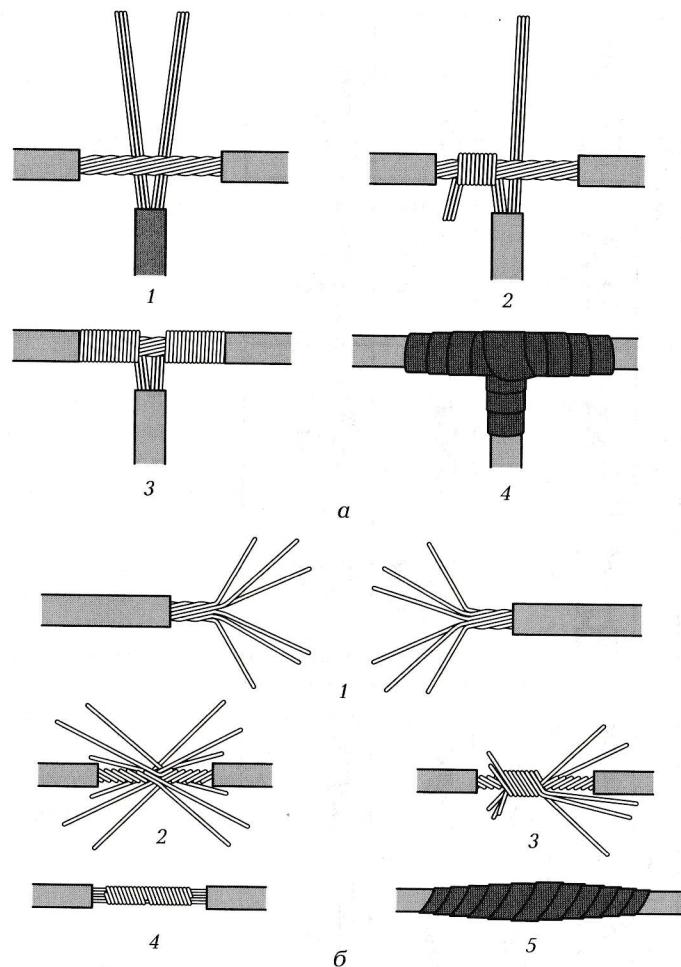


Рис. 1.7. Технология скрутки многопроволочных проводов:  
 а — скрутка под углом: 1 — расположение проводов перед скруткой; 2 — за-  
 кручивание одного провода вокруг другого; 3 — форма скрученного узла, 4 — изо-  
 ляция скрученного узла; б — скрутка встык: 1 — расположение проводов перед  
 скруткой; 2 — сочленение проводов; 3 — скручивание проводов, начиная с левого  
 края; 4 — окончательная форма скрученного узла; 5 — изоляция скрученного узла

4. Скрутите провода по часовой стрелке в направлении заводской навивки способом, показанным на рис. 1.7, а.
5. Соедините провода скруткой их встык, как показано на рис. 1.7, б.

6. Добейтесь необходимого качества скрутки и повторяемости хороших результатов.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ

1. Каким преимуществом обладает технология скручивания проводов по сравнению с методами их накладки и пружинистого контакта?
2. Какие виды брака имеют место при скрутке проводов?
3. Объясните технологию скрутки многопроволочных проводов.
4. Какие способы скручивания однопроволочных проводов вы знаете?
5. Как обеспечить надежный контакт в телефонном кабеле?

## Практическая работа № 1.10

### ОБЛУЖИВАНИЕ ПРОВОДОВ И ПАЙКА

#### Цели работы:

1. Получить навыки работы по облуживанию проводов.
2. Освоить технологии соединения проводов методом пайки.

Участок неизолированного провода или жилы должен быть залужен. Длина нелуженого участка жилы у торца изоляции не должна превышать более 1 мм. Облуживание проводится в паяльных ваннах, достоинство которых заключается в том, что продолжительность контакта проводов при таком способе облуживания с горячим припоем не превышает 2 с, за это время оставшаяся на проводе изоляция не успевает расплавиться. Для этого изоляцию с конца провода удаляют на длине 20—35 мм, зачищают каждую проволочку наждачной бумагой до металлического блеска, скручивают соединяемые проволочки и окунают их в ванночку с расплавленным припоем — ПОСCu 40-0,5.

При использовании обычного паяльника после снятия изоляции провод зачищают до блеска, нагревая его паяльником, погружают в канифоль, которая плавится, растекаясь по металлу. Поместив на паяльник каплю припоя, наносят его, добиваясь равномерного покрытия жилы припоем. При этом провод должен изменить свой цвет с медно-красного на серебристо-белый. Избыток припоя снимают обильно смоченным канифолью жалом разогретого паяльника. В заключение место облуживания протирают сухой льняной салфеткой. Многопроволочную жилу перед зачисткой и лужением раскручивают и разворачивают в виде веера, чтобы каждая из проволочек хорошо залудилась. В таком состоянии конец провода погружают в паяльную ванну. После облуживания проволочки скручивают в первоначальное состояние.

Для пайки и лужения проводов обычно применяют оловянно-свинцовый припой марки ПОС-30 или ПОС-40. Температура плавления этих припоев 255 °С и 234 °С соответственно. В качестве флюса применяют канифоль, которую удобно использовать в виде 30%-ного спиртового раствора. Флюс наносится на жилы кисточкой или распылением, растворяя окислы меди при температуре выше 150 °С, и не вызывает разрушения проводов.

Место скрутки смазывают паяльным лаком и пропаивают. Используют также гальваническое лужение в электролитической

ванне. При температуре ванны 18—25 °С и плотности тока на катоде 1 дм<sup>2</sup> за 1 ч работы на обрабатываемом изделии отлагается слой сплава толщиной около 3 мкм.

При работе с тонким обмоточным проводом, а также с некоторыми монтажными проводами необходимо удалять с облуживаемых участков слой эмали. Делать это механическим путем недопустимо, так как такой способ приводит к частому обрыву провода или его некачественной зачистке. Для удаления слоя эмали в основном используют химические способы: растворы ортофосфорной кислоты или паяльную жидкость десмальтол, которая применяется для пайки изолированных эмалью проводов без предварительного механического или химического снятия изоляции.

#### Ход выполнения работы

##### Оборудование, материалы и приспособления:

- паяльник мощностью 60 Вт или паяльная станция;
- паяльная ванна;
- струбцина;
- пинцет;
- монтажный нож;
- кисточка;
- клещи для снятия изоляции;
- химический раствор для снятия окисной пленки;
- баллончик со сжатым воздухом;
- припой марки ПОС-30;
- флюс (30%-ный раствор канифоли в спирте);
- твердая канифоль;
- вытяжной шкаф;
- кювета для приготовления раствора;
- термоусадочная трубка.

##### Задание 1. Облуживание однопроволочного провода

1. Проверьте работу системы вентиляции и освещенность рабочего места.
2. Подготовьте 10 отрезков медного провода различных диаметров длиной 20 см.

3. Подготовьте раствор для снятия лакового покрытия и окисной пленки, поместите его в вытяжной шкаф или у растрюба вытяжной вентиляции.

4. Снимите изоляцию с проводов большого диаметра (более 0,5 мм) любым доступным способом.

5. Очистите один провод от окислов и снимите их поверхностный слой погружением в ванну с раствором.

6. Включите паяльник и разогрейте его до температуры 150—180 °С.

7. Окуните жало паяльника в твердую канифоль и нанесите на поверхность провода равномерный слой флюса.

8. Разогрейте паяльник до температуры пайки (около 260 °С).

9. Нанесите на конец жала паяльника каплю припоя.

10. Зажмите свободный конец провода в струбцину и, медленно перемещая жало паяльника вдоль провода, нанесите слой припоя по всей поверхности защищенного участка провода.

11. Проконтролируйте качество облучивания: слой припоя должен повторять структуру провода, не иметь наплывов, густиков, пустот.

12. В случае неравномерного нанесения припоя обильно смочите жало паяльника флюсом, приложите его к нижнему концу провода и соберите стекающий лишний припой.

13. Выполните операцию для всех подготовленных проводов.

## **Задание 2. Облучивание многопроволочного провода**

1. Подготовьте 10 отрезков многопроволочного экранированного провода длиной 10 см.

2. Снимите изоляцию любым способом на половину длины провода.

3. Расpushите многопроволочный провод.

4. Наполните кювету паяльной ванны кусочками припоя.

5. Подготовьте паяльную ванну и выведите ее на рабочий режим работы.

6. Снимите окисел с каждой проволочки химическим раствором методом погружения в раствор ортофосфорной кислоты на 3—5 мин.

7. Промойте и просушите провода сжатым воздухом.

8. Покройте защищенные проволочки жидким флюсом кисточкой или окунанием.

9. Опустите профлюсованные концы проволочек в расплавленный припой ванны на 2—3 мин.

Для тонких проводов операции, указанные в п. 8 и 9, не выполнять.

10. Проконтролируйте качество облучивания.

11. Скрутите жилы по направлению часовой стрелки или заводской завивки.

12. Покройте флюсом полученную скрутку.

13. Погрузите скрученный провод в паяльную ванну на 2—3 с.

14. Повторите действия по обслуживанию для других проводов, добиваясь повторяемости положительного результата.

## **Задание 3. Пайка проводов**

1. Подготовьте для выполнения задания четыре пары проводов.

2. Снимите изоляцию с обоих концов проводов.

3. Облудите концы проводов в соответствии с технологией, изложенной в заданиях 1 и 2.

4. Подготовьте паяльник к пайке, разогрев его жало до температуры 270 °С.

5. Правые концы одной пары проводов согните под углом не менее 60°.

6. Состыкуйте концы проводов друг к другу.

7. Пропаяйте стык, медленно перемещая вдоль него паяльник.

8. После пайки удерживайте стык без движения до полной полимеризации припоя.

9. Выполните вертикальную скрутку из другой пары проводов.

10. Подготовьте к пайке паяльную ванну.

11. Окуните полученную скрутку в паяльную ванну не более чем на 10 с.

12. Повторите операции, указанные в п. 9 и 10, для других пар проводов, выбирая разные способы скрутки, показанные в табл. 1.18.

## **ВОПРОСЫ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ**

1. Как изменяется технология облучивания проводов в зависимости от их типов?

2. Зависит ли способ пайки проводов от способа их сращивания?

3. Какие средства используются при подготовке проводов к облучиванию и пайке?

4. Почему для соединения проводов предпочтительнее использовать пайку?

5. Опишите технологию пайки и облучивания в паяльных ваннах.

## Практическая работа № 1.11

### ВЯЗКА ЖГУТОВ

#### Цели работы:

1. Освоить приемы работы при укладке и вязке жгутов.
2. Приобрести навыки разработки конструкции жгутовых соединений и выбора способа вязки.

Для прокладки проводов в случаях, когда требуется соединение деталей, размещенных на достаточном расстоянии друг от друга, а также блоков и модулей между собой, подключения деталей к разъемам и движущимся механизмам, используются жгуты из проводов. Вязка жгутов выполняется в соответствии с требованиями ГОСТ 23586—96. Она может быть выполнена с помощью бандажа из ниток или стяжной лентой из электроизоляционного материала. При использовании в качестве материала для вязки хлопчатобумажных материалов они должны быть пропитаны антисептиком и церезином. При вязке проводов с полиэтиленовой и фторопластовой изоляцией вязать их нитками не допускается, в этом

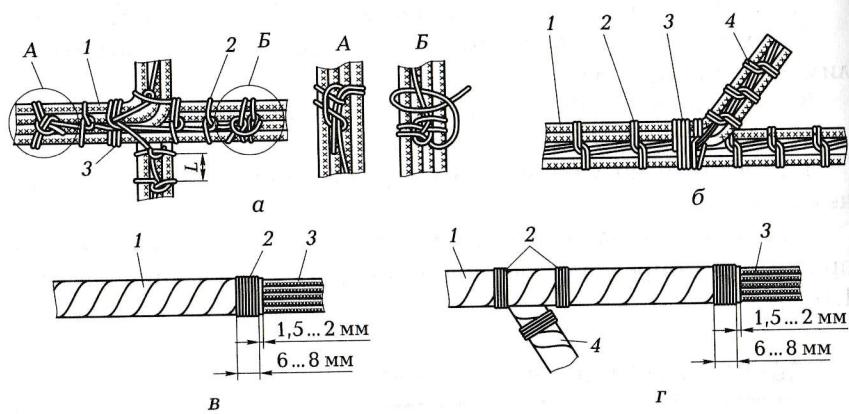


Рис. 1.8. Технология вязки жгутов:  
 а — вязка жгута нитками: 1 — жгут; 2 — нитки; 3 — бандаж;  $L$  — шаг вязки;  
 А — начало вязки; Б — конец вязки; б — вязка жгута нитками с ответвлением: 1 — ствол жгута; 2 — нитки; 3 — бандаж; 4 — ответвление; в — вязка жгута с использованием электроизоляционной ленты: 1 — электроизоляционная лента; 2 — бандаж из ниток; 3 — жгут; г — вязка жгута с использованием электроизоляционной ленты с ответвлением и бандажами из ниток: 1 — изоляционная лента; 2 — бандажи; 3 — ствол жгута; 4 — ответвление

случае используют пленку из изоляционного материала. При прохождении жгута в местах перегиба конструкции жгут должен быть обмотан электроизоляционным материалом.

При формировании в жгут проводов различных диаметров провода с меньшим диаметром должны укладываться в середину. На рис. 1.8 показаны варианты вязки жгутов.

Технологический процесс изготовления жгута состоит из нескольких операций:

- резка проводов;
- скрепление проводов в жгуты (вязка);
- зачистка концов проводов от изоляции;
- армирование проводов наконечниками, контактами или пайкой в соединительной коробке;
- установка разъемных соединителей.

В состав жгута входят:

- ствол жгута — часть жгута с наибольшим числом проводов, собранных в пучок;
- ответвление — пучок проводов, отходящих от ствола жгута или другого ответвления;
- место ответвления — место расхождения двух или более пучков проводов под определенным углом;
- наконечники — элементы, позволяющие осуществлять монтаж и демонтаж жгута без пайки;
- соединительные устройства — устройства в комплекте с наконечниками, позволяющие одновременное соединение одной или нескольких пар «штырь — гнездо»;
- защитные элементы — резинотехнические изделия, предназначенные для механической и химической защиты места соединения наконечника или соединительного устройства с приборами и другим электрооборудованием периферийных устройств.

Жгуты крепятся в корпусе приборов бандажами, выполнеными липкой лентой из ПВХ, кабельными стяжками в виде зубча-тых хомутов из термопластичных полимеров (ГОСТ 22642.3—80), привязкой проводов, размещенных на одной плоскости, к скрепляющему элементу в виде, например, ПВХ-ленты или одного из проводов жгута, скрученного зигзагом.

Трубки из ПВХ и спиральные пластмассовые ленты закрепляют бандажом или другими способами, исключающими их перемещение и разматывание. Бандажи также накладывают у каждого места ответвления и на самих ответвлениях таким образом, чтобы расстояние между ними не превышало 250 мм.

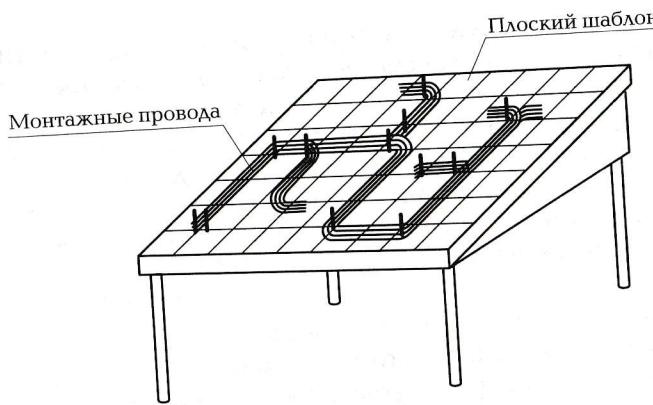


Рис. 1.9. Рабочее место для вязки жгутов с помощью плоского шаблона

Армирование проводов наконечниками производится методом холодного опрессования ручным или полуавтоматическим способом. Такой метод обеспечивает надежный контакт провода с на jakiom. После армирования устанавливаются соединительные устройства (колодки и разъемы) там, где они предусмотрены.

Перед вязкой жгута выполняют раскладку проводов по шаблону, который повторяет укладку проводов в самом радиоэлектронном устройстве. Шаблоны бывают плоские — наиболее употребляемые (рис. 1.9), а также объемные и электрифицированные.

Перед вязкой тонкие провода площадью сечения (0,05—0,75 мм<sup>2</sup>) свивают, чтобы избежать их выскальзывания, а также исключить электрические наводки и уменьшить взаимное влияние цепей. Шаг свивки зависит от диаметра одиночного провода и составляет 10—40 мм, он увеличивается в зависимости от возрастания площади сечения провода.

### Ход выполнения работы

#### Этап 1. Изготовление и использование шаблонов

##### Оборудование, материалы и приспособления

- Заготовка шаблона (кусок фанеры толщиной 8 мм размерами 30 × 50 см);
- устройство для крепления шаблона;
- шпильки;

- набор радиомонтажника;
- хомуты (скобы);
- набор проводов МГШВ длиной 20 см;
- схема соединений радиоэлектронного устройства;
- ручная дрель с набором сверл диаметром 0,6—2 мм.

#### Задание 1. Изготовление шаблона для вязки жгута

1. Изучите выданную схему электрических соединений.
2. Определите начало и конец жгута, его ответвления от ствола.

Начало или конец жгута определяются по разъемам, куда сходятся больше всего проводов.

3. Создайте эскиз жгута на бумаге в масштабе 1:1.
4. Перенесите эскиз на заготовку шаблона, разметьте его с помощью маркера, отмечая точки перегибов.
5. Пронумеруйте порядковыми числительными выходы проводов на шаблоне.
6. На шаблоне в местах ветвлений и на выходах проводов установите шпильки с двух сторон по ходу направления жгута.
7. Просверлите на расстоянии 3—5 мм друг от друга отверстия в соответствии с диаметром провода.
8. Определите длину ствола жгута и отдельных его ответвлений, а также длину провода с учетом перепайки и изгиба в контактных соединениях.
9. Определите сечение проводов по токовой нагрузке (см. практическую работу № 1.7).
10. Результаты измерений и маркировки проводов занесите в табл. 1.20.

Таблица 1.20. Маркировка проводов для вязки

Точки соединений	Маркер провода	Длина, см	Поперечное сечение, мм <sup>2</sup>	Тип изоляции
1—30	1	30	1	Волокнистая
...	...	...	...	...

#### Задание 2. Раскладка проводов по шаблону

1. Разложите провода по группам с одинаковым сечением и объедините их в группы. Укладку начните с экранированного провода, который является центральным в жгуте.

2. Уложите короткие провода внутрь жгута.
3. Распределите длинные провода по краям жгута.
4. Закрепите начало раскладки скобами или зажимами, установив их в заранее подготовленные отверстия.
5. Согните провода по установленным шпилькам.
6. Укрепите места перегибов жгута и ответвлений зажимами (скобами, хомутами).

### Этап 2. Вязка жгута

#### Оборудование, материалы и приспособления

- Шаблон для вязки жгута;
- набор радиомонтажника;
- полихлорвиниловая лента;
- лавсановые нитки;
- текстовинит или лакоткань;
- приспособление для снятия изоляции;
- наконечники;
- прибор для обжима наконечников;
- паяльная ванна;
- бирки для маркировки трасс проводов;
- штангенциркуль;
- мультиметр.

#### Задание 1. Вязка жгута из проводов одинакового диаметра

При выполнении этого задания воспользуйтесь шаблоном, изготовленным на этапе 1 (задание 1).

1. Подберите провода одинакового диаметра, используя записи в табл. 1.19.
2. Наденьте на шпильки шаблона отрезки изоляционной трубки.
3. Промаркируйте провода (см. табл. 1.19). Используйте при этом бирки из цветных трубок с нанесенными на них номерами в начале и конце провода.
4. Протрите провода ветошью, пропитанной парафином, и выпрямите.
5. Уложите 10 отрезков проводов, не менее, на шаблон.
6. Закрепите провода в местах изгибов и ответвлений зажимами (скобами, хомутами).

7. Подготовьте нитки и изоляционную ленту.
8. Натрите нитку парафином.
9. В начале ствола жгута выполните бандаж из ниток (см. рис. 1.8).
10. Измерьте диаметр жгута.
11. Подберите шаг вязки. Используйте при этом данные, приведенные в табл. 1.21.

**Таблица 1.21. Зависимость шага вязки от диаметра жгута**

Сечение проводов менее 0,35 мм <sup>2</sup>		Сечение проводов более 0,35 мм <sup>2</sup>	
Диаметр жгута, мм	Шаг вязки, мм	Диаметр жгута, мм	Шаг вязки, мм
5	5—10	10	15—20
5—8	10—12	10—30	20—30
8—10	12—18	30	30—40
10	25—30		

12. Выполните вязку жгута по образцу, представленному на рис. 1.8.
13. Концы жгута и места ответвлений укрепите бандажами.
14. Снимите жгут с шаблона.
15. Проверьте правильность маркировки, раскладки и целостность проводов «прозвонкой» с помощью мультиметра.
16. Выпрямите ствол жгута, обстучав его молотком.
17. Облудите и обожмите концы проводов на наконечниках.

#### Задание 2. Вязка жгута из проводов различного диаметра и типа

1. Подготовьте не менее 10 проводов экранированных и различного диаметра.
2. Экранированные провода зачистите до экрана на концах и в местах разветвления.
3. Облудите очищенные участки экрана.
4. Уложите экранные провода вместе и спаяйте экраны.
5. Поместите провода тонкого сечения в середину жгута.
6. Разместите полученную конструкцию между шпильками.
7. Концы проводов укрепите на шпильках скруткой (один-два оборота).
8. Выполните операции 6—17 задания 1.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ

1. Как осуществляется маркировка проводов в жгуте?
2. Как определяется шаг вязки?
3. Какие провода размещаются в центре жгута: толстые или тонкие?
4. Как выбрать шаг вязки на криволинейных участках?
5. Для чего монтажные провода свивают в жгуте?
6. Как проводится обработка концов проводов в жгуте?

## Практическая работа № 1.12

### РАСПАЙКА НА МОНТАЖНЫЕ ЛЕПЕСТКИ

#### Цели работы:

1. Освоить технологию использования монтажных лепестков и контакт-деталей, подготовку их к пайке.
2. Сформировать первичные навыки по распайке проводов на монтажные лепестки.

В технологии монтажа РЭА встречаются два вида крепления проводов с последующей пайкой — это монтажные лепестки и контакт-детали.

Монтажные лепестки используются в колодках электронных ламп, линейных трансформаторах и дросселях, для установки мощных транзисторов и некоторых других элементов. Лепестки имеют установочные отверстия или углубления, в которых механическим способом крепятся провода. Они используются также для придания жесткости длинным проводам или проводам высокочастотных цепей, стабильность настройки которых требует неизменного положения проводников. При необходимости соединения в одной точке нескольких проводов в этой точке устанавливают изолированный лепесток.

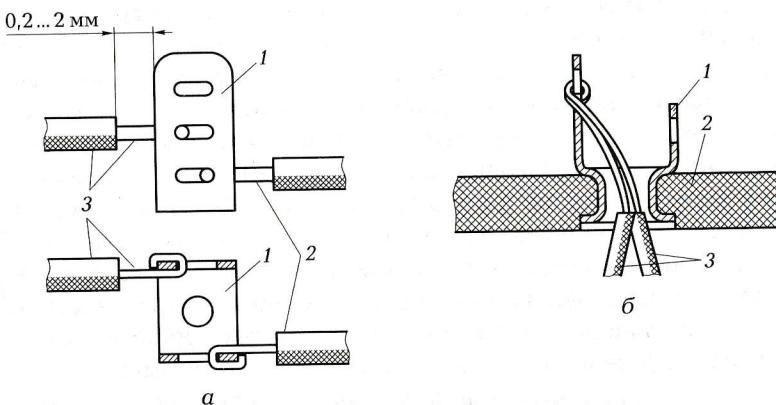


Рис. 1.10. Виды контакт-деталей:

а — плоские: 1 — корпус; 2 и 3 — соединяемые провода; б — круглая, установленная в отверстие в плате: 1 — установочная часть контакт-детали — лепесток; 2 — плата; 3 — соединяемые провода

На плате провода крепятся на контакт-детали (рис. 1.10). Кон tact-детали закрепляют на плате механическим способом — раз вальцовкой или пайкой. Контакт-детали могут иметь электрический контакт со схемой.

К плоским контакт-деталям провода сечением не более  $0,35 \text{ mm}^2$  крепят с выполнением полного оборота жилы провода вокруг штыря, для проводов с большим сечением допускается выполнять  $\frac{3}{4}$  оборота. Жила провода, закрепленная на контакт- детали, должна плотно ее огибать. Изгиб контакт-детали не допускается. Длина неизолированного участка провода, закрепленного на контакт-детали, от торца изоляции до контакт-детали должна быть от 0,2 до 2 мм, а для проводов с полиэтиленовой изоляцией от 0,5 до 3 мм. В каждом отверстии контакт-детали должно крепиться не более четырех жил проводов. Хвостовую часть контакта соединителя и крепящийся к нему провод облучивают.

Перед пайкой на провода, которые планируется припаять к контакт-деталям или лепесткам, одевают термоусадочные электроизоляционные трубы.

Пайка выполняется припоем марки ПОС-61 с канифольно- спиртовым флюсом или паяльным жиром паяльником с диаметром стержня жала 4—5 мм. Пайка длится 5—7 с, не более, во избежание перегрева и повреждения проводника и изолятора контакт- детали или лепестка. Температура разогрева места пайки должна быть на 30—50 °C выше температуры плавления припоя и флюса. В контакт-деталях и лепестках с отверстиями нельзя допускать попадания флюса внутрь на контактные части соединителей. При пайке их располагают в таком положении, при котором исключается за текание флюса внутрь и попадание на поверхности соприкасающихся контактов реле и соединителей. Паянная поверхность должна быть глянцевой, без раковин, пор, загрязнений, наплывов, острых выпуклостей припоя, инородных вкраплений. Припой должен заливать место соединения со всех сторон, заполняя зазоры между жилами и стенками гнезда в хвостовиках контактов. Если хвостовик имеет гнездо диаметром более 2 мм или боковое отверстие, допускаются плоские наплывы припоя на наружной поверхности хвостовика, а каплевидные и шиповидные наплывы недопустимы.

После проверки качества пайки на места контактов натягивают термоусадочные трубы и прогревают феном. Хвостовики контактов также защищают изоляционными трубками или покрывают герметиком или компаундом с помощью kleящего пистолета.

## Ход выполнения работы

### Этап 1. Монтаж контакт-деталей на плате

#### Оборудование, материалы и приспособления

- Установочная плата;
- заготовка платы из текстолита;
- набор контакт-деталей не менее пяти видов;
- штыревые круглые;
- штыревые плоские;
- плоские с отверстиями и т. д.;
- колодки для установки радиоламп с лепестками;
- молоток;
- плоскогубцы;
- монтажное шило;
- дрель или настольный сверлильный станок;
- развалцовка.

#### Последовательность операций

1. Выполните отверстия в заготовке платы (см. практическую работу № 1.1).
2. Запрессуйте деталь в отверстие, придерживая ее плоскогубцами, не допуская сжатия детали, изгиба и растрескивания.
3. Проделайте эту операцию со всеми подготовленными контакт-деталями.
4. Проверьте качество запрессовки деталей их покачиванием рукой: если деталь легко перемещается в отверстии, необходимо разваливать основание контакт-детали с обратной стороны так, чтобы ее диаметр не превышал размеры контактной площадки вокруг отверстия.
5. Припаяйте торцевую часть детали к контактной площадке.
6. Подготовьте на плате место для установки колодки крепления электронной лампы и просверлите отверстия для выхода лепестков.
7. Установите колодку крепления, используя ее арматуру так, чтобы ее лепестки выходили полностью с обратной стороны платы.
8. Подогните лепестки для удобства монтажа.
9. Установите на лепестках маркировочные трубы, соответствующие маркировке подводимых проводов.

## Этап 2. Распайка монтажных проводов на монтажные лепестки и контакт-детали

### Оборудование, материалы и приспособления

- Паяльник (паяльная станция);
- паяльная ванна;
- термовоздушный паяльник;
- припой марки ПОС-61 или ПОС-61М (по ГОСТ 21930—76);
- флюс — 30%-ный раствор канифоли;
- набор проводов или жгут;
- пинцет;
- бокорезы;
- механический оловоотсос;
- kleящий пистолет.

#### Задание 1. Распайка проводов на контакт-детали

1. Подготовьте инструмент к работе, включите вентиляцию и освещение.
2. Подготовьте паяльник и паяльную ванну к пайке и облучиванию.
3. Зачистите и облучите концы проводов, оставив необлученным участки проводов на расстоянии 2—3 мм от конца изоляции.
4. Наденьте на концы проводов термоусадочные трубы и сдвиньте их от места предполагаемой пайки на расстояние не менее 20 мм.
5. Облучите паяльником монтажные поверхности контакт-деталей со сквозными отверстиями, не допуская закрытия монтажных отверстий припоеем и флюсом.
6. Введите в каждое отверстие подготовленный конец соответствующего провода так, чтобы край изоляции провода не доходил до контакт-детали на 1—2 мм.
7. Обожмите провод вокруг контактного штыря на полный оборот.
8. Пропаяйте место соединения контакт-детали с проводом, удерживая провод пинцетом за необлученную часть; продолжительность пайки не должна превышать 5 с.
9. Продолжая удерживать провод пинцетом, дайте припою остывть.
10. Проверьте качество соединения.

11. Натяните термоусадочные трубы на места пайки и прогрейте феном.

12. Подготовьте к работе хвостовики контакт-деталей, не имеющих сквозных отверстий.

13. Подготовьте четыре отрезка провода к пайке с расчетом на один штырь (операции 2 и 4).

14. На торцевую часть детали накрутите провод, не более чем на один виток, сдвиньте к нижней части детали и обожмите его.

15. Пропаяйте полученную конструкцию; дайте остывать припою и оцените качество пайки.

16. Выполните операции 14—16 для других отрезков проводов на одной контакт-детали.

17. Проконтролируйте, чтобы каждый последующий припаиваемый провод плотно прилегал к предыдущему.

18. Проверьте качество и защитите места пайки термоусадочными трубками.

19. Добейтесь повторяемости операций 14—16 при соответствующем качестве.

#### Задание 2. Распайка проводов на монтажные лепестки

1. Подготовьте лепестки к пайке, очистите и облучите их.

2. Заполните отверстие в лепестке расплавленным припоеем: не допускайте напльва и выступающих граней припоя, он должен быть распределен равномерно.

3. Выполните операции 1—11 задания 1.

Перед припаиванием проводов расплавьте паяльником припой в отверстии лепестка и заведите туда присоединяемые провода.

4. Добейтесь качества и повторяемости результатов.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ

1. При каком минимальном времени пайки получается качественное прочное соединение на контакт-детали?
2. Допустимо ли устанавливать на контактном штыре контакт-детали более четырех проводов?
3. Чем отличается технология распайки на монтажные лепестки от распайки на контакт-детали?
4. Расскажите о способах крепления контакт-детали на плате.
5. Как закрепить на плате колодку с монтажными лепестками?

## Практическая работа № 1.13

### РАСПАЙКА КОНТАКТОВ РАЗЪЕМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

#### Цели работы:

1. Освоить приемы распайки контактов разъемных соединений.
2. Приобрести навыки монтажа соединительной коробки.

Разъемные контактные соединения предназначены для соединения без пайки сигнальных и регулировочных проводов путем сочленения двух стыкуемых частей от разных участков схемы и устройств. К таким разъемам относятся разъемы типа ШР — для электрического соединения двух приборов, типа СКАРТ, AV, DVI — для соединения видео- и аудиоустройств и др.

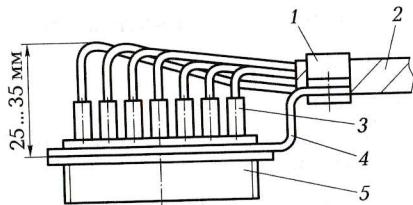
Соединители состоят из вилки и розетки, которые могут быть блочными (приборными) и кабельными. Сочленение соединителей — резьбовое или телескопическое, покрытие контактов — серебро, никель, платинит. Вилка приборного исполнения устанавливается на плате или фиксируется на корпусе, к розетке в кабельном исполнении подводится пучок проводов, которые запаиваются на хвостовики разъема.

Пайка жил кабелей к хвостовикам должна обеспечивать надежность и прочность электрического контакта. Перед распайкой жил в разъем хвостовики его контактов заполняют припоем. При пайке нагревают паяльником хвостовик до расплавления в нем припоя и вставляют в его гнездо конец облуженной жилы так, чтобы срез изоляции на жиле не доходил до хвостовика на расстояние 1—2 мм. Пайку жил выполняют по рядам, начиная с наиболее удаленного от монтажника, слева направо и снизу вверх. Если в одно отверстие или посадочное место хвостовика необходимо впаять более одного проводника меньшего сечения, то проводники скручивают. Провода, заделываемые в соединители разъемов, должны быть закреплены с применением кронштейнов или на панели, как показано на рис. 1.11.

Высота укладки проводов с полиэтиленовой и фторопластовой изоляцией не должна превышать 35 мм. Зачистку проводов от изоляции проводят на глубину отверстия. Многожильные провода перед пайкой скручивают, облуживают и обрезают по размеру.

Рис. 1.11. Крепление проводов при монтаже в разъем:

- 1 — хомут металлический; 2 — жгут; 3 — контакты разъема; 4 — пластина жесткости металлическая; 5 — корпус разъема



Перед пайкой проводов в контакты на провода надевают изоляционные трубки длиной 10—12 мм. При монтаже контактную группу располагают срезанной частью контактов в сторону радиомонтажника, чтобы избежать подтекания флюса на контакты разъема.

При пайке следует быть внимательным и аккуратным, так как перепайка проводов с диаметром менее 1 мм не допускается, а провода диаметром более 1,5 мм можно перепаивать не более двух раз.

Перед проведением монтажа разъемов необходимо ознакомиться со спецификацией на разъем и назначением контактов.

Для сигнальных соединений наиболее популярным является разъем типа D-SUB. На этом типе разъемов в зависимости от числа контактов реализуются компьютерные разъемы типа COM и LPT, а для видеоустройств — типа VGA и EGA.

#### Ход выполнения работы

##### Этап 1. Распайка проводов на разъем типа ШР в соответствии с монтажной схемой

##### Оборудование, материалы и приспособления

- Разъемы типа ШР;
- тиски монтажные;
- набор проводов типа ПЭВ соответствующего диаметра и различной цветовой гаммы;
- паяльник;
- схема соединений;
- механический оловоотсос;
- припой марки ПОС-60;
- флюс;
- отрезки полихлорвиниловой трубы с внутренним диаметром 3 мм.

## Последовательность операций

- Закрепите разъем в удобном положении в монтажных тисках срезами хвостовиков вверх.
- Нарежьте 16 отрезков проводов по числу контактов.
- Выровняйте концы проводов и выполните вязку жгута.
- Наложите бандаж на расстоянии 30 мм от конца жгута.
- Обрежьте концы проводов на расстоянии 20 мм от края бандажа.
- Снимите изоляцию с концов проводов на длину 5 мм и облудите очищенные участки проводов.
- Проверьте, чтобы очищенные и облуженные участки проводов в холодном состоянии свободно входили в отверстие хвостовика.
- Наденьте на концы проводов отрезки изоляционной трубки длиной 10 мм; концы хвостовиков облуживать нельзя.
- Подготовьте паяльник к работе, доведя температуру жала до 235 °C.
- Начните пайку в разъем с нижнего хвостовика разъема типа ШР слева направо (рис. 1.12).
- Вставьте провод в отверстие хвостовика до конца так, чтобы изоляция провода не доходила до края хвостовика на расстояние 1—2 мм.
- Нанесите на жало паяльника припой и прогрейте хвостовик со вставленным проводом в течение 5 с.
- Удерживайте провод пинцетом до полной полимеризации припоя.

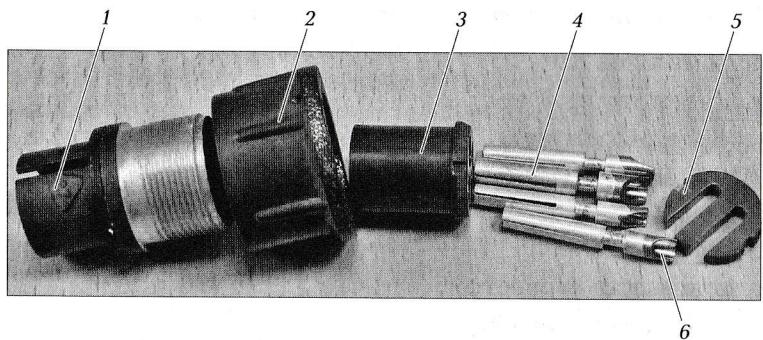
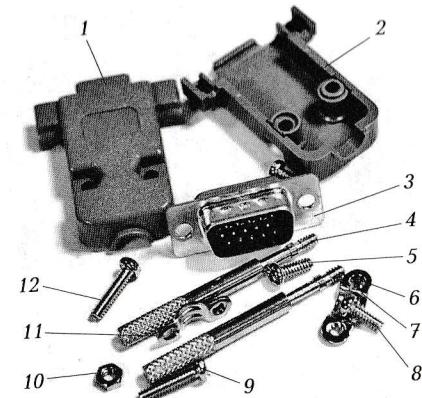


Рис. 1.12. Контактная группа разъема типа ШР:

1 — корпус; 2 — шайба накидная; 3 — керамический цилиндр, 4 — металлические контакты; 5 — шайба крепежная; 6 — гнезда для пайки провода

Рис. 1.13. Конструктор VGA:

1 и 2 — соответственно верхняя и нижняя части корпуса; 3 — входное гнездо разъема; 4 и 6 — винтовые штанги для крепления разъема; 5, 8, 9 и 12 — винты крепления; 10 — шайба; 7 и 11 — скобы ответственно верхняя и нижняя скобы крепления



14. Оцените качество пайки (распаянный разъем не должен иметь наплынов, непропаянных участков и отверстий в промежутке между телом разъема и проводом).

15. Повторите операцию для всех хвостовиков.

16. Удалите остатки флюса и капли припоя.

17. Натяните на концы хвостовиков изоляционные трубы.

## Этап 2. Распайка проводов на разъем типа D-SUB

### Оборудование, материалы и приспособления

- Разъемы типа D-SUB (VGA-разъем);
- конструкторский набор для VGA-разъемов (рис. 1.13);
- тиски монтажные;
- набор отрезков типа проводов МГШВ соответствующего диаметра и различной цветовой гаммы;
- паяльник;
- схема подключений разъема;
- оловоотсос;
- припой марки ПОС-61;
- флюс;
- отрезки полихлорвиниловой трубы с внутренним диаметром 3 мм.

### Последовательность операций

- Закрепите разъем в удобном положении в монтажных тисках лепестками наружу (рис. 1.14).

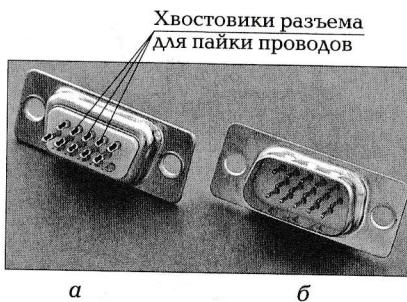


Рис. 1.14. Разъем типа VGA под пайку:  
а — часть разъема с контактами под пайку; б — часть разъема для подключения кабеля

2. Нарежьте 15 проводов по числу контактов.
3. Выровняйте концы проводов и выполните вязку жгута.
4. Выполните бандаж на месте крепления жгута в корпус (см. рис. 1.13).
5. Обрежьте концы проводов на расстоянии 30 мм от края бандажа с учетом расположения хомута крепления в корпус разъема.
6. Снимите изоляцию с концов проводов на длину лепестка разъема и облудите очищенные концы. Некоторые разъемы типа VGA имеют круглые хвостовики с отверстиями, в этом случае готовить провода необходимо так же, как указано в последовательности операций на этапе 1.
7. Проверьте, чтобы концы проводов в холодном состоянии свободно входили в отверстие хвостовиков.
8. Наденьте на концы проводов отрезки изоляционной трубки длиной 10 мм.
9. Облудите лепестки хвостовиков.
10. Подготовьте паяльник к работе, доведя температуру жала до 235 °C.
11. Начните пайку в разъем с нижнего хвостовика слева направо.
12. Вставьте провод в отверстие хвостовика до конца так, чтобы изоляция провода не доходила до края хвостовика на расстояние 1—2 мм.
13. Нанесите на жало паяльника припой и прогрейте хвостовик со вставленным проводом в течение 3—5 с.
14. Удерживайте провод пинцетом до полной полимеризации припоя.
15. Оцените качество пайки: распаянный разъем не должен иметь наплыков, непропаев и отверстий в промежутке между телом разъема и проводом.
16. При необходимости перепаяйте бракованный контакт (перепайка допускается не более 2 раз), предварительно очистив гнездо хвостовика от старого припоя с помощью оловоотсоса.

17. Повторите операцию для всех хвостовиков.
18. Удалите остатки флюса и капли припоя.
19. Натяните на концы хвостовиков изоляционные трубки.
20. Установите контактную часть разъема в корпус и соберите его.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ

1. В каких случаях хвостовики разъемов облуживаются?
2. Опишите технологию распайки разъема типа ШР.
3. Почему в разъеме типа VGA используется 15 выводов?
4. Почему при пайке разъемов необходимо снижать температуру жала паяльника?
5. Как запаять провода на контактные лепестки разъема, не имеющего технологических отверстий и посадочных мест?

## Глава 2

### МОНТАЖ РАДИОЭЛЕМЕНТОВ

#### Практическая работа № 2.1

##### МОНТАЖ РЕЗИСТОРОВ И КОНДЕНСАТОРОВ

###### Цели работы:

1. Закрепить навыки монтажа резисторов и конденсаторов.
2. Освоить приемы работы с технологической документацией.

Монтаж резисторов и конденсаторов включает в себя следующие действия:

- подбор резисторов и конденсаторов по параметрам и характеристикам в соответствии с технической документацией — спецификацией и принципиальной схемой;
- подготовку печатной платы к монтажу резисторов и конденсаторов;
- установку и крепление элементов на печатную плату;
- пайку;
- контроль качества монтажа.

Подбор элементов проводится по параметрам, указанным в символьном виде, и маркировке на корпусе элемента.

Маркировка резисторов и конденсаторов определяется требованиями ГОСТ 28883—90 (соответствует международному стандарту МЭК 62-74). Она имеет вид цветового и буквенно-цифрового кода:

- для резисторов — номинал сопротивления в омах и допуск на отклонения от номинала;
- для конденсаторов — номинал емкости в пикофарадах ( $10^{-12}$  F), ТКЕ — температурный коэффициент изменения емкости и рабочее напряжение, В.

При цветовом коде отчет номинала начинается с полосы, наиболее близко расположенной к краю. Последняя полоса определяет допуск в случае резистора или ТКЕ — для конденсатора.

Мощность устанавливаемого резистора указывается на принципиальной схеме (табл. 2.1) или в спецификации. На практике подбор ведется по внешнему виду до 5 Вт, а более высокий номинал указывается в виде надписи на корпусе.

Таблица 2.1. Условное обозначение мощности резисторов

Мощность, Вт	Условное обозначение
0,05	
0,125	
0,25	
0,5	
1	
2	
5	

Буквенно-цифровое обозначение состоит из трех или четырех знаков, включающих две цифры и букву или три цифры и букву. Буква кода является разделительным знаком и определяет положение запятой.

В технической документации для конденсаторов и резисторов используются буквенно-цифровое обозначение, разъясняющее тип элемента, технологию изготовления, условия эксплуатации.

Так, для конденсаторов маркировка вида K10-17-M47-50пФ означает К — конденсатор постоянной емкости, керамический, в корпусе под условным обозначением 17; М47 — ТКЕ; емкость — 50 пикофарад.

Для резисторов, например, маркировка МЛТ-0,125-330 означает: МЛТ — металлопленочный лакированный теплостойкий, мощность — 0,125 Вт, сопротивление — 330 Ом.

В отличие от навесных элементов SMD-резисторы и конденсаторы выполняются в корпусах трех видов:

- корпуса типа 0402 — не маркируются;
- корпуса типа 0805 — маркируются четырьмя цифрами, первые три из которых означают мантиссу, а последняя — показатель степени по основанию 10 для задания номинала сопротивления резистора в омах. Буква *R* также служит для обозначения десятичной точки. Например, маркировка 7501 означает, что резистор имеет номинал  $750 \times 10^1$  Ом = 7,5 кОм;
- корпуса типа 0603 — маркируются двумя цифрами и одной буквой: цифры задают код, по которому из таблицы определяют мантиссу, а буква — показатель степени по основанию 10 для определения номинала резистора в омах. Например, маркировка вида 10С означает, что резистор имеет номинал  $124 \times 10^2$  Ом = 12,4 кОм.

Маркировка оксидных полярных конденсаторов состоит из буквы и трех цифр: буква указывает на номинальное напряжение конденсатора, две первые цифры — на емкость в пикофарадах, а третья цифра — на степень числа 10, являющуюся множителем. Керамические конденсаторы маркируются так же, как резисторы, и отличаются от них только цветом.

Все монтажные операции, связанные с радиоэлементами, должны строго подчиняться требованиям технологической документации, в частности, операционной карты. В ней определяются действия монтажника, требования к материалам, приспособлениям и оборудованию, продолжительность выполнения операции (норма труда).

В табл. 2.2 приведена примерная операционная карта работы с резисторами и конденсаторами. Расчет нормы времени выполнен на один элемент.

Для отмычки плат можно использовать в качестве растворителя ксиол, который имеет ограниченное применение из-за токсичности и в лабораторных условиях не применяется.

Формовка выводов конденсаторов и резисторов и их установка в единичном и опытном производстве ведется вручную с помощью монтажного инструмента. При этом необходимо строго соблюдать правила, приведенные в ГОСТ 29137—91. Формовку выводов и установку элементов на плату выполняют так, чтобы была видна маркировка.

**Таблица 2.1.2. Технологическая карта монтажа радиоэлементов**

Номер операции	Вид и последовательность выполнения операции	Оборудование	Приспособления и инструмент	Материал	Продолжительность, мин
1	Подготовительная. Обезжиривание контактных плоцадок: 1) произвести внешний осмотр платы; 2) обернуть губки пинцета бязью; 3) обезжирить контактные плоцадки платы холопачебумажным тампоном, смоченным спирто-нефрасовой смесью; 4) обсушить плату при комнатной температуре; 5) повторно осмотреть плату	Монтажный стол	Пинцет В 7814-0004 ОС 92-2021—68	Спирт этиловый ректифицированный технический, сорт 1 (ГОСТ 18300 — 87); бязь холопачебумажная отбеленная (ГОСТ 11680 — 76); нефрас марки С3-80/120 (ГОСТ 443 — 76)	5
2	Формовка и лужение выводов резисторов: 1) произвести внешний осмотр элементов; 2) установить резистор в приспособление для формовки выводов;	То же	1. Пинцет В 7814-0004 ОС 92-2021 — 68. 2. Приспособление для закрепления резисторов. 3. Кисть КФК-8-1 (ГОСТ 10597 — 80).	Флюс марки ФКСП-61 (ГОСТ 19250 — 73); припой марки ПОС-61 (ГОСТ 21931 — 76)	2

Продолжение табл. 2.12

Номер операции	Вид и последовательность выполнения операции	Оборудование	Приспособления и инструмент	Материал	Продолжительность, мин
3	3) произвести гибку выводов резистора; 4) извлечь резистор из приспособления; 5) произвести флюсование выводов резистора; 6) произвести лужение выводов резистора		4. Паяльник 36 В 40 Вт. 5. Паяльная ванна. 6. Плоскогубцы. 7. Круглогубцы		
3	Формовка и лужение выводов конденсаторов: 1) произвести внешний осмотр элемента; 2) установить конденсатор в приспособление; 3) произвести гибку выводов конденсатора; 4) извлечь конденсатор из приспособления; 5) произвести флюсование выводов конденсатора; 6) произвести лужение выводов конденсатора	Стол монтажный	1. Пинцет В 7814-0004 ОС 92-2021—68. 2. Кисть КФК-8-1 (ГОСТ 10597—80). 3. Паяльник 36 В 40 Вт. 4. Паяльная ванна	Флюс марки ФКСП-61 (ГОСТ 19250—73), припой марки ПОС-61 (ГОСТ 21931—76)	2
4	Подготовительная. Установка платы на поворотный стол: 1) установить плату на поворотный держатель плат; 2) установить и закрепить резьбовое соединение (винт, шайба, гайка). Выполнить (повторить) данную операцию не менее 4 раз	«	1. Отвертка 7810-0964 (ГОСТ 17199—88). 2. Ключ торцевой С-13. 3. Поворотная рамка ПР01	—	5
5	Монтажная. Установка конденсаторов: 1) произвести внешний осмотр платы и очистить контактные площадки для установки конденсатора; 2) установить конденсатор на плату в соответствии с чертежом; 3) паять выводы конденсатора	«	1. Пинцет В 7814-0004 ОС 92-2021—68. 2. Кисть КФК-8-1 (ГОСТ 10597—80). 3. Паяльник 36 В 40 Вт. 4. Поворотная рамка ПР01	Припой марки ПОС-61 (ГОСТ 21931—76)	3
6	Установка резисторов: повторить действия 1—3 операции 5	«	1. Пинцет В 7814-0004 ОС 92-2021—68. 2. Кисть КФК-8-1 (ГОСТ 10597—80). 3. Паяльник 36 В 40 Вт. 4. Поворотная рамка ПР01	Припой ПОС-61 (ГОСТ 21931—76), клей-мастика марки У-9М с наполнителем ОСТ 92-4685—85	3

Окончание табл. 2.12

Номер операции	Вид и последовательность выполнения операции	Оборудование	Приспособление и инструмент	Материал	Продолжительность, мин
7	Промывочная: 1) отмыть ксиолом места пайки от излишков флюса кистью из щетины или тампоном из марли; 2) продуть плату сухим сжатым воздухом с давлением на выходе спла не более 3 кг/см <sup>2</sup> ; 3) демонтировать резьбовое соединение крепления платы к поворотной рамке согласно чертежу (винт, шайба, гайка). Выполнить (повторить) действия, указанные в операции 3, 4 раза	»	1. Ванночка. 2. Кисть из щетины №14 (ГОСТ 10597—70). 3. Тампон из марли. 3. Отвертка 7810-0964 (ГОСТ 17199—88). 4. Ключ торцевой S-13. 5. Поворотная рамка ПРО1	Спирт этиловый реактивированный технический сорт 1 (ГОСТ 18300—87)	5
8	Контроль: 1) подключить изделие к контрольно-измерительной аппаратуре (КИА) согласно технической документации на проверку;	Контрольно-испытательное приспособление	—	—	5

2) произвести проверку изделия согласно технической документации;
3) отключить изделие от КИА и снять его с приспособления;
4) произвести визуальный осмотр изделия на отсутствие механических повреждений и целостность конструкции

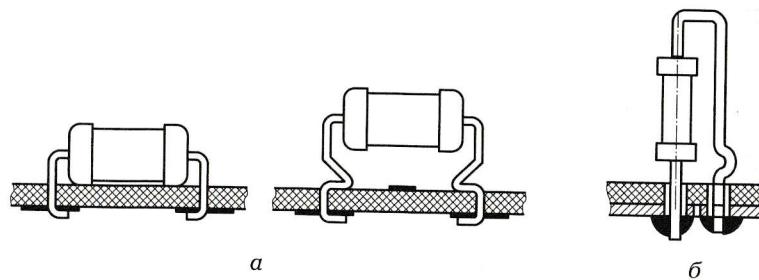


Рис. 2.1. Способы установки резисторов:  
а — горизонтально; б — вертикально

Как правило, используется два варианта установки элементов: горизонтальная и вертикальная (рис. 2.1).

При этом используется два способа крепления элемента: путем подгиба выводов во внутрь и с помощью зиг-замка. При выборе размера подгиба исходят из диаметра вывода и размеров контактной площадки.

При увеличении плотности монтажа и расположении элементов вплотную к шасси на корпуса и выводы надевают электроизоляционные трубки. Крупные резисторы и конденсаторы можно механически крепить к контакт-деталям с последующей пайкой, а в случае необходимости — с помощью хомутов, скоб, держателей, заливки компаундом и установки на клей.

Монтаж конденсаторов и резисторов зависит от их типа. Так, плоские неполярные конденсаторы и мощные резисторы имеют два одинаковых по длине вывода, их форма сформирована при производстве и не изменяется при монтаже. При радиальном исполнении выводов выводы формуются монтажником перед пайкой в соответствии с рекомендациями стандарта. Допускается изменять подгиб выводов, а также наклон корпуса конденсатора при настройке для уменьшения паразитной емкости схемы. При монтаже электролитических (полярных) конденсаторов следует строго соблюдать полярность в соответствии с принципиальной и монтажной схемами. Для резисторов полярность не имеет никакого значения. Ионистры устанавливают вне зависимости от знака «+», нанесенного на корпус, который является лишь технологической меткой. Все выводы конденсаторов большой емкости и резисторов большой мощности от 2 Вт и более перед установкой необходимо облучивать. Для контактирования выводов резисторов и конденсаторов с токоведущими элементами схемы применяется, как пра-

вило, пайка или накрутка на контактные штыри. При пайке следует применять термоэкраны и теплоотводы для устранения опасности перегрева. В большинстве случаев эту роль может выполнять обычный пинцет. При пайке пассивных элементов применяют припой марки ПОС-61 (ГОСТ 21930—76) и флюс спиртоканифольный. Температура припоя или жала паяльника не должна превышать 265 °С для припоя марки ПОС-61. Интервал времени между повторными пайками должен быть не менее 5 мин. Пайку выводов резисторов и конденсаторов следует проводить на расстоянии 1,5—5 мм от их корпуса. Монтаж резисторов и конденсаторов в корпусах SMD проводится по технологии, представленной в практической работе 1.4.

## Ход выполнения работы

### Этап 1. Выполнение монтажа резисторов и конденсаторов в отверстия

#### Оборудование, материалы и приспособления

Состав оборудования, материалов и приспособлений формируется в соответствии с технологической картой (табл. 2.2).

- Резисторы типа МЛТ, ПЭВ, КИМ — пяти номиналов;
- конденсаторы типа К7-5х, К10-7х, К15-2х — пяти номиналов;
- секундомер.

#### Последовательность выполнения операций

1. Подготовьте установочную плату для монтажа и не менее 10 конденсаторов и 10 резисторов.
2. Подготовьте паяльную станцию к работе.
3. Выполните операции по монтажу резисторов и конденсаторов, указанные в табл. 2.2.
4. Выводы резисторов и керамических конденсаторов сформуйте для крепления способом зиг-замка (рис. 2.1, б).
5. Проведите пооперационный временной контроль.
6. Результаты выполнения операций по времени в расчете на 10 элементов занесите в табл. 2.3.
7. Сравните полученные результаты с нормами времени.
8. Проверьте качество выполнения работ.
9. Повторите операцию 3, добиваясь выполнения норм выработки и должного качества.

**Таблица 2.3. Продолжительность выполнения паяльных работ**

№ п/п	Наименование работ	Продолжительность выполнения, мин	
		норма	фактическая
1	Входной контроль радиоэлементов	5	
2	Рихтовка	2	
3	Лужение	20	
4	Формовка	25	
5	Установка и механическое крепление элементов	10	
6	Пайка	30	
7	Самоконтроль качества монтажа элементов и самооценка	5	
8	Промывка и сушка	5	
	Итого	1 ч 42 мин	

### Этап 2. Выполнение монтажа резисторов и конденсаторов на поверхность платы с помощью термопинцета

#### Оборудование, материалы и приспособления

- Резисторы и конденсаторы типоразмеров 0402, 0805, 0603 — по 10 шт.;
- макетная плата;
- термопинцет;
- термовоздушный паяльник;
- электронный микроскоп для монтажа SMD-элементов или лупа с подставкой;
- шприцы с паяльной пастой SMT623602-38 (SAC-305);
- ультразвуковая ванна.

#### Последовательность выполнения операций

1. Выполните подбор радиоэлементов и определите номиналы резисторов и конденсаторов.

2. Результаты занесите в табл. 2.4.

**Таблица 2.4. Номиналы резисторов и конденсаторов, подобранных для выполнения практической работы № 2**

Типоразмер	Кодовое обозначение	Номинал		Цвет корпуса
		резисторов	конденсаторов	
...	...	...	...	...

3. Очистите и промойте в ультразвуковой ванне макетную плату и просушите ее.

4. Нанесите на контактные площадки типа 0603 паяльную пасту.

5. Разогрейте термопинцет до температуры 235 °C.

6. Захватите термопинцетом элемент и поместите его на контактные площадки поверх пасты.

7. Проделайте операции 3—6 со всеми элементами.

8. Оцените качество и скорость своей работы.

9. Добейтесь выполнения нормы выработки не более 5 мин на партию из 10 элементов.

Технология монтажа SMD-элементов с использованием обычновенного и термовоздушного паяльников приведены в практической работе № 1.4.

#### ВОПРОСЫ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ

1. Назовите виды брака при проведении монтажных работ с резисторами и конденсаторами.
2. Каково влияние температурного режима пайки на качество монтажа резисторов и конденсаторов и их работоспособность?
3. Какие действия необходимо выполнить, чтобы подготовить термопинцет к работе?
4. В чем достоинство пайки SMD-элементов с помощью термопинцета?
5. Какие типоразмеры SMD-элементов вы знаете?
6. Как по внешнему виду определить номиналы резисторов и конденсаторов?

## Практическая работа № 2.2

### МОНТАЖ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ДИОДОВ И ТРАНЗИСТОРОВ

#### Цели работы:

1. Освоить способы и методы монтажа полупроводниковых диодов и транзисторов на основе технологических карт.
2. Закрепить навыки монтажа поверхностно монтируемых полупроводниковых приборов.

Особенности монтажа полупроводниковых приборов определяются наличием  $p-n$ -переходов и, как следствие, зависимостью их параметров от условий эксплуатации, теплового режима, климатических и других условий. В этой связи технология монтажа играет особую роль в функционировании полупроводниковых схем.

Подбор полупроводниковых приборов по их параметрам — вопрос непростой. Тип прибора и его характеристики определяются по справочникам на основании их условного обозначения (табл. 2.5).

Таблица 2.5. Системы кодировки полупроводниковых приборов

Российская (ОСТ 11.336.-919—81)	Американская (JEDEC)	Европейская (PRO Electron)
<b>Диоды</b>		
КД212 (кремниевый диод 212 модифика- ции)	1N326: 1 — диод; N — полупроводниковый; 326 — модификация	ВА40 (В — кремний, А — выпрямитель- ный; 40 — модифика- ция)
<b>Транзисторы</b>		
КТ 603: К — кремниевый; 603 — модификация	2N2386: 2N — транзи- стор; 2386 — модифи- кация	BC(D, S)645: BC(D, S) — крем- ниевый различной мощности; 645 — мо- дификация

В приведенных в табл. 2.5 примерах значение первой цифры после буквы, как правило, указывает на мощность — чем она выше, тем выше мощность, рассеиваемая элементом.

На практике при подборе полупроводниковых элементов ориентируются на надписи на корпусе, определяют, к какой группе маркировки они относятся, затем по справочникам находят параметры и характеристики элементов.

Надежность полупроводниковых диодов обычно значительно выше надежности других элементов РЭА, но при этом сильно зависит не только от их характеристик, но и от соблюдения правил эксплуатации. К неправильной эксплуатации полупроводниковых диодов следует отнести их размещение вблизи нагревающихся элементов схемы, что способствует перегреву диодов, а также крепление диодов способом, ухудшающим условия их теплообмена с окружающей средой.

В процессе подготовки и проведения монтажа полупроводниковых диодов в аппаратуру и на печатные платы рихтовка, формовка и обрезка выводов должны производиться так, чтобы на выводах не возникали избыточные и растягивающие усилия. Эти операции выполняются в соответствии с ГОСТ 29137—91. При работе с высокочастотными диодами и диодами СВЧ-диапазон следует соблюдать особые меры предосторожности по предотвращению прохождения через прибор статических электрических разрядов. Для некоторых видов диодов необратимый пробой может быть вызван напряжениями несколько выше 20 В, поэтому заземление инструмента и отвод статического электричества от тела монтажника имеют важное значение.

Технические условия предписывают температуру корпуса измерять на выводе диода на расстоянии 2 мм (диода средней мощности) и 10 мм (диода большой мощности) от кромки корпуса. В связи с этим при монтаже изгибать выводы следует на расстоянии не ближе 3...5 мм от кромки корпуса, а радиус изгиба не должен быть меньше диаметра вывода. Формовку выводов диодов с радиальным расположением проводят так же, как и резисторов с учетом возможности их вертикального и горизонтального расположения.

Транзисторы с  $p-n$ -переходом имеют зависимость параметров от условий эксплуатации значительно выше, чем у диода, в частности, тока от температуры, они более чувствительны к статическому электричеству и поэтому требуют повышенного внимания при монтаже. Для пайки транзисторов рекомендуется пользоваться низковольтным паяльником на 6 или 12 В, подключаемым к сети через развязывающий понижающий трансформатор, и мощностью не более 40 Вт. В какой-то мере эту проблему решают паяльные станции с регулируемой температурой жала паяльника и низким напряжением питания.

При монтаже транзистора в схему сначала присоединяют базу, затем эмиттер и последним — коллектор. Демонтаж транзистора выполняют в обратной последовательности. Выводы транзистора, если позволяет его конструкция, нужно оставлять не короче 15 мм, изгибать их не ближе 10 мм от корпуса, изгиб должен быть плавным. Эти требования относятся к маломощным транзисторам. Что касается других видов транзисторов, то допускается их формовка для обеспечения лучшего теплоотвода без применения радиатора. Изгибать жесткие выводы мощных транзисторов нельзя.

При монтаже транзисторов в отверстия следует определиться со способом крепления, которое может быть выполнено в четырех вариантах:

- 1) использование зига, зиг-замка или замка;
- 2) подгибка выводов на обратной стороне платы;
- 3) расплющивание выводов на обратной стороне платы;
- 4) подгибка специальных фиксирующих элементов, предусмотренных в конструкции корпуса транзистора.

Температура нагрева контактного слоя транзистора не должна превышать 75 °С, поэтому паяльник необходимо располагать на расстоянии не менее 5 мм от корпуса прибора для обеспечения теплоотвода между корпусом и местом пайки с помощью пинцета. Пайку полупроводниковых диодов и транзисторов выполняют низкотемпературным припоем марки ПОС-61 в течение 2—3 с, не более. Перепайка и замена отдельных деталей в схемах с полупроводниковыми приборами должны производиться при полном обесточивании схемы паяльником с заземленным жалом и не ранее, чем через 2 мин после последней пайки.

На плате с использованием транзисторов и диодов отмечают места установки электродов, например: для биполярных транзисторов — Б, Э, К; а для диодов — отмечается только катод.

Эффективное использование транзисторов большой мощности возможно при условии, что они смонтированы на радиаторах — металлических пластинах или конструкциях прямоугольной формы. Эффективность отдачи транзистором теплоты радиатору зависит от качества теплового контакта между транзистором и радиатором и оценивается по величине теплового сопротивления корпус транзистора — радиатор. Это сопротивление тем меньше, чем лучше обработаны прилегающие поверхности транзистора и радиатора. Для этого зазор между транзистором и радиатором заполняется смолой, кремнийорганическим составом или густым невысыхающим маслом (например, силиконовым), что снижает тепловое сопротивление контакта.

Мощность радиатора рассчитывают по формуле, Вт,

$$Q = 4,18 \cdot 10^{-4} h_c S \Delta t, \quad (2.1)$$

где  $h_c$  — коэффициент конвективной теплопередачи [ $h_c = 0,52C(55\Delta t/L)^{0,25}$ , здесь  $C$  — постоянная величина, зависящая от ориентации поверхности (для вертикальной плоскости  $C = 0,56$ , для верхней горизонтальной плоскости  $C = 0,52$ , для нижней горизонтальной плоскости  $C = 0,26$ );  $\Delta t$  — температура перегрева, °С;  $L$  — длина пути теплового потока, которая определяется по табл. 2.6]  $S$  — площадь поверхности, см<sup>2</sup>;  $\Delta t$  — температура перегрева, °С;

**Таблица 2.2. Выбор расположения радиатора для монтажа транзисторов большой мощности**

Ориентация поверхности монтажа	Значение $L$
1. Вертикальная плоская	1. Наибольший размер по вертикали, но не более 50 см.
2. Вертикальная плоская не-прямоугольная	2. Отношение площади к наибольшему горизонтальному размеру.
3. Горизонтальная плоская	3. Отношение удвоенного произведения длины на ширину к сумме значений длины и ширины

Максимальная температура корпуса для кремниевых приборов 100 °С, тогда  $\Delta t = 80$  °С при средней температуре окружающего воздуха 20 °С.

Нередко в зависимости от схемы РЭУ необходимо изолировать корпус транзистора (коллектор) от корпуса прибора (шасси). Помещаемая с этой целью между транзистором и радиатором изоляционная прокладка увеличивает тепловое сопротивление перехода корпус — радиатор. В связи с этим желательно крепить транзистор непосредственно на радиаторе, изолируя последний от шасси прибора. Технология размещения навесных диодов и транзисторов в отверстия мало чем отличается от монтажа резисторов и конденсаторов.

Для технологии поверхностного монтажа разработаны двойные диоды и транзисторы, которые выполнены в SMD-корпусах типа SOT23 и имеют ленточные контакты. Обычные SMD-диоды выполняются в прямоугольных корпусах с торцевыми контактами. Требования к качеству пайки трехвыходовых приборов с торцевыми и ленточными контактами показаны на рис. 2.2.

**Таблица 2.7. Маршрутная карта выполнения монтажа радиоэлементов**

№ п/п	Наименование операции	Технологическое оснащение		Материалы	Расход	Примечание
		Устройства и принадлежности	Производительность			
1	Контроль качества печатных плат	1. Лупа увеличительная 2—8 крат 2. Микроскоп МБС-10	15 с/плата	—	—	Плата площадью 1 см <sup>2</sup> , односторонняя
2	Очистка печатных плат	1. Шкаф вытяжной. 2. Ванна вместимостью 1,5 л. 3. Кисть клеевая, жесткая. 4. Напалмчики резиновые (ТУ38.106.567—88)	20 с/плата	1. Спирт этиловый ректифицированный (ГОСТ 18300—87). 2. Нефрас (бензин)	1,2 мл на плату площадью 1 дм <sup>2</sup> . Не нормируется	Соотношение спирта и нефраса 1:1
3	Нанесение паяльной пасты на плату	1. Ручной дозатор пасты модели TWSSMT200. 2. Шкаф вытяжной	2 с/доза	1. Паста паяльная. 2. Бязь хлопчатобумажная (ГОСТ 29298—92). 3. Спирт этиловый ректифицированный (ГОСТ 18300—87)	—	Установка компонентов на плату ручная
4	Установка поверхностью монтируемых компонентов на паяльную пасту	1. Кассета специальная. 2. Лупа увеличительная 2—8 крат. 3. Пинцет	12—60 с/компонент	—	—	—

5	Контроль правильности установки поверхности монтируемых компонентов	1. Лупа увеличительная 2—8 крат. 2. Микроскоп модели МБС-10. 3. Монтажная игла. 4. Пинцет	10 с/плата	—	—	Визуальный контроль
6	Пайка поверхностью монтируемых компонентов	1. Паяльник типа «микроволн». 2. Кассета цеховая. 3. Пинцет	1 мин/элемент	—	—	—
7	Ремонт и ручной монтаж печатного узла	1. Паяльная станция. 2. Термопинцет. 3. Микропаяльник. 3. Лупа увеличительная 2—8 крат. 4. Микроскоп модели МБС-10. 5. Пинцет	Ручной ремонт 6 с/контакт	1. Припой марки ПОС-61. 2. Флюс R-41-01	—	Операция выполняется после очистки
8	УЗ-очистка печатных узлов от остатков паяльной пасты в моющей жидкости — прозоне	УЗ-ванна	20 с/плата	Прозон	12 л на 1 000 плат площадью 1 дм <sup>2</sup>	—
9	Водно-механическая очистка печатных узлов	1. Ванна пластмассовая вместимостью 8 л. 2. Колонковая кисть.	30 с/плата/дм <sup>2</sup>	1. Моющая жидкость типа «Fairy». 2. Вода дезинириованная.	—	—

Окончание табл. 2.7

№ п/п	Наименование операции	Технологическое оснащение		Материалы	Примечание
		Устройства и принадлежности	Произво- дительность		
	3. Пистолет со сжатым воздухом			3. Сжатый воздух Давлением 5—6 атм.	
12	Термосушика пе- чатных узлов	1. Сушильный шкаф (температура сушики 60—70 °С). 2. Термовоздушный паяльник	10 мин/плата	—	—
10	Контроль каче- ства пайки	1. Лупа увеличительная 2—8 крат. 2. Микроскоп модели МБС-10	5 мин/плата	—	—

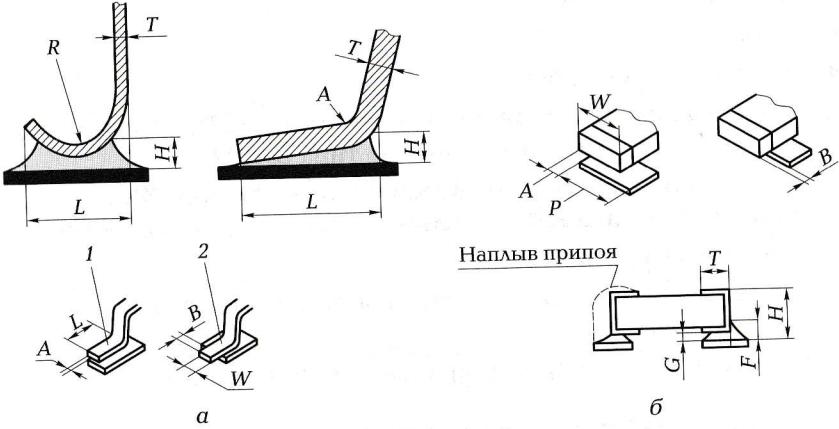


Рис. 2.2. Требования к качеству пайки элементов поверхностного монтажа:  
 а — с ленточными выводами:  $R$  — внутренний радиус изгиба вывода;  $B$  — высота выступа «носка» вывода;  $H$  — высота сборки;  $L$  — проектная длина вывода;  $S$  — боковое смещение;  $T$  — толщина вывода;  $W$  — ширина ленточного вывода; 1 — внешний вид контакта с боковым смещением вывода; 2 — внешний вид контакта с выступом «носка» вывода; б — с торцевыми контактами:  $A$  — ширина бокового смещения вывода;  $W$  — ширина вывода;  $B$  — ширина выступа «носка» вывода;  $P$  — ширина контактной площадки;  $T$  — ширина торцевого контакта;  $G$  — расстояние до платы;  $F$  — высота галтели;  $H$  — высота сборки

Пайка и монтаж этих компонентов подчиняется правилам выполнения поверхностного монтажа по ГОСТ Р МЭК 61191-2—2010 (см. лабораторную работу № 1.4) и маршрутной карте (табл. 2.7).

## Ход выполнения работы

### Этап 1. Монтаж диодов и транзисторов в отверстия

#### Оборудование, материалы и приспособления

- Паяльная станция;
- пинцет;
- круглогубцы и плоскогубцы;
- алюминиевая пластина или радиатор;
- набор отверток;
- отсос или «оплетка»;
- установочная плата;
- держатель плат;

- припой марки ПОС-61;
- флюс марки АТИ-120;
- антистатический браслет;
- набор диодов (выпрямительные — типа Д226, высокочастотные — типа КД105, сигнальные — типа ВАТ42);
- набор транзисторов (малой мощности — типа КТ315, средней мощности — типа КТ603, большой мощности — типа КТ972);
- крепежные детали;
- слюдяные прокладки (допускается замена на резиновые или текстолитовые);
- ручная дрель с набором сверл диаметром 0,6—2 мм.

#### **Задание 1. Пайка диодов и транзисторов в отверстия**

1. Подготовьте установочную плату для выполнения монтажных работ диодов и транзисторов в отверстия.
2. Ознакомьтесь с документацией на используемые диоды и транзисторы.
3. Проведите формовку выводов диодов и транзисторов в соответствии с требованиями ГОСТ 29137—91.
4. Подготовьте паяльную станцию к работе.
5. Наденьте и подключите антистатический браслет.
6. Установите элемент в отверстия печатной платы, придерживая его выводы пинцетом. Обеспечьте крепление элемента в отверстии в соответствии с рекомендациями.
7. Установите плату с закрепленными элементами в держатель плат выводами вверх.
8. Придерживая вывод элемента пинцетом, выполните пайку.
9. Операции 6—8 проведите для всех элементов.
10. Составьте технологическую карту монтажа выбранных диодов.
11. Оцените качество пайки.
12. Исправьте брак до получения качественной пайки всех элементов.

#### **Задание 2. Расчет и подготовка радиаторов**

1. По документации определите мощность силовых транзисторов, подобранных для выполнения практической работы.
2. Рассчитайте размеры экрана радиатора, необходимого для эффективного теплоотвода от монтируемых радиоэлементов.
3. Подберите или изготовьте экран радиатора к монтажу.

4. Подготовьте прокладки для изолирования металлического корпуса транзистора типа КТ972.

5. Закрепите радиатор на печатной плате с помощью пайки или крепежными деталями (в зависимости от технологии теплоотвода и используемой платы).

В случае применения диэлектрических прокладок между радиоэлементом и радиатором радиатор поддается к корпусу изделия.

При отказе от использования изолирующих прокладок проследите, чтобы корпус радиатора не касался элементов электрической схемы.

#### **Этап 2. Монтаж диодов и транзисторов в корпусах поверхностного монтажа**

##### **Оборудование, материалы и приспособления**

Материалы, устройства и принадлежности должны соответствовать требованиям маршрутной карты (см. табл. 2.7). Допускается альтернативная замена при соблюдении качества и эффективности работ.

##### **Последовательность выполнения операций**

1. Подготовьте к работе демонстрационную плату.
2. Включите лампу подсветки монтажного стола с лупой или микроскоп.
3. Подберите не менее 10 транзисторов и диодов в корпусах типа SOT23 и 0603.
4. С помощью мультиметра, внешнего вида или кодовых символов на корпусе классифицируйте диоды и транзисторы, разложив их в кюветы.
5. Отведите на демонстрационной плате верхний ряд для диодов в корпусе типа SOT23 и средний ряд для диодов в корпусе типа 0603, а нижний в корпусе SOT23 — для транзисторов.
6. Нормируйте по времени операции 7—12.
7. С помощью дозатора (диспенсера) нанесите на контактные площадки паяльную пасту.
8. Установите радиоэлементы на контактные площадки с помощью обычного или вакуумного пинцета.
9. Просушите паяльную пасту термовоздушным паяльником (феном) (см. практическую работу 1.4).
10. Выполните пайку радиоэлементов паяльником с насадкой «микроволна».
11. Отмойте и просушите выполненную пайку.

- Проверьте качество пайки в соответствии с рис. 2.2.
- Результаты нормирования занесите в табл. 2.8.

**Таблица 2.8. Нормирование выполнения операций**

Наименование операции	Продолжительность выполнения, мин	
	Норма по маршрутной карте	Фактическая

### **ВОПРОСЫ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ**

- Опишите технологию монтажа диодов.
- Опишите технологию монтажа транзисторов.
- Каковы особенности монтажа высокочастотных транзисторов?
- Назовите особенности монтажа полупроводниковых приборов в корпусах типа SMD.
- Назовите виды брака при монтаже диодов и транзисторов поверхностного навесного монтажа.
- Перечислите меры борьбы с перегревом элементов во время пайки.

### **Практическая работа № 2.3**

## **МОНТАЖ И ДЕМОНТАЖ МИКРОСХЕМ ДЛЯ НАВЕСНОГО И ПОВЕРХНОСТНОГО МОНТАЖА**

#### **Цели работы:**

- Освоить приемы работ по монтажу микросхем в отверстия и на поверхность платы.
- Сформировать навыки по демонтажу выводных и поверхностно монтируемых микросхем.

Монтаж и демонтаж микросхем, особенно в корпусах типа SOIC, PLCC и QFP поверхностного монтажа, требуют применения специфического оборудования: термопинцетов, термостолов, термофенов, а также специальных приспособлений (насадок к паяльникам типа «микроволна» и т. д.).

Микросхемы в корпусах типа DIP и SIP предназначены для монтажа в отверстия. При монтаже выводы микросхем, как правило, не формируются и не облучиваются, за исключением особых случаев. При установке уделяют внимание ориентации микросхем относительно ключа (метки нанесенной на корпус микросхемы) и первого вывода на плате. Под микросхемы в металлических корпусах подкладывают изолирующие прокладки и прикрепляют их к плате с помощью лака, клея или флюса. Во время пайки особое внимание уделяется температурному режиму пайки, чтобы не перегреть корпус микросхемы. В целях безопасности используют припой с температурой плавления не более 260 °C, мощность паяльника не должна превышать 40 Вт — для аналоговых микросхем и не более 20 Вт — для цифровых. Длительность пайки одного вывода — не более 5 с, промежуток времени между пайками выводов одной микросхемы должен быть не менее 1 мин. Если ведется монтаж нескольких микросхем, то сначала паяют первый вывод первой микросхемы, затем первый вывод второй микросхемы и т. д., далее — второй вывод первой микросхемы, второй вывод второй микросхемы и т. д. Благодаря такому приему микросхемы успевают остывать между пайками. При пайке одиночных микросхем сначала пропаивают выводы, расположенные по диагонали, затем слева направо.

Цифровые микросхемы типа КМОП (на основе комплементарных полевых транзисторов) могут быть выведены из строя разрядом статического электричества. Чтобы этого не случилось, жало

паяльника и тело радиомонтажника необходимо заземлять. Соединение микросхемы с другими элементами может быть выполнено печатным способом, проводами или комбинированно. Печатный способ монтажа применяют в том случае, если известно, что схема работоспособна, проверена и протестирована, а также при ремонте или замене. В экспериментальном производстве на макетных платах микросхемы соединяют перемычками. На установочных платах используют соединение проводами в тугоплавкой изоляции типа МГТФ сечением жил 0,07—0,12 мм<sup>2</sup> или однопроволочный луженый провод сечением 0,25—0,35 мм<sup>2</sup>. На вывод микросхемы наматывают 1—1,5 витка провода, а затем производят пайку. При комбинированном способе микросхемы припаивают к контактным площадкам, а в отверстия контактных площадок впаивают проволочные проводники для соединения микросхем с другими элементами схемы. Неиспользуемые выводы цифровых микросхем ТТЛ (транзисторно-транзисторная логика) объединяют в группы по 10 выводов, не более, и подключают к положительной шине питания через резистор сопротивлением 1—1,5 кОм. Неиспользуемые выводы микросхем типа КМОП непосредственно подсоединяют к плюсовой шине или корпусу.

Чтобы обеспечить достаточную помехозащищенность, между шинами питания устанавливают конденсаторы типа КМ-6, К10-7, К10-17 емкостью 0,1—0,047 мкФ из расчета один конденсатор на два-три корпуса микросхем. При использовании микросхем в условиях с повышенным температурным режимом на пластмассовый корпус микросхемы устанавливается металлический радиатор, который припаивается к корпусной шине прибора.

Демонтаж микросхем в корпусах для навесного монтажа проводится, как правило, с использованием оплетки. Оловоотсос применять не рекомендуется в связи с опасностью отслоения проводников. Места установки выводов микросхемы очищаются от припоя полностью, после чего она легко отделяется от платы. В случае приклейки корпуса микросхемы к плате для его удаления пользуются экстрактором.

Для демонтажа малоразмерных поверхностно монтированных микросхем в корпусах типа SOIC, PLCC и QFP с числом выводов 150—200 удобнее всего использовать термопинцет со сменными профильными насадками, из которых плоские, угловые и игольчатые применяются для демонтажа корпусов с двухрядным и четырехстронним расположением выводов. Мощность термопинцетов находится в диапазоне от 2×30 Вт при температуре нагрева 350 °C и до 2×20 Вт при 280 °C.

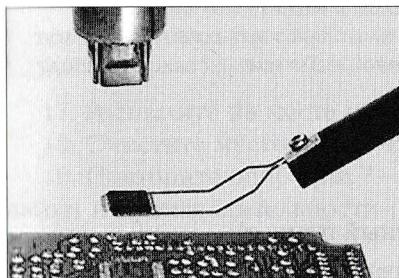


Рис. 2.3. Съемник микросхем

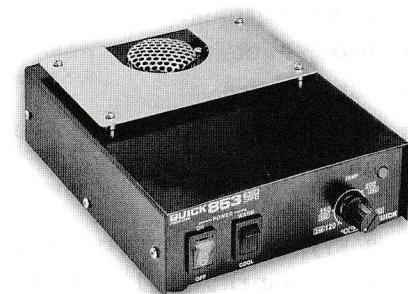


Рис. 2.4. Термостол для подогрева плат при демонтаже микросхем

Для удаления корпусов микросхем с числом выводов более 200 мощность термопинцета недостаточна. В этом случае используются термовоздушный паяльник (фен), термостол и специальный съемник. Съемник снабжен пружинными элементами (рис. 2.3), которые перед выпаиванием вводят под выводы или под корпус выпаиваемого элемента, чем обеспечивается подъемная сила 2—3 г.

Мощность нагрева и расстояние до микросхемы подбирают опытным путем. При достижении температуры пайки и расплавления припоя на всех выводах под действием подъемной силы съемника происходит отделение микросхемы от контактных площадок.

Демонтаж микросхем поверхностного монтажа с большим числом выводов упрощается при использовании термостола (рис. 2.4), который предназначен для подогрева нижней поверхности монтажной платы. Термостол обеспечивает разогрев воздуха до температуры 250 °C в течение 10 с и стабильное поддержание температуры с помощью встроенного температурного датчика.

После удаления поверхностно монтированной микросхемы с печатной платы контактные площадки очищаются от остатков припоя.

## Ход выполнения работы

### Этап 1. Монтаж микросхем

#### *Оборудование, материалы и приспособления*

- Паяльная станция;
- установочная плата;

- демонстрационная плата;
- набор пинцетов;
- лак-мастика;
- лампа с лупой или микроскоп USB;
- антистатический браслет;
- держатель плат;
- вакуумный манипулятор (вакуумный пинцет);
- флюс марки АТИ-120 или флюс-гель;
- припой марки ПОС-61К;
- очиститель флюса типа FLU400D.

#### **Задание 1. Монтаж микросхем в корпусах DIP**

1. Подготовьте установочную плату с отверстиями.
2. Облудите контактные площадки отверстий, не допуская застекания припоя в отверстия.
3. Наденьте и подключите антистатический браслет.
4. Закрепите плату в держателе.
5. Подготовьте микросхему к пайке: подогните выводы микросхемы для их совмещения с отверстиями на плате.
6. Включите лампу и направьте лупу на место пайки микросхемы.
7. Возьмите микросхему пинцетом за корпус, не касаясь ее выводов.
8. Сориентируйте микросхему так, чтобы ее ключ совпал с первым (условным) контактом на плате.
9. Поместите на «брюшко» микросхемы каплю жидкого флюса.

При монтаже микросхем на плату после отладки для приклеивания используется клей-мастика.

10. Установите микросхему в отверстия, контролируя качество установки (не допускается наличие подгибов выводов микросхемы, скручиваний) с помощью лупы.
11. Плотно прижмите микросхему к плате так, чтобы растекшийся флюс «приклеил» микросхему к плате.
12. Разогрейте жало паяльника до температуры 260 °С.
13. Обильно смочите выводы микросхемы и контактные площадки флюсом.
14. Запаяйте крайние выводы микросхемы крест-накрест.
15. Запаяйте остальные выводы микросхемы.
16. Проверьте качество пайки.

При пайке микросхем с большим числом выводом эффективнее использовать паяльник с жалом «микроволна», при меньшем числе выводов удобнее пользоваться обычновенным жалом.

17. Распылите на места пайки аэрозоль — очиститель флюса.
18. Очистите место пайки от флюса с помощью кисти.
19. Повторите операции 7—15 до получения высокого качества пайки и производительности (норматив — 3 мин на пайку 20 выводов).

#### **Задание 2. Монтаж микросхем поверхностного монтажа в корпусах SOIC, QFP и TSOP**

1. Очистите контактные площадки демонстрационной платы.
2. Облудите контактные площадки с помощью обычного паяльника.
3. Выполните операции 2, 3 и 6—9 задания 1.
4. Подготовьте паяльник «микроволна» к пайке.
5. Вакуумным манипулятором установите микросхему на контактные площадки.

Вакуумный манипулятор используется при числе выводов микросхем более 100, в других случаях его использование неэффективно и лучше применять обычный пинцет.

6. Пропаяйте игольчатым жалом насадки «микроволна» первые и последние выводы микросхемы по диагонали.
7. Нанесите флюс методом распыления на всю линейку выводов монтируемой микросхемы. При флюсовании предпочтительнее использовать флюс-гель (крем), который не растекается в процессе пайки.
8. Доведите температуру жала паяльника микроволна до 260 °С.
9. Наберите в углубление жала припой так, чтобы капля припоя занимала всю площадь жала с небольшим наплыром.
10. Проведите жалом паяльника «микроволна» по линейке выводов микросхемы, останавливаясь на 1 с на каждом выводе.
11. Оцените качество пайки.
12. Очистите плату от флюса.

#### **Этап 2. Демонтаж микросхем**

#### **Оборудование, материалы и приспособления**

- Жидкий «ремонтный» флюс марки IF8001 (безотмычочный крем-флюс типа FMKANC);
- нижний подогреватель плат — термостол;

- термовоздушный паяльник;
- пинцет;
- термопинцет;
- очиститель флюса типа FLU400D;
- припой из сплава Вуда.

#### **Задание 1. Демонтаж микросхем в планарных корпусах с помощью припоев с низкой температурой плавления**

Альтернативные приемы демонтажа приведены в практической работе 1.6.

1. Разогрейте паяльник до 150 °C.
2. С помощью паяльника нанесите припой из сплава Вуда на выводы и между выводами микросхемы поверх имеющегося припоя.
3. Удалите полученную смесь припоев с выводов микросхемы с помощью оплетки, пропитанной флюсом.
4. Прогрейте выводы микросхемы термовоздушным паяльником, разогретым до 150—170 °C, и снимите микросхему пинцетом.

#### **Задание 2. Демонтаж микросхем с использованием термопинцета**

1. Подготовьте термопинцет к работе.
2. Нанесите на рабочие грани термопинцета припой.
3. Очистите насадки термопинцета о влажную губку до приобретения ими яркого металлического блеска.
4. Выполните флюсование выводов микросхемы «ремонтным» флюсом.
5. Разогрейте насадки термопинцета до температуры 300—320 °C.
6. Поднесите раскрытие губки термопинцета к выпаиваемому прибору и создайте надежный тепловой контакт, приложив легкое усилие для сжатия термопинцета.
7. После оплавления припоя снимите микросхему с печатной платы и уложите ее на термостойкую прокладку выводами вверх.

Если снять микросхему сразу не получается, то повторите операции 4—6 через 5 мин.

В отдельных случаях до выполнения флюсования наносят избыточный припой на все выводы микросхемы так, чтобы они сплавились между собой.

В сложных случаях демонтажа рекомендуется использовать нижний подогреватель — термостол.

8. Выполните операции демонтажа для микросхем в корпусе типа PLCC и ее панели с использованием термостола.

9. Удалите микросхему с помощью экстрактора из панели.

10. Поместите на сетку термостола часть платы с участком, на котором установлена панель.

11. Нагрейте термостол до температуры 200 °C и прогрейте выводы панели сверху термовоздушным паяльником, нагретым до температуры не более 150 °C.

12. Снимите панель с платы пинцетом.

13. Повторите операции 9—12 до достижения качественного и неразрушающего демонтажа.

#### **ВОПРОСЫ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ**

---

1. Какой температурный режим пайки необходимо выдерживать при монтаже микросхем?
2. Для чего используется антистатический браслет?
3. Какими свойствами обладает припой из сплава Вуда?
4. Для чего при демонтаже микросхем их выводы смачивают флюсом?
5. Зависит ли качество пайки от времени воздействия паяльника на выводы микросхемы?
6. На каком принципе основана работа термопинцета?

## Практическая работа № 2.4

### МОНТАЖ КАТУШЕК ИНДУКТИВНОСТИ И ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

#### Цели работы:

1. Освоить приемы изготовления катушек индуктивности.
2. Сформировать навыки монтажа высокочастотных трансформаторов и катушек индуктивности.
3. Научиться рассчитывать параметры катушек индуктивности.

Выводные намоточные катушки индуктивности применяются в радиоэлектронной аппаратуре как контурные и связные катушки. Для их изготовления используют провода с низким удельным сопротивлением — из меди, алюминия, серебра и др. Провода покрывают электротехническим лаком для предотвращения замыкания между витками катушки. Чаще всего используются провода марок ПЭВ-1 — провод, покрытый высокопрочной эмалью в один слой, ПЭВ-2 — покрыт двумя слоями эмали, ПЭЛ — провод, покрытый лакостойкой эмалью и др. Катушки характеризуются двумя важными параметрами: индуктивностью  $L$  и добротностью  $Q$ . По конструкции различают многослойные и однослойные катушки. Многослойные — используются в цепях низкой частоты (например, дроссели), однослойные катушки — в высокодобротных контурах. Их параметры различаются. Так, индуктивность, мкГн, однослойной катушки рассчитывается по формуле

$$L = 0,01DN^2/(l/D+0,44), \quad (2.2)$$

где  $D$  — диаметр катушки, см;  $N$  — число витков;  $l$  — длина намотки, см.

Индуктивность, мкГн, многослойной катушки рассчитывается по формуле

$$L = 0,08(DN)^2/(3D + 9l + 10t), \quad (2.3)$$

где  $D$  — средний диаметр намотки, см;  $N$  — число витков;  $l$  — длина намотки, см;  $t$  — толщина катушки, см.

Прежде чем рассчитывать индуктивность, определяют число витков, которые могут поместиться на данной катушке. Чем меньше диаметр провода, тем больше число витков должно быть на катушке, но при этом увеличивается сопротивление провода и, есте-

ственно, его нагрев из-за выделяющейся мощности, равной  $I^2R$ , что может привести к перегоранию провода. Рабочее значение тока катушки не должно превышать 100 мА для провода диаметром 0,2 мм и 750 мА — для провода диаметром 0,5 мм.

По конструкции катушки индуктивности бывают каркасные и бескаркасные. Каркасы катушек могут быть:

- прессованными;
- сборными из слоеной изоляции (рис. 2.5);
- kleenными.

Сборные корпуса катушек индуктивности состоят из гетинаксовой прямоугольной трубы и шайб из гетинакса («щеки») или текстолита толщиной 1—2 мм в зависимости от размеров катушки.

В kleenых каркасах шайбы и трубы из электрокартона склеиваются посредством полотняных разрезных шайб или лент, расположенных по всей окружности каркаса.

В зависимости от применяемого сердечника индуктивность катушки может возрастать или, наоборот, уменьшаться. Если применен сердечник из магнитного материала (сталь, феррит), то индуктивность катушки увеличивается, если сердечник из диамагнитного материала (латунь, алюминий), то индуктивность катушки уменьшается. Латунный сердечник, вставленный вместо ферритового, уменьшает индуктивность катушки на 60—90 % по сравнению с ее значением без сердечника. Для сокращения числа витков на каркасе при сохранении того же значения индуктивности используют ферритовый сердечник.

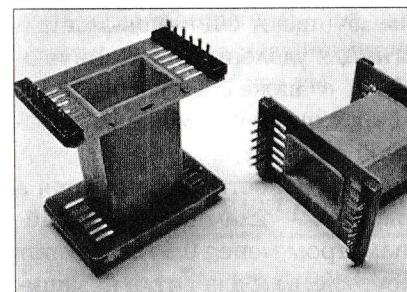


Рис. 2.5. Каркас катушки индуктивности из слоеной изоляции

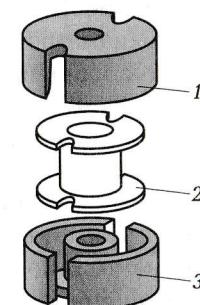


Рис. 2.6. Броневой сердечник катушки индуктивности:

1 — ферритовая «чашка»; 2 — диэлектрический каркас; 3 — ферритовый стакан

При изготовлении катушек индуктивностью от 100 мГн до 100 мГн (для областей низких и средних частот) применяют чашечные ферритовые броневые сердечники серии КМ (рис. 2.6). Магнитопровод в этом случае состоит из двух подогнанных друг к другу чашек, в которые вкладывается односекционная катушка (каркас).

Индуктивность, нГн, катушек с сердечником и число витков вычисляются по формулам:

$$L = N^2 A_L; \quad N = \sqrt{\frac{L}{A_L}}, \quad (2.4)$$

где  $N$  — число витков;  $A_L$  — коэффициент индуктивности, нГн/вит., который зависит от материала сердечника и определяется по специальным таблицам.

Маркировка катушек индуктивности выполняется цифровым или буквенно-цифровым кодом в соответствии с ГОСТ 2.723—68 и указанными в материалах IEC62. В общем виде номинальное значение индуктивности катушки кодируется цифрами: первые две цифры — значение индуктивности, третья — число нулей в мГн. После цифр стоит буква, обозначающая величину допуска.

Намотка катушек осуществляется на любом намоточном станке или вручную. При установке (подключении) катушек индуктивности следует обращать внимание на направление навивки, начало которой на принципиальных схемах отмечается точкой. При монтаже катушки индуктивности устанавливают таким образом, чтобы начало навивки совпадало с черной точкой на плате.

Перед пайкой на плату выводные концы обмоток и отводов катушки индуктивности подрезают по шаблону и зачищают от изоляции. Провода диаметром более 0,17 мм зачищают с помощью металлической щетки или наждачной бумаги. Для удаления эмалевой изоляции с проводов диаметром менее 0,2 мм, а также с проводов с шелковой оплеткой отдельные проводки, скручивают и помещают в десмальтол. Остатки эмали удаляют льняной салфеткой.

Как правило, каркасные катушки индуктивности монтируются в схему с помощью металлических штырьков — клемм. При распайке катушки, намотанной проводом диаметром менее 0,5 мм, делают два витка зачищенным проводом вокруг клемм и два витка незащищенным проводом. После этого провод припаивается к клемме. Укладка витков должна быть выполнена очень тщательно.

Пайка выводов проводится при максимально низкой температуре (на пределе плавления припоя — 180—200 °С) и за максимально короткий промежуток времени (3—4 с).

В качестве альтернативы намоточным катушкам в технологии поверхностного монтажа используют многослойные монолитные индуктивности. Они имеют специальную конструкцию, обеспечивающую замкнутую магнитную систему, которая исключает наружное рассеяние магнитного поля и воздействие на них внешних магнитных полей. Изготавливают монолитные индуктивности на основе ферритовых порошков с нанесением металлизированных витков катушки по слоям ферритовых пластин. Основные преимущества многослойных индуктивностей перед намоточными катушками:

- монолитная конструкция обеспечивает более высокую надежность работы;
- отсутствие помех, закрытая магнитная цепь (магнитное экранирование слоями феррита);
- значительное снижение габаритных размеров.

Еще один вид индуктивных элементов — согласующие высокочастотные трансформаторы (катушки индуктивности с взаимной индукцией), которые используются в цепях трансформации сигналов высокой частоты. Они могут быть как с сердечниками, так и без них. Их обмотки располагают на одном или на разных каркасах, но обязательно близко одна к другой. Напряжение во вторичной катушке зависит от соотношения чисел витков в катушках.

Для усиления связи между катушками (обмотками) в высокочастотных трансформаторах используют сердечники в виде стержней или колец, представляющих собой спрессованную массу из неметаллических материалов. Их называют магнитодиэлектрическими, или высокочастотными, сердечниками. Наиболее распространены ферритовые сердечники. Сердечник высокочастотного трансформатора независимо от его конструкции и формы обозначают на схемах так же, как магнитопровод трансформатора, — прямой линией между обмотками.

## Ход выполнения работы

### Этап 1. Расчет параметров катушек индуктивности

#### Задание 1. Рассчитать число витков однослойной катушки индуктивности

Условие:

- индуктивность катушки — 1 мГн;

- диаметр катушки — 1 см;
- длина провода намотки — 10 см.

### **Задание 2. Рассчитать число витков многослойной катушки индуктивности**

Условие:

- индуктивность катушки — 1 мГн;
- диаметр катушки — 2 см;
- длина провода намотки — 8 см;
- максимальная толщина намотки — 5 см.

### **Задание 3. Рассчитать число витков для катушки с броневым сердечником**

Условие:

- индуктивность — 1 мГн;
- коэффициент индуктивности:  $A = 2,5 \cdot 10^{-4} S^{0,61}$ , Гн, где  $S$  — площадь поперечного сечения магнитопровода выбранной катушки на броневом сердечнике,  $\text{м}^2$ .

Результаты расчетов занесите в табл. 2.9.

**Таблица 2.9. Результаты расчета числа витков катушек индуктивности**

Вид катушки	Число витков, расчетное	Число витков, программное
Однослойная		
Многослойная		
С броневым сердечником		

Произведите расчет индуктивности с помощью программы COIL (при ее наличии).

Сравните результаты расчетов, полученные разными способами.

### **Этап 2. Технология намотки катушек индуктивности**

#### **Оборудование, материалы и приспособления**

- Намоточный станок;
- ручное приспособление для намоток катушек на броневой сердечник;

- разъемный шаблон для намотки бескаркасной катушки;
- бухты медного эмалевого провода марки ПЭВ-1 диаметрами 0,5 и 0,17 мм;
- отрезок ткани из тафты;
- льняная нить;
- электроизоляционная бумага;
- микрополотно с размерами ячеек  $0,8 \times 0,8$  мм;
- асфальтомасляный лак;
- «флажки» латунные.

### **Задание 1. Намотка бескаркасных катушек**

1. Подготовьте разъемные шаблоны с конусностью 1 : 100.
2. Укрепите шаблон на шпинделе намоточного станка.
3. Подготовьте катушку с проводом с эмалевой изоляцией.
4. Закрепите на шаблоне слой ткани из тафты с помощью ниток.
5. Намотайте провода на разъемный шаблон равномерно виток к витку.
6. Подготовьте бумажную прокладку из электроизоляционной бумаги, по длине превышающую окружность намотки на 10 мм, для перекладывания слоев провода.
7. Намотайте следующий слой провода.
8. За два слоя до конца намотки катушки закрепите выполненную намотку лентой из тафты.
9. Завершите намотку катушки и выводы провода закрепите ниткой.
10. Снимите намотанную катушку с шаблона.
11. На торцы катушки установите шайбы из микрополотна, которое обеспечивает износостойкость и защиту катушки от влаги и температурных воздействий.
12. Перетяните последний слой намотки лентой из тафты.

Если при намотке катушки индуктивности используется провод с шелковой или хлопчатобумажной изоляцией, то на шаблоне устанавливают шайбы из микрополотна до начала намотки, при этом не используют бумажные прокладки.

13. Припаяйте выводы обмоточного провода к «флажкам» (латунным полоскам).
  14. Установите «флажки» на внешнем корпусе каркаса.
- Разрешается использовать концы обмоточного провода в качестве выводом катушки, если его диаметр превышает 0,6 мм.

15. Просушите феном катушку при температуре 110 °С в течение 30 мин, не менее.

16. Погрузите высушенную катушку в асфальтомасляный лак при температуре 60—70 °С на 60 мин, не менее.

В случае пропитки катушек с эмалевой изоляцией асфальтовый лак не должен содержать в качестве растворителя бензол, разрушающее действующий на эмалевую изоляцию.

17. Просушите катушку до полной полимеризации лака.

#### **Задание 2. Намотка каркасных секционных катушек**

1. Подготовьте сборный каркас катушки и установите его на шпиндель намоточного станка.

2. Закрепите на оси станка бухту обмоточного провода диаметром 0,17 мм.

3. Произведите намотку одного слоя в первой секции.

4. Переведите обмоточный провод через отверстия в «щечках» в следующую секцию.

5. Повторите операции намотки для остальных секций; намотку ведите, начиная с верхней секции к нижней.

6. Конец и начало провода пропустите в проколы нижней «щечки».

Если намотка катушки индуктивности выполняется эмалевым проводом, каждый слой прокладывают бумагой.

Для катушек постоянного тока прокладок не требуется.

Для изготовления катушек индуктивности, имеющих небольшое количество провода, намотку ведут ручным способом с использованием приспособления (типа веретена) при соблюдении всех технологических операций.

#### **ВОПРОСЫ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ**

1. Какое значение имеет диаметр обмоточного провода в катушках индуктивности?
2. Имеет ли значение направление намотки при формировании катушки индуктивности?
3. Каким способом можно снять изоляцию с концов обмоточного провода, используемых как выводы катушек?
4. Каким проводом необходимо выполнять намотку высокочастотных трансформаторов?
5. Как проверить сопротивление изоляции катушки индуктивности?
6. Где используются каркасные катушки индуктивности?

## **Глава 3**

# **ТЕХНОЛОГИЯ СБОРКИ И МОНТАЖА СЛОЖНЫХ УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ**

#### **Лабораторная работа № 3.1**

#### **РАСЧЕТ ТРАНСФОРМАТОРОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИХ ПАРАМЕТРОВ**

##### **Цели работы:**

1. Изучить принципы работы с силовыми, согласующими и импульсными трансформаторами.
2. Освоить оценочный метод расчета трансформаторов.
3. Научиться проверять и измерять параметры трансформаторов.

Трансформаторы используются в схемах питания и согласования, а также в импульсных цепях различных радиоэлектронных устройств. В соответствии с этим трансформаторы подразделяются на силовые (трансформаторы питания), согласующие и импульсные.

Для силовых трансформаторов типа ТН, ТПП и ТАН основными параметрами являются напряжение в первичной и вторичной обмотках, ток, протекающий по обмоткам, мощность и КПД. При расчете и изготовлении трансформаторов:

- используют только рядовую (виток к витку) намотку. В противном случае увеличивается индукция рассеяния, что приводит к увеличению нестабильности выходного напряжения;
- не применяют для намотки провод диаметром более 0,4 мм. При использовании более толстого провода также возрастает индукция рассеяния;
- намотку многослойных обмоток ведут Z-образно, т. е. с переходом всегда к начальному витку. При использовании другой (С-образной) намотки увеличивается индукция рассеяния;

- для обеспечения прохождения тока заданной величины и снижения активных потерь в обмотке силового трансформатора намотку ведут двумя, тремя или более проводами (не перекручивая провод между собой!) или используют в качестве проводника медную ленту толщиной до 0,4 мм;
- для многоканальных источников питания, выполненных на одном силовом трансформаторе и снижения нестабильности напряжения во вторичных цепях, первичную обмотку разделяют на две части;
- вводят в конструкцию трансформатора для снижения уровня электромагнитных помех и улучшения электромагнитной совместимости экранирующую обмотку из медной фольги толщиной 35—50 мкм между первичными и вторичными обмотками и устанавливают поверх силового трансформатора дополнительный экран из такой же медной фольги;
- для повышения надежности и снижения риска высоковольтного пробоя между первичными и вторичными цепями силового трансформатора в качестве изолирующего материала используют фторопластовую ленту или трансформаторную бумагу с последующей вакуумной пропиткой лаком всего трансформатора.

Согласуемые трансформаторы типа ТВ, ТМ и ТОТ оперируют следующими параметрами: входное и выходное сопротивление, соотношение передаваемой и получаемой мощности в нагрузку, частотный диапазон и индуктивность первичной обмотки.

Импульсные трансформаторы, к которым относятся строчные трансформаторы телевизионных разверток и трансформаторы импульсных блоков питания типа ИМ, ТИ характеризуются длительностью импульсов, формируемых трансформатором и пиковым значением напряжения (тока). Для импульсного трансформатора характерно небольшое число витков в обмотках. Импульсные трансформаторы наименшим образом искажают форму импульсов и способны без искажения передавать импульсы длительностью от 0,3 до 1,1 мкс. Сердечники импульсного трансформатора изготавливают из ферритов, кремнистой стали или пермаллоя. Чтобы уменьшить потери на сердечники, навивают обмотку из ферромагнитной ленты, а ее поверхность покрывают изолирующим слоем.

Изготовление любого типа трансформаторов осуществляют намоткой провода на основание или в соприкосновении друг с другом, поэтому свойства трансформаторов определяются характеристиками обмоточных проводов, которые, как правило, выполняют из медной проволоки с изолирующим поверхностным слоем.

**Таблица 3.1. Параметры обмоточных проводов для изготовления трансформаторов**

Номинальный диаметр провода, мм	Площадь сечения проводка (по меди), мм <sup>2</sup>	Тип и диаметр провода с изоляцией, мм		Сопротивление 1 м проводка, Ом	Допустимый ток при плотности 2 А/м <sup>2</sup> , А
		ПЭВ	ПЭЛ		
0,1	0,00785	0,122	0,125	0,13	2,291
0,2	0,03142	0,23	0,23	0,24	0,558
0,4	0,126	0,44	0,442	0,46	0,14
0,5	0,196	0,55	0,55	0,55	0,09
0,8	0,503	0,86	0,86	0,89	0,035
1,5	1,7672	1,58	1,58	1,61	1
				0,0093	3,534

В табл. 3.1. приведены основные параметры обмоточных проводов круглого сечения для изготовления трансформаторов.

ПЭВ — провод медный, изолированный лаком марки ВЛ-931, ПЭЛ — лаком на масляной основе, ПЭТВ — лаком полиэфирным.

При выборе трансформатора предварительно выполняют его расчет. Входными данными при расчете являются: сетевое действующее напряжение; тип сердечника — броневой (пластинчатый), броневой (ленточный) или кольцевой; уровень выходных напряжений и характеристика нагрузки — ток, напряжение и мощность.

Зная необходимое напряжение на вторичной обмотке  $U_2$  и максимальный ток нагрузки  $I_h$ , трансформатор рассчитывают в такой последовательности.

1. Определяют значение тока, текущего через вторичную обмотку трансформатора:

$$I_2 = 1,5I_h, \quad (3.1)$$

где  $I_2$  — ток через обмотку II трансформатора, А;  $I_h$  — максимальный ток нагрузки, А.

2. Определяют мощность, потребляемую выпрямителем от вторичной обмотки трансформатора:

$$P_2 = U_2 I_2, \quad (3.2)$$

где  $P_2$  — максимальная мощность, потребляемая от вторичной обмотки, Вт;  $U_2$  — напряжение на вторичной обмотке, В;  $I_2$  — максимальный ток через вторичную обмотку трансформатора, А.

3. Подсчитывают мощность трансформатора:

$$P_{\text{тр}} = 1,25P_2, \quad (3.3)$$

где  $P_{\text{тр}}$  — мощность трансформатора, Вт;  $P_2$  — максимальная мощность, потребляемая от вторичной обмотки трансформатора, Вт.

Если трансформатор имеет несколько вторичных обмоток, то сначала подсчитывают их суммарную мощность, а затем мощность самого трансформатора.

4. Определяют значение тока, текущего в первичной обмотке:

$$I_1 = P_{\text{тр}} / U_1, \quad (3.4)$$

где  $I_1$  — ток через обмотку, А;  $P_{\text{тр}}$  — подсчитанная мощность трансформатора, Вт;  $U_1$  — напряжение на первичной обмотке трансформатора (сетевое напряжение), В.

5. Рассчитывают необходимую площадь сечения сердечника магнитопровода:

$$S = 1,3P_{\text{тр}}, \quad (3.5)$$

где  $S$  — сечение сердечника магнитопровода, см<sup>2</sup>;  $P_{\text{тр}}$  — мощность трансформатора, Вт.

6. Определяют число витков первичной (сетевой) обмотки:

$$w_1 = 50U_1 / S, \quad (3.6)$$

где  $w_1$  — число витков обмотки;  $U_1$  — напряжение на первичной обмотке, В;  $S$  — сечение сердечника магнитопровода, см<sup>2</sup>.

7. Подсчитывают число витков вторичной обмотки:

$$w_2 = 55U_2 / S, \quad (3.7)$$

где  $w_2$  — число витков вторичной обмотки;  $U_2$  — напряжение на вторичной обмотке, В;  $S$  — площадь сечения сердечника магнитопровода, см<sup>2</sup>.

8. Определяют диаметры проводов обмоток трансформатора:

$$d = 0,02I, \quad (3.8)$$

где  $d$  — диаметр провода, мм;  $I$  — ток, протекающий через обмотку, мА.

Диаметр провода обмотки можно также определить по табл. 3.2.

**Таблица 3.2. Диаметр обмоточного провода трансформатора в зависимости от тока, протекающего по нему**

$I_{\text{обм}},$ мА	До 25	25— 60	60— 100	100— 160	160— 250	250— 400	400— 700	700— 1000
$d, \text{мм}$	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6

Площадь сечения, см<sup>2</sup>, магнитопровода, на который наматывается провод, рассчитывается как произведение толщины набора на ширину пластины.

## Ход выполнения работы

### Этап 1. Определение параметров трансформаторов

#### Оборудование, материалы и приспособления

- цифровой мультиметр;
- генератор низкой частоты типа Г2-102;

- осциллограф двухканальный модели С1-96;
- трансформатор типа ТТ-83, ШЛ 16x40 или любой другой;
- макетная плата;
- установочная плата;
- набор резисторов номиналами 1 кОм и 100 Ом.

**Задание 1. Измерение токов и напряжений первичных и вторичных обмоток**

- Соберите на установочной плате цепь в соответствии с рис. 3.1 (резистор  $R_2 = 10 \text{ Ом}$ ), но без усилителя мощности.
- Нагрузку (резистор  $R_1$  ко вторичной обмотке трансформатора не подключайте.
- Подключите генератор НЧ к точкам приложения напряжения  $U_1$ .
- Установите следующие параметры для входного сигнала  $U_1$ : частота 1 кГц, закон изменения сигнала — синусоидальный, амплитуда 5 В.
- Подключите первый канал осциллографа к точке «Вход».
- Подключите второй канал осциллографа к точке действия  $U_2$ .
- Установите режим для первого канала осциллографа: «2V/дел.» для оси  $Y$  и «0,5 мс/дел.» — для оси  $X$ , а для второго — «2VКтр/дел.».
- Включите генератор и осциллограф.
- Произведите измерения  $U_1$  и  $U_2$  и запишите результаты в табл. 3.3, графа 3.
- Установите режим для второго канала осциллографа: «0,1V/дел.» — для оси  $Y$  и «0,5 мс/дел.» — для оси  $X$ .
- Подключите второй канал к резистору  $R_2$  и измерьте на нем напряжение  $U_5$ .
- Повторите операции 6—11 для каждого вида нагрузки. Результаты занесите в табл. 3.3.

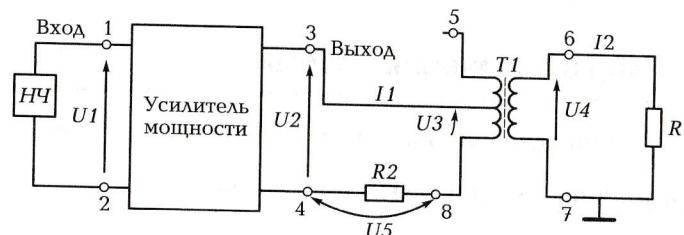


Рис. 3.1. Схема для проверки параметров трансформатора

Параметр	Значение параметра без нагрузки			Значение параметра с нагрузкой		
	Расчетное	Измеренное	$R_1 = 1 \text{ кОм}$	Расчетное	Измеренное	$R_1 = 100 \text{ Ом}$
1	2	3	4	5	6	7
$U_{21}, \text{В}$						
$I_{21}, \text{mA}$						
$U_{31}, \text{В}$						
$U_{41}, \text{В}$						
$U_{51}, \text{В}$						
$I_1, \text{mA}$						
$P_{\text{вх}}, \text{мВт}$						
$P_{\text{вых}}, \text{мВт}$						
$K\Gamma\Delta, \%$						

## Задание 2. Вычисление значений входной и выходной мощности и коэффициента полезного действия трансформатора

1. Вычислите значения токов и мощностей, выделяемых в первичной и вторичной обмотках трансформатора, используя формулы 3.1—3.8.
2. Результаты вычислений запишите в табл. 3.3.
3. Повторите расчет (операции 1 и 2 задания 2) для всех типов нагрузки (см. табл. 3.3).

**П р и м е ч а н и е.** Обратите внимание, что для перевода пикового значения мощности трансформатора в эффективное (среднеквадратичное) используется коэффициент, равный 1/8, т. е.

$$I_1 = \frac{U_5}{R_p}; \quad I_2 = \frac{U_4}{R_L}; \quad (3.9)$$

$$P_{\text{пик}} = \frac{U_2 I_1}{8}; \quad (3.10)$$

$$U_3 = U_2 - U_5; \quad (3.11)$$

$$P_{\text{эфф}} = \frac{U_4 I_2}{8}. \quad (3.12)$$

Производить измерение пиковых значений тока и напряжения необходимо, так как без них результаты расчета мощности трансформатора  $P_{\text{вых}}$ ,  $P_{\text{вых}}$  будут неверны.

Вычислите коэффициент трансформации для трансформатора при нагрузке 1 кОм по формуле (3.12), для чего используйте экспериментальные результаты измерений из табл. 3.3

$$K = N_2/N_1 = U_4/U_3, \quad (3.13)$$

где  $N_2$  и  $N_1$  — число витков соответственно во вторичной и первичной обмотках.

## Задание 3. Проверка частотных свойств трансформатора

Для проверки частотных свойств трансформатора воспользуйтесь оборудованием, материалами, приспособлениями и схемой для задания 1 (рис. 3.1).

1. Установите сопротивление нагрузки  $R_1$ , равное 10 Ом.

2. Подсоедините канал осциллографа к нагрузке.

3. Измените частоту генератора синусоидального сигнала  $U_{\text{вх}}$  в соответствии с приведенными в табл. 3.4 значениями.

**Таблица 3.4. Результаты измерений при проверке частотных свойств трансформатора**

Показатель	Частота					
	1 Гц	10 Гц	100 Гц	1 кГц	10 кГц	40 кГц
Искажение						
Потери						
Рейтинг:						
по искажениям						
по потерям						

Чтобы получить четкие осциллограммы выходного сигнала, каждый раз при измерениях настраивайте развертку осциллографа.

4. Оцените уровень искажения выходных сигналов трансформатора по их степени отклонения от синусоиды.

5. Оцените потери мощности выходного сигнала при каждом значении частоты по уровню уменьшения амплитуды выходного сигнала.

6. Присвойте каждому значению рейтинги от 1 для небольших искажений и потерь до 9 для больших искажений и потерь.

7. Нарисуйте диаграмму рейтингов относительно частот входного сигнала.

## Этап 2. Проверка качества и исправности импульсных трансформаторов

### Оборудование, материалы и приспособления

- Генератор низкой частоты типа Г3-102 или любой другой генератор звуковой частоты;
- осциллограф типа С1-65;
- трансформатор импульсный типа ТДКС или любой другой — ТИ, ИМ;
- установочная плата;
- набор резисторов номиналом 1 кОм и 100 Ом;
- набор конденсаторов номиналом 0,1—1 мкФ;
- техническое описание исследуемого трансформатора.

### Задание 1. Проверка импульсного трансформатора на наличие межвитковых замыканий

1. Ознакомитесь с техническим описанием трансформатора.
2. Соберите на установочной плате схему, показанную на рис. 3.2 с включением исследуемого трансформатора  $T$ .
3. Подберите и установите конденсатор  $C$  емкостью  $0,1—1\text{ мкФ}$  (для проверки импульсных трансформаторов блоков питания значение емкости должно быть ниже  $0,01\text{ мкФ}$ ).
4. Подключите низкочастотный генератор через несимметричный выход к первичной обмотке трансформатора 1.
5. Установите выходной сигнал генератора амплитудой 10 В и частотой 50 кГц.
6. Подключите осциллограф к одной из вторичных обмоток трансформатора 2.
7. Проконтролируйте качество выходного сигнала во всем диапазоне частот от 10 до 100 кГц.
8. Проверьте исправность других вторичных обмоток трансформатора.

При исправном трансформаторе сигнал на экране осциллографа не должен иметь «горбов» и «выбросов», как показано на рис. 3.3.

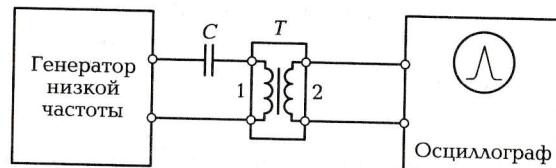


Рис. 3.2. Схема для проверки качества импульсных трансформаторов

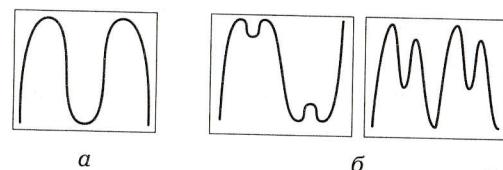


Рис. 3.3. Форма сигналов на вторичных обмотках трансформаторов при их тестировании:  
а — «правильный» сигнал; б — «неправильные» сигналы

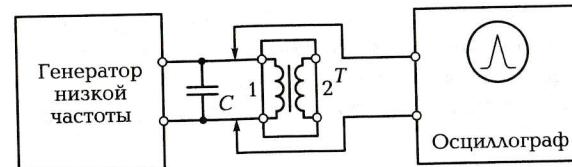


Рис. 3.4. Схема проверки трансформатора резонансным способом

### Задание 2. Проверка исправности импульсного трансформатора резонансным методом

1. Соберите на установочной плате схему измерений, показанную на рис. 3.4.
2. Подключите выход генератора к первичной обмотке импульсного трансформатора  $T$  конденсатору  $C$  емкостью  $0,1\text{ мкФ}$ .
3. Установите амплитуду выходного сигнала генератора 5 В частотой 1 кГц.
4. Подключите кабель осциллографа к первичной обмотке трансформатора  $T$ .
5. Настройте осциллограф на получение стабильного сигнала.
6. Постепенно увеличивайте частоту сигнала, подаваемого от генератора, добиваясь увеличения амплитуды сигнала по осциллографу примерно в 2 раза и более минимального значения.

Увеличение в 2 раза и более амплитуды колебаний генератора НЧ указывает, что частота внешнего генератора соответствует частоте внутренних колебаний  $LC$ -контура.

7. Зафиксируйте значение частоты генератора, при котором состоялся резонанс.
8. Не отключая генератор и осциллограф, закоротите вторичную обмотку трансформатора: если происходит срыв колебаний, то в обмотке имеются короткозамкнутые витки.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ

1. Какими критериями руководствуются при выборе трансформатора для линейного источника питания?
2. При какой конструкции трансформатора достигается максимальный КПД?

3. Как рассчитать номинал конденсатора в схеме резонансного метода, если индуктивность первичной обмотки строчного трансформатора — 4 мГн, а длительность развертки — 64 мкс?
4. Какой ток протекает во вторичной обмотке трансформатора при холостом ходе?
5. Какое влияние оказывает на работу силового трансформатора короткое замыкание во вторичной обмотке?

## Практическая работа № 3.2

### СОСТАВЛЕНИЕ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ БЛОКОВ РЭА СРЕДНЕЙ СЛОЖНОСТИ

#### Цели работы:

1. Изучить требования и принципы составления принципиальных схем.
2. Получить навыки составления простейших принципиальных схем.

На электрической принципиальной схеме указывают все электрические связи между входящими в нее элементами, поясняющие принцип работы устройства. На схемах элементы показывают при их отключенном состоянии, normally замкнутых или normally разомкнутых контактах реле и переключателей. Для упрощения схемы допускается несколько электрически не связанных линий (в виде тонких линий) сливать в линию групповой связи (толстую линию), но при подходе к контактам (элементам) каждую линию связи показывают отдельной линией. При слиянии линий связи каждую линию помечают на обоих концах цифрами, буквами или сочетанием букв и цифр. При этом принято что, если линия входит в связку (жгут), она изображается под углом, направленным снизу вверх, а если выходит — то под углом, направленным сверху вниз. Эти линии, как правило, не должны иметь разветвлений, т. е. всякий условный номер должен встречаться на линии групповой связи два раза. Линии связи выполняют толщиной от 0,2 до 1 мм в зависимости от форматов схемы и размеров графических обозначений. Рекомендуемая толщина линий от 0,3 до 0,4 мм. Линии связи должны состоять из горизонтальных и вертикальных отрезков и иметь минимальное число изломов и взаимных пересечений.

Элементы и устройства в соответствии со стандартом Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) изображают в виде условных графических обозначений (УГО). После их вычерчивания элементам присваиваются порядковые номера, начиная с единицы, в пределах группы элементов (устройств), которым на схеме присвоено одинаковое буквенное позиционное обозначение, например, R1, R2, R3 и т.д., C1, C2, C3 и т.д. Придерживаются правил их присвоения в соответствии с последовательностью расположения элементов или устройств на схеме сверху вниз и слева направо. Позиционные обозначения проставляют на схеме рядом с УГО элементов и с правой стороны или над ними.

Условные графические обозначения элементов изображают на схеме в положении, в котором они приведены в соответствующих стандартах: повернутыми на угол  $90^\circ$  или кратный ему. Данные об элементах должны быть записаны в перечень элементов (спецификацию). При этом связь перечня с УГО элементов должна осуществляться через позиционные обозначения.

Элементы в перечень записывают сверху вниз группами в алфавитном порядке буквенных позиционных обозначений. Между группами необходимо оставить незаполненную строку. В пределах каждой группы элементы с одинаковыми буквенными обозначениями, располагают по возрастанию порядковых номеров. Однаковые элементы, имеющие на схеме последовательные порядковые номера, допускается записывать в перечень в одну строку. В этом случае в графу спецификации «Поз. обозначение» вписывают только позиционные обозначения с наименьшим и наибольшим порядковыми номерами, например *C1*.

При указании около УГО номиналов резисторов и конденсаторов допускается применять упрощенный способ обозначения единиц измерений.

Составление принципиальных схем основывается на знании принципа действия и схем включения основных элементов электронной техники. При составлении принципиальных схем обращают внимание на следующие моменты:

- построение принципиальной схемы начинают с составления структурной или функциональной схемы, на которых в виде прямоугольников указываются основные элементы и стрелками, их электрические связи;
- выбирают основной активный элемент, вокруг которого выстраивается схема, например микросхема, транзистор, диод и т.д. Определяют схему его включения. Если центральным звеном является микросхема, то выясняют ее «обвязку», информацию о которой можно получить из руководства по применению;
- составление схемы основывается на двух постулатах: действия законов Кирхгофа и напряжение «прикладывается» к элементам схемы (напряжение или разность потенциалов являются необходимым условием создания тока), а ток «текет» через них, являясь источником питания схемы (как кровь по кровеносным сосудам);
- определяют тип цепи:
  - 1) короткозамкнутая цепь, по которой ток «текет» практически без сопротивления, и разомкнутая цепь (проводники, «пробитые» элементы, полупроводниковые приборы в насыщении);

2) цепь, по которой ток «не течет» или имеет минимальное значение. Постоянный ток «не течет» через конденсаторы, разомкнутые контакты реле и разъемов, закрытые диоды и транзисторы;

- определяют источник питания (источник напряжения, источник тока), который может быть автономным (аккумулятор, батарейка, адаптер или выпрямитель) и сетевым (генераторы переменного напряжения, промышленная сеть 50 Гц, 220 В). Без них схема неработоспособна.

Составление принципиальных схем выполняется:

- вручную на миллиметровой бумаге (листе ватмана) с учетом УГО и правил выполнения чертежей;
- электронным методом компоновки электрических схем с помощью программных средств;
- методом прорисовки по уже имеющейся топологии при выполнении ремонтных и восстановительных работ.

## Ход выполнения работы

### Этап 1. Составление принципиальной схемы устройства

#### Оборудование, материалы и приспособления

- Миллиметровая бумага формата А4;
- карандаши и ручки (гелиевые, шариковые с черной пастой);
- наклонный чертежный стол или приспособление для черчения;
- линейка и угольник;
- циркуль;
- мультиметр;
- руководство (справочники) по использованию элементов;
- тексты ГОСТ 2.743—91 — для цифровой техники, ГОСТ 2.710—81 — для буквенных обозначений, ГОСТ 2.702—2011, ГОСТ 2.721—74, ГОСТ 2.701—2008, ГОСТ 2.764—86, поясняющие размеры и УГО элементов;
- макет или плата усилителя (допускается использовать бывшую в употреблении).

#### Задание 1. Составление принципиальной схемы блока питания по функциональной схеме

1. Подготовьте лист миллиметровой бумаги.

2. Получите у преподавателя техническое задание (ТЗ) на составление принципиальной схемы блока питания в конфигурации: силовой трансформатор, выпрямитель мостовой, фильтр, компенсационный стабилизатор на дискретных элементах, активная нагрузка.

3. Разметьте лист бумаги формата А4, вычертите рамку чертежа и основную надпись (основной шрифт).

4. На отдельном листе выполните эскиз будущей принципиальной схемы для определения оптимальной компоновки ее на формате.

5. Вычертите схему, строго следя требованиям ГОСТ 2.743—91, ГОСТ 2.710—81, ГОСТ 2.702—2011, ГОСТ 2.721—74, ГОСТ 2.701—2008 и ГОСТ 2.764—68.

#### **Задание 2. Составление принципиальной схемы реального устройства (усложненный вариант)**

1. Получите у преподавателя задание в виде макета или реального устройства оконечного усилителя низкой частоты на одном транзисторе, электронного генератора, измерительного прибора и т. д.

2. Поверните схему печатной платой к себе.

3. Определите сигнальный вход и выход устройства, исходя из принципа его действия на основе руководства по ремонту (мануала).

4. Вычертите эскиз функциональной схемы усилителя.

5. Определите точки входа питания, уровень его напряжения и тип, нанесите их на схему в виде условного прямоугольника.

6. Определите главный элемент схемы, исходя из ее назначения (транзистор, микросхема усилительная и т. д.).

7. Выстроите логическую схему связей крупных узлов устройства между собой.

8. Определите «обвязку» каждого активного элемента (связи элементов, подключенных к электродам активных элементов или выводам схемы).

В первую очередь прорисовываются элементы «обвязки», которые непосредственно подключены (проводниками) к электродам активного элемента, затем показываются связи с другими элементами схемы.

9. Вычертите отдельно активные элементы схемы с «обвязкой».

10. С помощью мультиметра и монтажа платы установите электрические связи элементов схемы между собой, с активными элементами и шинами питания.

11. Нанесите линии связи на эскизе между узлами, опираясь на результаты выполнения действий, указанных в п. 7 и 10.

12. Проверьте правильность составления эскиза, при этом на схеме не должно быть коротких замыканий.

13. Вычертите принципиальную схему на листе бумаги формата А4 с использованием чертежных инструментов и требований соответствующих стандартов.

14. Нанесите позиционные обозначения элементов на схеме.

#### **Этап 2. Составление спецификации на элементы**

##### **Оборудование, материалы и приспособления:**

- Лист бумаги формата А4;
- чертежные инструменты и приспособления;
- схема электрическая принципиальная;
- радиоэлектронное устройство или его макет;
- справочники по радиоэлектронным элементам.

##### **Последовательность выполнения операций**

При выполнении операций этапа 2 можно воспользоваться схемой и устройством из задания 2 этапа 1.

1. Выполните штамп в соответствии с требованиями к оформлению конструкторской документации и ГОСТ 2.701—2008.

2. Вычертите таблицу спецификации над штампом.

3. Определите и сгруппируйте элементы по их типам.

4. Занесите в вычерченную таблицу спецификации позиционные номера элементов схемы (устройства), начиная с номера 1 по каждому типу электронных компонентов (первыми укажите резисторы — R1, ..., R12, затем конденсаторы — C1, ..., C6 и т. д.).

5. Определите по внешнему виду и справочникам: номиналы, мощность, показатели отклонения, характеристику используемых материалов и т. д.

6. Результаты занесите в таблицу.

7. Определите особенности использования радиоэлементов и занесите полученные данные в примечание к составленной спецификации.

8. Оформите спецификацию в соответствии с требованиями выполнения технических чертежей по ГОСТ 2.104—2006.

#### **ВОПРОСЫ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ**

1. Какова рекомендуемая толщина линий для выполнения графических обозначений элементов схем и линий связи в электрической принципиальной схеме?
2. Каковы правила нанесения позиционных обозначений на схемах?

3. Где размещают перечень элементов схемы?
4. В каком порядке записываются элементы в перечне?
5. Опишите способ установления связей между элементами конкретной схемы.
6. Расшифруйте характеристики элементов по их обозначениям на принципиальной схеме.

## Практическая работа № 3.3

### СБОРКА И МОНТАЖ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

#### Цели работы:

1. Сформировать навыки работы по сборке и монтажу источников питания.
2. Освоить технологические приемы по созданию реально действующего макета блока питания.

Вся электронная аппаратура относится к аппаратуре средней потребляемой мощности — до 1 000 Вт. Для ее питания используются вторичные источники, которые преобразуют энергию сети переменного тока промышленной частоты в постоянное напряжение для питания электронных схем.

Источники вторичного электропитания строятся в основном по двум схемам: классической и импульсного преобразования напряжения (источники питания — ИП). Главный недостаток блоков питания, выполненных по традиционной классической схеме, — их большие размеры, связанные с использованием силовых трансформаторов. Трансформаторы импульсных ИП отличаются тем, что запитываются напряжением прямоугольной формы, имеют усложненную форму обмоток, меньшие массу и габариты и работают на повышенных частотах (до нескольких десятков кГц). Кроме того, импульсный ИП обеспечивает более высокий КПД и пониженный уровень высокочастотных помех.

На рис. 3.5 показана типичная схема импульсного источника питания. Сетевое напряжение выпрямляется диодным мостом, фильтруется емкостью  $C_4$  и подается на импульсный преобразователь, который вырабатывает прямоугольные импульсы напряжения частотой 20—50 кГц. К выходу импульсного преобразователя подключаются первичная и вторичная обмотки трансформатора  $T_1$ . Импульсный преобразователь за счет наличия обратной связи обеспечивает стабилизацию выходного напряжения импульсного ИП. Напряжение обратной связи снимается с вторичной обмотки трансформатора  $T_1$ . Регулирующий транзистор  $VT_1$  импульсного преобразователя работает в ключевом режиме: он либо полностью открыт, либо полностью закрыт, поэтому потери мощности в регулирующем транзисторе незначительны и КПД импульсных ИП получается существенно больше по сравнению с источниками пи-

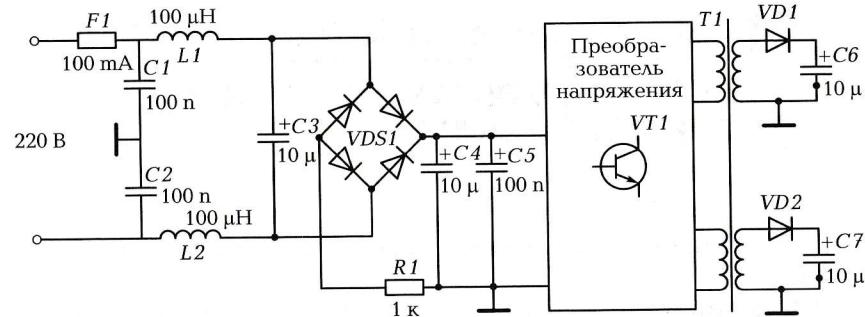


Рис. 3.5. Схема импульсного источника питания: Т1 — импульсный трансформатор

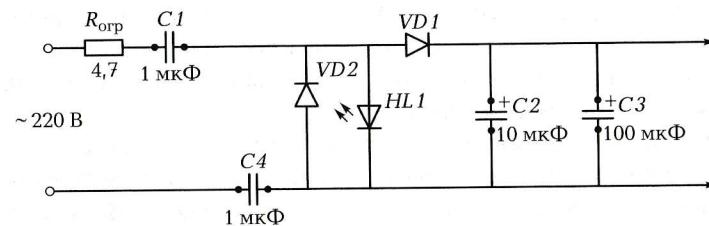


Рис. 3.6. Схема бестрансформаторного блока питания

тания, у которых регулирующие транзисторы работают в линейном режиме.

В некоторых случаях нет необходимости использовать высокостабилизированный, экономичный источник питания. Для питания большинства схем бытовой техники вполне достаточно обычных двухполупериодных выпрямителей. Одно из больших преимуществ таких схем — они бестрансформаторные (рис. 3.6). Кон-

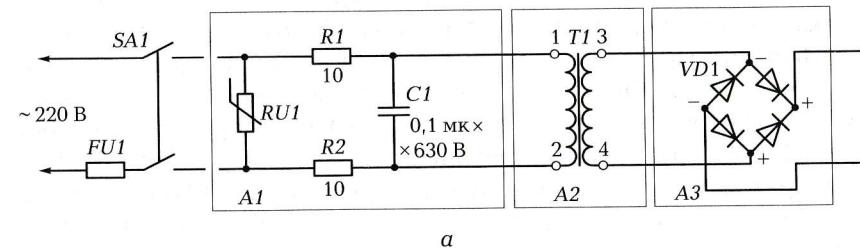


Рис. 3.7. Схема трансформаторного источника питания (а) и условное

денысаторы C1 и C4 выполняют функцию балластных реактивных элементов, гасящих избыточное напряжение сети. Их номинальные емкости определяют значение тока, протекающего через них. Благодаря тому, что конденсаторы включены в разные сетевые провода, напряжение на всех других элементах по отношению к земле не превышает половины сетевого. Кроме того, в случае аварийной ситуации эти элементы соединяются с землей, и ток короткого замыкания ограничивается. Для большей надежности в схему может быть включен ограничивающий резистор номиналом 4,7 Ом с предохранительной функцией.

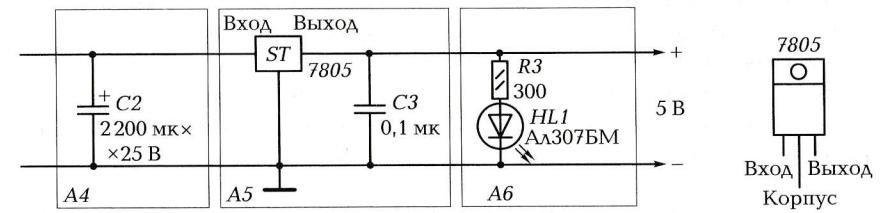
Более мощный источник питания показан на рис. 3.7. Он выполнен по трансформаторной схеме. Трансформатор T1 выполняет роль понижающего трансформатора. Стабилизацию напряжения после диодного моста обеспечивает интегральный стабилизатор ST на базе микросхемы типа 7805.

## Ход выполнения работы

### Этап 1. Подготовка печатной платы к монтажу блока питания

#### Оборудование, материалы и приспособления

- Односторонний фольгированный стеклотекстолит толщиной 1,5—2 мм;
- аэрозоль типа Transparent-21;
- жидкий фоторезист типа Positiv-20;
- лак типа PLASTIK 70;
- ультрафиолетовая лампа;
- малярный валик;



обозначение стабилизатора ST 7805 (б)

- каустическая сода (гидроксид натрия);
- хлорное железо или персульфат аммония;
- ацетон;
- бензин марки «Калоша»;
- резиновые перчатки и защитные очки;
- керамическая кювета;
- термовоздушный паяльник;
- компьютер со струйным принтером;
- вытяжной шкаф.

#### *Последовательность выполнения операций*

1. Проверьте работу вентиляции и освещения.
  2. Вырежьте пластину фольгированного стеклотекстолита размерами 300 × 200 мм.
  3. Очистите заготовку платы бензином или ацетоном и просушите ее сжатым воздухом.
  4. Подготовьте на компьютере рисунок монтажной схемы (рис. 3.8).
  5. Распечатайте рисунок на принтере.
  6. Подсушите отпечаток монтажной схемы в естественных условиях.
  7. Опрыните отпечаток аэрозолью Transparent-21, при этом белые участки бумаги становятся прозрачными для ультрафиолета.
  8. Нанесите распылением на чистую поверхность заготовки жидкий позитивный фотополимер Positiv-20.
  9. Прикатайте слой фотополимера валиком до получения равномерного покрытия.
  10. Высушите полученный слой с помощью термовоздушного паяльника при температуре воздуха 75 °C и минимальной скорости воздушного потока в течение 15 мин.
  11. Наложите на заготовку бумажный шаблон и осветите фотополимер ультрафиолетовой лампой в течение 2—3 мин.
  12. Наденьте резиновые перчатки.
  13. Растворите в 1 л воды 10 г каустической соды.
  14. Поместите заэкспонированную пластину в полученный раствор и проявите в течение 1—2 мин.
- Операции 9—14 выполняются в затемненном помещении или при желтом освещении.
15. Просушите полученный отпечаток платы.

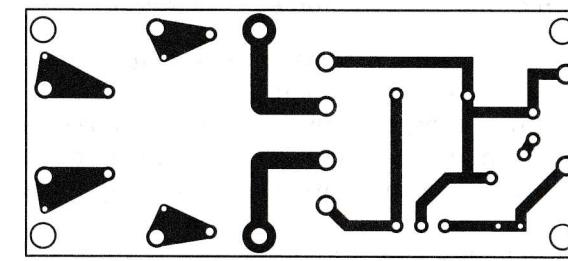
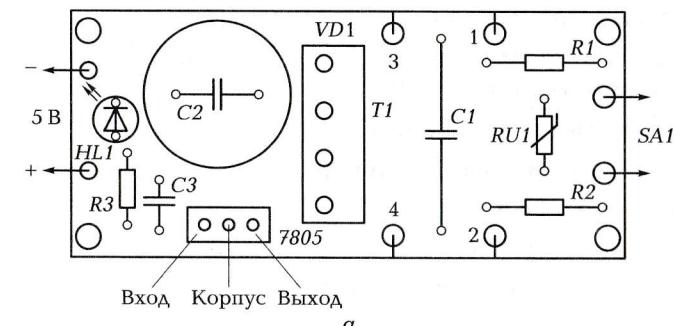


Рис. 3.8. Монтажная схема (а) и внешний вид печатной платы (б)

16. Подготовьте в кювете раствор травителя, растворив 400 г порошка хлорного железа в 1 л воды.
17. Поместите заготовку платы в кювету с раствором и травите в течение 30—60 мин (в зависимости от температуры раствора).
18. После окончания травления плату вымойте чистой водой.
19. Снимите остатки фотополимера ацетоном, промойте и просушите плату.
20. Просверлите отверстия в центре всех контактных площадках и на концах проводников в соответствии с расположением выводов элементов.

#### *Этап 2. Монтаж источника питания*

Этот этап практической работы выполнять только в присутствии мастера производственного обучения и после сдачи зачета по технике безопасности при работе с электроустановками.

#### *Оборудование, материалы и приспособления*

- Лабораторный автотрансформатор (ЛАТР);
- мультиметр;

- набор радиоэлементов к схеме (см. рис. 3.7);
- трансформатор сетевой типа ТПП 234, 231, 285 и другие с вторичной обмоткой на 6—10 В;
- выключатель-тумблер типа ТВ-1-2;
- паяльник или паяльная станция;
- припой марки ПОС-60;
- флюс марки ЛТИ-120;
- спрей для очистки платы от флюса.

#### **Последовательность выполнения операций**

1. Подберите элементы в соответствии с принципиальной схемой (см. рис. 3.8) и спецификацией.
2. Сформируйте выводы элементов для установки их на плату, подготовленную при проведении этапа 1 данной практической работы, установите и закрепите их. Собрать схему можно и на макетной плате.
3. Выполните пайку всех элементов.
4. Между сетью и выключателем SA1 установите ЛАТР.
5. Подпаяйте к выводам SA1 провода.
6. Очистите плату от остатков флюса.
7. Покройте плату лаком PLASTIK 70.
8. Укрепите плату на рабочем столе монтажом вверх.
9. Подключите к выходу ЛАТРа провода, идущие от платы, а к входу — провод для включения в розетку сети.
10. Выведите регулятор ЛАТРа в нулевое положение.
11. Подключите ЛАТР к сети.
12. Включите SA1.
13. Доведите напряжение на выходе ЛАТРа до 220 В, контролируя визуально поведение схемы.
14. Проверьте наличие напряжения 5 В на выходе платы с помощью мультиметра.

#### **ВОПРОСЫ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ**

1. Приведите альтернативные варианты технологии производства плат при единичном производстве.

2. Какими химическими веществами можно проявлять фотополимер?
3. Какой фотополимер наиболее эффективен при изготовлении плат с небольшим расстоянием между дорожками?
4. Почему при проверке макета блока питания его подключают к сети через ЛАТР?
5. Если после монтажа на выходе блока питания нет напряжения +5 В, какие действия нужно предпринять?

## Лабораторная работа 3.4

### ПРОВЕРКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ ТИПОВЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

#### Цели работы:

- Исследовать характеристики логических схем.
- Освоить навыки схемной реализации логических функций с помощью логических элементов.

Любая цифровая вычислительная машина состоит из логических схем, которые могут находиться только в одном из двух возможных состояний — либо логический 0, либо логическая 1. В электронной технике логические 0 и 1 — это определенные уровни напряжений. Например, для логических элементов, выполненных по ТТЛ-технологии (транзисторно-транзисторная логика), логический 0 — это напряжение в диапазоне от 0 до +0,4 В, а логическая 1 — напряжение в диапазоне от +2,4 до +5 В. Наиболее распространенные и востребованные логические схемы И, ИЛИ, исключающие ИЛИ, НЕ и их комбинации. Все они реализуются в планарных микросхемах серий K155, K555 и KP1533.

Микросхемы серии K155, которые изготавливают по планарной технологии из транзисторов и диодов, относятся к приборам технологии ТТЛ. При всех своих достоинствах — высоком быстродействии, обширной номенклатуре, хорошей помехоустойчивости — эти микросхемы отличаются большой потребляемой мощностью. Стандартные выходные уровни логической 1 составляют 2,4—2,7 В, а логический 0 — 0,36—0,5 В. Они выпускаются в пластмассовых корпусах с 8, 14, 16, 20, 24 и 28 выводами.

Микросхемы серии KP1533 имеют наибольший порог переключения — 1,52 В и высокую помехоустойчивость.

Семейство микросхем серии K561ЛА представляет собой логические элементы И—НЕ и др. Они выполняются в пластмассовом корпусе с 14 выводами, и имеют потребляемую мощность 0,3 Вт при напряжении питания 3—5 В.

При монтаже логических микросхем придерживаются определенных правил. Если по логике работы на вход необходимо подать логический 0, то его соединяют с общим проводом, если логическую 1 — с шиной питания. Неиспользуемые входы, например, микросхем серий K155 можно никуда не подключать или подпаивать их к контактным площадкам минимальных размеров, к кото-

рым не подключены другие проводники. Для микросхем серий K555, KP531 и KP1533 оставлять входы неподключенными не допускается, можно объединять неиспользуемые входы микросхем этих серий и подключать их к источнику питания +5 В через резистор сопротивлением 1 кОм (до 20 входов к одному резистору). Входы микросхем серий K155 и KP1533 можно подключать к источнику питания +5 В непосредственно.

На печатных платах с использованием микросхем серий K155, K555 и KP1533 устанавливают блокировочные конденсаторы между цепью +5 В и общим проводом — один-два конденсатора емкостью 0,033—0,15 мкФ на каждые пять микросхем. Конденсаторы следует располагать на плате по возможности равномерно.

#### Ход выполнения работы

##### Этап 1. Исследование характеристик логических элементов

###### Оборудование, материалы и приспособления

- Макетная плата;
- микросхемы K155ЛА1, K155ЛЕ5 и K155ЛА13;
- конденсаторы керамические номиналом 0,033 мкФ;
- лабораторный источник питания типа Б5-71;
- резисторы номиналом 1 кОм;
- набор светодиодов на 5 В.

###### Задание 1. Исследование элемента И—НЕ

- Соберите схему на макетной плате в соответствии с рис. 3.9.
- Подключите к выводу 14 микросхемы выход лабораторного источника питания +5 В, а вывод 7 — на корпус.
- Подключите к выводам 3 и 6 светодиоды Ф1 и Ф2 через сопротивление номиналом 47 Ом.

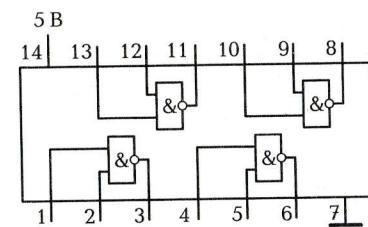


Рис. 3.9. Схема для изучения логического элемента И—НЕ в составе микросхемы K155ЛА13:

1...14 — выводы микросхемы

4. Составьте таблицу истинности элемента И—НЕ, создавая различные состояния на входах микросхемы 1, 2, 4 и 5 с помощью перемычек подключая выходы то к клемме «1» (напряжение питания), то к корпусу.

5. Контролируйте порядок подачи сигналов на вход микросхемы через светодиоды Ф3, Ф4, Ф5 и Ф6, подключенные к выводам микросхемы 1, 2 и 4, 5 через сопротивления номиналом 100 Ом. Сияющее состояние светодиодов обозначает подачу на вход «1», а погашенное — «0».

6. Включенный светодиод соответствует состоянию логической 1 на выходе элемента, а погашенные — состоянию логического 0.

7. Запишите полученные результаты в табл. 3.5.

**Таблица 3.5. Контроль работы элемента И-НЕ с помощью светодиодов Ф3—Ф6**

Ф3	Ф4	Ф5	Ф6	Ф1	Ф2
0	1	0	1		
1	1	1	1		
1	0	0	0		
1	1	1	0		
и т. д.					

8. Составьте принципиальную схему управления лампочками на микросхеме серии К155ЛФ13.

### Задание 2. Исследование элемента ИЛИ

1. Соберите схему на макетной плате в соответствии с использованием микросхемы серии 155ЛЛ1 (рис. 3.10).

2. Подключите источник напряжения и светодиоды, как указано в задании 1.

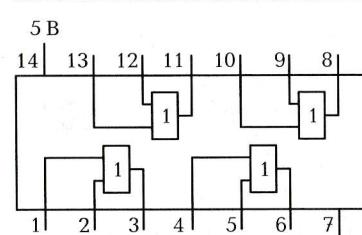


Рис. 3.10. Схема для изучения логического элемента ИЛИ в составе микросхемы К155ЛЛ1:  
1...14 — выводы микросхемы

3. Определите таблицу истинности элемента ИЛИ, создавая различные состояния на входе микросхемы с помощью перемычек А и В, подключая его к шине питания или корпусу.

4. Контролируйте порядок подачи сигналов на вход микросхемы через светодиоды Ф3, Ф4, Ф5 и Ф6, подключенные к выводам 1 и 2, 4 и 5 микросхемы. Сияющий светодиод означает подачу на вход «1», а погашенный — «0». Включенные светодиоды Ф1 и Ф2, подключенные к выводам 3 и 6 микросхемы, соответствуют состоянию логической 1 на выходе элемента, а выключенные — состоянию логического 0.

6. Запишите полученные результаты в табл. 3.6.

**Таблица 3.6. Контроль работы схемы ИЛИ с помощью светодиодов Ф3—Ф6**

Ф3	Ф4	Ф5	Ф6	Ф1	Ф2
0	1	0	1		
1	1	1	1		
1	0	0	0		
1	1	1	0		
и т. д.					

### Этап 2. Исследование составных логических схем

#### Оборудование, материалы и приспособления

- Макетная плата;
- микросхемы серии К155ЛЕ5;
- конденсаторы керамические номиналом 0,033 мкФ;
- лабораторный источник питания Б5-71;
- мультиметр;
- выключатели механические типа ТВ2-1;
- набор светодиодов, рассчитанных на напряжение питания 3—5 В.

#### Задание 1. Изучение работы сложной логической структуры (усложненный вариант)

Цель: создать принципиальную схему на микросхеме серии К155ЛЕ5 (рис. 3.11) так, чтобы загорелись светодиоды, подключенные к выводу 4 и 10, при воздействии на входные выводы 5 и 6.

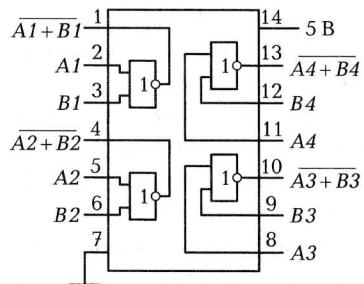


Рис. 3.11. Структура микросхемы  
К155ЛЕ5:  
A1...A4 и B1...B4 — входные сигналы

- Соберите реальную схему на макетной плате на базе микросхемы (рис. 3.11).
- Подключите к точкам макетной платы источник питания + 5 В.
- Определите таблицу истинности элементов собранной схемы, создавая различные состояния на входах микросхемы с помощью перемычек на контактах А, В и С.
- Контролируйте порядок подачи сигналов на вход микросхемы и ее выход с помощью светодиодов и мультиметра.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ

- Поясните возможность возникновения опасных состояний на примере собранной вами схемы.
- Как поступают на практике с неиспользуемыми входами схем технологии ТТЛ?
- В каких пределах лежит уровень логической 1 элементов серий КМОП и ТТЛ?
- В каком случае допускается соединение по выходу нескольких логических элементов?
- Как действовать в схеме не подключенные выводы микросхем?

## Лабораторная работа № 3.5

### СНЯТИЕ ХАРАКТЕРИСТИК УСИЛИТЕЛЯ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ

#### Цели работы:

- Приобрести навыки работы с усилителями низкой частоты (УНЧ).
- Исследовать характеристики и параметры усилителя низкой частоты.

Работоспособность УНЧ проверяют с помощью генератора звуковых частот, а в качестве контрольного устройства используют осциллограф. При наличии несимметричных искажений регулируют смещение усилительного элемента — транзистора, его рабочей точки, изменяя сопротивление резистора в цепи эмиттер — база. Все измерения при проверке напряжения проводят вольтметром с высоким входным сопротивлением.

Амплитудно-частотную характеристику снимают или проверяют с помощью генератора звуковых частот и осциллографа, который подключают параллельно нагрузке (рис. 3.12, а) при поддержании постоянства амплитудного значения входного сигнала. АЧХ хорошо отложенного УНЧ должна быть в диапазоне от 20 до 20 000 Гц.

Наиболее очевидным параметром усилителя, нуждающимся в измерении, является коэффициент усиления по напряжению.

Амплитуда выходного сигнала генератора регулируется аттенюатором и подается на вход исследуемого усилителя. Измеряют входное напряжение  $U_0$  и выходное напряжение  $U_{\text{вых}}$ , отношение

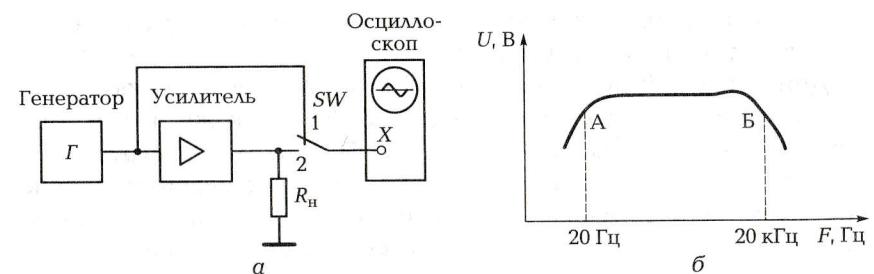


Рис. 3.12. Схема для измерений амплитудно-частотной характеристики усилителя низкой частоты (а) и амплитудно-частотная характеристика устройства (б)

которых дает коэффициент усиления по напряжению. Коэффициент усиления по мощности УНЧ равен отношению выходной мощности  $P_1$  к входной  $P_0$ . Выходную мощность находят измерением выходного напряжения  $U_1$  на нагрузочном сопротивлении  $R_h$ : она равна  $U_1^2 R_h$ . Активная входная мощность определяется измерением входного омического сопротивления усилителя  $R_{bx}$  и входного напряжения  $U_0$  и равна  $U_0 R_{bx}$ . При этом выходная мощность  $P_1$  должна соответствовать максимальному неискаженному выходному сигналу, поэтому при ее определении напряжение  $U_1$  увеличивают до тех пор, пока форма сигнала на выходе не начнет искажаться. После этого фиксируют выходное напряжение  $U_1$  в действующих значениях.

Коэффициент усиления рассчитывается в децибелах (dB) по формуле

$$dB = 10 \lg \frac{P_1}{P_0}, \quad (3.13)$$

$$20 \lg \frac{U_1}{U_0}. \quad (3.14)$$

Ширина полосы пропускания УНЧ измеряется при его работе на полную номинальную мощность как разница между нижней и верхней частотами, при которых падение выходного напряжения не превышает 30 %.

Входная чувствительность усилителя — это отношение выходной мощности к входному напряжению ( $P_1/U_0$ ). Она иногда употребляется вместо коэффициента усиления по мощности.

Важной характеристикой УНЧ является входной и выходной импеданс — фактически это полные входное и выходное сопротивления, измеряемые в омах). Значение импеданса влияет на искажения и шумы, а также степень нагрузки на подключаемые цепи ко входу и выходу усилителя.

Динамический выходной импеданс усилителя измеряют с помощью схемы, приведенной на рис. 3.12, *a*, так же, как и амплитудно-частотную характеристику УНЧ. Импеданс нагрузки  $R_h$  меняют до тех пор, пока мощность не достигнет максимума, фиксируемого осциллографом по уровню выходного сигнала. Значение  $R_h$  в этой точке и есть динамический импеданс усилителя на данной частоте. На практике для его измерения используют генератор сигналов, который настраивают на удобный уровень так, чтобы на выходе УНЧ можно было наблюдать качественный сигнал без искажений. Вместо осциллографа подключают вольтметр

с детекторной головкой, а вместо сопротивления нагрузки  $R_h$  — переменный резистор  $R_{пер}$ . Устанавливают переключатель  $SW$  сначала в положение «1», а затем в положение «2», регулируя при этом значение  $R_{пер}$  таким образом, чтобы показания детектора напряжения были одинаковыми в обоих положениях. Полученное  $R_{пер}$  равно динамическому входному импедансу исследуемого усилителя УНЧ.

## Ход выполнения работы

### Этап 1. Измерение параметров и снятие характеристик УНЧ, собранного на дискретных элементах

#### Оборудование, материалы и приспособления:

- Макетная плата;
- набор элементов:  
для задания 1:  $R_2 = 1 \text{ кОм}$ ;  $R_3 = 1 \text{ кОм}$ ;  $R_4 = 200 \text{ Ом}$ ;  $R_5 = 2 \text{ кОм}$ ;  $C_2 = 100 \text{ мкФ}$ ;  $VT1$  — транзистор типа КТ361А;  $C_1 = C_4 = 0,1 \text{ мкФ}$ ;  $C_3 = 10 \text{ мкФ}$ ;  
для задания 2:  $R_1 = R_6 = 100 \text{ кОм}$  (переменный);  $R_2 = R_7 = 300 \text{ Ом}$ ;  $R_3 = R_8 = 1 \text{ кОм}$ ;  $R_4 = R_9 = 300 \text{ Ом}$ ;  $R_5 = 10 \text{ кОм}$  (переменный);  $R_{10} = 10 \text{ кОм}$  (переменный);  $R_{11} = 10 \text{ кОм}$ ;  $C_1 = 5 \text{ мкФ}$ ;  $C_2 = 10 \text{ мкФ}$ ;  $C_3 = 0,01 \text{ мкФ}$  (0,1 мкФ, 20 или мкФ);  $C_4 = 5 \text{ мкФ}$ ;  $VT1$  и  $VT2$  — транзисторы типа КТ361А;
- лабораторный источник питания типа Б5-71;
- генератор синусоидального напряжения низкой (звуковой) частоты (ГЗЧ) типа ГЗ-102;
- вольтметр типа В7-22;
- осциллограф типа С1-65А.

#### Задание 1. Исследование характеристик усилителя звуковой частоты, собранного на одном транзисторе

1. Соберите на макетной плате схему в соответствии с рис. 3.13.
2. Включите генератор ГЗ-102 и установите начальные параметры:  $U_{\text{вых}} = 50 \text{ мВ}$ , частота сигнала — 1 кГц.

Входное напряжение можно изменять, добиваясь на выходе «идеальной» синусоиды на частоте 1 кГц и контролируя форму сигнала осциллографом в точке 1.

3. Подключите к выводам схемы —  $U_k$  и  $+U_k$  источник питания (контролируйте полярность подключения — к корпусу подключа-

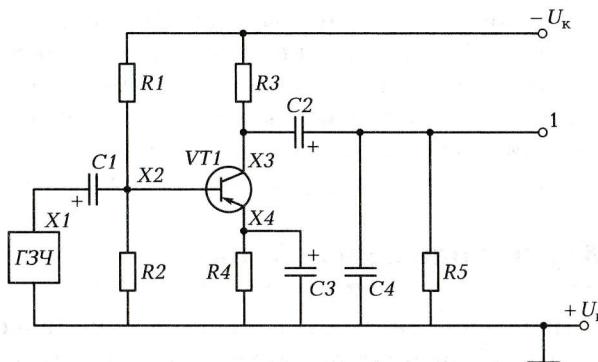


Рис. 3.13. Схема усилителя на одном транзисторе

ется «+» источника). Установите выходное напряжение источника питания  $-12\text{ В}$ .

4. Проверьте исправность схемы, контролируя постоянное напряжение на переходах база—эмиттер и коллектор—корпус. Транзистор должен находиться в рабочем режиме (открыт).

5. Подключите параллельно резистору  $R_5$  вольтметр (мультиметр), установив диапазон напряжения, равный  $10\text{ В}$ .

6. Подключите параллельно резистору  $R_5$  вход осциллографа, предварительно откалибровав его на диапазоне « $2\text{ В/дел.}$ » и при развертке  $1\text{ мс/дел.}$

7. Подключите к конденсатору  $C_1$  выход генератора ГЗЧ.

8. Проконтролируйте качество сигнала по осциллографу на частоте  $1\text{ кГц}$ .

9. Изменяйте частоту входного сигнала, измеряя напряжение при каждом значении частоты.

10. Занесите показания вольтметра и осциллографа в табл. 3.7.

Таблица 3.7. Результаты измерений и расчетов при исследовании усилителя звуковой частоты на одном транзисторе

Частота входного сигнала, $\text{kГц}$	0,02	0,05	0,1	0,2	0,4	1	5	10	20
Амплитуда сигнала	Вольтметр								
	Осциллограф								
Коэффициент усиления									

11. Сравните результаты показаний вольтметра и осциллографа.

12. Рассчитайте коэффициент усиления усилителя (ГЗЧ) и результат занесите в табл. 3.7.

13. Постройте по полученным данным АЧХ усилителя.

#### Задание 2. Исследование двухкаскадного усилителя и влияния обратных связей (усложненный вариант)

1. Соберите схему на макетной плате в соответствии с рис. 3.14 (резистор  $R_5$  — переменный, он используется для реализации ООС).

2. Выполните операции 1—7 из задания 1 (с учетом нумерации, показанной на рис. 3.14).

3. Установите на выходе генератора (на входе емкости  $C_1$ ) сигнал частотой  $1\text{ кГц}$  амплитудой  $50\text{ мВ}$ .

4. Контролируйте выходное напряжение усилителя на резисторе  $R_{10}$  с помощью осциллографа.

5. Плавно уменьшая сопротивление  $R_5$ , добейтесь самовозбуждения усилителя (максимальное усиление и максимальные искажения, наблюдаемые на осциллографе).

6. Зарисуйте осциллограмму сигнала при возбужденном усилителе.

7. Плавно увеличивая сопротивление  $R_5$ , восстановите нормальную работу схемы, наблюдая за превращением искаженного сигнала в нормальный (синусоидальный).

8. Соедините резистор  $R_{11}$  с правой обкладкой конденсатора  $C_3$ , предварительно отключив его от  $R_9$ ,  $X_3$  и  $X_4$ , соедините перемычкой (перемкните  $R_5$ ).

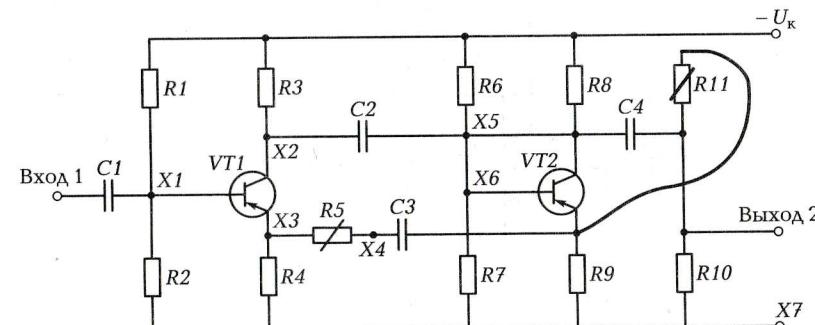


Рис. 3.14. Схема усилителя для изучения обратных связей

9. Изменяя сопротивление  $R_{11}$ , понаблюдайте за изменением выходного сигнала схемы, убедитесь, что введение ООС уменьшает коэффициент усиления схемы.

### Этап 2. Измерение параметров и снятие характеристик УНЧ интегрального исполнения

#### Оборудование, материалы и приспособления

- Макетная плата;
- набор элементов:

для задания 1: номиналы элементов в соответствии с принципиальной схемой (рис. 3.15);

для задания 2: номиналы элементов в соответствии с принципиальной схемой (рис. 3.16);

- лабораторный источник питания типа Б5-71;
- генератор типа НЧ Г3-102;
- вольтметр типа В7-22;
- осциллограф типа С1-65А;
- микросхема серии LM386;
- микросхема серии К174УН7;
- коммутационная кнопка (любой тип);
- переменный резистор сопротивлением 0—4,7 кОм ( $R_{\text{пер}}$ );
- динамическая головка.

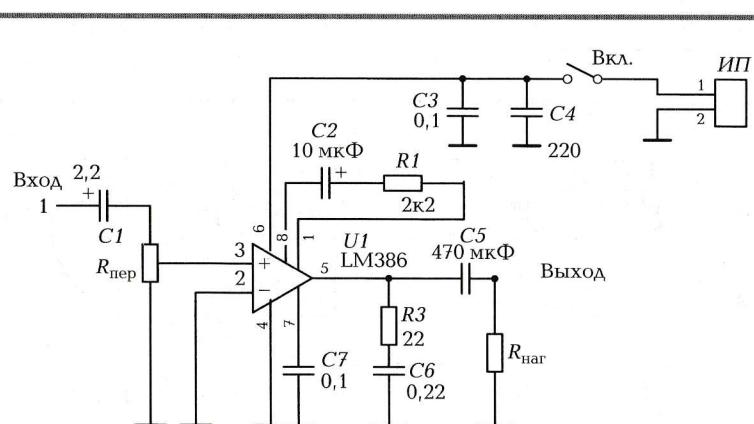


Рис. 3.15. Схема реализации усилителя низкой частоты на микросхеме серии LM386

#### Задание 1. Изучение схемы УНЧ на операционном усилителе серии LM386

1. Соберите схему в соответствии с рис. 3.15.
2. Подключите к входу «1» выход генератора НЧ.
3. Установите  $U_{\text{вх}} = 10 \text{ мВ}$ , частотой 1 КГц.
4. Подключите к выходу усилителя (динамику или нагрузку со сопротивлением 8 Ом) вход осциллографа.
5. Переведите вход осциллографа в закрытый режим.
6. Установите регулятор развертки по уровню в положение «0,5 В/дел.», а по диапазону частот — в положение «1 мс».
7. Подайте напряжение питания +6 В на вывод 6 микросхемы операционного усилителя от (ИП) (кнопку «Вкл.» включите только после установки стабильного выходного напряжения источника питания +6 В).
8. Наблюдайте синусоидальный сигнал на экране осциллографа. Если сигнал имеет искажения, подрегулируйте уровень напряжения на входе с помощью резистора  $R_{\text{пер}}$ .
9. Изменяйте в соответствии с табл. 3.8 частоту входного сигнала.
10. Контролируйте выходной сигнал на экране осциллографа и измеряйте амплитуду сигнала.
11. Результаты измерений занесите в табл. 3.8.

Таблица 3.8. Результаты измерений и расчетов при исследовании схемы УНЧ

Частота входного сигнала, кГц	0,02	0,05	0,1	0,2	0,4	1	5	10	20
Амплитуда сигнала на осциллографе									
Коэффициент усиления, дБ									

13. Рассчитайте коэффициент усиления (рассчитывается через десятичный логарифм  $20 \lg U_{\text{вых}} / U_{\text{вх}}$ ).
14. Результаты расчета занесите в табл. 3.8.

#### Задание 2. Измерение параметров и снятие характеристик УНЧ на микросхеме

1. Соберите схему в соответствии с рис. 3.16.
2. Подключите к входу «2» выход генератора НЧ.

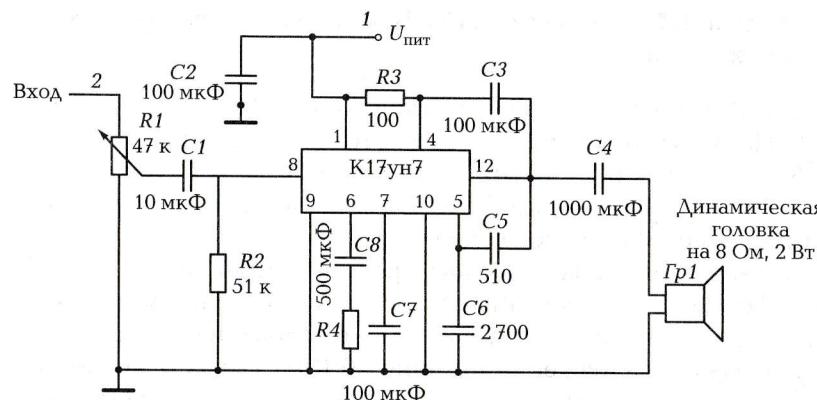


Рис. 3.16. Схема реализации усилителя низкой частоты на микросхеме К174УН7

3. Установите  $U_{\text{вх}} = 50 \text{ мВ}$ , частотой 1 кГц. Переменный резистор  $R_1$  используйте для точной установки тестового сигнала на входе усилителя.

4. Подключите к выходу усилителя (динамик или нагрузку номиналом 8 Ом) вход осциллографа.

5. Переведите вход осциллографа в закрытый режим.

6. Установите регулятор уровня в положение «0,5 В/дел.», а по диапазону частот — в положение «1 мс».

7. Подайте напряжение питания +15 В на вывод 1 микросхемы усилителя.

8. Наблюдайте синусоидальный сигнал на экране осциллографа (если сигнал имеет искажения, подрегулируйте уровень напряжения на входе с помощью резистора  $R_1$ ).

9. Изменяйте в соответствии с табл. 3.9 частоту входного сигнала.

**Таблица 3.9. Результаты измерений и расчетов при исследовании УНЧ на микросхеме**

Частота входного сигнала, кГц	0,02	0,05	0,1	0,2	0,4	1	5	10	20
Амплитуда сигнала на осциллографе									
Коэффициент усиления, дБ									

10. Контролируйте выходной сигнал на экране осциллографа и измеряйте амплитуду сигнала.

11. Результаты измерений занесите в табл. 3.9.

12. Рассчитайте коэффициент усиления по формуле 3.18.

13. Результат занесите в табл. 3.9.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ

- Какие элементы схемы влияют на АЧХ усилителя в области высоких (низких) частот сигнала?
- Как проявляют себя нелинейные искажения при усилении синусоидальных сигналов?
- Как изменится усиление каскада, если исключить из него конденсатор  $C_3$  в схеме усилителя на транзисторах (рис. 3.14)?
- Какую форму будет иметь выходной сигнал при отключении резистора  $R_1$  в схеме усилителя на транзисторах?
- Оцените работу усилителя УНЧ в различных режимах работы и методах реализации (табл. 3.7—3.9).

## Практическая работа № 3.6

### РАБОТА С ТИПОВЫМИ ШКАФАМИ И СТОЙКАМИ РЭА

#### Цели работы:

- Сформировать навыки практической работы со шкафами и стойками РЭА.
- Освоить методы сборки компьютерных блоков и видеорегистраторов.

Конструктивное исполнение шкафов разнообразно, но у всех можно отметить наличие монтажной панели (шасси), каркаса, направляющих и элементов фиксации. На монтажных панелях выделяют центральную и периферийную зоны. В центральной зоне располагают ответные части соединителей типовых элементов замены (ТЭЗ) и направляющие, в периферийной — колодки или соединители внешней коммутации, жгуты, подводы напряжения питания. Желательно ответные соединители ТЭЗ устанавливать на многослойную печатную плату. Выполняется также жгутовый монтаж. При использовании жгутов на монтажной панели блока предусматривают пазы или углубления, в которых жгуты размещают и закрепляют.

Монтажный каркас предназначен для крепления модулей на монтажную панель и обеспечения механической защиты его элементов. Каркас представляет собой негерметичный сборный алюминиевый (дюралюминиевый) кожух. На корпусе каркаса расположены окна, через которые может осуществляться подключение кабелей к модулю. С внутренней стороны крышки каркаса может устанавливаться преобразователь питания, формирующий напряжение питания модуля. Питание к преобразователю подключается с помощью разъемного клеммного соединителя.

Горизонтальное расположение монтажной панели затрудняет охлаждение блоков естественной конвекцией, поэтому их обычно используют в приборах настольного типа с низкой плотностью компоновки, либо совместно с вентиляторами, направляющими потоки охлаждающего воздуха вдоль каналов, образованных рядами плат, расположенных по соседству ТЭЗ. При комплектации блоками рам и стоек шкафного типа в конструкции блоков не вводят кожухи или крышки. При значительной длине ТЭЗ блок с вертикальным расположением монтажной панели можно устанавливать непосредственно в стойку.

Направляющие вводятся в конструкции для быстрого соединения ТЭЗ с ответными частями соединителей без заклинивания или перекоса, поддержки платы ТЭЗ при ударах и вибрациях, создания пути для кондуктивного отвода теплоты. Для входа и перемещения платы в направляющих по краям платы предусматривают свободную от печатного монтажа зону шириной 2—3 мм. В качестве конструкционных материалов направляющих используются пластмасса и металл.

Элементы крепления и фиксации должны исключать возможность выпадения ТЭЗ при воздействии ударов и вибраций. Предусматривается индивидуальное или групповое крепление ТЭЗ. Для индивидуального крепления ТЭЗ используются невыпадающие винты и защелки. В большинстве случаев групповое крепление осуществляется прижимной крышкой с наклеенной с внутренней стороны пористой прокладкой.

В процессе компоновки осуществляется решение следующих взаимосвязанных вопросов:

- выбор корпуса устройства с учетом заданных условий эксплуатации;
- обеспечение устойчивости блока к дестабилизирующему воздействиям (влаге, пыли, вибрациям, ударам, электромагнитным помехам и др.);
- выбор типов и мест расположения элементов управления и индикации с учетом эксплуатационных и эргономических требований;
- распределение электронных компонентов по печатным платам, выбор размеров и числа печатных плат;
- обеспечение охлаждения блока в целом и его отдельных элементов;
- компоновка составных частей блока внутри корпуса.

В конструкции необходимо максимально использовать готовые стандартизованные и нормализованные изделия. При конструировании электронной аппаратуры хороший эффект дает применение готовых корпусов и несущих конструкций.

Все они должны обеспечивать:

- требуемую механическую жесткость и прочность;
- удобство в сборке, наладке и эксплуатации;
- оперативную замену вышедших из строя конструктивных элементов;
- минимальную массу при сохранении требуемой жесткости и надежное закрепление конструктивных элементов;

5) максимальное использование унифицированных деталей и их взаимозаменяемость.

## Ход выполнения работы

### Оборудование, материалы и приспособления

- Набор монтажника;
- материнская плата, основание;
- блок питания;
- вентиляторы на напряжение питания 220 и 12 В;
- блоки и узлы вычислительной техники.

### Задание 1. Сборка компьютерного сервера

#### Последовательность выполнения операций

1. Установите в корпус блок питания так, чтобы вентилятор блока приходился на решетку вентиляционного отверстия.

2. Вмонтируйте в корпус светодиоды индикации, кнопки включения и сброса.

3. Подключите к выводам светодиодов и кнопок провода, связав их в жгуты.

4. Установите процессор в сокет, соблюдая условия ориентации по ключу микросхемы.

5. Не применяя больших усилий, закрепите процессор с помощью рычажного приспособления.

6. Закрепите на корпусе процессора радиатор охлаждения и установите поверх радиатора вентилятор.

7. Установите аккумулятор в гнездо плюсовой пластиной вниз и закрепите его пружинистым контактом.

8. Подключите вентилятор процессора к свободному разъему ИП +12 В.

9. Установите в разъемы расширения модули памяти ОЗУ и КЭШ-памяти так, чтобы выступ на модуле памяти совпадал с перегородкой разъема.

10. Установите материнскую плату в корпус на изоляционные втулки и закрепите ее винтами. Проследите, чтобы плата во время эксплуатации не задевала корпус компьютера.

11. Подключите разъем блока питания в ответный разъем материнской платы.

12. Установите в каркасе направляющие и посадочные основания для крепления жесткого диска, накопителей.

13. Установите и закрепите в каркасе корпуса оптических накопителей, внешние дополнительные USB-разъемы и жесткие диски.

14. Подключите электрические разъемы установленных устройств к разъемам материнской платы, в соответствии с описанием на материнскую плату.

15. Освободите от фольги установочные отверстия дополнительного оборудования.

16. Установите на материнской плате карты расширения дополнительных аудиоустройств.

17. Установите модуль видеокарты в один из свободных разъемов PCI или AGP (определяется из инструкции к плате) так, чтобы разъемы подключения внешних устройств были свободны для безопасного соединения с компьютером. Используя инструкцию по эксплуатации к материнской плате, проверьте правильность сборки.

18. Подключите клавиатуру к разъему PC/2 или USB.

19. Подключите внешний монитор к видеокарте.

20. Включите блок питания в сеть.

21. Проследите за ходом загрузки собранного сервера.

### Задание 2. Сборка шкафа для видеорегистрации (усложненный вариант)

#### Оборудование, материалы и инструменты

- Видеокамера черно-белого изображения;
- устройство для получения обзора;
- устройство сканирования;
- каркас монтажный;
- комплект монтажный в составе: опора монтажная (левая) для крепления каркаса, опора монтажная (правая) для крепления каркаса на винт, шайба пружинная зубчатая, стойка, прокладка термопроводящая;
- устройство наблюдения;
- блок регистрации;
- компьютер;
- отрезок кабеля.

#### Последовательность выполнения операций

1. Составьте и начертите расчетно-логическую схему видеонаблюдения и видеорегистрации.

2. Установите в шкафу бесперебойный блок питания с вентиляторами в сборе (устанавливается, как правило, в нижней части шкафа как самая тяжелая конструкция).

3. Закрепите на каркасе вентилятор с дополнительными винтами для исключения шума и вибраций в его работе.

4. На входе приточного вентилятора установите нагреватель.

5. Закрепите в каркасе по периметру места для установки термостата и гигростатов для контроля за влажностью и температурой.

Набор из термостатов, гигростата, нагревателя и вентиляторов по расчетным данным должен обеспечивать требуемый диапазон эксплуатации таким параметрам, как температура и влажность, в любое время года.

6. Установите на направляющие шкафа коммутатор оптический кросс и инжектор для питания видеокамер.

Рекомендуется при монтаже модуля крепежные детали сначала установить, не затягивая, а после совмещения отверстий произвести окончательную фиксацию резьбовых соединений.

7. Рассчитайте место для монтажа видеокамеры наблюдения и обзора: оно должно давать хороший угол обзора, иметь возможность для поворота видеокамеры, быть защищено от вмешательства в работу видеокамеры посторонних лиц.

8. Смонтируйте видеокамеру в месте, отстоящем от коммутационного шкафа на расстоянии не более чем 100 м.

9. Соедините видеокамеру кабелем питания и сигнальными проводами с коммутационным шкафом.

10. При автономном подключении беспроводным способом предусмотрите автономное питание видеокамеры.

11. Установите корпус на объектив с учетом возможности поворота видеокамеры и угла обзора.

12. Установите средства грозозащиты видеокамеры.

13. Подключите видеокамеру к видеорегистратору, включите питание собранной вами системы и протестируйте ее.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ

1. Опишите комплект оборудования для монтажа устройств видеорегистрации.
2. В каких случаях необходимо устанавливать бесперебойный блок питания для устройств видеорегистрации?
3. В чем принцип беспроводного управления камерами видеонаблюдения?
4. Дайте определение понятия «периферийные устройства».

## Список литературы

Аксенов А. И. Микросхемы для бытовой радиоэлектронной аппаратуры / А. И. Аксенов, А. В. Нефедов. — М. : Солон-Пресс, 2003.

Гуляева Л. Н. Высококвалифицированный монтажник радиоэлектронной аппаратуры / Л. Н. Гуляева. — М. : Издательский центр «Академия», 2007.

Гуляева Л. Н. Технология монтажа и регулировка радиоэлектронной аппаратуры и приборов / Л. Н. Гуляева. — М. : Издательский центр «Академия», 2009.

Гуревич В. И. Электрические реле. Устройство, принцип действия и применения. Настольная книга инженера / В. И. Гуревич. — М. : Солон-пресс, 2011.

Каганов В. И. Радиотехнические цепи и сигналы / В. И. Каганов. — М. : Издательский центр «Академия», 2003.

Петленко Б. И. Электротехника и электроника / Б. И. Петленко и др.; под ред. Б. И. Петленко. — М. : Издательский центр «Академия», 2004.

Петрунин И. Е. Справочник по пайке / И. Е. Петрунин. — М. : Машиностроение, 2003.

Соколов В. С. Кинескопы для телевизоров черно-белого и цветного изображения. Отечественные и зарубежные / В. С. Соколов. — М.: Горячая Линия-Телеком, 2000.

Ярочкина Г. В. Задачник по радиоэлектроннике / Г. В. Ярочкина. — М. : Издательский центр «Академия», 2008.

## Оглавление

Предисловие.....	4
<b>Глава 1. Технология монтажных работ.....</b>	<b>8</b>
Лабораторная работа № 1.1. Работа с монтажным инструментом.....	8
Лабораторная работа № 1.2. Работа с паяльником.....	15
Лабораторная работа № 1.3. Формирование навыков навесного монтажа .....	25
Лабораторная работа № 1.4. Технология поверхностного монтажа.....	31
Лабораторная работа № 1.5. Работа с паяльным феном (термовоздушный паяльник) .....	41
Лабораторная работа № 1.6. Демонтаж электронных компонентов .....	48
Практическая работа № 1.7. Подготовка монтажных проводов к пайке .....	55
Практическая работа № 1.8. Снятие изоляции с монтажных проводов .....	60
Практическая работа 1.9. Скручивание однопроволочных и многопроволочных проводов .....	63
Практическая работа № 1.10. Облуживание проводов и пайка.....	68
Практическая работа № 1.11. Вязка жгутов .....	72
Практическая работа № 1.12. Распайка на монтажные лепестки .....	79
Практическая работа № 1.13. Распайка контактов разъемных соединений.....	84
<b>Глава 2. Монтаж радиоэлементов.....</b>	<b>90</b>
Практическая работа № 2.1. Монтаж резисторов и конденсаторов.....	90
Практическая работа № 2.2. Монтаж полупроводниковых диодов и транзисторов .....	102
Практическая работа № 2.3. Монтаж и демонтаж микросхем для навесного и поверхностного монтажа.....	113
Практическая работа № 2.4. Монтаж катушек индуктивности и высокочастотных трансформаторов.....	120
<b>Глава 3. Технология сборки и монтажа сложных устройств электронной техники.....</b>	<b>127</b>
Лабораторная работа № 3.1. Расчет трансформаторов и определение их параметров .....	127
Практическая работа № 3.2. Составление принципиальных схем блоков РЭА средней сложности .....	139
Практическая работа № 3.3. Сборка и монтаж источников	

электропитания.....	145
Лабораторная работа 3.4. Проверка работоспособности типовых логических элементов.....	152
Лабораторная работа № 3.5. Снятие характеристик усилителя низкой частоты.....	157
Практическая работа № 3.6. Работа с типовыми шкафами и стойками РЭА .....	166
Список литературы.....	171

Учебное издание

Петров Владимир Петрович

**Выполнение монтажа и сборки средней сложности  
и сложных узлов, блоков, приборов радиоэлектронной  
аппаратуры, аппаратуры проводной связи, элементов узлов  
импульсной и вычислительной техники**

Практикум

Редактор В. А. Савосик

Компьютерная верстка: Р. Ю. Волкова  
Корректор Н. В. Савельева, А. Б. Глазкова

Изд. № 101116291. Подписано в печать 22.01.2014. Формат 60×90/16.  
Гарнитура «Ньютона». Бумага офс. № 1. Печать офсетная. Усл. печ. л. 11,0.  
Тираж 1 000 экз. Заказ № 35484.

ООО «Издательский центр «Академия». [www.academia-moscow.ru](http://www.academia-moscow.ru)  
129085, Москва, пр-т Мира, 101В, стр. 1.  
Тел./факс: (495) 648-0507, 616-00-29.  
Санитарно-эпидемиологическое заключение № РОСС RU. AE51. N 16474 от 05.04.2013.

Отпечатано в соответствии с качеством предоставленных издательством  
электронных носителей в ОАО «Саратовский полиграфкомбинат».  
410004, г. Саратов, ул. Чернышевского, 59. [www.sarpk.ru](http://www.sarpk.ru)