

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

Кафедра электропривода и автоматизации

Составитель
Ярослав Геннадьевич Червов

ТЕХНОЛОГИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ (МДК 04.01)

Методические материалы к практическим занятиям

Рекомендовано цикловой методической комиссией специальности СПО 11.02.16 Монтаж, техническое обслуживание и ремонт электронных приборов и устройств в качестве электронного издания для использования в образовательном процессе

Кемерово 2025

Рецензенты: Григорьев А. В. – канд. тех. наук, доцент кафедры электропривода и автоматизации ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева»
Шаулева Н. М. – канд. тех. наук, заведующий кафедрой электропривода и автоматизации ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева», председатель цикловой методической комиссии специальности СПО 11.02.16 Монтаж, техническое обслуживание и ремонт электронных приборов и устройств

Червов Ярослав Геннадьевич

Технология выполнения работ (МДК 04.01) : методические материалы к практическим занятиям для обучающихся специальности 11.02.16 «Монтаж, техническое обслуживание и ремонт электронных приборов и устройств», очной формы обучения / Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева ; кафедра электропривода и автоматизации ; сост. Я. Г. Червов. Кемерово : КузГТУ, 2025. – 1 файл (1946 Кб). – Текст : электронный.

Приведен теоретический и практический материал, необходимый для успешного изучения дисциплины.

Методические материалы «Технология выполнения работ (МДК 04.01)» содержат перечень практических занятий, содержание практических и самостоятельных занятий, список учебно-методических материалов.

© Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, 2025

© Червов Я. Г., составление, 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Практическое занятие № 1. РАЗЪЕМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ. НЕРАЗЪЕМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ.....	5
Практическое занятие № 2. МОНТАЖ И КРЕПЛЕНИЕ ПРОВОДОВ. ЖГУТОВОЕ СОЕДИНЕНИЕ ПРОВОДОВ.....	14
Практическое занятие № 3. ВИДЫ ДЕФЕКТОВ. СПОСОБЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПАЯНЫХ ИЗДЕЛИЙ.....	23
Практическое занятие № 4. ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ.....	27
Практическое занятие № 5. ПОВЕРХНОСТНЫЙ МОНТАЖ.....	31
Практическое занятие № 6. КОНСТРУКЦИЯ, СБОРКА И МОНТАЖ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ И УСИЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ.....	42
Практическое занятие № 7. КОНСТРУКЦИЯ, СБОРКА И МОНТАЖ ЭЛЕКТРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ И РАДИОПРИЕМНЫХ УСТРОЙСТВ	48
Практическое занятие № 8. КОНСТРУКЦИЯ, СБОРКА И НАЛАДКА ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ПРИЕМНИКОВ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ	60
ЛИТЕРАТУРА	72

ВВЕДЕНИЕ

Целью освоения дисциплины «Технология выполнения работ» является приобретение обучающимися знаний в области сборки, монтажа и демонтажа электронных приборов и устройств в соответствии с требованиями технической документации, а также в области настройки и регулировка электронных приборов и устройств средней сложности с учетом требований технических условий

Основными задачами изучения дисциплины «Технология выполнения работ» являются:

- ознакомление с правилами электромонтажных работ в производстве радиоэлектронной аппаратуры и приборов;
- выработка навыков работы на технологическом оборудовании, использовании специализированного инструмента и технологической оснастки для технического обслуживания и ремонта сложных узлов радиоэлектронной аппаратуры;
- подготовка к самостоятельному и технически грамотному монтажу радиоэлектронных устройств.

Практическое занятие № 1. РАЗЪЕМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ. НЕРАЗЪЕМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Цель занятия: Изучить виды разъемных и неразъемных соединений.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

Разъемные соединения

Требования, предъявляемые к технологичности, ремонтно-пригодности, модульности построения современных электронных средств, успешно реализуются использованием разъемных электрических соединений. Качество подобных соединений характеризуется следующими параметрами:

- малым переходным сопротивлением контакта;
- небольшой индуктивностью контактов;
- незначительной межконтактной емкостью;
- большим значением коммутируемых токов и напряжений;
- большим значением механических усилий сочленения или расчленения соединений;
- большим допустимым числом сочленений и расчленений;
- широким температурным диапазоном эксплуатации;
- высокой предельно допустимой температурой перегрева при монтаже.

Разъемные электрические соединения часто выполняют на основе резьбовых соединений, в которых петля из оголенного провода или специальный контакт на конце провода винтом прижимается к токопроводящей поверхности (рис. 1). Использование стального винта обеспечивает необходимое большое усилие затяжки соединения, позволяющее сформировать большую площадь контакта.

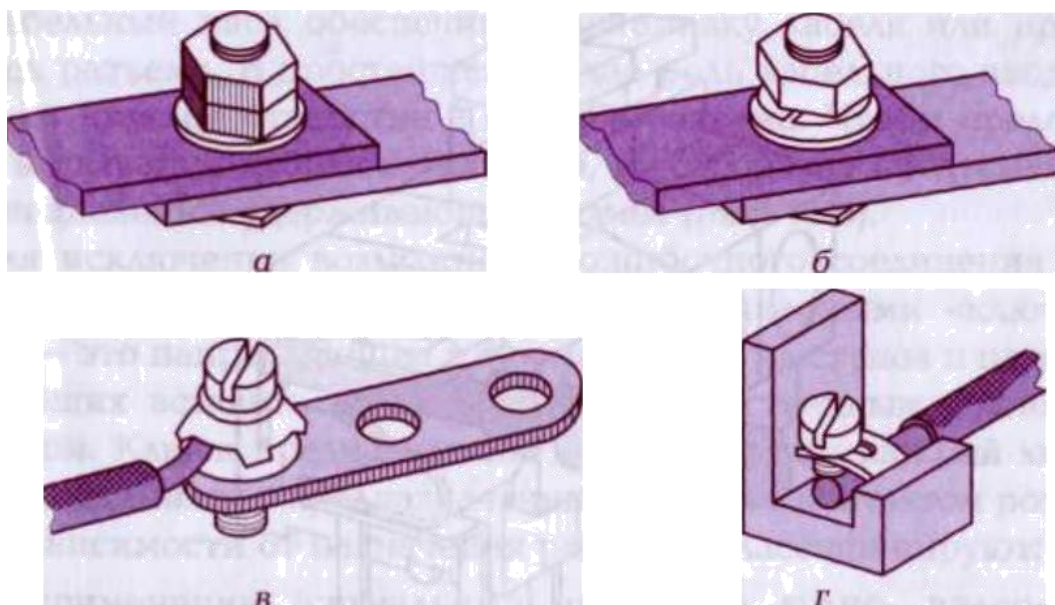


Рис. 1. Болтовое соединение токопроводящих элементов:
а – внахлест; б – внахлест с пружинистой шайбой; в – соединение провода с контакт деталью; г – закрепление провода на плоской поверхности

Для уменьшения переходного сопротивления в контакте на поверхность наносят пленку из золота, никеля, родия или сплавов на основе олова, препятствующую образованию коррозионных пленок. Это соединение используется в цепях с большими токами, а также для обеспечения теплового контакта. Для резьбового соединения проводов с печатными платами выпускают соединители, например бугельной конструкции, в которой винт прижимает пластину к проводу в клетке из пружинной стали. При скреплении элементов верхний лепесток клетки немного отгибается вбок и зажимает резьбу на винте, обеспечивая вибростойкость соединения (рис. 2). Приемная часть бугеля устанавливается на плате

При электромонтаже широко используют разъемные электрические соединения, основанные на упругой деформации: **разъемы, контактные устройства, клеммы.**

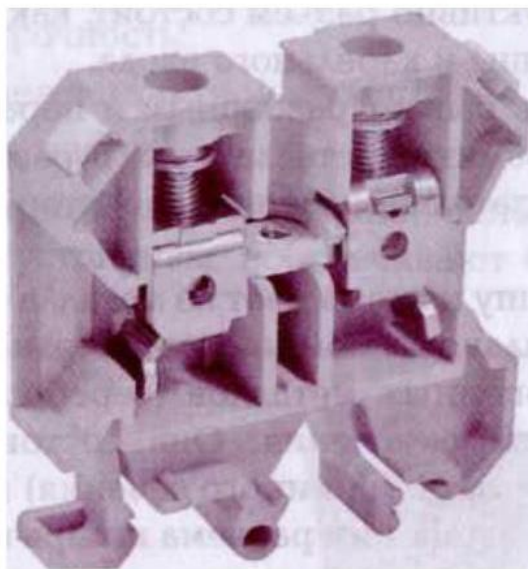


Рис. 2. Бугельное соединение

В клеммном пружинном соединении установлена контактная пружина из нержавеющей пружинной стали. Она прижимает одножильный или многожильный провод к медной шине, покрытой сплавом на основе олова, с усилием пропорциональным диаметру провода (рис. 3).

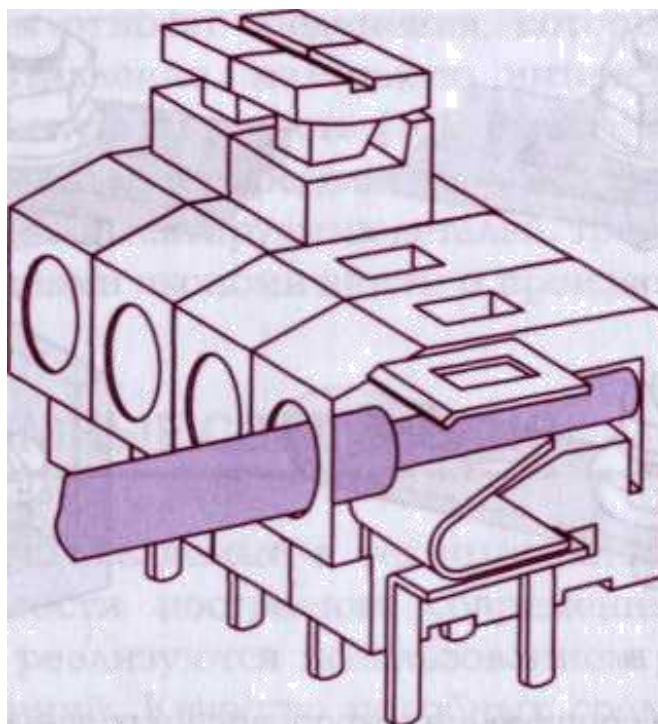


Рис. 3. Клеммное пружинное соединение

В конструкции клеммного соединения разделены функции между механическим прижимом и электрическим контактом. Механическое давление в контакте, необходимое для малого переходного электрического сопротивления, обеспечивается стальной пружиной. Электрический контакт осуществляется между проводом и луженой медной шиной. Для создания надежного соединения пружину покрывают цинком и хромом.

Разъемы состоят из **гнезд** и **вилки**. Обычно вилку располагают на кабеле, а гнездо – на корпусе, шасси прибора или другой поверхности. Конструктивно разъем состоит, как правило, из корпуса, контактной группы и кабельного ввода.

Корпус разъемов бывает разборным и неразборным из пластмассы, резины, керамики, металла и др. В разъемах с металлическим корпусом обязательно имеется изолятор из пластмассы или керамики.

Контактную группу изготавливают из металла с хорошей электропроводимостью (сплавов алюминия или меди) и часто покрывают слоем из драгоценных металлов (серебро, золото, платина) для предотвращения окисления. Она состоит из контактного штыря (стержня круглого или иного сечения) и упругих контактных пластин. При сочленении разъема штырь касается пластины, которая, изгибаясь, обеспечивает постоянный электрический контакт.

Кабельный ввод обеспечивает установку кабеля или провода внутрь разъема. В простейшем случае роль кабельного ввода выполняет круглое отверстие в корпусе разъема. Чтобы предотвратить вырывание кабеля из разъема, в устройстве предусматривают специальный удерживающий зажим (рис. 4).



Рис. 4. Общий вид разъема

Для исключения возможности ошибочного соединения большинство разъемов выполняют с так называемыми «ключами». Ключ – это направляющие в форме разных выступов и пазов, позволяющих вставить вилку в розетку единственным возможным способом. Ключи предназначены для того, чтобы каждый контакт вилки соединился с предназначенным для него контактом розетки. В зависимости от назначения разъемы классифицируют:

- по применению (сигнальные, питающие, аудио-, видео-, компьютерные и др.);
- напряжению (низковольтные и высоковольтные);
- силе тока (слаботочные и силовоточные);
- диапазону частот проходящего через них тока (постоянный, низкочастотный и высокочастотный);
- методу монтажа (на панель, провод, шасси);
- способу подключения провода к контакту (винтовая клемма, обжим, пайка).

К параметрам разъемов относят:

- число контактов;
- допустимые токи и напряжения;
- контактное давление;
- контактное сопротивление;
- электрическую прочность;
- сопротивление межконтактной изоляции;
- диапазон рабочих частот.

Разъемные электрические соединения, основанные на упругой деформации, виброустойчивы, обеспечивают быстрое и прочное сочленение.

Неразъемные соединения

Неразъемные электрические соединения выполняют способами пластической деформации, сваркой, токопроводящим клеем и пайкой.

На пластической деформации основано соединение накруткой, при которой оголенный одножильный провод накручивается с натягом на металлический штырь с острыми углами специаль-

ным инструментом. Натяжение провода приводит к его пластической деформации на углах штыря (рис. 5). Метод позволяет формировать соединения с высокой надежностью.

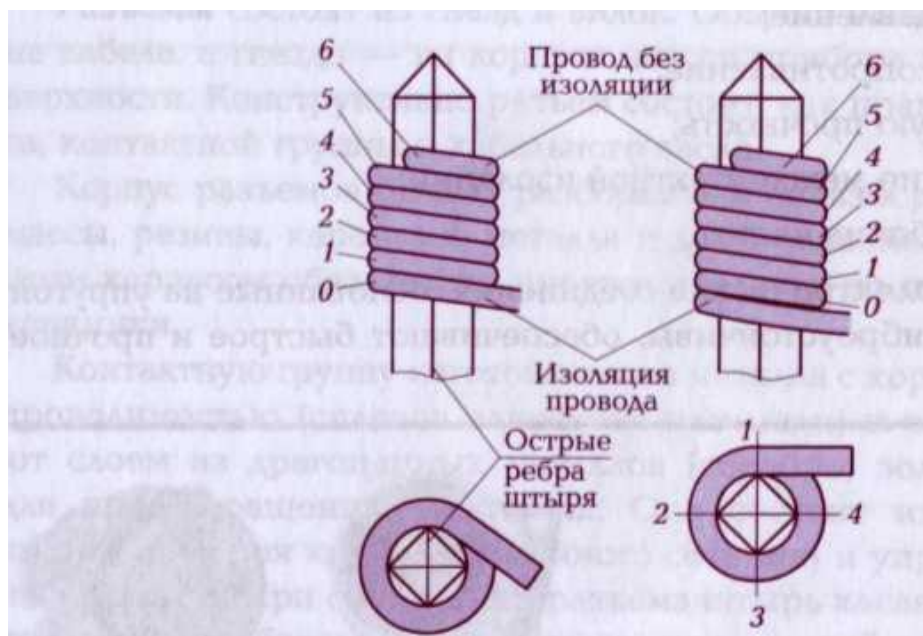


Рис. 5. Соединение накруткой

Специфическим методом создания неразъемных соединений является использование токопроводящих клеев. Их применяют для крепления кристаллов полупроводников к подложкам, ремонта печатных плат, создания соединений в труднодоступных местах. Электропроводящие клеи представляют собой жидкую смесь из клеевой основы и электропроводящего наполнителя – мелкодисперсионного серебра, золота, палладия, меди, никеля или графита. После отверждения нанесенный слой обеспечивает хорошую проводимость и адгезию к поверхности. Марку клея (табл. 1) выбирают, руководствуясь стандартом ОСТ 4Г0.029.004. Склеивание нетокопроводящими клеями широко применяется в технологии для изготовления фольгированного материала и закрепления компонентов на поверхности плат.

Недостатками клеевых соединений являются их низкие прочность и термостойкость.

К неразъемным соединениям также относится метод впрессовывания контактных штырей в металлизированные покрытия плат и оснований, при этом электрическое соединение образуется

за счет холодной деформации фрагментов соединяемых элементов.

Таблица 1 – Марки клеев для соединения элементов электронных устройств и их характеристики

Марка клея	Основа клея	Склеиваемые материалы	Рабочая температура	Предел прочности, МПа
БФ2 и БФ4	Фенолформальдегидная смола	Металлы, керамика, ферриты	–60...+60	8–30
БК-9	Эпоксидная смола	Металлы, керамика, слоистые пластинки	–60...+25	15–23
ПУ-2	Полиуретан	Металлы, керамика, ферриты, стекла	–6...+80	3–22

При выполнении соединения на контактном штыре специальной конструкции – пуклевки, возникает упругая деформация и при последующем впрессовывании штыря в отверстие создается прочный контакт. Соединения этого типа обладают следующими достоинствами:

- высокой механической прочностью на растяжение;
- высокой устойчивостью к вибрационным нагрузкам;
- отсутствием необходимости в нагреве для образования соединения;
- коррозионной стойкостью за счет герметичности контакта;
- высокой надежностью.

Формы пуклевок разнообразны (рис. 6).

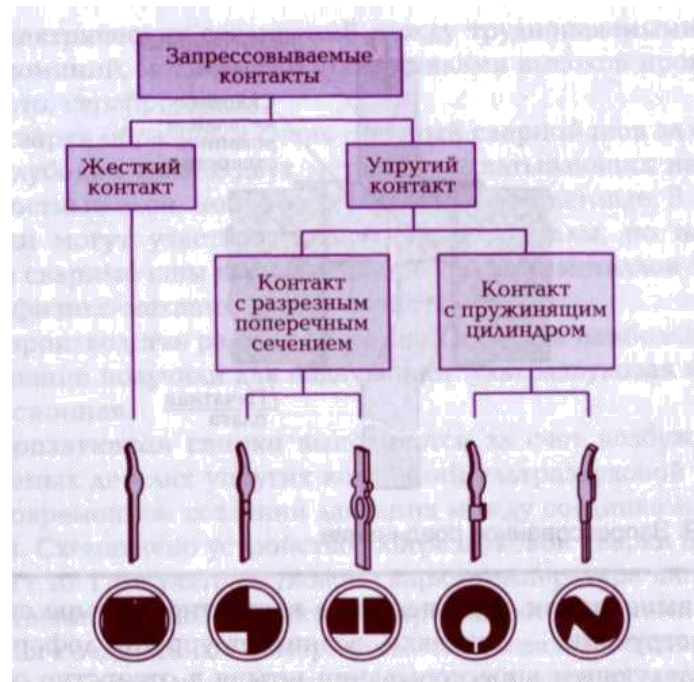


Рис. 6. Виды пуклевок

Закрепляемая часть контакта выполняет основную роль в образовании соединения: ее главная задача – создание давления на боковые стенки сквозного металлизированного отверстия, устойчиво удерживающего штырь в отверстии в напряженном состоянии (рис. 7).

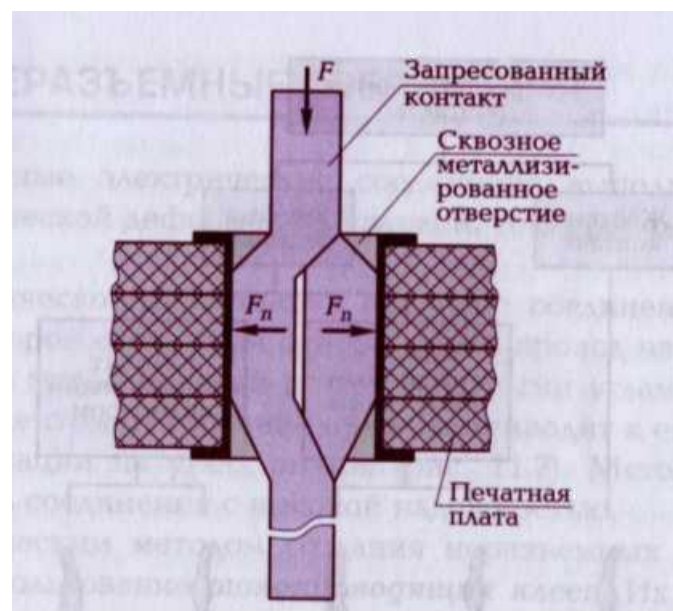


Рис. 7. Закрепленное соединение

Вопросы для обсуждения

1. Что такое разъемные соединения?
2. Назовите способы выполнения разъемных соединений.
3. Что такое разъем?
4. Перечислите параметры разъемов.
5. Что такое неразъемные соединения?
6. Назовите способы выполнения неразъемных соединений.
7. Для чего применяют токопроводящий клей.
8. Какие еще методы относятся к неразъемным соединениям?

Практическое занятие № 2. МОНТАЖ И КРЕПЛЕНИЕ ПРОВОДОВ. ЖГУТОВОЕ СОЕДИНЕНИЕ ПРОВОДОВ

Цель занятия: ознакомиться со способами монтажа и крепления проводов.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

Перед монтажом проводов их разделявают – готовят токопроводящие жилы для присоединения их к деталям монтажа или между собой. Правила разделки проводов изложены в ГОСТ 23587–96. Разделку проводов для подготовки их к монтажу выполняют двумя способами (табл. 2) – бесступенчатым и ступенчатым.

Таблица 2 – Способы разделки проводов

Вариант	Упрощенное изображение	Способ крепления изоляции и защитного покрова
Бесступенчатый способ с закреплением края изоляции		
1.1		Без крепления
1.2		Клеем
1.3		Электроизоляционной трубкой на клею
1.4		Термоусаживаемой трубкой
1.5		Бандажом из ниток, покрытым клеем
Ступенчатый способ		
2.1		Без крепления
2.2		Клеем
2.5		Бандажом из ниток, покрытым клеем
2.6		Бандажом из ниток, покрытым клеем

Ступенчатый способ разделки проводов применяют для проводов, имеющих волокнистый защитный слой. После удаления изоляции многопроволочная жила должна быть скручена в направлении заводской заливки. Обычно закручивают по направлению часовой стрелки. Участок неизолированного проводника должен быть залужен. Для исключения подгорания изоляции на нее накладывают антипригарную пасту.

На плате провода крепят на контакт детали. Примеры контактов деталей показаны на рис. 8. Лепесток контакта завальцовывают в отверстие на плате, а провод закрепляют в отверстии в виде «замка».

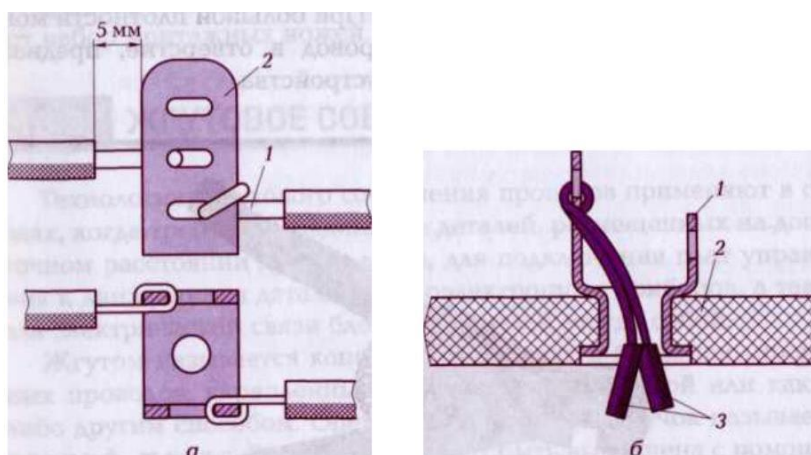


Рис. 8. Способ закрепления проводов на контакт детали:
а – контакт детали: 1 – провод; 2 – плоская форма; б – фиксация проводов в отверстии: 1 – плоская форма; 2 – плата; 3 – провода

В случае использования роликового наконечника на него крепят несколько проводов, накладывая их друг на друга (рис. 9).

Жила провода, закрепленная на контакт детали, должна плотно ее огибать, изгиб контакт детали не допускается. Провод сечением более 0,35 мм закрепляют на контакт детали с $\frac{1}{2}$ оборота, при сечении менее 0,35 мм – с полным оборотом. Длина неизолированного участка провода от торца изоляции должна быть от 0,2 до 2 мм, а для проводов с полиэтиленовой изоляцией от 0,5 до 3 мм.

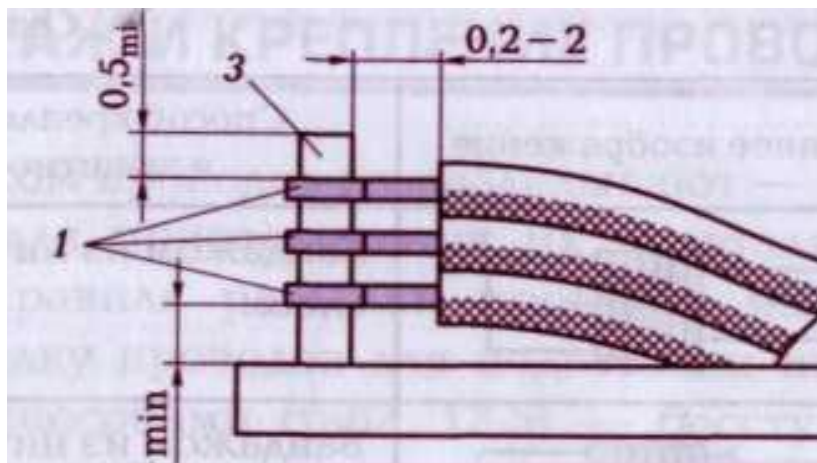


Рис. 9. Роликовое штырьковое присоединение проводов:
1 – провода; 2 – основание; 3 – штырь крепления;

Если контакт деталь выполнена в виде отверстия, то число проводов, закрепленных в отверстие, не должно быть больше четырех. При креплении на контакт детали более одного провода каждый из проводов крепится отдельно. При большой плотности монтажа допускается устанавливать провод в отверстие, предназначенное для крепления элементов устройства.



Рис. 10. Клеши для снятия изоляции

Жгуты проводов – один из самых консервативных элементов конструкции электротехнических систем. Как бы ни развивались современные технологии сборки электронных систем, как бы ни росла степень интеграции элементной базы, сколь бы сложными, многослойными не становились печатные платы, но неизменным остается одно – пучки проводов, связывающие отдельные элементы системы. Без них не обходится ни бортовое оборудование, ни бытовая техника, ни системы промышленной электроники. И проблема не только в том, что жгут – достаточно

объемный элемент конструкции. Изготовление жгутов сложнее всего поддается автоматизации, что явно противоречит современным тенденциям развития производства.

Современные технологии проектирования КС и жгутов

Производители, которые стремятся повысить качество выпускаемой продукции и снизить влияние человеческого фактора, внедряют автоматизированные линии и используют современные технологии на всех этапах производственного цикла.

На начальном этапе создания жгутов выполняется проектирование всего процесса, которое позволяет избежать корректировок и задержек на последующих этапах производства. Современные системы автоматизированного проектирования (САПР) существенно снижают время разработки конструкторской и технологической документации, позволяют макетировать положения жгута в изделии в 3D-формате, оперативно выполнять изменения конструкции изделия и отслеживать весь жизненный цикл продукта, начиная от первого эскиза жгута и заканчивая стендом выходного контроля.

В настоящее время автоматизация проектирования жгутов идет по двум основным направлениям:

- Небольшие компании, в которых производство кабельной продукции не является основным видом деятельности, используют неспециализированные САПР, перенося вручную полученные на них результаты разработки на производственный участок.
- Крупные и узкопрофильные производители жгутов, обладающие автоматизированной производственной базой, используют САПР, специализирующиеся на работе со жгутами. Это позволяет автоматически передавать информацию о разработанном изделии на автоматизированные участки и линии нарезки, зачистки и т.д.

К одной из таких специализированных систем проектирования относится See Electrical Expert — разработка французской компании IGE+XAO Group, предлагающей автоматизированные программные решения для проектирования в области электротехники и автоматики. Эта САПР включает в себя линейку программных модулей и конфигураций, основной задачей которых

является создание логики электротехнического проекта. Предлагаемое решение, используемое на разных стадиях разработки высокотехнологичных изделий, обеспечивает сквозной цикл «проектирование–производство», позволяет эффективно решать задачи, связанные с проектированием электрических жгутов кабельной сети за счет обеспечения совместимости между электрическими схемами, автоматически осуществлять оптимальную прокладку кабелей с помощью функции автоматической разводки, а также предоставляет данные по длинам проводов в жгутах, массе и диаметру ветвей жгутов.

Преимуществом SEE Electrical Expert также является совместимость с программами, активно применяемыми в машиностроении и авиационной промышленности: NX (Unigraphics), Catia, TeamCenter, AutoCAD, SolidWorks, SolidWorks Enterprise PDM.

САПР оперируют объемными базами радиоэлектронных компонентов, шаблонов и инструментов для быстрого и качественного создания проектной и конструкторской документации электронных изделий и жгутов. Также они позволяют ускорить технологическую подготовку производства, передавая информацию непосредственно от конструкторского отдела на линию производства с учетом технологических особенностей каждой сборки.

Сборка сложных жгутов осуществляется на специализированном механическом рабочем столе (рис. 11), либо на интерактивной панели Orbita P150 (рис. 12), отображающей созданную в автоматизированном режиме электронную модель кабельной сборки или жгута.



Рис. 11. Механический рабочий стол для раскладки жгутов



Рис. 12. Интерактивная панель Orbita P150

Преимущества интерактивной панели перед обычным рабочим столом очевидны: она позволяет визуализировать не только процесс сборки и распайки, но и всю дополнительную информацию по каждому сборочному этапу. Сборщик, применяя систему электронного считывания маркировки с проводов (рис. 13), проводит трассировку проводов жгута в соответствии с конструкторской документацией, при этом на самой панели происходит подсвечивание трассы считанного провода.

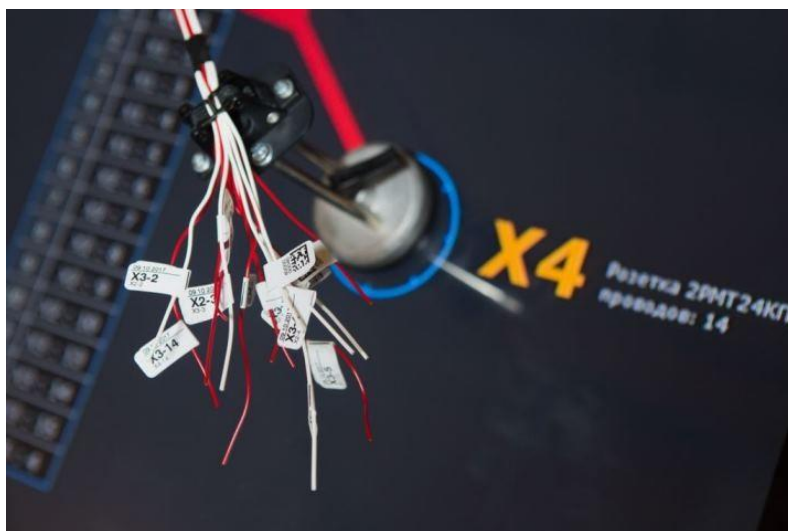


Рис. 13. Электронная маркировка проводов с помощью штрихкодов

Неотъемлемой частью технологического процесса производства КС и жгутов является операция по герметизации кабельных разъемов (заливка), предназначенная для защиты соединения кабеля внутри разъема от воздействия влаги, высоких вибрационных и ударных нагрузок в процессе эксплуатации в изделии. Так как операция предполагает использование, в основном, ручного труда, возможен высокий процент брака, поскольку самым важным моментом в этой операции является приготовление компаунда – смешивание разных по вязкости компонентов. От качества готовой смеси зависит работоспособность изделия и его срок службы. При ручном смешивании в смесь нагнетается большое количество воздуха, что негативно отражается на качестве продукции. Важно помнить, что качество заливки трудно проконтролировать в закрытом разъеме.

Для обеспечения качественной заливки соединителей необходимо переходить от ручного труда к автоматизированным системам смешивания компаундов. К современным решениям, позволяющим обеспечить качественную подготовку компонентов материалов (в том числе с вакуумированием, нагревом), а также повторяемое смешивание компонентов в правильной пропорции, можно отнести высокоскоростные лабораторные и планетарные миксеры (например, SpeedMixer производства Hauschild&Co).

Одной из систем управления производством, позволяющей наладить автоматизированный процесс производства в части управления заказами на изготовление продукции, технической подготовки производства, материально-технического снабжения и планирования производства, является автоматизированная система «Орбита: Управление производством». Эта система позволяет связать воедино все элементы производства, создавая единое информационное поле для работы каждого подразделения предприятия, обеспечивая быструю передачу информации с участка на участок, сквозной контроль всех производственных показателей, планирование загрузки производства и диспетчеризацию заданий. Кроме того, она позволяет управлять загрузкой персонала и рабочих центров.

Несмотря на высокую закупочную стоимость технологического оборудования, расходы на его закупку и внедрение окупаются за несколько лет.

Жгут подключается к необходимому модулю, после чего в специальной программе выбирается конкретный вид жгута (кабеля), и начинается процесс проверки. Результаты тестирования отражаются в программе. Из-за ограниченной линейки сменных модулей номенклатура контролируемых жгутов является не полной. Поэтому без применения мультиметра не обойтись (рис. 14).

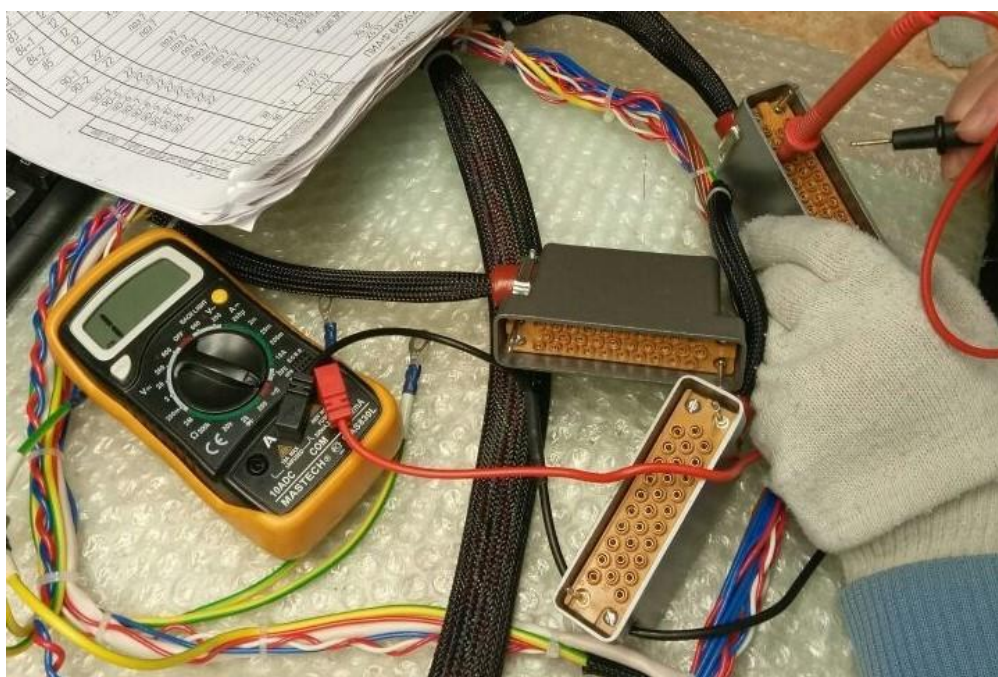


Рис. 14. Применение мультиметра при прозвонке жгута

КС и жгуты военного и космического назначения проходят военную приемку (ВП) МО РФ, и производители крайне заинтересованы в использовании новейших технических решений.

Упоминая современное оборудование, хочется выделить самую популярную в России автоматизированную систему контроля монтажа ТЕСТ-9110-VXI (холдинг «Информтест»), предназначенную для измерений и проверки таких параметров, как: сопротивление изоляции («Мегомметр»); емкость; электрическая прочность; изоляция цепи; целостность цепей; короткое замыкание между цепями; сопротивление изоляции; электрическая прочность всех цепей.

По мнению специалистов, главное достоинство данной системы заключается в ее составе, сочетающем различные модули, число которых определяется количеством каналов, необходимых потребителю.

Контроль качества жгутов оценивается не только электрическими параметрами, но и такой механической характеристикой, как качество обжима наконечника. Данный параметр, в основном, контролируется по усилию отрыва обжатого наконечника от провода с помощью разрывных машин (PullTester). Проверка самого усилия обжима осуществляется с помощью специального блока контроля (АСО 07). Более детальное исследование обжатого соединения можно проводить, анализируя поперечный срез выборочных образцов кабелей с помощью микрографического анализа (типа MicroGraph System, ElektrolyteStaining Unit, SawInspect System 6).

В современных многофункциональных автоматизированных станках контроль качества жгутов проводится непосредственно при изготовлении, и такие параметры, как высота обжима и усилие на разрыв, контролируется непосредственно перед запуском каждой партии. При обжиме наконечников контролируется обжимное усилие, что позволяет получать до 100% качественных изделий на выходе из автоматической линии.

Практическое занятие № 3. ВИДЫ ДЕФЕКТОВ. СПОСОБЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПАЯНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Цель занятия: систематизировать знания в области видов дефектов и способов контроля качества паяных изделий

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

В целях унификации паяных сборочных единиц, установления норм и требований к паяным изделиям необходимо руководствоваться ГОСТ 19249–73 «Соединения паяные. Основные типы и параметры». Стандарт определяет конструктивные параметры паяного соединения, условные обозначения, содержит классификацию основных типов соединений.

Качество паяных изделий определяется их прочностью, степенью работоспособности, надежностью, коррозионной стойкостью, способностью обеспечивать специальные функции (теплопроводность, электропроводность, коммутационные характеристики и т. п.). Дефекты, возникающие при изготовлении паяных изделий, можно подразделить на дефекты заготовки и сборки, дефекты паяных соединений и паяемых изделий.

К наиболее типичным дефектам паяных соединений относят (рис. 15):

- поры;
- раковины;
- шлаковые и флюсовые включения;
- непропаи;
- трещины.

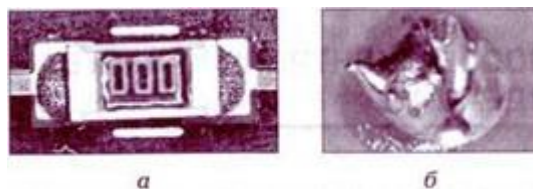


Рис. 15. Дефекты пайки плат и других радиоэлектронных элементов: *а* – поры и раковины; *б* – непропай

Эти дефекты связаны с неполным заполнением расплавом припоя зазора между деталями и с процессом охлаждения изделия.

Большую группу дефектов составляют шлаковые и флюсовые включения.

Причиной образования «непропаев» (рис. 15, б) может явиться наличие «глухих», не имеющих выхода полостей, блокирование жидким припоем газа при неравномерном нагреве или местное отсутствие смачивания жидким припоем поверхности паяемого металла.

В процессе охлаждения соединения происходит выделение газов и образование рассеянной газовой пористости. Предварительная дегазация припоев и флюсов уменьшает этот дефект. Причиной образования пор в паяных швах может быть также заметное различие в коэффициентах диффузии.

Трещины в паяных швах могут возникать под действием деформаций металла изделия в процессе охлаждения. Принято различать холодные и горячие трещины. Холодные трещины образуются при температурах до 200 °С, горячие – при температуре выше 200 °С. Если в процессе кристаллизации скорость охлаждения высока и возникающие напряжения велики, появляются кристаллизационные трещины. Трещины в паяемом металле могут появиться так же в результате воздействия жидких припоев, вызывающих адсорбционное понижение прочности.

Неметаллические включения (флюсовые или шлаковые) возникают при недостаточно тщательной подготовке поверхности изделия к пайке или при нарушении ее режима. При слишком длительном нагреве под пайку флюс реагирует с паяемым металлом с образованием твердых остатков, которые плохо вытесняются из зазора припоем. Шлаковые включения могут образоваться так же из-за взаимодействия припоев и флюсов с кислородом воздуха. Шлаки также могут вноситься и при селективной пайке подготовленным без должного соблюдения требований жалом паяльника.

Для оценки качества паяных изделий применяют разрушающие и неразрушающие методы. К неразрушающим методам относят следующие:

Технический осмотр изделия невооруженным глазом или с применением лупы позволяет проверить качество поверхности, заполнение зазоров припоем, полноту галтелей (наплывов припоя в месте пайки), наличие трещин и других наружных дефектов.

Радиационный (радиографический) контроль, область применения которого определяется ГОСТ 24715–81. Радиографический контроль применяют для определения внутренних дефектов в ответственных паяных изделиях, трещин в шве или паяемом металле, локального отсутствия припоя, пор и инородных включений. Один из вариантов радиационного контроля – радиоскопический метод позволяет наблюдать изображение контролируемого участка одновременно с просвечиванием.

Для получения изображения используют фотополупроводниковый слой из аморфного селена. Радиационный контроль применяют в производстве печатного монтажа. Плата подключается к источнику питания и работает в предусмотренном для нее режиме. Регистрацию дефектов осуществляют по изменению теплового поля, образующегося при прохождении электрического тока по соединениям. Метод обладает высокой чувствительностью (примерно 1 °С).

Акустический контроль основывается на способности ультразвуковых колебаний отражаться от поверхности внутренних неоднородностей материала. Этим методом выявляют трещины, поры, раковины, шлаковые включения, незаполнение шва припоем. Он эффективен для контроля дефектов, залегающих на глубине 3–5 мм, не более.

При использовании магнитопорошкового метода частицы порошка, наносимые на изделие после намагничивания, оседают в местах дефектов. Магнитопорошковым методом выявляют дефекты с раскрытием шириной 1–2,5 мкм, глубиной 25 мкм и длиной до 2,5 мм. Магнитный порошок наносят сухим и мокрым способом. При сухом методе в качестве магнитного порошка используют окалину железа (магнетит), измельченную до состояния пудры, при мокром – порошок наносят в виде суспензии (в воде, масле или керосине). Контроль методом намагничивания осуществляют, используя дефектоскопы.

При контроле течеисканием герметичность паяных изделий проверяют давлением жидкости или газа. При масс-спектрометрическом контроле (определение количества атомов вещества, просачивающихся через отверстия) в качестве пробных веществ применяют гелий; при галогенном методе контроля – фреон и другие газы.

Пузырьковый метод контроля основан на регистрации появления пузырьков пробного вещества в дефектных местах контролируемого изделия. При этом способе сторона контролируемого изделия, противоположная подаче давления воздуха, обмазывается пенообразующим веществом. В качестве простейшего пенообразующего вещества служит раствор мыла в воде. Пузырьковый метод контроля может производиться путем подачи газа в контролируемое изделие с последующим погружением его в жидкость.

Дефектные места определяют по появлению пузырьков газа.

При разрушающих методах контроля паяных изделий испытанию до разрушения подвергают само изделие или образцы, взятые из партии изделия. Для выявления механических свойств паяных соединений проводят испытания образцов различными способами: растяжением, сжатием, изгибом, кручением и др. Тип и требования к разрушающим методам контроля определяются техническими условиями на паяное изделие.

Вопросы для обсуждения

1. Как определяется качество паяных изделий?
2. Назовите дефекты пайки плат.
3. Расскажите про радиационный контроль.
4. Расскажите про акустический контроль
5. Что определяют при помощи пузырьков газа?

Практическое занятие № 4. ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Цель занятия: знакомство с технологией изготовления печатных плат

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

Первым этапом в производстве печатной платы является ее компоновка и трассировка соединений в интегральной программной среде Р-CAD, в которой формируют все необходимые чертежи схемы, а также выполняют прорисовку каждого слоя полупроводника. С конструкторских чертежей изготавливают фотошаблоны, которые представляет собой плоскую пластину из стекла, металла и других материалов с прозрачными (позитив) и непрозрачными (негатив) участками для ультрафиолета, повторяющими рисунок проводников на будущей плате. С помощью фотошаблона формируют рисунок на основании печатной платы. Процесс похож на нанесение краски через трафарет, только в качестве кисти используется луч ультрафиолетового излучения.

Для получения проводящего рисунка на основаниях печатных плат применяют три основных вида технологии:

- фотохимическую;
- субтрактивную;
- аддитивную.

При фотохимической технологии используют фольгированные основания типов FR1-5 и G10-11. Этапами изготовления при этом являются: фотолитография, травление медной фольги, сверление, защита поверхности и подготовка к пайке. Процесс изготовления платы напоминает процесс проявления фотопленки (рис. 16). На основание платы наносится методом распыления фоторезист – вещество, которое реагирует на свет и при его воздействии разлагается (позитивный) или задубливается (негативный), при этом он стоек к воздействию травящих составов для меди. На фоторезист накладывается шаблон и происходит его засветка (экспонирование). При использовании позитивного фоторезиста в местах засветки он удаляется с помощью щелочи. Медь

в образовавшемся окне вытравливается. Таким образом, под слоем незасвеченного фоторезиста формируется слой проводников. Фоторезист удаляется, и плата готова к эксплуатации.

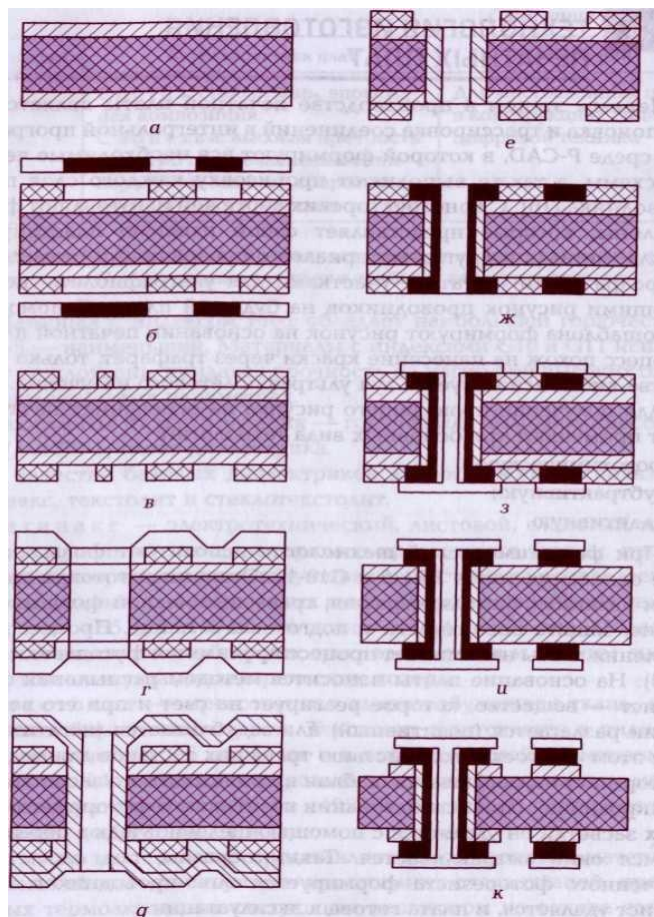


Рис. 16. Этапы формирования проводников на печатных платах: а – заготовка из фольгированного диэлектрика; б – нанесение фоторезиста и экспонирование через фотошаблон; в – проявление защитного рельефа; г – нанесение защитного слоя и сверление отверстий; д – химическое меднение; е – удаление защитного слоя; ж – гальваническое осаждение меди; з – гальваническое нанесение защитного покрытия; и – удаление фоторезиста; к – стравливание фольги

Альтернативой фотохимической технологии изготовления односторонних плат на фольгированном основании является фрезерование проводящего слоя в медной фольге на двухкоординатных фрезерных станках с ЧПУ. Этот метод наиболее эффективен

при изготовлении прототипов плат в единичном экспериментальном производстве.

По субтрактивной технологии рисунок печатных плат получают путем гальванического осаждения меди на поверхность диэлектрика через окна, сформированные фотолитографией в слое фоторезиста или металлорезиста. На этапе создания окон в фоторезисте субтрактивная технология повторяет фотохимическую: только на заключительном этапе медь не вытравливается, а осаждается.

Для изготовления печатных плат с шириной проводников и зазоров 50 – 100 мкм и толщиной проводников 30 – 50 мкм используют аддитивную электрохимическую технологию. Основанием платы также служит нефольгированный диэлектрик. При этом односторонние платы и платы без сквозных отверстий формируют штамповкой или способом переноса.

При штамповке металлическая медная «вырубка» проводников прижимается к диэлектрику, под давлением этот «пирог» нагревается и происходит полимеризация адгезионного слоя диэлектрика, т. е. перенос металла с «вырубки» на основание. Эту технологию применяют при массовом производстве достаточно простых схем.

Способ переноса заключается в том, что на временном металлическом основании формируется рисунок проводников (в качестве основания используют пластины из коррозионно-стойкой стали). Медные проводники наносят на стальное основание омеднением его в кислых электролитах. Полученный таким образом шаблон прижимают к диэлектрическому основанию и нагревают. Проводящий рисунок отделяется от стали и плотно приклеивается к диэлектрику. Процесс аналогичен использованию детских переводных картинок.

Вопросы для обсуждения

1. Поясните способы получения проводящего рисунка на основаниях печатных плат
2. Расскажите про фотохимическую технологию

3. Расскажите про технологию фрезерования проводящего слоя в медной фольге.
4. Расскажите про субтрактивную технологию.
5. Расскажите про фотохимическую технологию.

Практическое занятие № 5. ПОВЕРХНОСТНЫЙ МОНТАЖ

Цель занятия: систематизировать знания в области поверхностного монтажа

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

Технология поверхностного монтажа, также называемая ТМП (технология монтажа на поверхность), SMT (surface mount technology – технология поверхностного монтажа) или SMD-технология (от англ. surface mount device – прибор, монтируемый на поверхность), является наиболее распространенным методом монтажа электронных узлов на печатных платах в условиях пространственной ограниченности и малых размеров. Достоинства технологии поверхностного монтажа печатных плат определяются особенностями элементной базы, методов конструирования и технологических приемов.

Электронные компоненты поверхностного монтажа имеют значительно меньшие размеры по сравнению с компонентами, монтируемыми в отверстия, существенно меньший шаг выводов благодаря отсутствию отверстий в плате. Корпуса компонентов содержат контактные поверхности, заменяющие выводы (рис. 17).

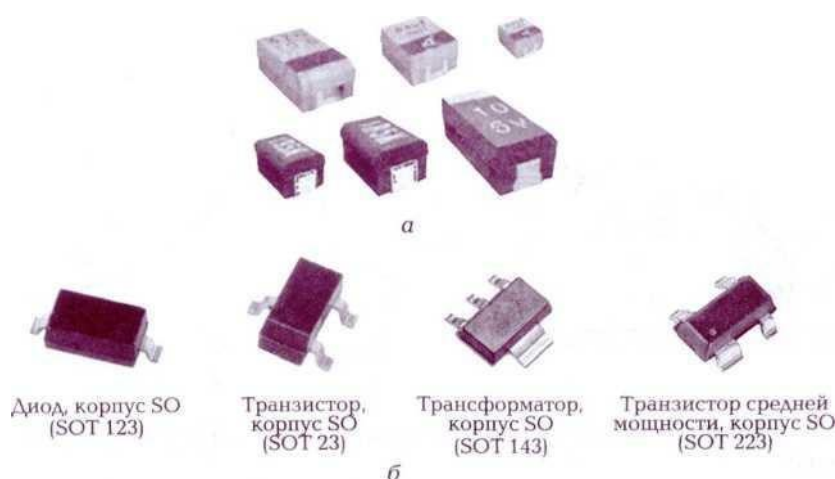


Рис. 17. Внешний вид элементов поверхностного монтажа SMD: а – корпуса диодов, стабилитронов, конденсаторов, резисторов и индуктивностей

Технология поверхностного монтажа позволяет устанавливать компоненты с обеих сторон печатной платы, что уменьшает ее площадь и габариты печатного узла. За счет уменьшения длины выводов и более плотной компоновки значительно улучшается качество передачи слабых и высокочастотных сигналов.

Отсутствие необходимости подготовки выводов, возможность фиксации компонентов паяльной пастой или клеем и способность к самовыравниванию компонентов при пайке позволяют применять автоматическое технологическое оборудование с высокой производительностью.

Технологии поверхностного монтажа, как правило, применяют два метода пайки: пайку оплавлением припойной пасты и пайку волной. В зависимости от применяемого метода последовательность операций различна. Для SMD-технологий применяют как разновидность пайку двойной волной. Первая волна является узкой, подается из сопла под большим давлением и имеет турбулентный характер. Ее задача – обеспечить смачивание выводов. Вторая волна – ламинарная, ее скорость истечения ниже; она разрушает перемычки, образованные первой волной, и завершает формирование паяных соединений.

Пример температурного профиля пайки ПП двойной волной и ее внешний вид показаны на рис. 18. Типичный технологический процесс пайки волной состоит из следующих этапов.

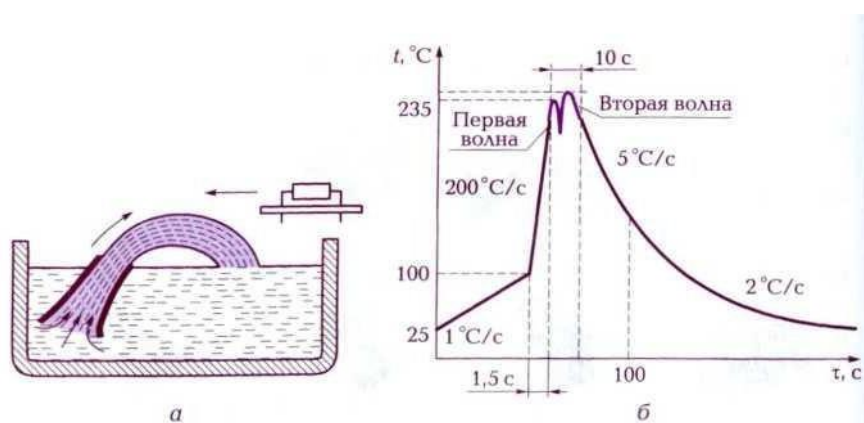


Рис. 18. Вид волны (а) и температурный профиль двойной волны припоя (б)

Этап 1. НАНЕСЕНИЕ КЛЕЯ. Клей с помощью ручного или автоматического дозатора из специальных шприцов наносят в область расположения компонентов, монтируемых на поверхность, таким образом, чтобы обеспечить приклейку компонента к плате. Клей, как правило, наносят по одной или по две капли, образующие «седло», на компонент. Установка компонентов на клей необходима для их фиксации, в противном случае они могут быть смыты волной припоя. Точность установки компонентов при использовании клея должна быть высокой, поскольку они быстро фиксируются. Полимеризация клея завершает процесс фиксации компонентов; проводят ее в сушильных шкафах при повышенной температуре.

Этап 2. НАНЕСЕНИЕ ФЛЮСА. Флюс наносят на поверхность платы со стороны пайки, т. е. с той стороны, на которую установлены поверхностно монтируемые компоненты. Флюс в жидком состоянии распыляют на поверхность платы.

Этап 3. ПРОВЕДЕНИЕ ПАЙКИ. Плату устанавливают компонентами к волне припоя. Волна «омывает» плату, создавая паяные соединения на контактных площадках и местах нанесения флюса.

Компоненты, предназначенные для монтажа на поверхность, должны выдерживать воздействие волны припоя в течение нескольких секунд, так как волна проходит непосредственно по их корпусам.

Этап 4. СНЯТИЕ ПЕРЕМЫЧЕК. При пайке волной неизбежно появление перемычек между контактными площадками, близко расположенными друг к другу, поэтому после прохождения волны по- током горячего воздуха перемычки разрушаются.

Недостаток волнового метода очевиден; компоненты поверхностного монтажа подвергаются серьезному термическому воздействию, что приводит к разрушению их корпусов. Кроме того, часть выводов «затеняется» и возникают непропаи.

Увеличение числа элементов, монтируемых на поверхность, дает преимущество методу ПАЙКИ ОПЛАВЛЕНИЕМ перед другими методами. Она основана на применении специального технологического материала – паяльной пасты, которая содержит три основных составляющих: припой, флюс (активаторы) и орга-

нические наполнители. Припой в паяльной пасте содержится в виде частиц, имеющих форму шариков. Размер шариков составляет несколько десятков микрометров, в основном 20 – 25 мкм. Форма шариков наиболее оптимальна с точки зрения нанесения пасты, так как они легко проходят через отверстия трафаретов и иглы дозаторов, что создает условия для минимального износа оснастки. Кроме того, шарик, имея минимальную площадь поверхности при заданном объеме, обладает наилучшими характеристиками по защите от окисления. Размер шариков влияет на так называемую разрешающую способность пасты, т. е. минимальный диаметр отверстия трафарета, которая должна быть примерно в 5 раз больше среднего диаметра шарика в пасте. Состав припойного сплава, применяемого в пастах, такой же, как и при других методах пайки.

Обычно это сплав олово – свинец либо олово – серебро и медь при бессвинцовой технологии.

Наличие флюса АТИ в паяльной пасте является преимуществом метода оплавления перед другими технологиями пайки, поскольку позволяет отказаться от операции нанесения флюса. В бессвинцовой технологии из-за худшего смачивания поверхностей припоем применяют более активные флюсы. Органические наполнители вводят в состав паяльных паст для регулирования их свойств, таких, как тиксотропность – увеличение текучести пасты под давлением и перемешиванием) холодная и горячая осадка, клейкость и др. При прохождении через апертуры (отверстия) трафарета или иглу дозатора вязкость пасты уменьшается, а после нанесения пасты – увеличивается, что позволяет зафиксировать форму отпечатка.

Как уже было отмечено, паяльная паста наносится на контактные площадки либо с помощью дозатора (шприца), либо через трафарет. Объем пасты зависит от конструкции конкретного компонента и размера контактной площадки. Использование дозатора – более гибкий, но менее точный и производительный метод, обычно применяющийся в мелкосерийном производстве. Пасты для дозирования поставляются в стандартных шприцах, на которые устанавливают иглы различного диаметра. Дозирование

пасты также можно производить вручную либо на автоматическом оборудовании.

Трафаретная печать – наиболее распространенный метод нанесения пасты в серийном производстве. Паста наносится путем продавливания ее ракелем через апертury в металлическом трафарете. Трафарет (рис. 19) изготавливают из нержавеющей стали методом лазерной резки.

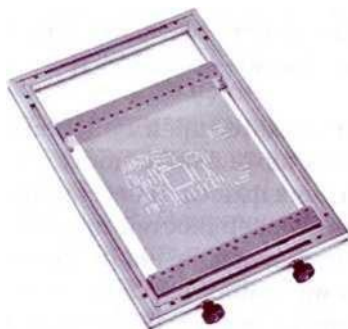


Рис. 19. Трафарет для нанесения паяльной пасты

Трафаретную печать выполняют на автоматах, полуавтоматах и вручную. В автоматах установку компонентов осуществляют, как правило, по программе из стандартных упаковок компонентов, поставляемых заводом-изготовителем. При единичном и мелкосерийном производстве применяют ручную установку компонентов с помощью вакуумного пинцета или манипулятора – каждый компонент захватывается вакуумной головкой. При установке SMD-компонентов в корпусах марки 0402 (резисторы, конденсаторы, диоды), микросхем с шагом выводов до 0,8 мм допускается неточное совпадение контактной поверхности компонента с контактной площадкой – она может иметь смещение и разворот на угол до 20°. Более высокой точности не требуется, поскольку при оплавлении силы поверхностного натяжения пасты центрируют компонент. Установка компонентов с более мелким шагом и корпусом марки 0201 без применения автомата весьма сложна, а компонентов с матричными выводами BGA (выводы находятся под корпусом микросхемы) – практически невозможна. Компоненты к плате не приклеиваются.

Процесс оплавления припоя, содержащегося в паяльной пасте, выполняют в печах путем нагрева печатной платы с компонентами. Нагрев может осуществляться различными способами:

инфракрасным (ИК), конвекционным и в паровой фазе. ИК-способ используют в комбинации с конвекцией. Конвекционная пайка осуществляется с помощью потока горячего воздуха или азота.

Печи, предназначенные для серийного производства, позволяют получить достаточно равномерный нагрев. Имея возможность применить в процессе пайки азот, можно получить более качественные паяные соединения.

Пайку оплавлением выполняют путем изменения температуры по заданному закону, называемому температурным профилем пайки (рис. 20). Профиль состоит из следующих участков:

- участок постепенного нагрева с заданной скоростью до температуры предварительного нагрева (первый фронт);
- участок выдержки (первая ступень);
- участок нагрева до пиковой температуры (второй фронт), превышающей температуру плавления припоя; остаток продолжительной выдержки (вторая ступень) и охлаждения с заданной скоростью.

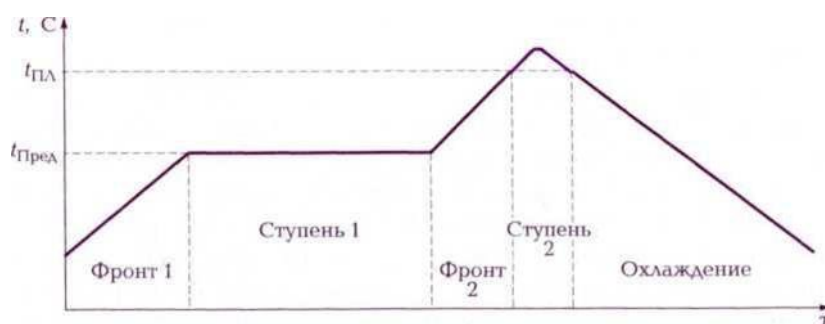


Рис. 20. Типичный температурный профиль пайки оплавлением

Если нагрев будет слишком быстрым, это может привести к повреждению платы или ее компонентов. Если нагрев слишком медленный, это необоснованно удлиняет операционный цикл пайки.

Формирование профиля осуществляют одним из двух способов: либо плату помещают в камеру печи, температура в которой изменяется по заданному закону (камерные печи), либо плату перемещают на конвейере через несколько камер (зон) печи с по-

стоянными температурами (конвейерные печи). После операции пайки, в зависимости от типа применяемой пасты, плату отмывают и сушат.

Пайка в паровой фазе (конденсационная пайка) подходит для всех типов SMD-компонентов и материалов. Физические принципы процесса, которые заключаются в передаче тепла за счет конденсации пара на плате, позволяют паять изделия без длительного и сложного процесса подбора термопрофилей. Источником образования пара является химически инертная, безвредная, не вызывающая коррозии жидкость, которая может сочетаться с любыми материалами. Температура кипения такой жидкости составляет 200 °С при использовании свинцовосодержащих припоев, или 230 °С при использовании бессвинцовых припоев. Как только изделие попадает в камеру пайки, на нем начинает конденсироваться пар, передавая изделию теплоту. Независимо от времени нахождения изделия в камере пайки его температура никогда не превысит температуру пара. Пайка в паровой фазе позволяет паять изделия любой сложности, начиная от гибких печатных плат и заканчивая сложными многослойными платами, в том числе на алюминиевом основании. Пайка в паровой фазе имеет ограничения из-за быстрого разогрева поверхности элементов и их возможного разрушения.

Для технологии поверхностного монтажа в особых случаях (пайка микросхем БИС и СБИС с высокой точностью) используют селективные виды пайки – лазером, горячим газом и инфракрасным нагревом.

Лазерная пайка обеспечивает локальную передачу теплоты к месту пайки. Оптическое излучение в диапазоне длин волн 0,7–10,6 мкм, генерируемое лазером, является источником бесконтактного нагрева. Пайка лазерным излучением не требует вакуума и позволяет соединять изделия из элементов разной толщины.

В процессах пайки используют как непрерывное, так и импульсное лазерное излучение.

При пайке микросхем важно одновременно нагревать большое число контактов. В этом случае по лазерной технологии создают световую линию, которая проходит вдоль расположения

выводов. Форма такого луча и обеспечение постоянства рабочего расстояния от инструмента до детали происходит за счет перемещения цилиндрических линз или зеркал лазерного блока. В качестве источников излучения используют диодные лазеры мощностью 60 Вт, которые создают световую линию длиной 52 и шириной 2,2 мм. Для качественной пайки микросхем необходимо обеспечить плотность потока излучения 1,95–2 Дж/мм². Процесс пайки может быть легко автоматизирован путем применения координатного стола и системы ЧПУ, осуществляющей управление столом и мощностью излучения. Лазерное излучение не влияет на электроизоляционные свойства диэлектриков, если средняя плотность потока не превышает 2,8 Дж/мм².

Для низкотемпературной пайки используют многоточечные установки (пайка одним лазером, но несколькими лучами сразу с голографическим делением луча (рис. 21).

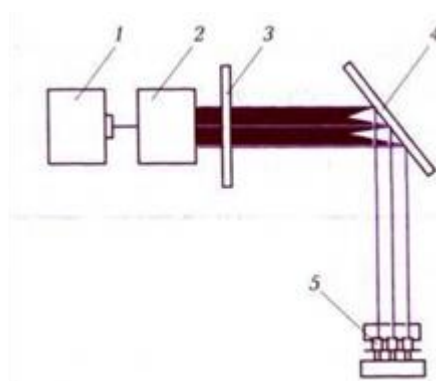


Рис. 21. Схема лазерной пайки с голографическим делением луча: 1 – лазерный генератор; 2 – лазерный коллектор; 3 – фокусирующая оптика; 4 – плоское зеркало; 5 – место пайки

В этом случае луч лазера, генерируемый лазерным генератором 1, с помощью специальной оптики (компоненты 2 и 3) сначала расширяется до значительного диаметра, а затем направляется как плоскопараллельный поток на голограмму. Отражаясь от плоского зеркала 4, лучи направляются на участки пайки с высокой степенью локальности. Для каждого процесса пайки необходима специальная голограмма, содержащая информацию о том, на какое количество элементарных лучей должен быть разложен пучок и в каких точках сфокусирован каждый из них. Для пайки

легкоплавкими припоями в одной точке достаточна мощность 5 Вт, выделяемая в зоне протекания процесса. Одним импульсом промышленного лазера мощностью 20–50 Вт можно осуществлять пайку одновременно в нескольких точках.

При пайке ГОРЯЧИМ ГАЗОМ используют паяльный фен (термофен, термовоздушный паяльник). Мощность паяльного фена достигает 700 Вт.

Электрическим током нагревается спираль, и нагретый таким образом воздух с помощью встроенной турбины через сопло выбрасывается наружу. Внешнему виду сопла придают форму, повторяющую структуру паяемых выводов. Как правило, такие станции имеют аналоговое или цифровое контрольное устройство, с помощью которого регулируют температуру разогретого воздуха и скорость его потока.

Пайку горячим воздухом используют для элементов, склонных к повреждению статическим электричеством. Наиболее широко паяльные фены применяют для демонтажа элементов, особенно многовыводных микросхем.

В технологии пайки с помощью ИНФРАКРАСНОГО НАГРЕВА (ИК-нагрев) в качестве источников ИК-энергии (рис. 22) используют галогенные кварцевые лампы мощностью 500–2000 Вт, имеющие вольфрамовую спираль с рабочей температурой порядка 3000 °С и сроком службы 2000–5000 ч. Широкое применение получили два вида ИК-нагрева: локальный сфокусированный и прецизионный рассеянный. Для локального нагрева целесообразны отражатели эллиптической формы, для прецизионного нагрева – параболические.

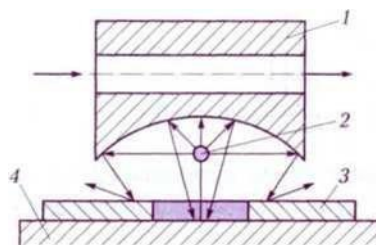


Рис. 22. Схема ИК-нагрева: 1 – рефлектор; 2 – источник инфракрасного излучения; 3 – маска; 4 – деталь для пайки

К достоинствам пайки ИК-излучением следует отнести:

- бесконтактный подвод энергии к паяемым деталям;
- точную регулировку продолжительности и температуры нагрева, локальность нагрева в зоне пайки. Кроме того, ИФ-излучение концентрируется на блестящих поверхностях выводов электронных элементов, при этом корпуса элементов остаются холодными.

Недостатки процесса пайки ИК-излучением – затруднение при пайке с флюсом, так как ее испарения загрязняют лампы и рефлекторы.

Селективную (ручную) пайку выполняют обычными электрическими паяльниками. После завершения пайки платы подвергают операции ОТМЫВКИ от остатков флюса, шлаков и загрязнений.

Основная отмывка печатных плат в типовом технологическом процессе позиционирует, как правило, по завершении контроля качества пайки и до нанесения защитного покрытия на поверхность платы с установленными на нее компонентами. Необходимость основной отмывки обуславливается высокими требованиями к чистоте поверхности перед нанесением влаго- и электроизоляционных покрытий. Удалению с поверхности платы подлежат пыль, грязь, частицы диэлектриков и металлов, жировые отложения, масла, парафины, остатки компаундов, органические и неорганические кислоты, компоненты флюсов. Особо следует уделять внимание удалению остатков флюса. Выбор моющего средства (среды) определяют составом и свойствами загрязнений, подлежащих смывке и последующему удалению. Основные группы загрязнений на печатных платах и средства для их удаления приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Виды загрязнений плат, способы и средства отмывки их после пайки

Виды загрязнений и характер их возникновения	Состав загрязнений	Средства для отмывки
Нейтральные компоненты, появившиеся в процессе производства и монтажа	Пыль, грязь; масла, жиры, парафины; нерастворимые твердые компоненты флюсов; ме-	Бензин

Виды загрязнений и характер их возникновения	Состав загрязнений	Средства для отмытки
	таллические и неметаллические частицы и элементы	
Ионогенные компоненты, осевшие на поверхности платы и на монтируемых элементах в процессе монтажа, пайки и работы флюсов	Кислоты, активаторы флюсов; минеральные соли; оксидные и сульфидные пленки с контактных площадок и выводов монтируемых компонентов	Отмывочные жидкости с поверхностно активными веществами (ПАВ) на водной основе
Отработанные и не прореагировавшие составляющие флюсов, компоненты оборудования, контактировавшие с клеями, компаундами и паяльными пастами	Органические кислоты; канифоль и активаторы из состава флюсов; продукты разложения флюсов; остатки компаундов, клеев, паяльных паст	Отмывочные жидкости на спиртовой основе

Смешанную технологию монтажа применяют при одновременном использовании компонентов SMD и выводных элементов. Как правило, монтаж выполняют на двухсторонних платах с обязательным креплением SMD-компонентов с помощью клея с обратной стороны платы. Используемый способ пайки – пайка волной, или селективная пайка.

Вопросы для обсуждения

1. Что такое технология поверхностного монтажа?
2. Что такое трафаретная печать?
3. Перечислите достоинства пайки ИК-излучением.
4. Расскажите про виды загрязнения плат.

Практическое занятие № 6. КОНСТРУКЦИЯ, СБОРКА И МОНТАЖ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ И УСИЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Цель занятия: получение навыка проведения сборки и монтажа источников питания и усилительных устройств.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

При сборке и монтаже источников питания (ИП) учитывают ряд факторов, определяемых условиями эксплуатации ЭА, свойствами нагрузки, требованиями к безопасности и т. д. Одними из важнейших параметров являются:

- параметры сетевого напряжения;
- потребляемый нагрузкой ток;
- требуемый уровень стабилизации напряжения питания;
- допустимый уровень пульсации напряжения питания.

По конструкции различают два вида источников питания:

- модульные, выполняемые в отдельном корпусе и на отдельном шасси, к которым потребители энергии (электронные схемы) подключаются через разъемы; их называют блоки питания (БП);

- внутрисхемные, выполняемые на одном шасси с основной платой и соединяемые с ней электрически проводниками; их называют источниками питания (ИП), но в некоторых источниках их называют – вторичные блоки питания.

Главное назначение блоков и источников питания – вырабатывать стабилизированное постоянное напряжение. Существуют следующие основные способы схемной реализации этой задачи:

- бестрансформаторные, с гасящим резистором или конденсатором;

- линейные, выполненные по классической схеме: понижающий трансформатор – выпрямитель – фильтр – стабилизатор;

- вторичные импульсные: выпрямительный мост – фильтр – высокочастотный преобразователь с частотой 20–400 кГц – импульсный трансформатор – вторичные выпрямители. Бестрансформаторные схемы используют при низкой требовательности

нагрузки к стабильности напряжения и малом токе потребления. Простейшая схема такого блока питания приведена на рис. 23. Особенность его сборки и монтажа определяется тем, что на входе этого блока используют гасящий конденсатор С1 (бумажный или керамический), рассчитанный на напряжение сети 220 В, а также емкостный фильтр-делитель С2 и С3. Емкость С1 подбирают в зависимости от выделяющегося на нем напряжения на частоте 50 Гц; обратное рабочее напряжение конденсатора должно превышать сетевое напряжение как минимум в два раза. Во избежание утечек и разрядов на «ноги» конденсатора надевают керамические втулки. Использование интегрального регулятора – стабилизатора напряжения типа КР142ЕН5 (зарубежный аналог типа L7805) вместо компенсационного стабилизатора на дискретных элементах позволяет повысить эксплуатационные характеристики и значительно упростить схему. Эта отечественная микросхема так называемого нерегулируемого стабилизатора на 5 В выходного напряжения. На входе такой микросхемы может действовать напряжение от 15 до 20 В.

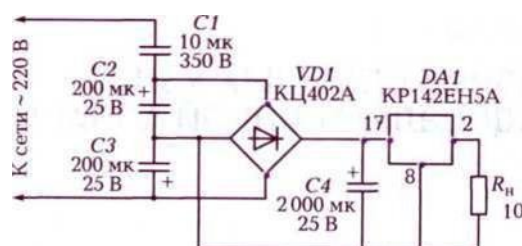
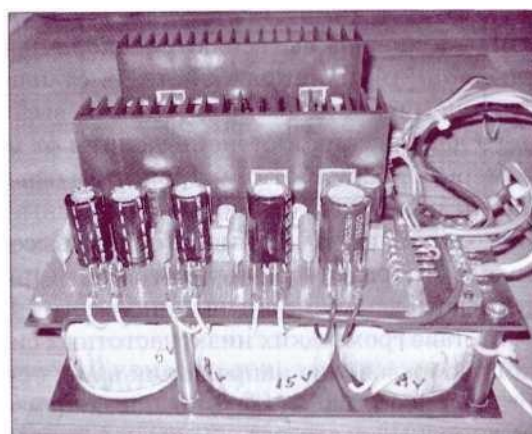


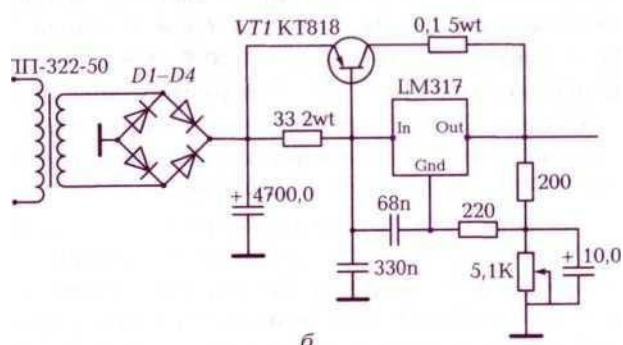
Рис. 23. Схема бестрансформаторного источника питания

Линейные (силовые) БП используют для питания аппаратуры с большими токами потребления. При этом их коэффициент полезного действия значительно снижается при токах потребления более 1 А. Кроме того, существует большая зависимость коэффициента стабилизации колебания от изменения сетевого напряжения. Ограничивают их применение большие потери мощности из-за тепловыделения в обмотках силового трансформатора.

Внешний вид и простейшая схема БП линейного типа показаны на рис. 24.



а



б

Рис. 24. Внешний вид линейного блока питания (а) и его принципиальная схема (б) его устанавливают на амортизаторы или применяют демпфирующие материалы.

Особенностью линейного БП является использование мощного понижающего трансформатора с многочисленными вторичными обмотками или отдельных трансформаторов (рис. 24, а) на каждое значение требуемого напряжения питания. Потери полезной мощности в трансформаторе очень большие и, как следствие, это ведет к перегреву обмоток как на холостом ходу (первичная обмотка), так и при больших нагрузках (вторичные обмотки). На выходе выпрямительного моста D1 – D4 устанавливают регулятор стабилизатор на базе микросхемы LM317, которая отличается широким диапазоном выходных напряжений от 1,2 до 25 В, порог которого устанавливается резистором сопротивлением 5,1 кОм при входном напряжении 36 В. При больших нагрузках применяют стабилизатор компенсационного типа на дискретных элементах.

Использование мощного трансформатора, размеры которого зависят от потребляемой мощности, требует особого внимания к

вибрации и механической прочности конструкции. Для уменьшения воздействия вибраций и ударов БП модульного исполнения

Для БП средней мощности (200–400 Вт) используют прочные стальные основания и балки. Для увеличения вибропрочности в конструкции отдельных элементов вводят дополнительные крепления, ребра и рельефы жесткости с высокими демпфирующими свойствами.

В линейных БП даже малой мощности большим тепловым нагрузкам подвергаются регуляторы напряжения и стабилизаторы, через которые протекают большие токи. В этом случае актуально использование эффективного охлаждения. Применяют системы естественного охлаждения рассеиванием лучистой энергии. Транзисторы и регуляторы устанавливают на радиаторы; в целях увеличения эффективной площади радиаторы имеют ребристую поверхность.

Линейные БП постепенно вытесняются ВТОРИЧНЫМИ импульсными ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ НАПРЯЖЕНИЯ. Их отличают простота изготовления, экономичность, технологичность, высокая стабилизация выходного напряжения и степень защиты от повреждений, небольшие размеры и масса. К этим устройствам относят импульсные БП (для вычислительной техники) и импульсные ИП (для питания бытовой техники), выполненные на основе высокочастотного преобразователя с бестрансформаторным входом (рис. 24). Эти преобразователи, питаемые от промышленной сети -110/220 В, не имеют в своем составе громоздких низкочастотных силовых трансформаторов, а преобразование напряжения в них осуществляется высокочастотным преобразователем, работающим на частотах 20–400 кГц.

Принцип действия блока питания основан на следующих принципах. Напряжение сети 220 В выпрямляется мостом VD1 – VD4 (рис. 25) до амплитудного значения 310 В, которое выделяется на фильтрующем конденсаторе С2. Это напряжение поступает для питания полевого транзистора, работающего в режиме обратногоходового ключа. Часть напряжения (через резистор R 7) запускает контроллер ШИМ 3842, импульсы которого появляются на его выходе 6 и поступают на затвор транзистора VT1. Транзистор усиливает их и в его нагрузке – в первичной обмотке

импульсного трансформатора Т1 начинает протекать ток. После того, как импульсы запуска прекращают поступать, транзистор закрывается и в первичной обмотке трансформатора выделяется импульс напряжения, который через вторичные обмотки трансформатора (III, IV и V) поступает на вторичные выпрямители Е1, Е2 и Е3 (диод – электролитический конденсатор) для питания нагрузки. Этот процесс повторяется с частотой 30–400 кГц. При увеличении мощности, отдаваемой в нагрузку, частота повышается до 400 кГц. Контроллер ШИМ также является эффективным стабилизатором и выполняет функции защиты за счет обратных связей. Отсутствие мощных трансформаторов не требует защиты от вибраций и прочного шасси, а работа выходного транзистора в импульсном режиме значительно облегчает его тепловой режим. Поэтому радиатор, на котором располагается транзистор VT1, менее массивный, выполнен из достаточно тонкой алюминиевой пластины или вороненой стали.

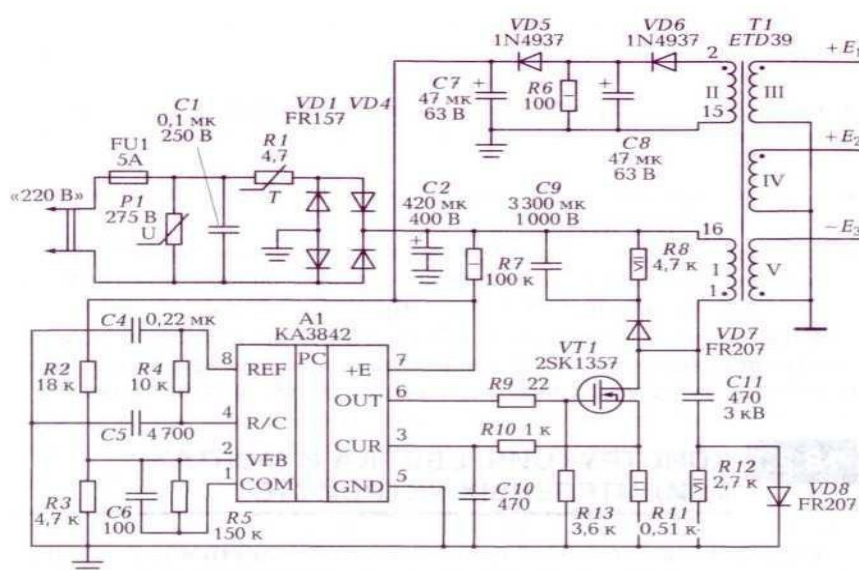


Рис. 25. Схема импульсного блока питания

Существенным недостатком вторичных импульсных преобразователей напряжения является большой уровень помех. Для борьбы с ними используется следующая мера: импульсный трансформатор оборачивают в специальную металлическую фольгу, уменьшая уровень радиотехнических излучений.

Вопросы для обсуждения

1. Перечислите основные конструкции источников питания.
2. Какие существуют основные способы схемной реализации источников питания.
3. Поясните принцип действия бестрансформаторного источника питания.
4. Расскажите принцип действия блока питания.

Практическое занятие № 7. КОНСТРУКЦИЯ, СБОРКА И МОНТАЖ ЭЛЕКТРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ И РАДИОПРИЕМНЫХ УСТРОЙСТВ

Цель занятия: получение навыка проведения сборки и монтажа электронных генераторов и радиоприемных устройств.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

Электронные генераторы преобразуют энергию источника питания в электромагнитные колебания напряжения или тока. По области применения генераторы классифицируются:

21. на задающие генераторы гармонических (синусоидальных) колебаний;
22. генераторы прямоугольных импульсов;
23. генераторы пилообразного напряжения.

Генераторы гармонических (синусоидальных) колебаний применяют в качестве:

24. тактовых генераторов в цифровой и микропроцессорной технике;
25. гетеродинов в схемах тюнеров;
26. задающих генераторов в радиопередатчиках;
27. источников опорной несущей частоты в преобразователях. Конструктивно их преимущественно реализуют на регенераторах.

Простейшая схема RC-генератора синусоидальных колебаний на операционном усилителе приведена на рис. 26. Этот ГЕНЕРАТОР АВТОКОЛЕБАТЕЛЬНЫЙ. В качестве активного элемента в нем используется операционный усилитель ОУ, обратную связь образует полосовой фильтр R3C1.

Для выполнения условия баланса фаз выход звена обратной связи подключается к неинвертирующему входу ОУ. Для выполнения условия баланса амплитуд ОУ по инвертирующему входу коэффициент усиления должен быть $K = 3$, поэтому $R_1 = 2R_2$.

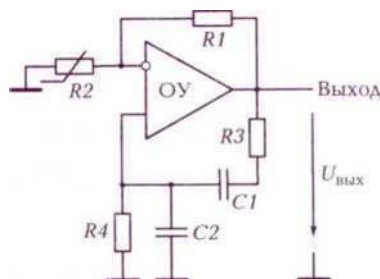


Рис. 26. Схема RC-генератора синусоидальных колебаний

При строгом выполнении условия баланса амплитуд и идеальном ОУ в схеме возникнут незатухающие колебания с частотой $f = 1 / 2\pi R_3 C V$. Однако амплитуда этих колебаний не определена. Кроме того, даже самое незначительное уменьшение R_1 вызовет затухание колебаний. Напротив, увеличение R_2 приведет к нарастанию амплитуды колебаний вплоть до насыщения усилителя и, как следствие, к появлению заметных нелинейных искажений выходного напряжения генератора. Эти обстоятельства обуславливают использование в составе генератора системы автоматического регулирования амплитуды. В простейшем случае для этого в качестве резистора R_2 используют нелинейный элемент (вариометр), динамическое сопротивление которого с ростом амплитуды тока увеличивается.

Для стабильности частоты автогенератора используют пьезоэлектрический резонатор, представляющий собой кварцевую пластину с нанесенными на ее поверхность электродами. Кварцевую стабилизацию широко применяют в задающих генераторах тактовых импульсов вычислительной техники, в которых активным элементом выступает логический элемент. При совпадении частоты подводимого напряжения с собственной частотой колебания кварца возникает механический резонанс и кварцевый резонатор становится эквивалентен последовательному колебательному контуру (RC) с собственной частотой, определяемой размерами кварца. Основным достоинством кварцевого автогенератора является высокая стабильность частоты.

Гетеродин относится к особым генераторам гармонических колебаний. Используется он в радиоприемной и телевизионной технике. Его частота меняется в такт с изменением входного ВЧ-сигнала, тем самым разница между ними всегда постоянна. Эти

изменения происходят за счет изменения емкости варикапа, включенного в цепь LC-контура (рис. 27).

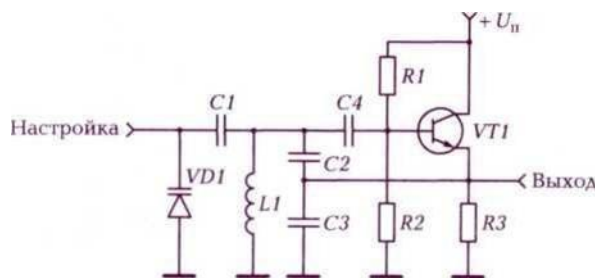


Рис. 27. Схема простейшего гетеродина

По цепи «Настройка» на варикап VD1 поступает напряжение настройки, положительная обратная связь (ПОС) реализуется на контуре $L1C2C3$.

Монтаж генераторов гармонических колебаний заключается в тщательном подборе элементов и экранировании колебательных контуров. Конструкция генераторов должна обеспечивать высокую степень их защиты от помех. Как правило, они реализуются на микросхемах (для вычислительной техники) либо в составе тюнеров радио- и телеустройств. Источник питания этих узлов должен быть высокостабильным и шунтированным керамическими и электролитическими конденсаторами для исключения высокочастотных помех и колебаний напряжения питания при переключениях. Гетеродин, как правило, реализуется на одном элементе вместе с преобразователем – формирователем сигнала разностной частоты, что исключает наведенные помехи за счет прохождения сигналов по проводам.

Технологический процесс регулировки автогенераторов состоит из проверки монтажа, режимов питания, работоспособности схемы, наличия генерации по всему диапазону заявленных частот и отсутствия паразитной модуляции. Плавную перестройку частоты автогенератора в заданном диапазоне осуществляют конденсатором переменной емкости, варикапом, вариометром или катушкой с сердечником.

Генераторы прямоугольных импульсов относят к элементам импульсной техники и применяют в радиосвязи, телевидении, радиолокации, вычислительной технике в качестве источников.

Одной из разновидностей генератора прямоугольных импульсов является МУЛЬТИВИБРАТОР. Он представляет собой релаксационный генератор с накопителем энергии и электронным ключом, переключение которого обусловлено запасом энергии в накопителе. Частота колебаний, длительность импульсов и форма выходного напряжения мультивибратора зависят от параметров и режима работы схемы (рис. 28).

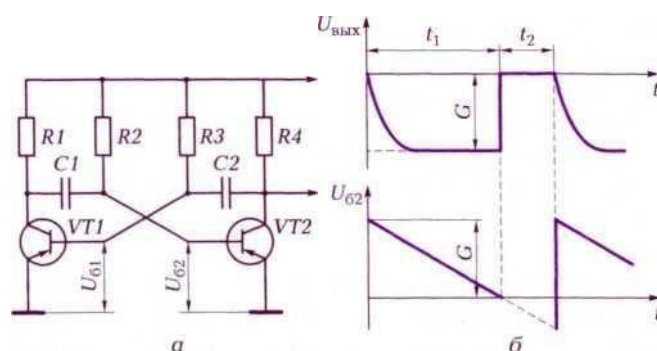


Рис. 28. Схема симметричного мультивибратора (а) и эюры напряжений (б) синхроимпульсов и в составе измерительных приборов для проверки цифровых и аналоговых цепей.

Стабильность частоты импульсов, генерируемых мультивибраторами, зависит от стабильности напряжения источников питания, теплового режима транзисторов, отклонения параметров отдельных элементов схем от расчетных и др.

Другим источником прямоугольных импульсов является еще один представитель импульсной техники – БЛОКИНГ-ГЕНЕРАТОР, который представляет собой однокаскадный релаксационный генератор кратковременных импульсов (до нескольких наносекунд) с положительной обратной связью, создаваемой импульсным трансформатором. Блокинг-генератор может работать в режиме автоколебаний и в ждущем режиме.

Схема блокинг-генератора, выполненного на транзисторе, при ведена на рис. 29, а, а временная диаграмма его выходного напряжения – на рис. 29, б.

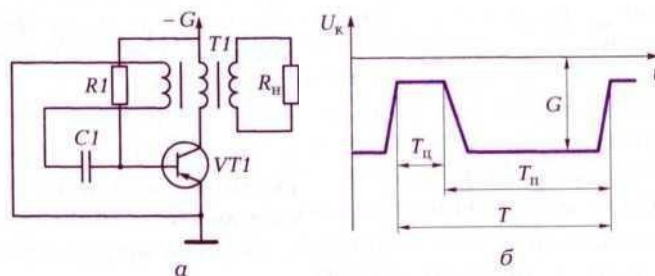


Рис. 29. Схема блокинг-генератора (а) и эюры напряжений (б)

Стабильность работы блокинг-генератора во многом определяется качеством импульсного трансформатора. Учитывая, что трансформатор работает в импульсном режиме, в его обмотках резкое изменение тока вызывает такое же изменение магнитного потока в сердечнике, поэтому сердечник изготовляют из специальных материалов (например, пермаллоя и др.) с большой начальной проницаемостью и малыми потерями электромагнитной энергии.

Возможность получения большой скважности (до десятков тысяч единиц) импульсов позволяет использовать блокинг-генераторы в делителях частоты, счетчиках импульсов, генераторах пилообразного напряжения и источниках питания.

К числу основных параметров генераторов прямоугольных импульсов относятся диапазон изменения частоты следования импульсов, величина амплитуды, длительность фронта и спада импульсов.

Для проверки и регулировки генераторов применяют специальную измерительную аппаратуру (измерители малых и больших интервалов времени, универсальный осциллограф, импульсный вольтметр, генераторы импульсов и синусоидальных колебаний). Длительность фронта и спада импульсов проверяют между уровнями 0,1 и 0,9 амплитуды импульса. Измерения проводят в крайних и средних точках диапазона длительностей и на трех частотах следования импульсов. В процессе проверки выход генератора должен быть нагружен на согласованную нагрузку.

Проверку погрешности частоты следования импульсов проводят измерителем временных интервалов или электронно-счетным частотомером. Стабильность частоты и амплитуды колебаний зависят от климатических и механических воздействий, стабильности источников питания и паразитных связей между

отдельными элементами автогенератора и последующими каскадами.

Генераторы пилообразного напряжения (рис. 30) применяют в компараторах аналого-цифровых (АЦП) и цифроаналоговых (ЦАП) преобразователях, схемах сравнения, а в качестве задающих генераторов разверток – в телевидении и осциллографах.

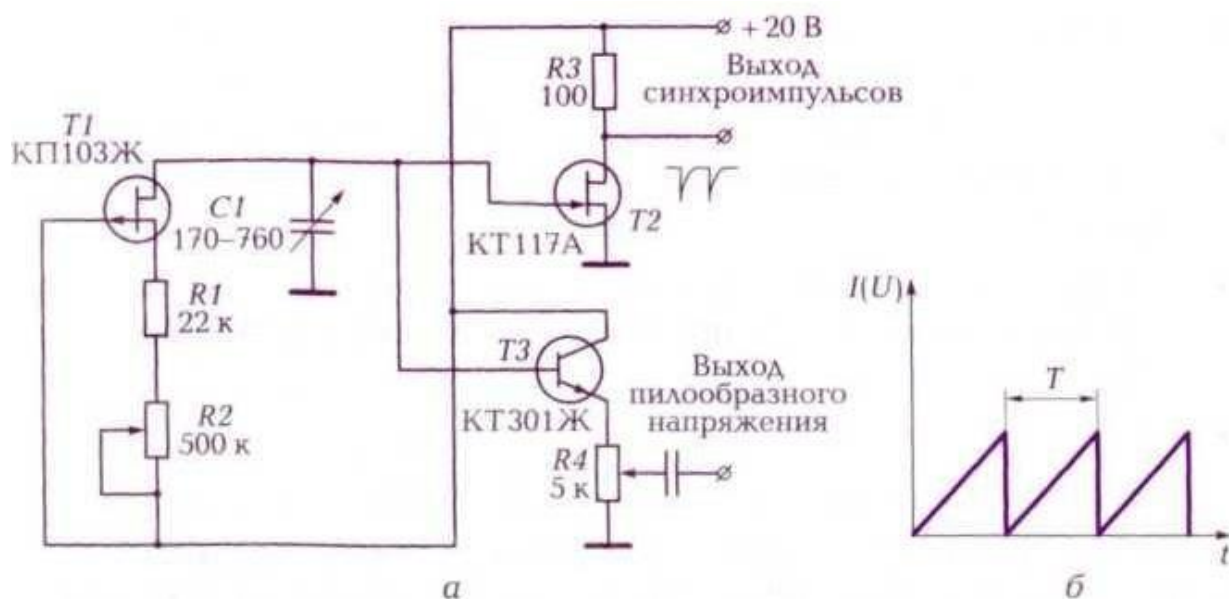


Рис. 30. Схема генератора пилообразного напряжения

Их работа связана с накоплением энергии на реактивном элементе (конденсаторе, катушке индуктивности).

В качестве накопителя используется конденсатор $C1$ (рис. 30, а). Длительность импульсов T (рис. 30, б) определяется соотношением параметров конденсатора $C1$ и резистора $R2$. Главное требование к этим генераторам – стабильность и линейность пилообразного напряжения, зависящие от точности параметров конденсатора и резистора, а также стабильности напряжения питания. При монтаже генераторов обращают внимание на качество этих элементов. Лучше всего использовать керамические подстроечные конденсаторы и непроволочные тонкослойные металлодиэлектрические резисторы. Линейность напряжения зависит от постоянства тока, заряжающего конденсатор, для этого генератор должен обеспечиваться источником постоянного заряжающего тока.

Радиоприемные устройства предназначены для приема радиосигналов и преобразования их в звук, для чего в них осуществляются следующие действия:

- формирование с помощью приемной антенны из электромагнитного излучения (радиоволн) электрического сигнала (радио сигнала);

28. выделение (фильтрация по частоте) полезных радиосигналов из совокупности других сигналов и помех;

29. усиление выбранного сигнала для обеспечения качественной работы детектора и декодера в целях увеличения соотношения сигнал/шум;

30. демодуляция (детектирование) принятого сигнала для выделения полезной информации (звука), содержащейся в радиосигнале;

31. усиление звукового сигнала по мощности.

Существуют несколько диапазонов сетки радиосигналов – длинноволновый (ДВ) с длиной волны 1–10 км; средневолновый (СВ) с длиной волны 100–1000 м, коротковолновый (КВ) диапазон с длиной волны 10–100 м, ультракоротковолновый (УКВ) с длиной волны, измеряемой в дециметрах от 1 до 10. В УКВ-диапазоне используется частотная модуляция (ЧМ, FM), в остальных – амплитудная модуляция (АМ). Тем самым сигналы, передаваемые в УКВ-диапазоне, более защищены от помех, но распространяются в пределах прямой видимости. Волны АМ-диапазона распространяются на большие расстояния, чем волны УКВ-диапазона, но менее защищены.

Качественные показатели радиоприемных устройств определяются электрическими и конструктивно-эксплуатационными характеристиками. По назначению приемники классифицируют на профессиональные и вещательные (бытовые). К профессиональным радиоприемникам относят связные, радиолокационные, радионавигационные, радио- и телеуправления и др. Бытовые приемники обеспечивают прием программ звукового вещания.

К основным характеристикам приемника относят: чувствительность, избирательность, помехоустойчивость и динамический диапазон.

Чувствительность приемника – способность осуществлять прием очень слабых полезных сигналов. Ее оценивают по минимальной мощности входного радиосигнала, который обеспечивает на выходе приемника сигнал номинальной (требуемой) мощности при заданном отношении сигнал/шум.

Избирательность, или селективность, – способность выделять полезный сигнал из множества других сигналов и помех, принятых антенной. Измеряется как отношение амплитуды полезного сигнала к помехе в децибелах (дБ). ДециБел в радиотехнике – это десятичный логарифм отношения амплитуды полезного сигнала к помехе. Назван по имени изобретателя телефона.

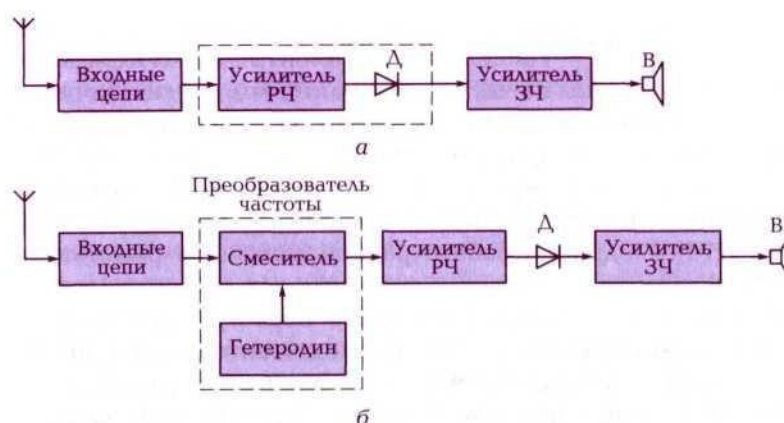


Рис. 31. Структурные схемы приемника прямого усиления (а) и супергетеродинного приемника (б) А. Г. Белла

Чаще на практике используют десятую часть бела – $0,1 \text{ Б} = 1 \text{ дБ}$.

Помехоустойчивость – способность радиоприемника обеспечивать стабильный прием на уровне помех.

Динамический диапазон – определяет полосу частот звукового сигнала на уровне 70 % коэффициента усиления.

По конструкции и области применения радиоприемники подразделяют на приемники прямого усиления и супергетеродинные.

Структурная схема простейшего приемника прямого усиления (см. рис. 31, а) включает в себя входную цепь с малошумящим усилителем, усилитель высокой (радио) частоты (УВЧ, УРЧ), детектор (Д) и усилитель низкой (звуковой) частоты (УНЧ, УЗЧ).

Входная цепь и УРЧ составляют высокочастотный тракт приемника и содержат связи резонансных контуров, которые выделяют требуемый сигнал из множества других сигналов и помех. Выделенный детектором (демодулятором) из радиосигнала звуковой сигнал, содержащий полезную информацию, усиливается и фильтруется от помех. Усилитель звуковой частоты формирует напряжение (мощность) для окончательного устройства (динамика).

Супергетеродинный приемник (рис. 31, б) обеспечивает прием сигналов вещания, выделяя из них необходимый сигнал выбранной радиостанции путем ручной или автоматической настройки.

Настройку приемника на полезный сигнал осуществляют перестройкой по частоте фильтров входной цепи. Радиосигнал из антенны подается на вход малошумящего усилителя (МШУ), а затем на вход смесителя – специального элемента с двумя входами, преобразующего сигнал по частоте. На один вход смесителя поступает сигнал, принятый антенной, а на второй – сигнал гетеродина. Гетеродинный тракт формирует сетку частот, превышающих частоту полезного сигнала на 10,7 МГц (УКВ-диапазон) и 465 кГц (АМ-диапазон), для формирования сигнала промежуточной частоты (ПЧ).

Колебательный контур гетеродина перестраивается одновременно с входным контуром. На выходе смесителя образуются сигналы с частотой, равной сумме («зеркальный» канал) и разности частот (полезный сигнал) гетеродина и принимаемой радиостанции. Разностный сигнал, соответствующий постоянной промежуточной частоте, выделяется с помощью фильтра сосредоточенной селекции (ФСС) и усиливается одним или несколькими каскадами УПЧ, затем он поступает на детектор, который восстанавливает сигнал низкой (звуковой) частоты из модулированного сигнала.

Так как ФСС и УПЧ не перестраиваются по частоте, это позволяет получить в супергетеродинном приемнике высокую частотную избирательность при неизменной полосе пропускания, а также реализовать эффективную фильтрацию полезного сигнала от помех.

Обладая принципиальными достоинствами, супергетеродинный приемник не лишен ряда недостатков, которые могут быть «скрашены» тщательностью выполнения сборочно-монтажных операций. Значительным недостатком является наличие зеркального канала, который не может быть подавлен фильтрами канала промежуточной частоты. Таким образом, если частоты двух передатчиков различаются между собой на удвоенную величину промежуточной частоты и не принято никаких мер для их разделения, то они будут почти одинаково хорошо слышны. Методы борьбы с этим явлением обеспечиваются точной настройкой входных фильтров и их качеством. Подавление частот зеркального канала также осуществляют с помощью применения полосовых фильтров вместо резонансных контуров, включенных во входную цепь и в канал УВЧ-приемника.

Если частота соседнего канала меньше или больше на промежуточную частоту от принимаемого сигнала, то из-за недостаточной избирательности он не отфильтровывается входными контурами. Основная борьба с соседними каналами – повышение избирательности ФСС. Основным методом – замена обычных фильтров на полосовой фильтр на поверхностных акустических волнах (ПАВ).

Отметим, что подавление сигналов побочных каналов приема (в том числе и зеркального) улучшается при повышении промежуточной частоты, однако при этом ухудшается избирательность приемника.

Одновременное изменение частоты гетеродина с частотой полезного сигнала достигается путем сопряжения органов настроек высокочастотного тракта и гетеродина, для этого в приемнике есть ручка «Настройка» для механической регулировки. Наличие механической регулировки приводит к ухудшению работы приемника, поэтому в современных радиоприемных устройствах применяют электронную регулировку с использованием варикапов.

Помеха с частотой, близкой или равной промежуточной частоте, может пройти весь тракт без преобразования и усилиться в УПЧ. Для подавления подобных помех во входную цепь суперге-

теродактиного приемика вводят режекторный фильтр («убийца» ПЧ), настроенный на промежуточную частоту.

Из специальных устройств, обеспечивающих стабильную работу приемика, выделяют системы автоматической регулировки усиления (АРУ), автоматической подстройки частоты (АПЧ) и фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ).

Автоматическая регулировка усиления обеспечивает на выходе приемика практически неизменный уровень полезного сигнала при больших (50–100 дБ) колебаниях амплитуд входного сигнала. Действие АРУ основано на автоматическом изменении коэффициентов усиления отдельных каскадов приемика при колебаниях уровня входного сигнала.

АПЧ применяют для предотвращения самопроизвольного «ухода» частоты настройки, обусловленной нестабильностью частот передатчика и гетеродина.

Нестабильность частоты настройки приемика проявляется в посторонних шумах и треске.

Основным элементом любой системы АПЧ (рис. 32) является частотный детектор (ЧД), подключенный к выходу УПЧ (петля АПЧ). Если промежуточная частота точно совпадает с номинальным значением, то напряжение на выходе частотного детектора равно нулю. При отклонении значения промежуточной частоты от номинального на выходе частотного детектора появляется постоянное напряжение, значение которого пропорционально расстройке приемика, а полярность соответствует знаку расстройки. Оно поступает на вход гетеродина (на варикап) и подстраивает его таким образом, чтобы на выходе УПЧ было номинальное значение промежуточной частоты.



Рис. 32. Структурная схема супергетеродинного приемника с АРУ

Вопросы для обсуждения

1. Классификация генераторов по области применения.
2. Что такое помехоустойчивость?
3. Какой принцип действия мультивибратора?
4. Расскажите про генераторы пилообразного напряжения

Практическое занятие № 8. КОНСТРУКЦИЯ, СБОРКА И НАЛАДКА ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ПРИЕМНИКОВ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Цель занятия: получение навыка проведения сборки и наладки телевизионных приемников и вычислительной техники.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

КОНСТРУКЦИЯ, СБОРКА И МОНТАЖ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

Современные телевизионные приемники представляют собой электронные устройства технического и бытового назначения, предназначенные для формирования видеоизображения и звукового сопровождения из сигнала, переданного из телевизионного центра.

Сборка и монтаж телевизоров включает в себя следующие этапы:

32. электрический монтаж элементов на печатной плате;
33. установка на плате установочных деталей (трансформаторов, дросселей и т.д.);
34. установка органов управления и контроля;
35. укладка внутри корпуса проводов и распайка элементов сложного монтажа;
36. проведение операций для повышения надежности, долговечности и термостабильности параметров ТВ-приемников;
37. настройка и регулировка параметров изображения и звука.

Прежде чем приступить к реализации названных этапов сборки и монтажа, рассмотрим основные принципы построения телевизионного приемника, структурная схема которого показана на рис. 33. В качестве источника питания используют встроенный импульсный ИП. Эта структурная схема относится к аналоговым телевизорам с использованием в качестве экрана кинескопа. Несмотря на то что в настоящее время электронно-лучевые трубки не используют: их заменили ЖК-панели и плазменные экраны,

принципы формирования телевизионных сигналов остаются неизменными.

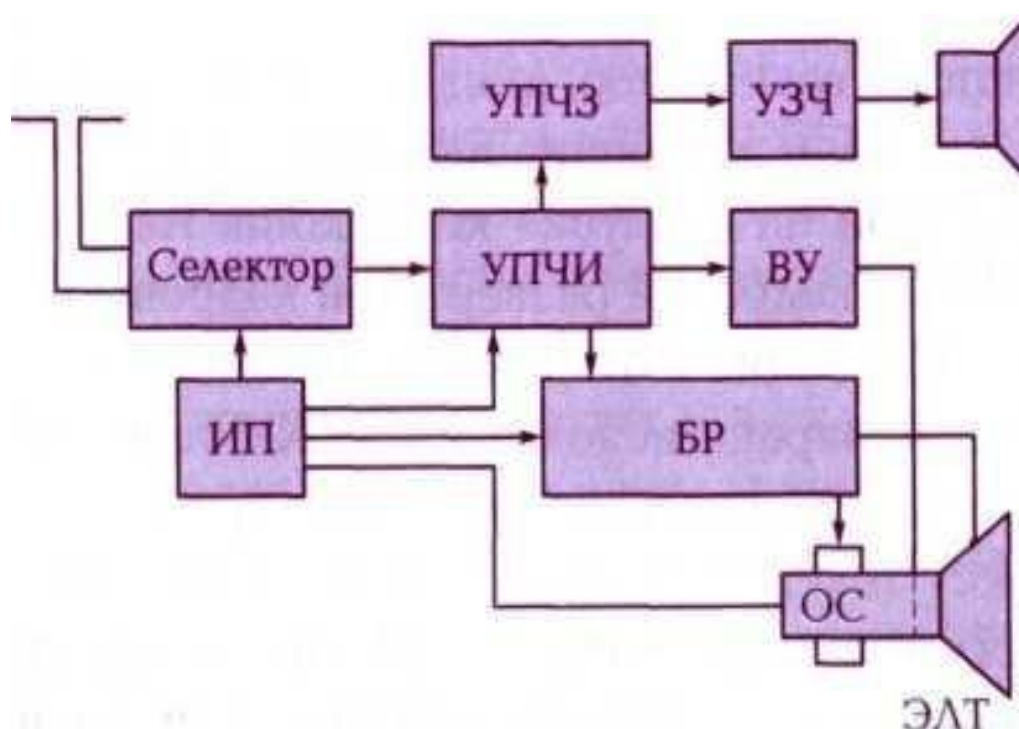


Рис. 33. Структурная схема телевизора: УПЧИ – усилитель промежуточной частоты изображения (входит в состав видеопроцессора); УПЧЗ – усилитель промежуточной частоты звука (аудиопроцессор); БР – блок разверток; ИП – источник питания; ОС – отклоняющая система; УЗЧ – усилитель мощности звука

Не вдаваясь в подробности теории функционирования телевизионных устройств, определяющими являются следующие моменты. Прием телевизионных каналов обеспечивает тюнер (селектор), который внешне представляет собой модуль, экранированный от внешних воздействий. Тюнер по принципу действия мало чем отличается от входных узлов радиоприемника. Все тюнеры имеют цифровую настройку, которой управляет видеопроцессор. С тюнера выходит сигнал промежуточной частоты изображения и звука, центральная частота которой равна 38 МГц. Эти сигналы поступают на видеопроцессор – микросхему БИС, в которой происходит выделение и обработка видеосигнала и сигнала звука. Далее сигнал звука поступает на аудио процессор, в кото-

ром происходит его дополнительная обработка в соответствии со стандартом, принятым в той или иной стране; в России – это DİK NICAM. В отдельной микросхеме – усилителе звуковой частоты (УЗЧ) – происходит окончательное усиление звукового сигнала. Сигнал изображения поступает на видеоусилитель, который может быть выполнен на отдельной микросхеме или дискретных элементах – транзисторах.

Если в качестве экрана используют кинескоп, формируют токи отклонения по строкам и кадрам. За строчную развертку отвечает схема строчного отклонения, в которую входят: строчный трансформатор, мощный транзистор, диоды обратного хода и строчные отклоняющие катушки, входящие в состав отклоняющей системы (ОС), располагаемой на патрубке кинескопа. Кадровый ток формирует микросхема кадровой развертки и кадровые отклоняющие катушки, также входящие в отклоняющую систему.

Если в качестве экрана используют ЖКИ или плазменную панель, то отклоняющие системы не используют, что значительно уменьшает массу телевизора и повышает надежность. Формирование изображения подчиняется цифровым законам. Управление телевизионными приемниками – цифровое. Включением, настройкой, формированием параметров изображения и звука управляет центральный процессор, а настроечные параметры хранятся в памяти ПЗУ.

Основные узлы телевизионных приемников выполняют на одной плате способом навесного монтажа для обычных ТВ с кинескопом, поверхностного монтажа для ЖКИ и смешанного монтажа для плазменных панелей.

Сборка телевизионных приемников – модульная. В обычных телевизорах в качестве модулей используют основную плату, плату кинескопа с установленными на ней видеоусилителями и отклоняющую систему (рис. 34.)

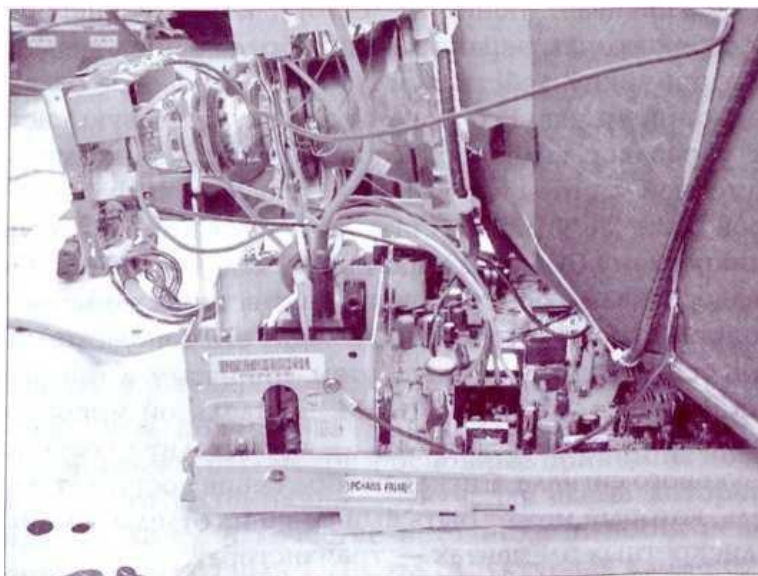


Рис. 34. Узлы телевизионного приемника с кинескопом

Сочленение высокочастотного устройства – тюнера с основными элементами схемы – выполняется экранированным проводом, оплетку которого заземляют в нескольких местах с помощью пайки. Антенный вход тюнера должен обеспечивать плотный контакт с антенным кабелем. Элементы устройства строчной развертки отделяются от схемы управления алюминиевым экраном, который выполняет так же роль радиатора для охлаждения строчного транзистора, выходного усилителя звука и микросхемы кадровой развертки. Строчный трансформатор крепится к плате пайкой и дополнительно – винтами или саморезами. Отклоняющая система крепится на цоколе кинескопа с помощью хомута. Для исключения непосредственного контакта ОС со стеклом кинескопа на его цоколе наклеивают тканевую изоленту. Плату кинескопа устанавливают непосредственно на контакты кинескопа в соответствии с «ключом».

Так как большинство телевизионных приемников работают в импульсном режиме, а питание обеспечивается импульсным ИП, то особых мер по теплоотводу за исключением установки радиаторов не предусматривают. Охлаждение основных узлов осуществляется естественным способом через технологические отверстия в корпусе.

Сборочно-монтажные операции телевизора заканчиваются операциями регулировки. С учетом использования в качестве

сборочных и монтажных единиц микросхем и элементов цифрового управления наладка упрощается.

Все механические регулировки телевизоров с ЭЛТ связаны с настройкой ОС и кинескопа. На первом этапе с помощью ОС выставляют геометрические размеры и чистоту цвета кинескопа при однотонной засветке экрана. Перемещением ОС вдоль цоколя кинескопа регулируют оптимальный размер развертки, а поворотом вдоль оси – чистоту цвета. Если достичь хороших результатов не удастся, под ОС подкладывают резиновые клинья. Затем ОС закрепляют на цоколе с помощью хомута. Все эти операции выполняют под напряжением и при ощутимом нагреве регулируемых устройств, поэтому все регулировки выполняют в нитяных перчатках с резиновыми накладками, четко соблюдая правила работы на электроустановках с напряжением до 1000 В. Высоковольтный провод строчного трансформатора должен быть надежно закреплен в гнезде кинескопа.

Регулировку яркости экрана и фокусировки изображения производят с помощью двух доступных регуляторов, расположенных на корпусе строчного трансформатора. Остальные регулировки параметров изображения и звука выполняют в программном режиме в сервисном меню.

В телевизорах с ЖКИ для сборки используют три модуля: высокочастотный аналоговый блок (тюнер), основную плату цифровой обработки сигналов звука и изображения и матрицу ЖКИ (рис. 35).

Источник питания выполняется, как правило, отдельно в виде адаптера или как внутренний модуль (опционно). Также может быть выполнен на основной плате или отдельно инвертор, управляющий лампами подсветки. Все эти модули представляют собой функционально законченные устройства, и при сборке выполняют их соединение в единое целое с помощью разъемов (тюнер – основная плата, источник питания – основная плата) и кабелей (основная плата – ЖК-панель). Кабели цифровых частей схемы должны быть надежно закреплены, они выполнены в виде шлейфов или жгутов, их крепят к несущим частям корпуса клеящей мастикой (из клеящего пистолета). Металлический экран, в кото-

ром устанавливают основную плату, печатают алюминиевой фольгой.



Рис. 35. Узлы телевизора с ЖКИ.

Конструкция и сборка телевизоров с матрицами ЖКИ с подсветкой светоизлучающими диодами существенных отличий не имеют. Все регулировки изображения и звука проводятся программно в сервисном меню.

Особенности сборки плазменных телевизоров проявляются в том, что они имеют большой экран, а также блок управления плазменными разрядами в ячейках матрицы. Все соединения в них выполняют на разъемах. Большое число энергоемких элементов в плазменных телевизорах требует их эффективного охлаждения за счет конвекции и установки большого числа вентиляторов.

Вычислительная техника – это набор устройств, которые выполняют вычислительные и логические операции под управлением программ общего и специального назначения. К вычислительной технике относят:

- 38. микроЭВМ; 39. стационарные ЭВМ;
- 40. персональные, переносные (ноутбуки);
- 41. карманные ЭВМ;
- 42. периферийные устройства – внешние накопители, аудио- и видеоустройства и т. д.

МикроЭВМ, которая по назначению и конструкции схожа с микроконтроллером, но по вычислительным возможностям превышает его, может быть выполнена на одной микросхеме (чипе) со встроенными периферийными узлами управления.

Стационарную ЭВМ собирают из отдельных модулей и блоков, устанавливаемых в специальные шкафы и стойки. Основным узлом этой ЭВМ является процессорный блок, в котором отдельными микросхемами выполнены ААУ, блоки регистров, модули памяти и контроллеры периферийных устройств.

Процессор в составе стационарной ЭВМ предназначен для выполнения арифметических и логических вычислений по алгоритму, хранящемуся в запоминающем устройстве, и обеспечения общего управления ЭВМ. Быстродействие стационарной ЭВМ в значительной мере определяется скоростью работы процессора. Вычислительный процесс должен быть предварительно представлен для ЭВМ в виде программы – последовательности инструкций (команд), записанных в порядке их выполнения. При выполнении программы процессор выбирает очередную команду, расшифровывает ее, определяет, какие действия и над какими операндами (числами и логическими выражениями) следует ей выполнить.

Обрабатываемые данные и выполняемая программа находятся в запоминающем устройстве – памяти ЭВМ, откуда они вводятся в процессор через устройство ввода. Емкость памяти измеряется в величинах, кратных байту (8 двоичных чисел). Память функционально подразделяется на две части: внутреннюю и внешнюю.

Внутренняя память имеет небольшой объем и реализуется в микросхеме процессора.

Внешняя память создается в виде модулей, устанавливают на материнскую плату ЭВМ в соответствующие разъемы. Она реализована как микросхема BIOS – память ПЗУ, которая хранит программу запуска компьютера и заводские установки; модули динамической ОЗУ и КЭШ памяти (буферная память между процессором и основной ОЗУ) и на накопителях, соединяемых с платой ЭВМ через интерфейсы.

Внешние запоминающие устройства (ВЗУ) предназначены для размещения больших объемов информации и обмена ею с внутренней оперативной памятью. Емкость их практически не имеет ограничений (в современных ЭВМ – это терабайты информации), но для обращения к ней требуется больше времени, чем к внутренней памяти. Внешние запоминающие устройства конструктивно отделены от центральных устройств ЭВМ (процессора и внутренней памяти), имеют собственное управление и выполняют запросы процессора на пересылку информации по прерываниям.

Так называемые накопители, обеспечивающие возможность сохранения информации пользователя и обмена ею, представляют собой:

- 43. гибкие магнитные диски (НГМД);
- 44. жесткие магнитные диски (НЖМД) – их часто называют винчестерами;
- 45. оптические (лазерные) диски (НОД);
- 46. магнитные ленты (НМЛ).
- 47. карты памяти и флэш (Flash)-модули.

Накопители на гибких дисках (вытесняются устройствами флэш-памяти) имеют электромеханический привод (дисковод), который обеспечивает вращение гибкого магнитного диска, универсальную магнитную головку для считывания или записи, систему установки (позиционирования) магнитной головки в требуемое положение и электронный блок управления.

Дисководы жестких дисков запись ведут на магнитную поверхность металлических дисков, которые разбиваются на цилиндры и дорожки, путем намагничивания отдельных участков в соответствии с двоичной системой представления информации. Они включают в себя блоки магнитных головок для считывания или записи, систему установки (позиционирования) магнитной головки по дорожкам и цилиндрам и электронный блок управления.

Запись на оптические диски ведется лазерными диодами, установленными в электромеханические «головки» с устройствами фокусировки и трекинга (подстройки лазера в центр дорожки). На универсальной «головке» могут быть одновременно реа-

лизованы форматы CD, DVD и Blue-RAY. Дисководы оптических дисков снабжены электронной системой управления, позиционирования, фокусировки и перемещения головки. Шпиндельный двигатель раскручивает диск до определенной скорости, постоянство которой поддерживается автоматически.

Для записи информации на магнитные ленты (память «вечного» хранения) больших объемов информации используют цифровые высокоскоростные магнитофоны. Карты памяти выполняют в одном модуле на основе технологии EEPROM (как в ПЗУ) и подключают к компьютеру через соответствующий разъем.

Устройства ввода-вывода ЭВМ служат для ввода информации в ЭВМ и вывода из нее, обеспечивая общение пользователя с машиной. Иногда устройства ввода-вывода называют периферийными, или внешними устройствами, ЭВМ. К ним, в частности, относят дисплеи (мониторы), клавиатуру, манипуляторы типа «мышь», алфавитно-цифровые печатающие устройства (принтеры), графопостроители, сканеры и др.

Для управления внешними устройствами, в том числе и ВЗУ, и согласования их с системным интерфейсом служат групповые узлы управления – мосты, адаптеры или контроллеры. Различают «северный» мост – для обеспечения связи устройства внешней памяти с процессором и «южный» мост – для связи процессора с периферийными устройствами. Они выполнены как микросхемы, установленные на «материнской» плате компьютера.

Взаимодействие устройств ЭВМ и обмен информацией между отдельными частями и внешними устройствами осуществляется по системному интерфейсу – совокупности шин, сигналов, вспомогательных микросхем и алгоритмов, предназначенных для обмена информацией между устройствами компьютера.

При выполнении сборочных и монтажных операций вычислительной техники необходимо учитывать, что ЕС ЭВМ и микро ЭВМ построены на элементах типовых конструкций (ГОСТ 16325–88 и ГОСТ 21552–84), которые подразделяются на пять категорий: изделия нулевого, первого, второго, третьего порядка и вспомогательные изделия (последние можно автономно проектировать, изготавливать и наладивать). Каждому модульному

уровню соответствует типовая конструкция, имеющая несколько вариантов исполнения. Типовые конструкции построены по принципу входимости модуля предыдущего уровня в модуль последующего уровня, это позволяет выполнять компоновку ЭВМ единой системы в виде возрастающих конструкций по модульному принципу:

48. модуль первого уровня – интегральная микросхема (ИС) и электро-радиоэлементы;

49. модуль второго уровня – типовой элемент замены (ТЭЗ), осуществляющий операции логического преобразования информации. Основу конструкции ТЭЗ составляет двусторонняя или многослойная печатная плата. Интегральные схемы устанавливают с одной стороны платы;

Модуль третьего уровня – панель, содержащая элементы установки, крепления и электрического соединения ТЭЗ;

Модуль четвертого уровня (для больших ЭВМ) рама, представляющая собой сварной каркас, в котором имеются окна для размещения панелей (плат) и устройств охлаждения;

Модуль пятого уровня – стойка (шкаф), которая служит для размещения рам с панелями, имеет несущий каркас с щитами и фильтрами. Сварной каркас изготавливают из профилированного материала. В стойке монтируют системы приточно-вытяжной вентиляции.

Связь отдельных модулей между собой осуществляют через разъемные соединения – разъемы, клеммы, контакторы.

Условия эксплуатации ЭВМ могут быть различными и зависят в основном от механических и климатических воздействий, которые необходимо учитывать при выборе элементов, готовых изделий, материалов и конструктивного оформления вычислительных машин.

Вычислительные машины особого назначения (космические технологии, транспорт) должны обладать повышенной устойчивостью к механическим перегрузкам, вибрациям и резким колебаниям температуры. При этом необходимо обеспечить минимальные массу и габаритные размеры аппаратуры, ее простой демонтаж для ремонта и стабильность параметров при работе в условиях пониженного давления.

При сборке и монтаже вычислительной техники необходимо учитывать, что колебания температуры приводят к изменению характера посадок, ослаблению креплений, возникновению значительных напряжений, вызывающих деформацию деталей, и изменению параметров отдельных элементов. Температурное влияние сказывается тем сильнее, чем больше скорость и частота работы процессора. Особенно вредное воздействие оказывает тепловой удар, заключающийся в быстром чередовании нагрева и охлаждения, что приводит к растрескиванию изделий, состоящих из материалов с разными коэффициентами линейного расширения, неравномерно изменяющих свои размеры. Повышенная температура способствует распаду органических материалов, ухудшает теплоотдачу и уменьшает срок службы отдельных элементов.

Эффективным методом при борьбе с перегревами в вычислительных системах – метод конвекции. Блоки питания, центральный процессор и другие элементы схемы снабжаются системой индивидуальной приточно-вытяжной или вытяжной вентиляции. Частоту вращения вентиляторов устанавливают программно в зависимости от условий эксплуатации и выполняемых задач.

Большое влияние на работу вычислительной аппаратуры оказывает относительная влажность воздуха. Повышенная влажность снижает надежность работы отдельных элементов, приводит к неожиданным сбоям и даже к выходу из строя. Основными мерами защиты от влаги являются покрытие основной платы и модулей водонепроницаемыми, водостойкими и водоотталкивающими лаками и красками, герметизация их.

Крайне отрицательно сказываются на работе ЭВМ, как и любой другой электронной техники, образование грибковых соединений (плесени) в результате воздействия повышенной влажности (до 75 %) и температуры (при 30–35 °С). Появление плесени приводит к нарушению контактов, снижает сопротивление изоляции, ускоряет процесс коррозии металлов за счет выделения органических кислот, разрушает защитные покрытия и др. Наиболее восприимчивы к плесени изоляционные материалы (гетинакс, текстолит и др.). Эффективный способ борьбы с плесе-

нью — покрытие элементов и плат герметизирующими и защитными средствами.

После сборочных операций элементы и узлы вычислительной техники должны проходить обязательное тестирование на производительность. Процесс первичного тестирования программно записан в микросхему типа BIOS. ЭВМ, не прошедшая тестирования, не выходит в рабочий режим до устранения причины сбоя.

Вопросы для обсуждения

1. Расскажите про конструкции, сборку и монтаж источников питания
2. Как происходит управление внешними устройствами?
3. Расскажите принцип действия усилителя промежуточной частоты изображения.
4. Как происходит процесс сборки телевизионного приемника.
5. Перечислите негативные факторы, влияющие на работу аппаратуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мещеряков, В. А. Метрология. теория измерений: учебник для СПО / В. А. Мещеряков, Е. А. Бадеева, Е. В. Шалобаев ; под общ. ред. Т. И. Мурашкиной. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Юрайт, 2019. – 167 с. – ISBN 978-5-534-08652-2. – URL: <https://urait.ru/book/metrologiya-teoriya-izmereniy-437560> (дата обращения: 09.02.2025). – Текст : электронный.

2. Гальперин, М. В. Электронная техника : учебник / М. В. Гальперин ; Московский техникум креативных индустрий им. Л. Б. Красина. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : НИЦ ИНФРА-М, 2021. – 352 с. – ISBN 978-5-16-015415-2. – URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=361003> (дата обращения: 09.02.2025). – Текст : электронный.

3. Нефедов, В. И. Радиотехнические цепи и сигналы.: учебник для СПО / В. И. Нефедов, А. С. Сигов ; под ред. В. И. Нефедова. – Москва : Юрайт, 2020. – 266 с. – ISBN 978-5-534-03409-7. – URL: <https://urait.ru/book/radiotekhnicheskie-цепи-i-signalny-451175> (дата обращения: 09.02.2025). – Текст : электронный.

4. Шишмарёв, В. Ю. Электрорадиоизмерения. Практикум : практическое пособие для СПО / В. Ю. Шишмарёв. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва : Юрайт, 2020. – 234 с. – ISBN 978-5-534-08588-4. – URL: <https://urait.ru/book/elektroradioizmereniya-praktikum-454371> (дата обращения: 09.02.2024). – Текст : электронный.

5. Шишмарёв, В. Ю. Электрорадиоизмерения: учебник для СПО / В. Ю. Шишмарёв, В. И. Шанин. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва : Юрайт, 2020. – 345 с. – ISBN 978-5-534-08586-0. – URL: <https://urait.ru/book/elektroradioizmereniya-454361> (дата обращения: 09.02.2025). – Текст : электронный.