

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

А.С. Малышев

**МОНТАЖ И РЕМОНТ
РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ**

Учебное пособие

Томск
Издательский Дом Томского государственного университета
2015

УДК 621.39.6 (075.8)

ББК 32 я 73

М206

Малышев А.С.

М206 Монтаж и ремонт радиоэлектронной аппаратуры : учеб.
пособие. – Томск : Издательский Дом
Томского государственного университета, 2015. – 144 с.

Учебное пособие предназначено для теоретического и практического сопровождения учебной практики курсантов учебного военного центра и военной кафедры ТГУ, обучающихся по техническим военно-учетным специальностям. Приводятся общие сведения об электромонтажных работах, а также конкретные рекомендации при выполнении различных операций по монтажу и ремонту радиоэлектронной аппаратуры. Большое внимание уделяется различным видам монтажа радиоэлектронной аппаратуры. Также приводятся основные сведения и практические рекомендации по методике отыскания неисправностей и проверке составных элементов радиоэлектронной аппаратуры военного назначения.

УДК 621.39.6 (075.8)

ББК 32 я 73

© Томский государственный университет, 2015

© Малышев А.С., 2015

1. Общие сведения об электромонтажных работах

1.1. Рабочее место электромонтажника

В своей практической деятельности офицеру войск связи приходится выполнять разнообразные работы, связанные с техническим обслуживанием, ремонтом РЭА (радио-электронной аппаратуры), с изготовлением в условиях лаборатории или мастерской различных несложных изделий, способствующих более эффективному применению штатной техники. Эти работы включают в себя монтажно-сборочные, слесарные, а иногда и лакокрасочные операции. Естественно, что оборудовать для этих целей одно универсальное рабочее место затруднительно, да и не всегда рационально это делать.

Желательно, чтобы расчет, обслуживающий конкретную технику, имел бы в своем распоряжении небольшую мастерскую, состоящую, по крайней мере, из трех специализированных рабочих мест – столов.

Первое рабочее место целесообразно использовать для внешнего осмотра подлежащей ремонту аппаратуры, ее очистки от пыли и грязи, устранения явных механических повреждений, обнаруженных в процессе осмотра. Здесь же необходимо проверить РЭА на работоспособность под током, выявить дефекты и составить дефектную ведомость для определения объема ремонта. На этом же столе в дальнейшем следует производить электрическую регулировку и испытание как отремонтированной РЭА, так и различных изделий, изготовленных личным составом.

Стол должен быть оборудован силовым щитом, различными вторичными источниками питания, штатной контрольно – измерительной аппаратурой (генераторы сигналов, осциллографы и др.), а так же тестерами (ампервольтметрами) и другими приборами, которые прилагаются конкретной РЭА в соответствии с технической документацией на нее. На столе должно быть предусмотрено место для того, чтобы разложить принципиальные и монтажные схе-

мы аппаратуры, а также для заполнения необходимой документации. Источники питания желательно располагать внизу стола на специальной полке. Над задней стенкой стола тоже необходимо иметь полку, ибо не вся измерительная аппаратура может поместиться на столе. С этой же целью стол можно снабдить боковыми откидными полками и несколькими ящиками для хранения инструмента, который нужен для того, чтобы изделие вынуть из кожуха, тестера, технической документации.

Рабочие столы должны быть хорошо освещены дневным светом, поэтому их желательно устанавливать вблизи окон. При искусственном освещении рабочего места следует применять лампочку мощностью не более 40–60 Вт, дающую вполне достаточную освещенность при расположении на 0,5–0,75 м от освещаемой плоскости. Свет от лампы должен падать на поверхность равномерно, создавая возможно меньше теней, затрудняющих работу, особенно связанную с пайкой.

Особенно важным условием правильного освещения рабочего места является отсутствие блескости – ослепляющего действия на глаза источника света, вызванного его чрезмерной яркостью. Это утомляет зрение и крайне затрудняет работу. Удобная арматура промышленного изготовления для освещения рабочего места приведена на рис. 1.1. Металлический отражатель должен быть достаточной глубины, для того чтобы лампочка в нем утопала целиком.

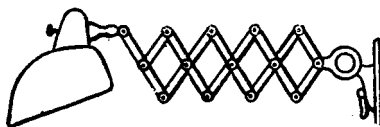


Рис. 1.1. Арматура для освещения рабочего места

Внутренняя поверхность отражателя должна быть, покрыта белой нагревостойкой эмалью или алюминиевой краской для обеспечения равномерного отражения света.

Второе рабочее место должно быть предназначено для монтажно-сборочных работ. Конструкция рабочего стола может быть самой разнообразной.



Рис. 1.2. Один из вариантов рабочего стола для монтажно-сборочных работ

На рис. 1.2 показан один из его вариантов. Стол также должен размещаться под силовым щитом или рядом с ним. Ящики стола предназначены для хранения монтажного инструмента, схем, чертежей, справочников, монтажных проводов, различных установочных деталей, приспособления для обжига проводов, ванночки для залуживания проводов и деталей, электропаяльников и других изделий.

На крышке стола целесообразно иметь невысокий удлиненный шкафчик с ящиками, разделенными на более мелкие отделения (рис. 1.3) и называемыми «кассами». Кассы могут быть изготовлены и отдельно для размещения в ящиках стола. В кассах необходимо хранить крепежные детали: винты, гайки, шайбы, а также различные лепестки и др. В кассах также следует хранить диоды, транзисторы, интегральные схемы, небольшие по габаритам конденсаторы, резисторы, различные кнопки, переключатели, сигнальные лампочки и др.

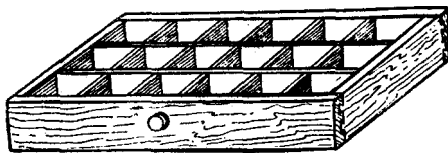


Рис. 1.3. «Касса» для мелких деталей и крепежа



Рис. 1.4. Подставка для паяльника

На монтажном столе справа желательно установить небольшие тиски с размером губок около 60 мм. На этих тисках можно выполнять такие мелкие работы как распиловка отверстия монтажных лепестков, изготовление скобочек для крепления конденсаторов, заправка стержня паяльника, вытягивание одножильного монтажного провода и т.д. Вблизи тисков можно установить паяльник на подставке.

Подставка для паяльника (рис. 1.4) заводской конструкции. Рекомендуется на дно коробочки положить картон, который затем при загрязнении канифоли вместе с нею можно выбросить, а дно коробочки не надо будет специально чистить.

Припой следует класть в небольшом количестве, так как большой кусок припоя долго расходуется, загрязняется нагаром и окалиной стержня паяльника и требует для своего расплавления больше времени. Загрязненный припой необходимо собирать в одно место и в дальнейшем переплавлять.

Как уже говорилось, по соображениям техники безопасности следует применять электропаяльники, питаемые от сети напряжением не выше 36 В. Поэтому на правой боковой стенке на специальной полочке можно закрепить понижающий трансформатор с выключателем в его первичной обмотке. Учитывая, что напряжение в силовой сети может в определенных пределах в течение суток изменяться, то для поддержания заданной температуры паяльника необходимо вторичную обмотку трансформатора сделать секционированной и снабдить его переключателем. При установке трансформатора надо обратить внимание на то, чтобы шнур паяльника располагался вне стола, и чтобы перемещению шнура в процессе пайки ничто не мешало.

При производстве монтажных работ применяются также вспомогательные материалы. К таким материалам относятся растворитель для промывки паек, цветной лак для закраски паек после контроля, эмалевая краска для контровки паек и винтов во избежание их самооткручивания при тряске, различные клеи и др. Во многих случаях, особенно при шаблонированном монтаже, применяется раствор канифоли в спирте.

Все упомянутые вспомогательные материалы, из которых многие огнеопасны, следует хранить в небольших количествах в стеклянных пузырьках с широкими горлышками, закрываемых стеклянными притертыми или резиновыми пробками. Все пузырьки желательно хранить в общей металлической коробке с плотно пригнанной крышкой.

На монтажном и на других рабочих столах необходимо иметь мягкую подстилку из фланели или сукна, что предохранит поверхность стола от повреждения во время работы. После окончания работы подстилку следует встряхнуть, освободив ее от обрезков провода и других ненужных предметов. Весь монтажный инструмент, оставшиеся детали и расходный материал должны быть убраны.

Третий рабочий стол целесообразно оборудовать для выполнения на нем различных слесарных работ: рубки, резки, опилования, сверления и др. Стол также необходимо расположить под силовым щитом, ибо при выполнении ряда слесарных работ потребуется

электроэнергия. Этот стол (верстак) должен быть особенно прочным и устойчивым. Столешница (крышка) верстака должна быть ровной и покрыта по всей плоскости листовой сталью, дюралюминием, гетинаксом, текстолитом или линолеумом, а кромки закрыты уголками из стали или алюминия или деревянными рейками. Верстак необходимо снабдить сменным (убирающимся) сетчатым экраном для защиты окружающих от осколков, которые, например, могут отлетать во время рубки металла.

Верстак необходимо снабдить слесарными параллельными тисками поворотного типа, которые должны быть прочно и надежно на нем закреплены. В ящиках стола должен храниться слесарный инструмент и различные приспособления, причем измерительный слесарный инструмент должен храниться на мягкой подкладке и обязательно отдельно от остального инструмента. Заклепки, шпильки, различный крепежный материал также желательно хранить в «кассах». Следует заметить, что большинство слесарных операций работающему приходится выполнять стоя. Поэтому для удобства работы иногда используют подставку (настил) под ноги, которая должна плотно лежать на полу.

Помещение, в котором располагаются рабочие столы, должно быть снабжено принудительной вентиляцией, вытяжным шкафом или, в крайнем случае, часто и хорошо проветриваться. Особенно это должно строго соблюдаться при лакокрасочных работах, обжигании изоляции проводов, при производстве пайки в течение продолжительного времени.

1.2. Монтажно-сборочный инструмент

К монтажно-сборочному относится инструмент, которым пользуется работающий при монтаже различных схем на шасси изделия, а также при замене деталей, проводов и других элементов в процессе ремонта аппаратуры.

К монтажно-сборочному инструменту относятся разнообразные паяльники, кусачки, плоскогубцы, круглогубцы, пинцеты, ножи, ножницы, отвертки, ключи, и др. Каждый специалист должен постепенно обзаводиться личным монтажно-сборочным инструмен-

том, чтобы привыкнуть к нему, умело и качественно с его помощью выполнять различные операции в процессе эксплуатации и ремонта РЭА. Дадим краткую характеристику монтажно-сборочному инструменту.

Кусачки бывают торцевыми и боковыми, которые часто называют бокорезами (рис. 1.5). Для монтажных работ наиболее удобными являются бокорезы, которыми можно откусывать лишние концы проводов при монтаже, особенно внутри шасси. Режущие губки кусачек должны плотно сходиться и быть достаточно острыми, чтобы провод легко отрезался и при этом не смялся. Боковыми кусачками можно резать провод с диаметром жилы не более 2 мм. Откусывание провода большего диаметра может привести к порче кусачек.

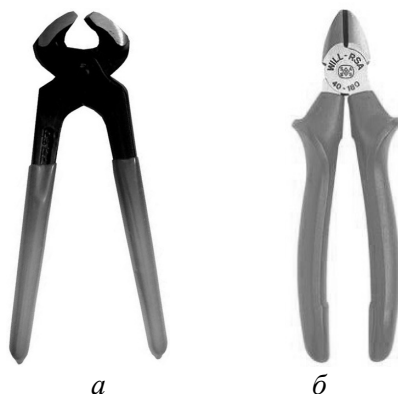


Рис. 1.5. Наиболее распространенные виды кусачек: *а* – торцевые, *б* – бокорезы

Торцевые кусачки менее удобны, так как их режущие губки расположены под прямым углом к плоскости рукояток и с их помощью не всегда можно «подобраться» к откусываемому проводу. Торцевые кусачки более прочны и они могут использоваться для откусывания проводов большого диаметра.

При высокой плотности монтажа (например, в микроэлектронных изделиях) показанные на рис. 1.5 кусачки могут оказаться неудобными.

В этом случае желательно пользоваться миниатюрными кусачками, размеры которых менее 150 мм (рис. 1.6).



Рис. 1.6. Миниатюрные кусачки: *а* – торцевые, *б* – боковые

При электромонтажных работах широко используются различные плоскогубцы, показанные на рис. 1.7. Однако для радиомонтажных работ они обычно являются неудобными из-за сравнительно больших своих габаритов. Для монтажных работ желательно иметь (рис. 1.8) двое плоскогубцев.

Одни из них – сравнительно большие, размером 150–170 мм с насечкой на губках (рис. 1.8, *а*). Такие плоскогубцы необходимы для вытягивания (выпрямления) толстых одножильных проводов, для поджатия различных крепежных скобок и т.д.

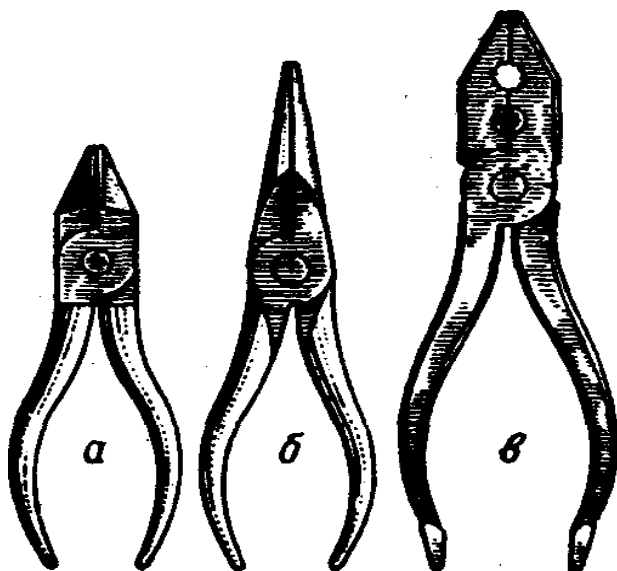


Рис. 1.7. Плоскогубцы: *а* – торцевые; *б* – боковые; *в* – комбинированные

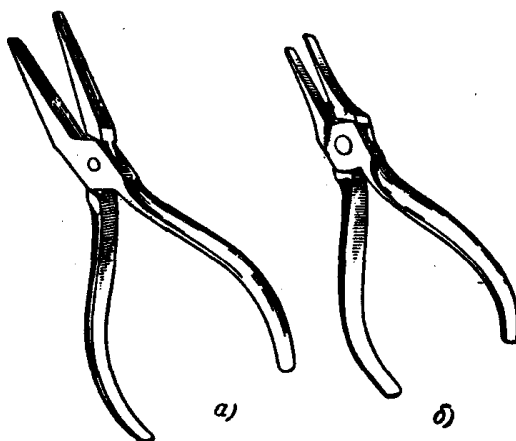


Рис. 1.8. Радиомонтажные плоскогубцы:
а – большие с насечкой на губках; *б* – малые без насечки на губках

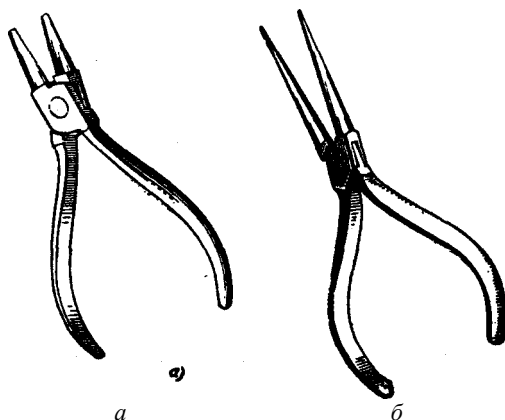


Рис. 1.9. Круглогубцы: *a* – большие; *б* – малые

Вторые плоскогубцы (рис. 1.8, *б*) должны быть меньших размеров (100–120 мм) с более тонкими и узкими губками. На губках этих плоскогубцев насечку следует снять на точильном камне и поверхность отшлифовать шкуркой, придав небольшой радиус острым краям губок. Насечка на губках снимается для того, чтобы не портить поверхность голого провода при его сгибании, а также, чтобы не повредить изоляцию провода при его укладке, так как эту операцию иногда приходится делать плоскогубцами. Губки у таких плоскогубцев должны иметь длину 40–50 мм, что иногда необходимо при монтаже деталей и проводов в глубоком «подвале» шасси и когда монтаж имеет высокую плотность. На рис. 1.9 показаны круглогубцы, которые желательно иметь радиомонтажнику. При монтаже голым проводом удобны так называемые большие круглогубцы (рис. 1.9, *a*) с помощью которых легко сделать на конце провода кольцо для последующего закрепления под гайку, круглогубцы размером до 150 мм имеют прочные губки длиной около 30 мм с насечкой на сходящихся поверхностях. Диаметр концов губок составляет обычно 3–3,5 мм с постепенным увеличением, доходящим до 7–8 мм у оснований губок.

Другая разновидность круглогубцев (рис. 1.9, *б*), условно названных малыми, при той же длине являются менее массивны-

ми. Они имеют более длинные губки (до 40–50 мм) при диаметре на концах около 1,5 мм и примерно 5 мм у основания. Такими круглогубцами удобно согнуть в спираль какой-либо проволоочный вывод.

Пинцет при монтаже так же необходим, как и паяльник. Хорошее качество пинцета облегчает и ускоряет пайку. Следует обратить внимание на то, чтобы пинцет хорошо пружинил, но не требовал большого усилия для его сжатия. Размеры пинцетов должны быть не более 130–140 мм. Для монтажных работ желательно иметь часовой (рис. 1.10, *а*) и хирургический (рис. 1.10, *б*) пинцеты. Часовой пинцет внутренней насечки не имеет, его кончики должны быть острыми.

Такой пинцет необходим при монтажных работах с тонким проводом диаметром до 0,1 мм, например, при пайке контурных катушек, когда использование более массивного пинцета может привести к обрыву провода

Для других монтажных работ (заводки концов проводов на детали, выгибания и закрепления провода на детали, поддержки провода при пайке и т.д.) нужен более прочный хирургический пинцет с насечками на губках.

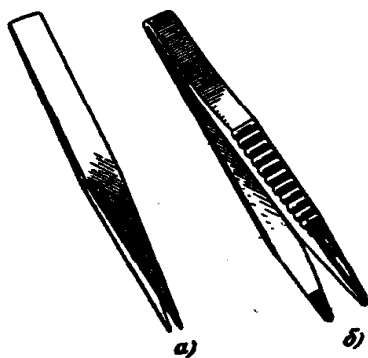


Рис. 1.10. Пинцеты: *а* – часовой; *б* – хирургический

Если во время работы какую-либо деталь нужно вмонтировать в труднодоступную часть изделия, то удобным является обычно-

венный хирургический пинцет с хомутиком. Хомутик должен свободно перемещаться около вершины пинцета, но не соскакивать с него, а при перемещении к концам губок – сжимать их. Деталь (или провод, лепесток, винт, гайку), которую нужно вмонтировать в труднодоступном месте, помещают между губками пинцета, сжимают их и сдвигают хомутик в сторону губок, оставляя его в этом положении. Пинцет при этом сжимается и крепко держит деталь или конец провода. При использовании пинцета с хомутиком можно ставить деталь на место, взяв пинцет за самую вершину. Деталь при этом не упадет, а пальцы руки не будут уставать от долгого сжимания пинцета. Для монтажных работ можно использовать перочинный нож с одним или двумя лезвиями. Размер ножа, считая вместе рукоятку и лезвие, не должен превышать 150–170 мм. Нож большего или меньшего размера неудобен в работе. При помощи ножа производится зачистка изоляции на проводах, когда нельзя или нет возможности применить другие способы зачистки, обреза ниток после обмотки изоляции на проводах и т.д.

Для монтажных работ необходимо иметь обыкновенные бытовые ножницы, чтобы разрезать бумагу, картон, ткани, ленты и пленки. Наиболее удобными являются ножницы длиной 150–200 мм. Обе половинки ножниц должны плотно сходиться, а их режущие кромки должны быть достаточно острыми и иметь длину не менее 50–70 мм.

Отвертки применяются для заворачивания винтов, которыми крепятся детали, монтажные планки, опорные точки, разъемы и т.д. В набор монтажного инструмента должны входить 4–5 или более отверток, разных по длине и ширине. Длина отвертки вместе с ручкой обычно составляет 250–270 мм. Ручка отвертки должна быть удобной для быстрого вращения и не иметь острых углов. С увеличением диаметра отвертки должен пропорционально увеличиваться и диаметр ручки.

В отличие от бытовых и электромонтажных, отвертки для радиомонтажа более удобны, если они имеют одинаковый диаметр стержня по всей длине, заточенный на конце. Большое значение имеет правильная заточка лезвия отвертки (рис. 1.11).

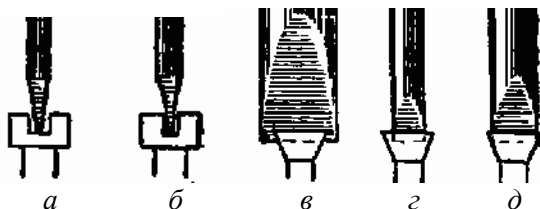


Рис. 1.11. Заточка отвертки и выбор ее размера: *а* – неправильная заточка; *б* – правильная заточка; *в, г* – неправильно выбранный размер отвертки; *д* – правильно выбранный размер отвертки

При заворачивании винта отвертка должна точно соответствовать размеру головки винта, как по длине шлица, так и по его ширине. Так, например, если заворачивать винт, имеющий плоскую головку, при помощи отвертки, ширина которой будет превышать длину шлица, то в положении, когда головка винта войдет в зенковку, можно выступающими из шлица краями лезвия отвертки повредить поверхность панели или детали, в которую вворачивается винт. Если же заворачивать винт отверткой более узкой, чем длина шлица, то будет трудно достаточно крепко затянуть винт. Попытка сделать это может привести к порче головки винта (срыв шлица) или поломке отвертки.

Кроме рассмотренных, необходимо иметь и некоторые специальные виды отверток, которые могут понадобиться при монтаже и регулировке РЭА. К ним относятся отвертки с держателем винта, изоляционные отвертки и часовые отвертки.

Для завинчивания винтов в труднодоступных местах, когда невозможно поддержать винт пальцами или пинцетом, необходимо пользоваться отверткой с держателем. Если же у монтажника не окажется специальной отвертки с держателем, то для завинчивания винта в труднодоступном месте можно воспользоваться обычной отверткой (рис. 1.12, *а*), временно закрепив на ее лезвии винт с помощью воска, пластилина и др. Если в той же ситуации требуется накрутить гайку, то ее можно аналогичным образом закрепить в гнезде торцового ключа (рис. 1.12, *б*).

В процессе регулировки изделия после его изготовления или ремонта может оказаться, что шлиц регулирующего органа

(например, подстроечного конденсатора) находится в глубине монтажа. Тогда, чтобы не вызывать случайного замыкания в схеме, на весь металлический стержень отвертки нужно надеть изоляционную трубку. Для настройки колебательных контуров желательно, чтобы у работающего была отвертка, целиком изготовленная из изоляционного материала, это позволит уменьшить влияние руки оператора на параметры колебательного контура.

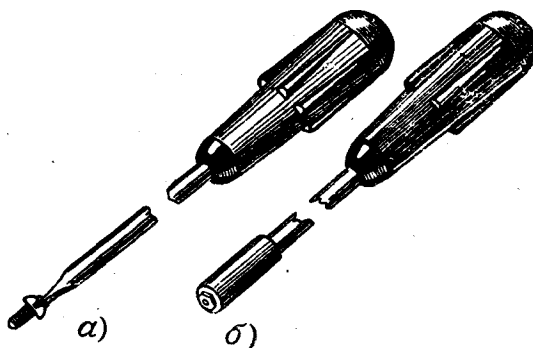


Рис. 1.12. Временное крепление деталей: *а* – винта к лезвию отвертки;
б – гайки к гнезду торцового ключа

Многие детали, сборочные единицы и приборы РЭА имеют крепежные винты малого диаметра. В этом случае целесообразно применять миниатюрные отвертки, например – часовые. Такие отвертки имеют свободно закрепленный в торце ручки чашеобразный упор, что позволяет, сохраняя постоянный контакт лезвия отвертки со шлицем винта, существенно ускорить заворачивание или отворачивание малогабаритных винтов, в том числе и винтов без шляпки. Отвертки выпускаются с шириной лезвия от 0,6 мм.

Аппаратура, поступающая на осмотр или ремонт, внутри всегда оказывается покрытой пылью. Для удаления пыли необходимо монтаж прочистить жесткой кисточкой, а затем воспользоваться пылесосом при уменьшенной его тяге. Кисточки, кроме того, используются для промывки и покрытия паяк, для окрашивания болтов, винтов и гаек и т.д.

Качество монтажа и ремонта во многом зависит от технического состояния монтажного и слесарного инструмента. Необходимо следить, чтобы инструмент был всегда исправным. Каждый раз по окончании работы следует тщательно осмотреть весь инструмент для того, чтобы выявить и исправить все повреждения, которые могли проявиться во время работы.

Инструмент с какой-либо незначительной, легко устранимой неисправностью приходит в негодное состояние значительно быстрее, чем исправный инструмент, так как даже небольшой дефект при дальнейшей эксплуатации инструмента вызывает новые, более крупные дефекты. Неудовлетворительное состояние инструмента сказывается на качестве монтажных и ремонтных работ, снижает производительность труда и приводит к преждевременному износу инструмента.

Применение инструмента не по назначению также снижает качество работы и портит инструмент. Срок службы инструмента в сильной степени зависит от правильного его хранения. Чтобы инструмент не ржавел, его нужно после окончания работы тщательно протереть тряпкой, слегка смоченной машинным маслом, а затем укладывать в ящик рабочего стола. Инструменты следует хранить уложенными в один ряд в строго определенном порядке. Недопустимо складывать инструмент в ящиках стола навалом.

1.3. Монтажные провода и шнуры

Провода, используемые при изготовлении и ремонте РЭА, подразделяются на обмоточные и радиомонтажные.

Обмоточные провода применяются при изготовлении трансформаторов, дросселей, катушек индуктивности, проволочных резисторов и в ряде других случаев (например, при изготовлении электрических машин, реле, измерительных приборов).

В зависимости от назначения детали или сборочной единицы могут в них использоваться обмоточные провода из чистой меди, алюминия, сплавов с высоким сопротивлением и других материалов. Изоляция обмоточных проводов, может быть волокнистой, эмалевой и комбинированной. Волокнистой изоляцией могут слу-

жить хлопчатобумажная пряжа, шелковые или синтетические волокна. Изоляция проводов должна иметь малую толщину, высокую электрическую прочность, температурную стойкость, химическую стойкость относительно пропиточных материалов, механическую прочность и эластичность.

При изготовлении трансформаторов и дросселей для РЭА в качестве обмоточных применяются медные провода с эмалевой изоляцией. Данные некоторых обмоточных проводов приведены в табл. 1.1.

Практический интерес представляют обмоточные провода с высокопрочной эмалевой изоляцией на основе винилфлекса (ПЭВ-1 и ПЭВ-2) и полиуретана (ПЭВТЛ-1 и ПЭВТЛ-2). Провода ПЭВТЛ отличаются повышенной нагревостойкостью изоляции. При расплавлении в процессе пайки проводов эта изоляция служит флюсующим веществом. Следовательно, эти провода можно залуживать припоем без предварительной зачистки эмалевой изоляции. Наиболее высокой нагревостойкостью обладают провода, эмалированные высокопрочной эмалью на полиимидной основе – провода ПНЭТ-ИМИД. Кроме перечисленных, на практике применяются и другие, ранее разработанные обмоточные провода (например, ПЭЛ, провод с шелковой оплеткой ПЭЛШО и др.).

Обмотки, выполненные проводами с эмалевой изоляцией, нуждаются в пропитке изоляционными пропиточными лаками. Это необходимо потому, что в тонком слое эмалевой изоляции всегда имеется некоторое количество точечных повреждений из-за несовершенства технологии эмалирования проводов. Так, на длине провода 1 м может быть 5–15 таких точечных повреждений. Меньшее количество таких повреждений наблюдается на проводах большего диаметра.

Одной из важнейших характеристик обмоточных проводов с эмалевой изоляцией является пробивное напряжение двух слоев эмалевого покрытия соседних витков обмотки. Эти значения для некоторых проводов приведены в табл. 1.2, причем большие значения пробивного напряжения в этой таблице относятся к проводам большего диаметра.

Таблица 1.1

Медные обмоточные провода с эмалевой изоляцией

Марка провода	Диаметр медной жилы, мм	Характеристика провода	Толщина слоя изоляции, мм	Нагревостойкость, °С
ПЭВ-1	0,02–0,05 0,06–2,44	Изолированный высокопрочной эмалью на основе винилфлекса	0,006–0,01 0,01–1,09	105 (класс А)
ПЭВ-2	0,05–2,44	Изолированный утолщенным слоем высокопрочной эмали на основе винилфлекса	0,012–0,07	105 (класс А)
ПЭВТЛ-1	0,02–1,56	Изолированный высокопрочной эмалью на основе полиуретана	0,005–0,035	120 (класс Е)
ПЭВТЛ-2	0,02–1,56	Изолированный утолщенным слоем высокопрочной эмали на основе винилфлекса	0,01–0,04	120 (класс Е)
ПЭТВ-1	0,06–2,44	Изолированный высокопрочной эмалью на полиэфирной основе	0,05–0,065 0,1–0,13	130 (класс В)
ПЭТВ-2	0,06–2,44	Изолированный высокопрочной эмалью на полиэфирной основе	0,1–0,13	130 (класс В)
ПЭТ155А	0,06–2,44	Изолированный высокопрочной эмалью на полиэфирно-имидной основе	0,013–0,045	155 (класс F)
ПНЭТ-ИМИД	0,1–1,3	Никелированный и изолированный высокопрочной эмалью на полиимидной основе	0,012–0,03	200 (класс С)

Таблица 1.2

Пробивное напряжение эмалевой изоляции проводов

Диаметр медной жилы, мм	Число скруток на длине 125 мм	Наименьшее пробивное напряжение эмалевой изоляции двух скрученных проводов, В			
		ПЭВ-1	ПЭВ-2	ПЭВТЛ-1	ПЭТВ
0,05–0,11	40	350–500	450–700	350–500	650–800
0,12–0,25	33	500–900	700–1200	500–800	900–1600
0,27–0,35	23	800–900	1200–1250	800–900	1600
0,38–0,49	16	850–1000	1250–1350	850–1000	1800
0,51–0,74	12	850–1000	1350–1500	850–1000	2000
0,77–1,04	8	1000–1200	1500–1800	1000–1200	2200
1,08–1,50	6	1200–1300	1800–2000	1200–1300	2400–2600

Одной из мер повышения надежности работы трансформаторов и дросселей является рациональный выбор диаметра их медных обмоточных проводов, когда нагрев изделия не превышает допустимых пределов. В табл. 1.3 приведены допустимые значения токов в проводах различного сечения. Хотя увеличение диаметра провода обмотки и приводит к возрастанию габаритов и массы изделия, но почти всегда на это следует идти, чтобы обеспечить благоприятный температурный режим его работы.

Плотность тока 1 А является допустимой в обмотках трансформаторов и дросселей, если намотка этих обмоток выполнена очень плотной, изоляция между их слоями является тонкой (конденсаторная бумага), а условия вентиляции являются плохими.

В обмотках небольших силовых трансформаторов и дросселей допустимой является плотность тока 2 А.

Кроме того, (см. табл. 1.3), уменьшение сечения применяемого обмоточного провода приводит к нежелательному возрастанию падения выпрямленного напряжения на обмотке силового трансформатора и на обмотке дросселя фильтра. Вообще при промышленном изготовлении РЭА следует избегать применения обмоточных проводов диаметром менее 0,06 мм, так как они имеют небольшую механическую прочность, более подвержены действию окисления и электрохимической коррозии.

Микропровода с жилой диаметром до 12 мкм можно наматывать обычным способом, но при большом диаметре их приходится нагревать до 400–600°C, чтобы слой стеклянной изоляции стал пластичным и обеспечивал бы достаточную гибкость всего провода.

Для обмоток высокочастотных катушек индуктивности применяют многожильный провод (литцендрат), в котором содержатся от 7 до 28 изолированных эмалью жил в общей шелковой оплетке (провод ЛЭШО) или с двумя слоями шелковой оплетки (провод ЛЭШД). Для обмоток катушек, работающих в метровом диапазоне волн, часто применяют одножильный медный посеребренный провод.

Таблица 1.3

Сопротивления и допустимые нагрузки медных проводов

Сечение провода, мм ²	Наибольший допустимый ток, А	Плотность тока, А/мм ²	Сопротивление одного метра провода, Ом
0,05	0,7	14	0,356
0,07	1	14	0,248
0,10	1,25	12,5	0,172
0,20	2	10	1,089
0,30	3	10	0,067
0,35	3,5	10	0,051
0,40	4	10	0,043
0,50	7	14	0,034
0,75	9	12	0,023
0,80	9,6	12	0,022
1,0	11	11	0,017
1,5	14	9	0,011
2,0	17	8,5	0,008
2,5	20	8	0,007
4	25	6,2	0,004
6	31	5,2	0,002
10	43	4,3	---
16	75	4,7	---

Радиомонтажные провода (в дальнейшем для краткости – монтажные) применяются в РЭА для внутриблочного и межблочного монтажа. Они могут быть голыми или изолированными, причем изоляция проводов одной и той же марки может быть разноцветной, чтобы облегчить монтаж (особенно жгутовой) и чтение монтажной схемы изделия.

Монтажные провода изготовляют из мягкой медной проволоки (марки ИМ), и они могут быть одножильными и многожильными. Одножильные провода (обычно диаметром 0,3–1,8 мм) обладают повышенной жесткостью и их можно применять лишь при монтаже низкочастотных изделий, не подвергающихся при работе вибрации и тряске.

В многожильных проводах используются свитые друг с другом отдельные тонкие проволоки, что придает всему проводу повышенную гибкость и, кроме того, уменьшает влияние поверхностного эффекта на его сопротивление.

В монтажных проводах применяются медные жилы сечением 0,03–2,5 мм. Для обеспечения быстрой и надежной пайки жилы монтажных проводов лудятся оловом, а жилы проводов для сверхвысокочастотных цепей РЭА покрываются тонким слоем серебра. Если провода предназначены для работы при температуре выше 250°C, то их покрывают никелем для предохранения от окисления. В электронике провода с особо гибкими изолированными жилами, каждая сечением не более 1,5 мм, называются шнурами. Из всего разнообразия монтажных проводов рассмотрим лишь наиболее часто применяемые при изготовлении РЭА и ее ремонте.

Различают провода низкого напряжения, используемые до 1000 В, и высокого – свыше 1000 В.

Изоляцией монтажных проводов низкого напряжения и низкой частоты чаще всего является поливинилхлоридный пластикат (марок ПМВ, ГГВ и др.) толщиной 0,2–0,6 мм. Чем большее сечение имеет провод, тем толще его изоляция. Поливинилхлоридная изоляция обладает хорошей гибкостью, водостойкостью. Она негорючая, может легко окрашиваться в любой цвет и имеет низкую стоимость. Однако она имеет сравнительно невысокую электрическую прочность и относительно узкий интервал рабочих температур (от –45 до +70°C). Поэтому залуживание и пайку проводов с такой изоляцией нужно производить по возможности быстрее, не допуская перегрева паяльника. В противном случае из-за перегрева изоляция может сходить «чулком» с провода и соединение окажется бракованным.

Полиэтилен ВД (высокого давления), обладающий более высокими электрическими характеристиками по сравнению с поливинилхлоридом, применяется для изоляции проводов низкого и высокого напряжения в цепях высокой частоты. Это позволяет несколько уменьшить толщину изоляции на проводах. Диапазон рабочих температур полиэтиленовой изоляции от –60 до +80°C. Эта изоляция может быть окрашена в любой цвет, что удобно не только для распознавания проводов при монтаже и ремонте РЭА, но и для придания полиэтилену стойкости против светового старения. Недостатками полиэтиленовой изоляции являются горючесть и сравнительно небольшая нагревостойкость.

Большей нагревостойкостью обладают провода с изоляцией из кремнийорганической резины (РКГМ, ПРКС и др.). Интервал их рабочих температур от -60 до $+180^{\circ}\text{C}$. Кремнийорганические резины обладают высокими электрическими характеристиками и водостойкостью. Их недостатком являются относительно низкие механические характеристики. Это вынуждает увеличивать толщину изоляции на проводах или накладывать на нее защитные покрытия из стеклопряжи, пропитанные кремнийорганическими лаками.

Монтажные провода низкого и высокого напряжения с повышенной нагревостойкостью изготавливают также из фторопласта-4 и его модификаций: фторопласт 4Д, 4М и 40Ш. Как известно, по нагревостойкости, интервалу рабочих температур и химической стойкости фторопласт-4 превосходит все органические диэлектрики. Кроме того, он не горит и обладает повышенными электрическими характеристиками.

Изоляцию из фторопласта-4 выполняют монолитной (провода ФР, МТФМ) или в виде обмотки лентами (провода МГТФ, ГФ).

Для монтажных проводов высокого напряжения чаще всего применяют изоляцию из лент, наложенных методом многослойной обмотки с последующим спеканием ее слоев. Такая изоляция обладает более высокой электрической прочностью, чем монолитная. Провода с изоляцией из фторопласта-4 используют в интервале температур от -60 до $+250^{\circ}\text{C}$, а кратковременно – до $+300^{\circ}\text{C}$. У монтажных проводов на высокие напряжения основную изоляцию из фторопласта-4 защищают от возможных механических повреждений оплетками из стеклопряжи, пропитанными нагревостойкими кремнийорганическими лаками.

Защитные покрытия из стеклопряжи или капронового волокна наносят и на слой полиэтиленовой или поливинилхлоридной изоляции проводов для повышения механической защиты основной изоляции некоторых типов монтажных проводов. При изготовлении некоторых изделий возникает необходимость в экранировании некоторых электрических цепей, или отдельных их участков. С этой целью провода помещаются в экранирующие чулки или шланги.

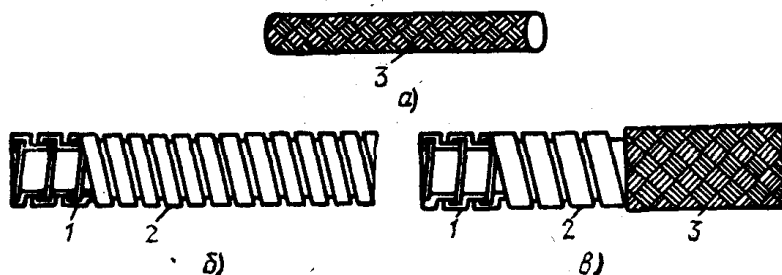


Рис. 1.15. Экранирующие чулки и шланги: *а* – чулок; *б* и *в* – шланги;
 1 – уплотнение из хлопчатобумажной пряжи; 2 – алюминиевая лента;
 3 – экранирующая оплетка (плетенка)

Экранирующие чулки изготавливаются в виде металлической плетенки (рис.1.15 *а*) и применяются для защиты проводов, монтажных жгутов и кабелей от механических воздействий и влияния внешних полей. Плетенка ПМЛ изготавливается из луженых припоем ПОС-40 медных проводов диаметром 0,12–0,3 мм. Плетенка ПАМГ изготавливается из алюминиевых проводов диаметром 0,2–0,25 мм.

Для экранирования и защиты от механических повреждений отдельных проводов и кабелей при открытой их прокладке и при эксплуатации в условиях интенсивных механических воздействий применяют алюминиевые рукава – шланги (рис. 1.15, *в*). Они изготавливаются из алюминиевой гофрированной ленты с уплотнением из хлопчатобумажной пряжи. Иногда такие шланги имеют наружную оплетку из медной, луженой проволоки.

В заключение заметим, что одножильные неизолированные провода используются в простейших плавких предохранителях для низковольтных цепей (ниже 1000 В). В практике могут возникнуть ситуации, когда перегоревший плавкий предохранитель заменить нечем, так как под рукой не оказалось запасного предохранителя заводского изготовления. Временный выход из положения можно найти в изготовлении самодельного предохранителя. Однако длительное время пользоваться такими заменителями не рекомендуется.

1.4. Виды припоев и флюсов

При сборке радиоэлектронных элементов, т.е. при монтаже их в единое законченное изделие, широко используются различные неразъемные соединения, которые обеспечивают заданную степень надежности электрических и механических контактов в РЭА. Такие контакты в зависимости от их назначения и условий эксплуатации должны отвечать ряду требований. Так, например, если контакт создается в электрической цепи, то он должен обладать хорошими электрическими свойствами, основным из которых является минимальное значение переходного электрического сопротивления. Если, например, контакт двух и более конструктивных элементов формируется для герметизации корпусов микроэлектронных устройств, то в этом случае основное требование к соединению – герметичность, т.е. отсутствие пор, отверстий, трещин и т.п. Если неразъемные соединения используются в РЭА для чисто механического сочленения конструктивных элементов изделия, то такие соединения создаются методами технологии машиностроения.

Наиболее распространенными методами создания неразъемных соединений являются пайка, сварка, накрутка и клейка. Первые три метода применяются при формировании как электрических, так и механических соединений, а клейка, как правило, для механического соединения конструктивных элементов.

При создании любых неразъемных соединений к контактирующим поверхностям предъявляются жесткие требования в отношении их физической и химической чистоты, степени шероховатости, а также природы паяемых или свариваемых материалов, так как все эти факторы влияют на качество соединения. Выбор соединяемых материалов ограничен конструкцией изделия и, как правило, не может быть изменен без серьезных причин, тогда как набор методов очистки соединяемых поверхностей достаточно широк.

Пайка представляет собой технологический процесс соединения твердых металлических конструктивных элементов (проводников, деталей и др.) в горячем состоянии при монтаже и ремонте

РЭА с помощью специального материала – припоя. Припой – прищадочный материал, применяемый при пайке для заполнения зазоров между соединяемыми элементами с целью получения монолитного паяного шва достаточной механической прочности при минимальном переходном электрическом сопротивлении.

Применяемый при пайке припой должен иметь температуру плавления значительно ниже, чем материал соединяемых элементов (деталей), чтобы в процессе пайки они не расплавились и вообще не изменяли своих физико-химических свойств. С этой целью и длительность процесса пайки одного соединения не должна превышать 3–5 с.

На границе соприкосновения расплавленного припоя и твердого металла происходят сложные физико-химические процессы. Припой, смачивая металл, растекается по нему и заполняет зазор между соединяемыми элементами. При этом припой диффундирует в основной металл, в результате чего образуется промежуточная прослойка, которая после застывания соединяет элементы в одно целое.

Для улучшения смачивания металлической поверхности припоем, растворения вредных продуктов, появляющихся при пайке, для очистки поверхности от загрязнений и оксидов, а также для защиты соединения от последующих загрязнений и окисления применяются специальные материалы, называемые флюсами.

Чем больше растекается жидкий припой по основному материалу, тем лучше смачивание материала, тем лучше этот материал паяется.

К легкопаяемым материалам относятся металлы, применяемые для монтажной пайки (медь, олово, серебро, золото и их сплавы), а также индий и палладий, которые паяются с применением органических канифольных или безкислотных флюсов, либо нейтральной разовой среды или вакуума.

Среднепаяемые материалы (никель, цинк, стали, сплавы меди с цинком – латунь и с оловом – бронза) паяются только с применением активированных канифольных или кислотных флюсов, либо в восстановительной газовой среде.

Труднопаяемые материалы объединяют классы тугоплавких материалов (титан, молибден, вольфрам, тантал), а также легких

(алюминий, магний и их сплавы). Наличие стойкой оксидной пленки на поверхности изделий из этих металлов затрудняет выполнение обычных методов пайки и заставляет либо предварительно наносить на изделия покрытие из легкопаяемых металлов, либо применять специальные методы пайки (например, ультразвуковую). Пайка титана, молибдена и тантала возможна лишь в высоком вакууме (10 Па), либо после нанесения на паяемые поверхности покрытий из олова, серебра или меди. К труднопаяемым относятся также кремний и нержавеющая сталь.

К непаяемым материалам относятся неметаллические материалы (керамика, слюда, ситаллы, ферриты, полупроводники), которые обычными методами и с использованием стандартных припоев не соединяются пайкой.

В процессе эксплуатации и ремонта РЭА пайку обычно производят с помощью паяльника, чаще всего – электрического. При этом необходимо соблюдать следующие условия: нагрев паяльника должен на 30–50°C превышать температуру плавления припоя, а флюс необходимо выбирать таким, чтобы наибольшая его активность начала проявляться при температуре, на 20–30°C меньшей температуры плавления припоя. Сам же флюс должен обладать температурой плавления на 50–100°C ниже температуры плавления припоя. Кроме того, флюс должен обладать хорошей растекаемостью по поверхности основного металла и припоя для образования сплошной пленки, защищающей эти поверхности от вредного воздействия окружающей среды. Флюс должен снижать поверхностное напряжение расплавленного припоя и обеспечивать полное смачивание соединяемых металлических поверхностей. Он должен также обладать стабильностью свойств на протяжении всего процесса пайки и легко удаляться с поверхностей после завершения пайки.

Пайка подразделяется на мягкую и твердую. В соответствии с этим подразделяются и припои. Существует множество различных припоев и флюсов, находящихся применение в промышленности. Мы ограничимся рассмотрением мягкой пайки с безкислотными флюсами, которую обычно приходится применять при ремонте

РЭА и изготовлении различных радиосхем в лабораторных и полевых условиях.

Заметим, что применение кислотных флюсов дает более чистую пайку и, кроме меди, позволяет паять многие другие металлы, в том числе и сталь. Однако после пайки с кислотными флюсами, во избежание коррозии металла, пайки должны быть обязательно промыты горячей и холодной водой. По этой причине пайка с кислотными флюсами в РЭА не разрешается.

В качестве мягких припоев применяются различные сплавы на основе олова и свинца, содержание которых в припое определяет его электрические и физико-химические свойства. Некоторые мягкие припои содержат присадки сурьмы, серебра, висмута, кадмия и других металлов. Серебро и сурьма повышают, а висмут и кадмий понижают температуру плавления и затвердевания припоя. Серебро задерживает снижение прочности припоя при старении паяного соединения. Сурьма увеличивает прочность припоя, но делает припой более хрупким и ухудшает его растекание по меди. Механическая прочность припоя повышается с увеличением содержания в нем олова. Однако олово является дефицитным цветным металлом и в чистом виде для пайки не применяется. Другой причиной этого является подверженность чистого олова так называемой «оловянной чуме», которая наблюдается при длительном воздействии на олово температуры ниже 5°C и проявляется в резком увеличении его объема (в связи с превращением при этом проводникового белого олова в полупроводниковое серое) с последующим рассыпанием в порошок. Наибольшее применение при ремонте РЭА и непромышленном изготовлении различных радиоизделий получили оловянно-свинцовые припои (типа ПОС), представляющие собой сплавы олова и свинца с присадкой сурьмы. Электропроводность таких припоев повышается с увеличением содержания олова, а теплопроводность обратно пропорциональна концентрации олова.

Припои ПОС-18 и ПОС-30 применяются для пайки и лужения различных не токопроводящих деталей из меди и ее сплавов, из серебра, золота и платины. В качестве флюса можно использовать высококачественную канифоль желательного высших сортов (гарпиус) светло-желтого цвета.

Однако использование кусковой канифоли неопытным монтажником, как правило, не позволяет получить пайку высокого качества. Поэтому, рекомендуется флюс, представляющий собой раствор канифоли (30%) в этиловом спирте (70%) или раствор канифоли (28%) и глицерина (2%) в этиловом спирте. В качестве заменителя этилового спирта можно использовать денатурированный, метиловый или изопропиловый спирт.

Припой ПОС-40 применяется для лужения токопроводящих жил проводов, коаксиальных кабелей, кабельных наконечников, контактных лепестков, а также для пайки большинства монтажных соединений, допускающих их нагрев паяльником до 280°C. Данный припой применяют при ремонте РЭА для так называемой ступенчатой пайки с целью замены неисправной детали, когда вблизи мест спая раньше (при изготовлении РЭА) производилась пайка припоями с более высокой температурой плавления. Флюс – тот же, что и для припоев ПОС-18 и ПОС-30.

Припой ПОС-61 применяют для тех же целей, что и ПОС-40, но когда окружающие место пайки детали не допускают нагрева свыше 230°C. Кроме того, он применяется для пайки навесных деталей печатных схем и подводящих проводников к ним. Существует модификация данного припоя – припой ПОС-61М, в который вводятся добавки меди (1,2–2%) за счет соответствующего уменьшения содержания в припое свинца. Заметим, что состав приведенных выше и остальных припоев может различными их предприятиями-изготовителями в небольших пределах (доли или единицы процентов) изменяться. Флюс для данных припоев – тот же. Припой ПОС-61 и ПОС-61М можно применять для монтажа интегральных схем на печатной плате, если технические условия на интегральную схему допускают применение этих припоев. В практике монтажа находят применение и легкоплавкие припои, которые, наряду со своим специфическим назначением, могут использоваться и для пайки на печатных платах интегральных схем. Приведем данные некоторых из таких припоев.

Припой ПОК-56 используют для лужения и пайки жил и экранов высокочастотных кабелей, выводов полупроводниковых приборов и других соединений, допускающих нагрев не выше 140°C.

Данный припой может применяться с несколькими флюсами; парафином; стеарином; смесью стеарина (30%) с парафином (70%); раствором канифоли (90%) в спирте (10%).

Припой ПОСВ-33 применяют для пайки плавких предохранителей (из меди, латуни, константана), а также для лужения и пайки изделий, допускающих нагрев не выше 140–150°C.

Припой ПОСК-50 применяют при пайке проводов к арматуре стеклянных изоляторов. Кадмиевый и висмутовый припои находят преимущественное применение для пайки внешних проводников и навесных деталей к печатным платам. Для кадмиевого припоя применяют флюсы: смесь стеарина (30%) и парафина (70%); раствор канифоли (90%) в спирте (10%). Висмутовый припой применяют с одним из следующих флюсов: смесь глицерина (50–70%), полиокса-100 (48–24%) и гидразина солянокислого (2–6%) или смесь глицерина (58–60%), полиокса-100 (37%) и диэтиламина солянокислого (3–5%). Для улучшения качества и ускорения пайки широко применяются трубчатые припои с канифольным наполнителем. Припой представляет собой трубку из оловянно-свинцового сплава диаметром порядка 1,5–2 мм, внутренняя полость, которой заполнена канифолью; масса канифоли составляет 2–3% от общей массы припоя. В простейшем случае внутренняя полость имеет в поперечном сечении круглую форму. Однако такой конструкции припоя присущи недостатки, заключающиеся в возможности преждевременного вытекания и испарения флюса, а также в возможных перерывах в подаче флюса к месту пайки.

В заключение заметим, что качество соединений в процессе пайки в значительной степени зависит и от индивидуальных особенностей монтажника, от его квалификации.

1.5. Паяльные работы

Для того чтобы качественно выполнить пайку, необходимо детали и проводники соответствующим образом подготовить. Подготовка деталей к пайке состоит в выпрямлении их выводов, зачистке и лужении выводов.

Заводы-изготовители выпускают детали РЭА с облуженными или посеребренными выводами для облегчения в последующем их пайки. Провода, предназначенные для монтажа РЭА, обычно также выпускаются с лужеными жилами. Однако в ряде случаев перед монтажом приходится подвергать и эти детали лужению, для того чтобы ускорить пайку и улучшить качество монтажа.

Лужение представляет собой процесс нанесения тонкого слоя чистого олова или припоя на соответствующее место детали или провода. Если детали или провода хорошо залужены, они будут спаяны легко и прочно. В практике монтажа встречаются случаи, когда проводник, заведенный за лепесток и запаянный, внешне не вызывает никаких сомнений в прочности пайки. Но если проводник покачать, то оказывается, что он в припое «шатается». Это происходит потому, что монтажник не подготовил к пайке проводник, не залудил его, а поэтому припой смочил лишь одну спаиваемую часть соединения и не пристал к другой его части. Если проводник или вывод детали, ранее заводом-изготовителем залуженные или посеребренные, покрыты налетом окислов, то их перед пайкой необходимо зачистить и залудить. Зачистку следует производить непосредственно перед пайкой. Если зачистка проводников и выводов деталей производилась ранее (например, за день до пайки), то можно с уверенностью сказать, что зачищенные места окисляются, и лужение их без дополнительной зачистки будет затруднено.

Прежде чем приступить к монтажу, необходимо все выводы деталей выпрямить и зачистить. Зачистку можно производить ножом в направлении от корпуса детали к концу вывода (к концу провода). Если выводы детали не подвержены коррозии, то их зачищать не следует. Лужение производится паяльником или в специальной ванночке с расплавленным припоем.

При лужении горячий паяльник опускают в канифоль, а затем, прикасаясь к припою, расплавляют его. После этого на рабочей части паяльника оказывается небольшое количество припоя, который вместе с ранее взятой канифолью переносится к месту лужения. Прикасаясь плоской частью паяльника к выводу детали или проводнику, разогревают его, после чего припой с паяльника растекается по поверхности залуживаемого места. Для того чтобы деталь или провод покрывались припоем равномерно, их следует поворачивать. Выводы деталей следует залуживать не по всей их протяженности, не ближе 8–12 мм от корпуса детали. В противном случае возможен перегрев детали, приводящий к изменению ее электрических характеристик или к ее порче. Это замечание, в первую очередь, относится к керамическим конденсаторам и к другим деталям, выводы которых припаяны к напыленным слоям серебра. При залуживании необходимо следить за тем, чтобы на паяльнике было достаточное количество припоя и флюса.

Если монтажник пользуется канифолью, растворенной в спирте (или в другом растворителе), то залуживание паяльником производится так же, как и в предыдущем примере, с той лишь разницей, что вывод залуживаемой детали или конец монтажного провода предварительно опускаются в баночку с жидким флюсом, после чего прикасаются паяльником с припоем к месту лужения. Если залуживанию подлежат клеммы или лепестки на сборочной единице, то жидкий флюс следует наносить кисточкой или палочкой с тампоном.

При большом количестве деталей и проводов их лужение целесообразно проводить в ванночке с расплавленным припоем, что позволит экономить время лужения. Ванночку и баночку с флюсом располагают так, чтобы имелась возможность правой рукой опустить залуживаемую часть детали во флюс, а затем в ванночку с расплавленным припоем. Когда вывод детали (или проводник) прогреется и покроется припоем, деталь извлекается из ванночки и резким движением руки встряхивается или протирается тряпкой, взятой в левую руку. Это делается для того, чтобы снять лишний припой и облегчить в дальнейшем заводку выводов детали на соответствующие контакты в схеме изделия. Выводы деталей следу-

ет опускать в ванночку так, чтобы, как и в предыдущем случае, их залуживать не ближе 8–20 мм от корпуса детали.

Если залуживаемые детали (например, лепестки) имеют отверстия для пропускания через них монтажных проводов или выводов деталей, следует обращать внимание (независимо от способа залуживания) на то, чтобы эти отверстия не были залиты припоем. Это достигается встряхиванием детали или снятием не застывшего припоя тряпкой. Расплавленный в ванночке припой, подвергаясь воздействию кислорода воздуха, покрывается пленкой окиси, загрязняющей детали при их лужении. Для уменьшения окисления припоя рекомендуется на его поверхность насыпать слой толченого древесного угля толщиной 3–5 мм. Это приводит к уменьшению расхода припоя (или, как говорят, его «угара») и к повышению качества лужения. Свинцовые пары, выделяемые расплавленным припоем, вредно влияют на дыхательные пути работающих. Поэтому пользование ванночкой при большом количестве залуживаемых деталей допустимо только в помещении, оборудованном приточновытяжной вентиляцией или в вытяжном шкафу.

Одновременно с подготовкой деталей иногда производится заготовка монтажных проводов. Например, можно заранее заготовить из одножильного посеребренного провода диаметром 1–2 мм различные перемычки для соединения контактов переключателей, различных клемм и т.д.

Если монтажнику (после размещения на шасси сборочных единиц и крупных деталей) уже известны количество и длина монтажных проводников, он может их подготовить, т.е. нарезать, зачистить и залудить с обоих концов. Особенно это касается высокочастотных кабелей, имеющих легкоплавкую внутреннюю изоляцию (полиэтилен и др.). Такие кабели, как правило, следует предварительно залуживать, причем это относится как к центральной их жиле, так и к экранирующей оболочке. Когда коаксиальный кабель еще не уложен в шасси, его жилу можно легко залудить, не повредив при этом изоляции. После предварительного залуживания заведенная на лепесток или другой контакт жила кабеля значительно быстрее запаивается, требуя меньшего времени для прогрева, в результате чего изоляция кабеля не плавится. Запаива-

ние же такого кабеля в незалуженном состоянии ведет к дополнительному перегреву центральной жилы, а это может привести к расплавлению и порче внутренней изоляции.

Целесообразно также до установки на шасси предварительно залуживать высокочастотные разъемы и другие элементы с легкоплавкой изоляцией, несмотря на то, что их выводы почти всегда бывают предварительно посеребрены. При залуживании выводов деталей с легкоплавкой изоляцией монтажником с недостаточным опытом следует охлаждать детали, смоченным в воде тампоном.

После того как выводы деталей залужены, сами детали нужно подготовить для надежного механического закрепления на лепестках или контактах монтируемого изделия.

У аппаратуры, которая в процессе эксплуатации подвергается вибрациям и тряске, механическое закрепление деталей и проводников перед пайкой является обязательным. Однако и в РЭА, работающей в стационарных условиях, такое закрепление не является лишним, ибо оно обеспечивает надежный электрический контакт между отдельными элементами изделия.

Если проводник предварительно не закреплен на выводном лепестке или контакте той или иной детали (сборочной единицы), а припаян «встык» или «внакладку», то при тряске и вибрациях он может отваливаться из-за невысокой твердости припоя (рис. 1.16). При пайке «встык» часто отламывается припой, даже если он хорошо пристал как к проводнику, так и к выводу (контакту) детали, если же проводник правильно закреплен и хорошо пропаян припоём, то соединение будет механически прочным.

В этом случае припой служит только для обеспечения хорошей электропроводности между спаиваемыми деталями, а прочность пайки зависит от закрепления детали (или проводника) на контакте.

Многие детали и сборочные единицы, употребляемые при монтаже аппаратуры, имеют специальные выводные контакты в виде лепестков, круглых проволочных или точечных контактов. Широко также применяются специальные монтажные платы с контактными штырьками или лепестками. Помимо этого при монтаже применяются различные изолированные от корпуса изделия опорные точки

с лепестками, а также отдельные лепестки, предназначенные для соединения с корпусом проводников или выводов деталей.

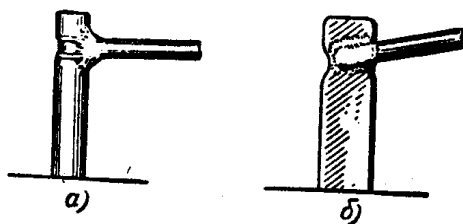


Рис 1.16. Образцы правильной пайки: *а* – пайка «стык»; *б* – пайка «внакладку»

В монтажных лепестках предусматриваются одно или два отверстия небольшого диаметра. Один конец проводника следует продеть в отверстие при помощи плоскогубцев или пинцета, обогнуть его вокруг лепестка и крепко на лепестке обжать (рис. 1.17, *а*). Лишний конец провода откусывается кусачками, после чего соединение готово к пайке. Если на лепесток нужно завести не один, а несколько проводников, то следует каждый из них в отдельности пропустить в отверстие лепестка, обогнуть вокруг него и обжать. Если монтируется изделие, которое в процессе эксплуатации будет установлено неподвижно, и не будет подвергаться тряске и вибрациям, то можно применить способ закрепления проводников, показанный на рис. 1.17, *б*.

Иногда в процессе размещения деталей и сборочных единиц на шасси оказывается целесообразным проложить земляную шину, чтобы удобнее осуществлять предусмотренное схемой устройство соединения проводников и деталей с корпусом.

Такую шину обычно изготавливают из толстого посеребренного провода. Проводники или детали никогда не следует припаивать к шине встык или внакладку. Нужно обязательно перед пайкой проводник обернуть один раз вокруг шины и обжать на ней. Если провод имеет такой же диаметр, как и шина, то на его конце нужно согнуть полукольцо примерно такого же диаметра, после чего надеть его на шину и обжать.

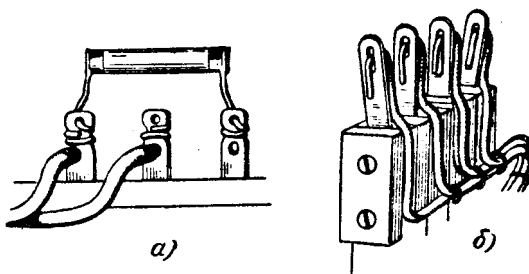


Рис. 1.17. Способы закрепления проводников на лепестках и контактах:
а – проводник пропущен в отверстие лепестка и обогнут вокруг него;
б – проводник пропущен в отверстии лепестка и уложен вдоль него

В практике монтажных работ с использованием отдельных деталей и проводов круглого сечения применяются несколько способов размещения мелких деталей:

- планочный монтаж, когда все мелкие детали (резисторы, конденсаторы и др.) размещаются на отдельных монтажных планках;
- беспланочный монтаж, при котором упомянутые детали размещаются на специальных опорных точках и лепестках крупных деталей, жестко закрепленных на шасси изделия;
- смешанный монтаж, являющийся сочетанием двух предыдущих способов.

Монтажные планки могут иметь различные размеры, для их изготовления используют гетинакс или стеклотекстолит.

На планках (рис. 1.18) монтируются штырьки, которые чаще всего к планкам крепятся развальцовкой, или лепестки, обычно прикрепляемые к планкам с помощью заклепок. Конструкция таких штырьков и лепестков может быть самой различной и некоторые их разновидности показаны на рис. 1.19.

Штырьки и лепестки чаще всего изготавливаются из латуни и для предохранения от коррозии они серебрятся или лудятся.

Монтажник должен продумать расположение мелких деталей на монтажных планках. Прежде чем закрепить детали, следует сделать несколько эскизов на бумаге для того, чтобы найти наивы-

годнейшее их расположение. Число монтажных планок в изделии зависит от количества мелких деталей. Планки следует размещать на шасси таким образом, чтобы провода от расположенных на планках деталей к другим элементам схемы были по возможности короче. Следует на планках разносить дальше друг от друга детали и провода входных и выходных цепей каждого каскада монтируемого устройства. Однако не всегда можно выносить мелкие детали на планки. В высокочастотных цепях устройства резисторы и конденсаторы следует располагать как можно ближе к электронным приборам, к конденсаторам переменной емкости и т.д.

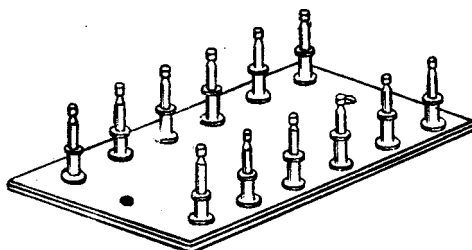


Рис. 1.18. Монтажная планка со штырьками

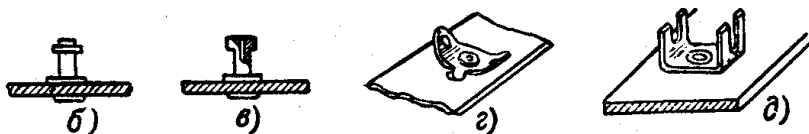


Рис. 1.19. Конструкция штырьков и лепестков, применяемых на монтажных планках: *а* – штырек с двумя проточками; *б* – штырек с одной проточкой; *в* – штырек с одной проточкой и сквозным отверстием; *г* – лепесток с двумя отверстиями; *д* – лепесток с двумя пазами

Монтаж планки должен начинаться с механического закрепления всех необходимых перемычек и проводов для заземления. После установки перемычек производится закрепление проводов, соединяющих монтажную планку с другими деталями и узлами изделия, а затем закрепляют резисторы и конденсаторы. Механическое закрепление этих деталей и проводов нужно начинать с одно-

го из крайних контактов, слева направо. После закрепления провода или детали на контакте производится пайка соединения. После пайки на свободный конец провода навешивается «бирка», на которой отмечается, к какой детали или узлу (или сборочной единице) этот провод должен быть подсоединен. Затем производится закрепление деталей и проводов на следующих контактах той же стороны монтажной планки. После окончания монтажа на контактах одной стороны монтажной планки она поворачивается к монтажнику незапаянными контактами. Существует определенное правило расположения и пайки проводов и выводов деталей к штырькам и лепесткам монтажных планок. Это правило иллюстрируется рис. 1.20.

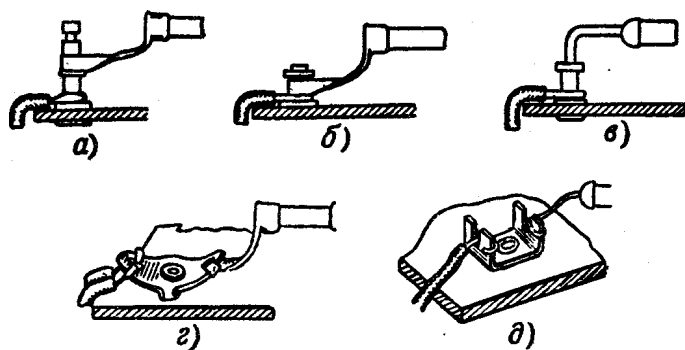


Рис. 1.20. Правила закрепления проводов и выводов деталей на штырьках и лепестках монтажных: *а* – на штырьке с двумя проточками; *б* – на штырьке с одной проточкой; *в* – на штырьке с одной проточкой и сквозным отверстием; *г* – на лепестке с двумя отверстиями; *д* – на лепестке с двумя пазами

На штырек, имеющий две проточки (рис. 1.20, *а*), провод следует припаивать на нижнюю проточку, а вывод детали – на верхнюю.

Если сделать наоборот, т.е. провод припаять сверху, а деталь – внизу, то замена детали, если она окажется неисправной, будет затруднена и при такой замене можно будет повредить изоляцию провода. На штырек, имеющий одну проточку (рис. 1.20, *б*), следует закреплять сначала провод, опустив его в самый низ проточ-

ки, а затем уже выводы деталей. Если имеется штырек с проточкой и сквозным отверстием (рис. 1.20, в), то сначала закрепляется в проточке и паяется провод, а затем вставляется в проточку и паяется вывод детали.

Если на планке прикреплен лепесток (рис. 1.20, г, д), имеющий на своих концах отверстия или пазы, то в одно отверстие или паз следует заводить, закреплять и паять провод, а в другое – вывод детали.

После закрепления на всех контактах планки деталей и проводов проверяется правильность соединений, они паяются с последующей промывкой паек. Затем производится укладка и вязка в жгут монтажных проводов. Укладка проводов начинается с того, что каждый провод в соответствии с обозначением на его бирке изгибается и направляется в ту сторону изделия, где расположены деталь, узел или сборочная единица, к которым данный провод должен быть присоединен. Когда все провода будут разобраны и направлены в соответствующие стороны, их нужно в нескольких местах подвязать нитками, чтобы они к моменту монтажа в изделие не были перепутаны. Использование разноцветных монтажных проводов существенно облегчает работу и позволяет уменьшить вероятность ошибочных соединений.

Если известно, что при дальнейшей работе провода от монтажной планки должны увязываться с другими проводами монтажа изделия, то отдельно вязку проводов монтажной планки делать не следует, так как потом они уложатся и увяжутся одновременно с проводами общего жгута изделия. После вязки проводов планка устанавливается в изделие для дальнейшего монтажа.

Основной недостаток, связанный с использованием монтажных планок, заключается в том, что при горизонтальном расположении на шасси они занимают много места, а при вертикальном размещении – требуют шасси с довольно глубоким поддоном.

В тех случаях, когда габариты изделия ограничены и на его шасси нет возможности разместить монтажные планки, применяют второй способ монтажа. При этом небольшие детали (резисторы, конденсаторы) размещают как бы на весу между опорными точками или между лепестками сборочных единиц.



Рис. 1.21. Конструкция некоторых опорных точек, применяемых для закрепления и пайки на них проводов и выводов деталей

Опорная точка (рис. 1.21) представляет собой залуженный или посеребренный штырь или лепесток, укрепленный на подставке или планке из пластмассы или другого изоляционного материала. Подставка или планка, в свою очередь имеют металлическую втулку с резьбой или угольник, при помощи которых опорная точка винтом крепится к шасси. Иногда опорные точки помещаются в отверстия шасси и развальцовываются в этих отверстиях.

Приступая к монтажу, необходимо учитывать, что часто в распоряжении монтажника имеется шасси сравнительно небольших размеров, а количество деталей, которые следует разместить на нем, может быть значительным. В связи с этим необходимо особенно строго соблюдать последовательность монтажа. В первую очередь необходимо прокладывать и размещать те провода и детали, которые позднее проложить и разместить будет затруднительно. Начинать следует с прокладки всех «земляных» проводов, т.е. соединить проводом согласно принципиальной схеме все необходимые элементы с «землей» – корпусом шасси.

Существуют различные способы заземления. Наиболее удобными и надежными являются соединения со специальными высечками на шасси (рис. 1.22). Однако в лабораторных или полевых условиях сделать такие высечки трудно. Кроме того, в подавляющем большинстве случаев для монтажа или для заземления РЭА используются шасси из алюминиевых проводов или сплавов и залудить такую высечку не имея ультразвукового паяльника, весьма сложно.

Если по каким-либо причинам, например, из-за большого количества деталей и проводов, подлежащих заземлению, поставить для каждого заземления отдельно лепесток затруднительно, то

применяют упоминавшуюся выше специальную земляную шину (рис. 1.23). С этой целью на шасси ставятся несколько заземленных лепестков и соединяют их между собой голым посеребренным проводом диаметром 1,5–2 мм. На этот провод – земляную шину и крепят выводы деталей и провода, подлежащие заземлению в соответствии с принципиальной схемой монтируемого изделия.

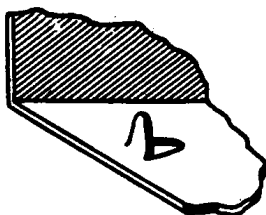


Рис. 1.22. Высечка на шасси для заземления провода

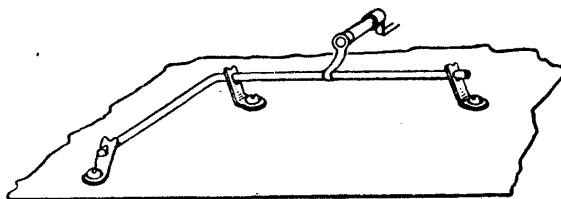


Рис. 1.23. Установка и монтаж шины для заземления проводов и выводов деталей

Если нет возможности разместить, например, резистор и конденсатор (включенные по схеме параллельно) на разных опорных точках, то их размещают друг над другом между двумя опорными точками. При этом резистор нужно располагать над конденсатором, ибо в противном случае возможно (при тряске и вибрациях) замыкание резистора на корпус изделия. Конденсаторы обычно имеют хорошую изоляцию и такие замыкания исключаются. Детали, монтируемые между двумя опорными точками, нужно располагать в центре между ними с тем, чтобы оба вывода деталей имели одинаковую длину. И, наконец, детали между опорными точками нужно монтировать так, чтобы была возможность прочесть нанесенные на детали данные (номинал, допуск и др.).

Третий, смешанный способ монтажа, при котором детали располагаются как на монтажных планках, так и на опорных точках и лепестках сборочных единиц, применяется в тех случаях, когда габариты шасси не позволяют применить достаточного для размещения всех деталей количества монтажных планок. Кроме того, смешанный способ монтажа целесообразно применять и тогда, когда из-за конструктивных причин монтажные планки оказываются удаленными от крупных узлов схемы, чтобы исключить нежелательное удлинение проводов.

В таких случаях на монтажных планках размещают только детали, относящиеся к цепям постоянного тока или низкой частоты. Все остальные детали размещаются около высокочастотных узлов на опорных точках.

В ряде устройств находят применение переключатели с одной или несколькими платами. Подсоединение проводов к ним и установку перемычек следует производить отдельно, до установки переключателя в изделие, ибо в противном случае почти всегда такое подсоединение выполнить невозможно.

Монтаж переключателя надо начинать с механического закрепления перемычек на лепестках в соответствии с принципиальной схемой устройства (рис. 1.24).

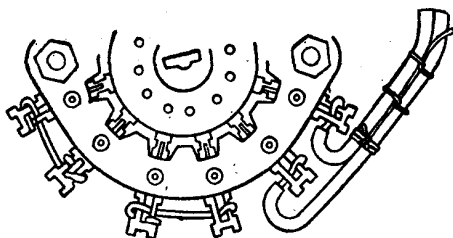


Рис. 1.24. Закрепление перемычек и проводов на плате переключателя

Закрепив перемычки, монтажник переходит к следующей операции – закреплению проводов отходящих от переключателя к другим цепям изделия. Пайка проводов производится по мере их закрепления на лепестках переключателя. На свободный конец провода рекомендуется навешивать бирку с обозначением на ней

схемного номера узла и номер контакта, к которому этот провод должен быть присоединен. Это значительно облегчает последующий монтаж изделия. Закончив присоединение проводов к лепесткам, пайку и отметив их бирками, можно переходить к укладке и вязке проводов в жгут.

На многоплатном (многогалеетном) переключателе укладку и вязку проводов нужно производить сначала на каждой плате (галеете), направляя провода к стягивающим переключатель шпилькам. После укладки и вязки проводов на каждой плате переключателя они укладываются и увязываются в общий жгут (рис. 1.25).

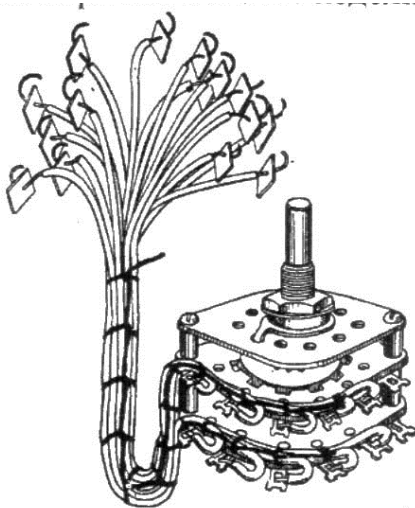


Рис. 1.25. Укладка и вязка монтажных проводов на многоплатном переключателе

Для удобства укладки и вязки проводов рекомендуется ось переключателя зажать в тиски. Чтобы для ремонта или других целей переключатель легко мог быть снят, необходимо предусмотреть шлейф (запас) жгута. После окончания монтажа переключателя необходимо промыть все пайки: проверить правильность фикса-

ции и наличие соединения между подвижными и неподвижными контактами. Только после такой проверки переключатель можно устанавливать в изделие для дальнейшего монтажа. Последующие укладка и вязка проводов могут производиться непосредственно в изделии. В тех случаях, когда провода переключателя не должны вязаться с другими монтажными проводами, они могут быть уложены, согнуты и связаны в жгут отдельно, до установки переключателя в изделие.

При промышленном изготовлении РЭА соединение монтажных проводов, деталей и сборочных единиц производится с помощью различных видов пайки и сварки. Однако при изготовлении аппаратуры в лабораторных и полевых условиях практически всегда используется только пайка.

Пайка осуществляется путем термического воздействия на место соединения с помощью специальных нагревателей – паяльников с использованием припоя и флюса. Существуют паяльники периодического и непрерывного нагрева.

Паяльники периодического нагрева наиболее просты по конструкции и их нагрев производится либо в печи, либо паяльной лампой. Однако такие паяльники крайне неудобны для пайки РЭС и поэтому для данной цели могут применяться только в крайнем случае, например, при экстренном ремонте, когда других средств пайки под рукой у обслуживающего персонала не оказалось.

Паяльники непрерывного нагрева имеют встроенный нагреватель, питаемый от сети электрического тока. Их часто называют электропаяльниками.

Конструктивное выполнение электропаяльников может быть самым разнообразным. Некоторые их разновидности представлены на рис. 1.26. Нагреватель обычно изготавливают из нихромовой проволоки. Из соображений техники безопасности при монтажных работах электропаяльник должен включаться в сеть напряжением не более 36 В. Если в распоряжении работающего имеется электропаяльник на более высокое напряжение, то он должен включаться в сеть через трансформатор (рис. 1.26, з). И лишь только опытный монтажник, твердо знающий правила и меры электробезопасности, может пользоваться электропаяльни-

ком, непосредственно включенным в бытовую электрическую сеть. Применение импульсных электропаяльников снижает расход электроэнергии, однако, они в практике эксплуатации РЭУ встречаются редко.

При промышленном изготовлении РЭА применяются и более совершенные электропаяльники, способствующие повышению производительности труда к ним относятся паяльники с автоматическим регулятором температуры, паяльники, в которых автоматизированы регулировка температуры и подача припоя и др.

Один и тот же электропаяльник нельзя считать пригодным для выполнения разнообразных паяк в РЭА (например, для пайки кабелей, проводов, отдельных деталей, печатных и интегральных схем). Масса стержня электропаяльника должна соответствовать сечению паяемого провода или вывода детали.

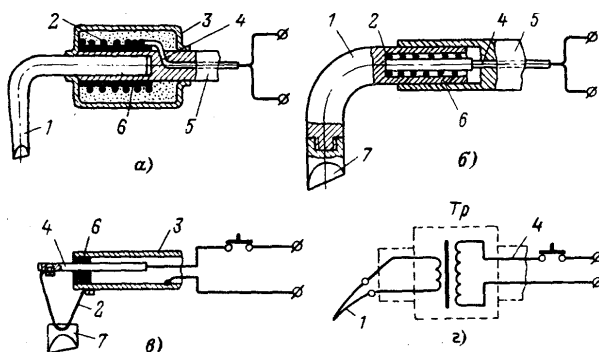


Рис. 1.26. Разновидности электропаяльников: а – паяльник с внешним обогревом; б – паяльник с внутренним обогревом; в – импульсный паяльник; г – паяльник с трансформатором. 1 – медный стержень; 2 – нагреватель из нихромовой проволоки; 3 – кожух; 4 – выводы; 5 – корпус; 6 – слюдяная или асбестовая изоляция; 7 – наконечник

Перед началом пайки рабочая часть стержня электропаяльника должна быть залужена и иметь ровную поверхность. Если паяльник новый и еще не применялся для пайки, то рабочей части его стержня необходимо придать форму, показанную на рис. 1.27. Это нужно для того, чтобы припой мог легче стекать в спаиваемое ме-

сто. Чтобы рабочая часть паяльника была более стойкой к образованию на ней раковин, рекомендуется стержень паяльника отковать или, как говорят, «оттянуть» его. Отковывание производится 300–400-граммовым слесарным молотком на наковальне или на массивной стальной (чугунной) плите в холодном или горячем состоянии.

Если после опиловки рабочей части стержня электропаяльника драчевым напильником на ней остались глубокие следы обработки, их рекомендуется удалить с помощью личного напильника. Когда рабочая часть стержня аккуратно запиленна, она дольше сохраняется от образования на поверхности раковин, затрудняющих отекание припоя и замедляющих процесс пайки.

После запиловки стержня его рабочую часть следует залудить. Это делается следующим образом: паяльник включается в электрическую сеть и как только он нагреется до температуры плавления канифоли, рабочую часть стержня следует приложить к куску канифоли и покрыть слоем канифоли для предохранения запиленной части стержня от окисления. Во время нагрева паяльника рабочую часть его стержня следует покрыть канифолью несколько раз, так как канифоль частично стекает и выгорает. Следует обращать внимание на недопустимость перегрева электропаяльника перед очисткой его канифолью, так как канифоль лучше всего растворяет окислы меди при температуре около 150°C. Когда паяльник нагреется до температуры плавления припоя, следует приложить плоскость рабочей части стержня к прутку припоя, и если плоскость не покрыта слоем окиси, припой распределяется на ней тонким слоем. Если припой пристал к рабочей части стержня не везде, нужно ее очистить от окиси опусканием в канифоль. Полуда предохранит стержень паяльника от окисления на все время работы с ним до следующей запиловки, которую нужно производить, когда на рабочей части стержня появятся раковины. Такие раковины образуются в результате длительного нагрева, во время которого медь стержня растворяется в припое.

Если монтажник невнимательно отнесется к процессу залуживания стержня паяльника после запиловки и вовремя не опустит в канифоль его рабочую часть, то она покроется темно-синим нале-

том и не будет подвергаться залуживанию. Для того чтобы залудить перегретый паяльник, необходимо его выключить из сети, вновь запилить стержень, после чего паяльник включить в сеть, нагреть и своевременно стержень залудить.

После подготовки паяльника к пайке он остается включенным в электрическую сеть на все время работы. На находящемся в горячем состоянии стержне образуется нагар, который необходимо время от времени со стержня счищать. Не снятый своевременно нагар загрязняет пайку и затрудняет плавление припоя на стержне. Паяльник, как говорят, «не берет» припоя. Нагар с рабочей части стержня лучше всего снимать путем ее опускания в канифоль. При этом достигается и другая цель: на рабочей части остается канифоль в виде мелких кипящих капелек, которая будет способствовать растеканию припоя по рабочей части стержня во время пайки.

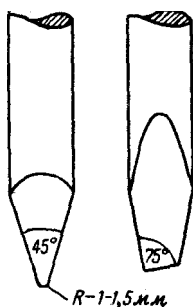


Рис. 1.27. Рекомендуемая форма запиловки рабочей части стержня паяльника

При работе паяльника на неработающей части его стержня образуется окалина. Своевременно не снятая окалина, осыпаясь, загрязняет канифоль и может попадать в монтируемое изделие. Снятие окалины лучше всего осуществлять прикосновением всего стержня к куску канифоли. Поэтому желательно иметь два куска канифоли: один для очистки стержня паяльника, а другой – для выполнения самой пайки. В этом случае попадание с канифолью нагара и окалины в место пайки почти исключено, а пайка получается чистой и ровной.

Процесс пайки заключается в том, что при помощи ранее залуженного паяльника расплавленный припой переносится на место пайки, которое предварительно покрывается, например, при помощи Кисточки разведенной в спирте канифоли. Канифоль на место пайки можно наносить и при помощи паяльника, что часто опытные монтажники и делают. Для этого рабочей частью стержня касаются куска канифоли и быстро вместе с припоем переносят капельки расплавленной канифоли на место пайки. Оптимальное время пайки, как указывалось выше, обычно составляет 3–5 с. Если паяльником первоначально взято недостаточное для пайки количество припоя, то припой в спаиваемое место добавляется при помощи паяльника тем же способом.

Следует стремиться делать пайку экономично, т. е. с наименьшей затратой припоя, ибо если спаиваемое место залито большим количеством припоя, это не сообщает пайке дополнительной прочности. Пайка должна быть выполнена так, чтобы из-под припоя были видны контуры заведенных проводников на лепестке или контакте детали.

Выполнив пайку, монтажник должен ее промыть, т.е. удалить с поверхности пайки и вокруг нее остатки канифоли и ее паров, оседающих в виде белого налета. Промывка производится кисточкой или чаще всего тряпочкой, намотанной на губки пинцета и смоченной в растворителе – спирте, скипидаре или денатурированном спирте. После промывки пайка приобретает чистый и блестящий вид.

Требуемый температурный режим электропаяльника обычно подбирается опытным путем посредством регулировки напряжения, подаваемого на него с помощью, например, автотрансформатора.

1.6. Правила и меры безопасности при электромонтажных работах

При выполнении монтажных работ курсанту приходится иметь дело и с высоким напряжением, горячими предметами, и с агрессивными химическими веществами.

Для предохранения от поражения высоким напряжением запрещается выполнять электромонтажные работы в работающей аппаратуре (особенно с высоковольтными транзисторами и тиристорами). Снятие статического заряда обеспечивается с помощью заземляющего браслета. Можно использовать металлический браслет от часов, соединенный с проводом заземления через резистор сопротивлением 1 МОм.

Необходима аккуратность и осторожность при работе с горячим паяльником, инструментами, кислотами и щелочами.

При работе с электрическим паяльником надо соблюдать следующие правила:

- курсанты, занятые пайкой паяльником, должны обеспечиваться средствами индивидуальной защиты;

- работы с вредными и взрывопожароопасными веществами при нанесении припоев, флюсов, паяльных паст, связующих и растворителей должны проводиться при действующей общеобменной и местной вытяжной вентиляции. Системы местных отсосов должны включаться до начала работ и выключаться после их окончания. Работа вентиляционных установок должна контролироваться с помощью световой и звуковой сигнализации, автоматически включающейся при остановке вентиляции;

- воздухоприемники местных отсосов должны крепиться на гибких или телескопических воздуховодах, способных перемещаться в процессе пайки паяльником к месту пайки. При этом должна быть обеспечена надежная фиксация положения воздухоприемников;

- паяльник должен проходить проверку и испытания в сроки и объемах, установленных технической документацией на него;

- кабель паяльника должен быть защищен от случайного механического повреждения и соприкосновения с горячими деталями;

- рабочие места обжига изоляции с концов электропроводов (жгутов) должны быть оборудованы местной вытяжной вентиляцией. Работа по обжигу изоляции без применения курсантами защитных очков не допускается;

- для местного освещения рабочих мест при пайке паяльником должны применяться светильники с непросвечивающими отража-

телями. Светильники должны располагаться таким образом, чтобы их светящие элементы не попадали в поле зрения;

- устройство для крепления светильников местного освещения должно обеспечивать фиксацию светильника во всех необходимых положениях. Подводка электропроводов к светильнику должна находиться внутри устройства. Открытая проводка не допускается;

- на участках приготовления флюсов должны быть водопроводный кран с раковиной и нейтрализующие жидкости для удаления паяльных флюсов, содержащих фтористые и хлористые соли, в случаях их попадания на кожу.

- для предупреждения курсантов о возможности поражения электрическим током на участках пайки паяльником должны быть вывешены предупредительные надписи, плакаты и знаки безопасности, а на полу положены деревянные решетки, покрытые диэлектрическими ковриками;

- рабочие поверхности столов и оборудования на участках пайки паяльником, а также поверхности ящиков для хранения инструментов должны покрываться гладким, легко очищаемым и обмываемым материалом;

- использованные при пайке паяльником салфетки и ветошь должны собираться в специальную емкость, удаляться из помещения по мере их накопления в специально отведенное место;

- курсант, занятый пайкой паяльником, немедленно извещает своего непосредственного или вышестоящего командира (начальника) о любых ситуациях, угрожающих жизни и здоровью людей, о каждом несчастном случае, происшедшем на производстве, или об ухудшении состояния своего здоровья, в том числе о проявлении признаков острого профессионального заболевания (отравления);

- курсанту, занятому пайкой паяльником, необходимо пройти обучение приемам оказания первой помощи при несчастных случаях.

Если вы подверглись кратковременному удару током, необходимо прекратить работу до восстановления нормального состояния (прекращения головокружения, исчезновения зрительных и слуховых галлюцинаций и т.п.). При сильном поражении током

пострадавший, как правило, не в состоянии оторваться от токоведущего провода. В этом случае надо возможно быстрее, строго соблюдая при этом правила личной безопасности, выключить ток, сделать пострадавшему искусственное дыхание, расстегнуть одежду, поднести к носу кусочек ваты, смоченной нашатырным спиртом, или sprыснуть лицо холодной водой и немедленно вызвать врача.

Относительно безопасным является напряжение не свыше 40 В. Поэтому для производства монтажных работ следует применять электропаяльники, питаемые напряжением 18–36 В от понижающего трансформатора.

Следует тщательно следить за исправностью шнура, подводящего напряжение сети к паяльнику, на осветительную арматуру, не допуская при этом порчи изоляции проводов во вращающихся частях арматуры, что может привести к пробое изоляции и попаданию напряжения на металлические части арматуры. Неосторожное прикосновение к такой арматуре может вызвать электротравму.

Проводка к сетевым розеткам должна быть исправна, и не иметь оголенных от изоляции токоведущих жил. Провода, подводящие напряжение на осветительную арматуру и на понижающий трансформатор, должны быть заключены в изоляционную трубку, заделанную в исправную штепсельную вилку. Не допускается включение в сетевые розетки каких-либо проводов без штепсельных вилок.

При выключении шнуров со штепсельными вилками из сетевых розеток браться за вилку, а не тянуть за шнур, что может привести к короткому замыканию сети или к электротравме работающего вследствие возможного обрыва одного из проводов.

Рабочее место должно всегда содержаться в порядке и чистоте. Во избежание получения травмы рук (порезов, уколов и др.) на рабочем месте во время работы не должно быть лишнего, ненужного в данный момент материала, инструмента и деталей.

Жидкости, применяемые для промывания паяк (спирт, растворитель, скипидар), следует хранить в посуде с хорошо закрывающимися пробками. Для предохранения этих жидкостей от излишних испарений посуду нужно открывать только в момент пользо-

вания жидкостью. Нельзя пользоваться для промывки паяк бензином, так как может привести к пожару. Спирт, растворитель или скипидар следует также беречь от воспламенения, поэтому посуду с этими жидкостями нужно держать на достаточном расстоянии от горячего паяльника.

При работе с паяльником следует беречь руки от ожогов, особенно при пользовании большим паяльником мощностью в 200–300 Вт, применяемым для пайки крупных деталей. Нужно всегда следить за тем, чтобы ручка паяльника не имела трещин и хорошо сидела на его патрубке. При пайке таким паяльником крупных деталей: экранов, отрезков волноводов и др. Следует для предохранения руки от ожога держать деталь рукавицей или сложенной в несколько слоев тряпкой.

При пайке мелких деталей и неизолированных проводов поддерживать их следует не пальцами, а пинцетом или плоскогубцами. Особенно следует опасаться разбрызгивания расплавленного припоя во время пайки, это может произойти, когда паяльник сорвется с какого-либо вывода. При этом вывод может спружинить и далеко отбросить частицы расплавленного припоя. В таких случаях следует беречь глаза, ибо мельчайшие частицы припоя, попадая на глазное яблоко, могут вызвать серьезное заболевание глаз.

Особую осторожность нужно проявлять при залуживании большого количества концов проводов и выводов деталей, когда для ускорения процесса залуживания целесообразно пользоваться ванночкой с расплавленным припоем. Ванночка должна стоять устойчиво, а перед включением в сеть подогревателя (по существу, это паяльник со смонтированной на нем ванночкой), его нужно поместить на небольшой противень (из стали, железа или алюминия) с 10–15 мм бортами по краям. Такой противень предохранит от растекания расплавленного припоя по столу в случае нечаянного опрокидывания ванночки. После окончания лужения деталей противень с ванночкой нельзя переносить до тех пор, пока припой не застынет.

При зачистке изоляции проводов способом обжигания происходит выделение от сгорающей изоляции большого количества дыма, имеющего тяжелый и неприятный запах. Вдыхание такого

дыма в течение более или менее длительного времени приводит к сильным головным болям, головокружению и рвоте. Поэтому, производя обжигание небольшого количества проводов в летнее время, работающий обязан это делать у открытого окна, а зимой по окончании работы включить вытяжной вентилятор; если же его нет, то следует хорошо проветрить помещение. При зачистке большого количества проводов следует пользоваться вытяжным шкафом с хорошей вентиляцией.

Во время пайки и промывки неостывших паек происходит выделение паров канифоли (а также растворителя, спирта), а из расплавленного припоя выделяются особенно вредные для здоровья работающего пары олова и свинца. Пребывание в таком помещении и вдыхание загрязненного воздуха может привести к головным болям, вялости, а иногда и к серьезным заболеваниям дыхательных путей. Поэтому помещение, где производятся работы, нужно часто проветривать.

При организации и выполнении различных слесарных работ необходимо руководствоваться следующими основными правилами.

Верстак должен быть прочным и устойчивым. Столешница (крышка) верстака должна быть ровной и покрыта по всей плоскости листовой сталью, текстолитом или линолеумом, а кромки закрыты уголковой сталью или деревянными рейками. Если рядом расположен другой верстак, то на каждом из них обязательно должен быть установлен сменный (убирающийся) сетчатый экран для защиты работающего рядом от осколков, отлетающих во время рубки.

Параллельные тиски поворотного типа должны быть прочно и надежно укреплены на верстаке. В сжатом положении губки расположены параллельно и находятся на одном уровне. Накладные губки прочно закреплены, хорошо закалены и имеют четкую насечку для надежного закрепления детали. Зажимать деталь в тисках следует только усилиями рук, а не весом тела. Зажимая или освобождая детали из тисков, рычаг необходимо опускать плавно, не бросая его, чтобы не ушибить руку. Содержать тиски надо в чистоте и исправности, а трущиеся части регулярно смазывать соответствующим смазочным материалом.

Подставку под ноги следует применять в тех случаях, когда высота тисков не соответствует росту работающего. Высота верстака с тисками считается нормальной, если у стоящего прямо работающего рука, согнутая в локтевом суставе под углом 90° , находится на уровне губок тисков при вертикальном положении ее плечевой части. Выбранные подставки должны плотно лежать на полу. Неправильное положение корпуса работающего вызывает быструю утомляемость, затрудняет правильность выполнения приемов работы и получение требуемой точности.

Одним из элементов культуры на рабочем месте является правильно подогнанная, аккуратная и чистая спецодежда. Халат или комбинезон должны быть выбраны по размеру и росту работающего и не стеснять движений. Во время работы спецодежда должна быть застегнута на все пуговицы, а рукава должны иметь застегивающиеся манжеты, плотно охватывающие запястье. На голову обязательно следует надеть головной убор (желательно берет), под который убрать волосы. На одежде и головном уборе не должно быть висячих концов (галстук, тесемки), которые могут быть захвачены вращающимися частями станков, механизмов и привести к несчастному случаю.

Местное освещение на рабочем месте должно иметь исправную передвижную арматуру с защитным плафоном для направления света на обрабатываемую деталь и плоскость верстака. Напряжение в электросети при местном освещении не должно превышать 36 В.

На рабочем месте должны находиться только те инструменты и приспособления, которые необходимы для выполнения конкретной работы. Каждый инструмент, приспособления и материалы должны иметь свое определенное место. Инструменты, приспособления и материалы должны быть расположены на верстаке с таким расчетом, чтобы все, что берут правой рукой, находилось справа от работающего, левой рукой – слева. Чаще других используемые инструменты и заготовки необходимо располагать ближе к работающему. Определенный порядок должен поддерживаться и в ящике, где каждому инструменту должно быть отведено постоянное место. Измерительные и поверочные инструменты должны

размещаться отдельно от рабочего инструмента на специальной полочке или планшетке.

Первостепенное значение имеет соблюдение всеми работающими правил пожарной безопасности. Наибольшую пожарную опасность представляет безответственное или неумелое обращение с горючими материалами, а также работающее неисправное электрооборудование. Предупреждение пожаров в помещениях, где ведутся монтажно-сборочные работы, обеспечивается комплексом профилактических мероприятий:

- технических, заключающихся в соблюдении противопожарных норм и правил проектирования и устройства помещений, систем электроснабжения, отопления и вентиляции, грозозащиты и пожарной сигнализации;

- эксплуатационных, заключающихся в соблюдении противопожарных правил эксплуатации механического и электрооборудования, зданий и окружающей территории;

- организационных, заключающихся в организации обучения личного состава противопожарным правилам, в разработке инструкций и наглядной агитации, в организации мест со средствами пожаротушения;

- режимных, заключающихся в ограничении применения открытого огня в пожароопасных местах (курения, производства газо- и электросварочных работ).

2. Виды монтажа радиоэлектронной аппаратуры

2.1. Обработка монтажных проводов

Под обработкой провода понимается его подготовка к монтажу. Ее можно разбить на несколько этапов:

- выпрямление проводов;
- нарезание проводов необходимой длины;
- зачистка (снятие) изоляции с концов проводов;
- закрепление изоляции на концах проводов или надевание на них изоляционных трубок;
- залуживание концов проводов.

Все монтажные провода – голые, изолированные, одножильные, многожильные – выпускаются с кабельных заводов намотанными на катушки или в бухты. При разматывании с катушки или бухты, как бы аккуратно это не производилось, провод мнется. Поэтому, прежде всего провод нужно выправить. Наиболее простой способ выправления заключается в проглаживании провода рукой в рукавице или с помощью зажатой в руке тряпки. Затем с помощью ножниц или кусачек провод нарезается на отрезки нужной длины.

Зачистка провода – ключевая операция; она должна быть выполнена так, чтобы не повредить при этом токоведущую жилу. Особая аккуратность должна быть проявлена монтажником при зачистке многожильных проводов. Существует ряд способов выполнения этой операции. Простейшим является способ снятия изоляции с помощью ножа, которым чаще всего пользуются в лабораторных и полевых условиях, или небольшими клещами (рис. 2.1), у которых губки в сжатом положении заходят одна за другую.

В торцах обеих губок сделаны выемки с остро заточенными краями. При сжатии рукояток приспособления губки сходятся, образуя отверстия с острыми краями для подрезания изоляции. На

одной из рукояток имеется винт для регулирования диаметра режущего отверстия в губках. Перед подрезанием изоляции на проводе нужно отрегулировать диаметр отверстия так, чтобы его кромки резали, только изоляцию, не доставая до токоведущей жилы.



Рис. 2.1. Клещи для зачистки изоляции провода

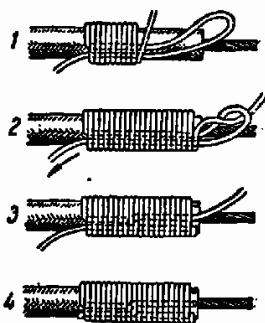


Рис. 2.2. Последовательность операций при закреплении изоляции проводов нитками

Зачистку эмалированных обмоточных проводов следует производить мелкой наждачной шкуркой, за исключением случаев, когда они покрыты флюсующей эмалью (как, например, у провода ПЭВТЛ).

После зачистки проводов надо на их концах закрепить изоляцию. Так, например, если верхняя оплетка провода состоит из бу-

мажной, шелковой, капроновой или стекловолокнутой ткани, то для предотвращения ее разлохмачивания или раскручивания производится закрепление изоляции нитками, как показано на рис. 2.2. Эту операцию иногда называют оплетневкой.

При оплетневке провод берётся в левую руку, нитка накладывается на провод по его длине коротким концом (1) в левую сторону; в правой стороне около зачищенного конца провода делается петля. Затем нитка на 6–10 мм возвращается обратно к концу (2) и делается первый виток вокруг провода. После этого кладутся вплотную друг к другу второй, третий и т.д. витки до края закрепляемой изоляции. Причем, если изоляция не особенно толстая, то следует сделать 2–3 витка на самой токоведущей жиле. Нитку следует класть виток к витку, натягивая без усилия, что при небольшой практике сделать нетрудно. Обмотав, таким образом, изоляцию провода, свободный конец нитки продевается в петлю, после чего следует потянуть конец нитки. Петля будет постепенно сокращаться и вместе с концом нитки уйдет под намотанный слой ниток (иногда говорят: под намотанную «марку» из ниток) на проводе, этим способом оба конца ниток будут надежно закреплены.

После этого следует отрезать ножницами оставшиеся лишние концы ниток у самой заделки. Слой ниток для предохранения от сползания нужно с помощью кисточки промазать клеем БФ или каким-либо быстросохнущим лаком и тогда край изоляции, обмотанный нитками и проклеенный, будет надежно предохранен от разлохмачивания. Часто для такой обмотки (марки) применяют цветные нитки, что служит также для маркировки цепей, если весь монтаж изделия выполнен одноцветными проводами. Цветная маркировка проводов помогает производить без ошибок разводку и пайку концов многопроводных жгутов во время монтажа РЭА, а также быстрее находить нужные цепи при ее ремонте.

Однако провода некоторых марок ввиду их большой гибкости и малого сечения очень трудно и неудобно обматывать нитками. Кроме того, многие из современных марок проводов имеют изоляцию, которая после зачистки не разлохмачивается. В этих случаях после зачистки изоляцию таких проводов следует промазать на

длине 5–7 мм клеем БФ или быстросохнущим лаком, а на провод надеть изоляционную трубку.

Изоляционные трубки после припайки провода к детали или какому-либо контакту надеваются на место пайки. Так часто поступают, когда места пайки ряда проводов близко расположены друг к другу, как, например, в штепсельных разъемах. Наиболее часто применяются поливинилхлоридные трубки. Кроме них при монтаже РЭА находят применение хлопчатобумажные лакированные (линоксиновые), пластикатные морозостойкие трубки, лакированные теплостойкие трубки из плетеного стекловолокна и др.

При обработке экранированных проводов необходимо заделать края металлического чулка (рис. 2.3). Ножницами или кусачками с конца провода снимается металлический чулок на длине 14–16 мм и аккуратно подрезается кругом. Затем край чулка закрепляется бандажом (маркой) из ниток. Часто вместо ниток применяется тонкий одножильный посеребренный или луженый провод диаметром 0,25–0,5 мм. Металлический чулок и провод бандажа в месте его намотки затем пропаиваются.

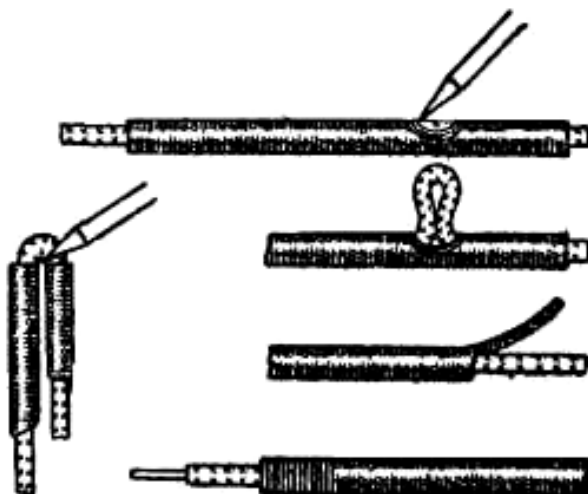


Рис. 2.3. Заделка провода в металлическом чулке

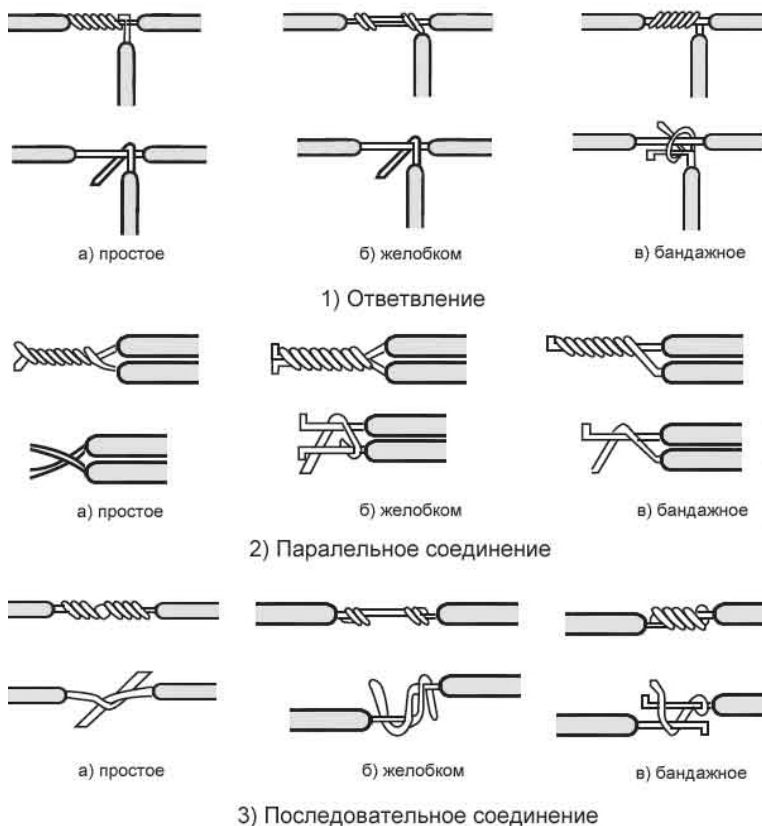


Рис. 2.4. Некоторые виды механических соединений проводов

Закрепить металлический чулок можно и другим способом. Для этого чулок с конца провода немного сдвигают к середине провода; при этом диаметр сдвинутого чулка увеличивается. Отступив от конца провода на 20–25 мм, в чулке пинцетом раздвигают его отдельные проволочки и в образовавшееся отверстие вытягивают конец изолированного провода так, как показано последовательно на рис. 2.3. Вытянув провод, металлический чулок следует опять натянуть, поглаживая его зажатой в руке тряпкой, но уже от середины провода к концу. Полученный конец чулка может быть при-

паян к лепестку на шасси изделия. Если с этого конца провода экранирующий чулок присоединить к шасси не нужно, то отросток чулка скручивается и откусывается, а оставшийся отросток пропаивается в конце. Иногда экранировку провода приходится делать самому монтажнику. Прежде чем продевать провод в чулок, последний нужно натянуть на металлический пруткок диаметром 3–4 мм. Чулок от этого расширяется, после чего провод в него легко проходит. Провод, следует чулок на нем натянуть. Заделывается край чулка так же, как описано выше. При заделке концов экранированного провода надо обращать внимание на то, чтобы от края металлического чулка до края изоляции провода, т.е. до токоведущей жилы, было не менее 5 мм. Для монтажа различных распределительных устройств, источников питания повышенной мощности и в ряде других случаев применяют проводов повышенного сечения, оконцовка которых может быть выполнена в виде оголенной или скрученной жилы, в виде трубки или с применением различных наконечников. Наконечники крепятся или обжатием, что проще, или с помощью пайки, когда обеспечивается малое переходное сопротивление. Трубки обычно крепятся обжатием.

В процессе практической деятельности радиоспециалисту приходится иметь дело и с электрооборудованием, производить ремонт осветительных приборов и других устройств, работающих от сети с напряжением до 220 В. В этом случае он должен обладать навыками разделки электрических шнуров, которые используются в осветительных и силовых сетях. Различные приемы обработки таких проводов и методика их соединения иллюстрируются рис. 2.4.

2.2. Жгутовый монтаж

Стремление придать монтажу изделия компактность и удобство в эксплуатации привело к применению в процессе изготовления РЭА так называемого жгутового монтажа.

В устройстве, имеющем большое количество соединений, целый ряд проводов может быть сгруппирован вместе в виде жгута.

Такое объединение проводов, в частности, делает монтаж более компактным, облегчает доступ к отдельным деталям и сборочным единицам в процессе поиска неисправностей и ремонта.

Целесообразно объединять в жгут как можно больше проводов. Обычно в жгуты объединяются провода низкочастотной части изделия. Провода, используемые в его высокочастотной части, в жгуты не объединяются, ибо большие емкостные связи между ними в этом случае могут привести к нарушению нормальной работы всего изделия, вплоть до самовозбуждения. Совместно в жгуте прокладываются прямые и обратные провода цепей переменного тока и тех цепей постоянного тока, около которых важно уничтожить магнитное поле. Провода цепей переменного тока необходимо перед заделкой в жгут свивать. Экранированные провода и провода малого сечения рекомендуется укладывать внутри жгута.

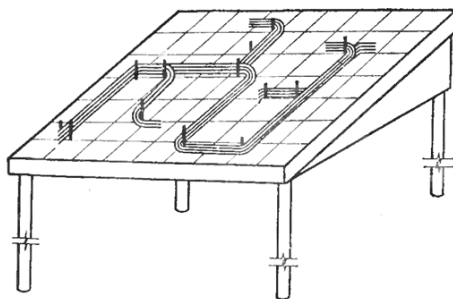


Рис. 2.5. Плав для изготовления больших и сложных жгутов

Недопустимым является наращивание каким-либо способом (скруткой, пайкой) проводов, идущих в жгуте, ибо нарушение контакта в месте соединения (из-за тряски, окисления) может привести к отказу изделия. Причину же этого отказа выявить будет чрезвычайно трудно.

В одном изделии может быть несколько жгутов, и их число определяется компоновкой изделия. При промышленном производстве РЭА укладка больших жгутов производится на специальных длинных и широких столах, называемых плазами (рис. 2.5), а укладка небольших жгутов производится на специальных подстав-

ках, называемых шаблонами. Отсюда и часто употребляемый в технической литературе термин – жгутовой шаблонированный монтаж. При промышленном изготовлении жгутов для их обмотки широко применяются автоматические и полуавтоматические установки. Изготовление небольших жгутов посильно любому подготовленному радиоспециалисту как в лабораторных, так и в полевых условиях. Поэтому приведем основные приемы изготовления небольших жгутов.

Сущность шаблонированного монтажа заключается в том, что весь монтаж (или его часть) изделия прокладывается не на шасси, а на заранее подготовленном шаблоне. Шаблон представляет собой деревянную доску (или лист толстой фанеры), на которой набиты в определенном порядке стальные шпильки-фиксаторы. Шпильки обычно имеют толщину от 1,5 до 5 мм при длине 30–100 мм (в зависимости от толщины жгута). Их можно сделать из гвоздей, у которых отрезаются или откусываются шляпки.

На таком шаблоне в соответствии с эскизом расположения деталей на шасси изделия размещаются шпильки и укладываются необходимые провода. Желательно, чтобы провода имели разноцветную изоляцию, ибо тогда отпадает необходимость в их маркировке. После окончания раскладки провода особым образом скрепляются («сшиваются») нитками. Готовый жгут (его иногда называют «кросс» или «коса») снимается с шаблона, производятся зачистка, заделка и лужение концов проводов, на которые затем надеваются изоляционные трубки. При необходимости, для защиты жгута от механических повреждений, он обматывается киперной или полихлорвиниловой лентой, а если требуется заэкранировать отдельные его участки, то с этой целью используют экранирующий чулок. После того как все указанные операции проделаны, готовый жгут размещается в изделии и производится пайка его концов. Поясним подробнее некоторые технологические приемы изготовления жгутов.

По имеющемуся эскизу расположения деталей и сборочных единиц изделия и его принципиальной схеме необходимо составить таблицу соединений изделия. В этой таблице необходимо предусмотреть для каждого провода: условный номер провода, от

какой детали (или контакта) и к какой детали должен идти провод, его длину, марку и сечение, а также цвет. Это даст возможность избежать пропуска какого-либо соединения.

При разметке шаблона следует всегда помнить, что жгут должен проходить по шасси изделия таким образом, чтобы:

- не быть подверженным механическим повреждениям от случайных ударов и прикосновений;
- не закрывать креплений деталей на шасси, так как в противном случае затрудняется их смена при выходе из строя;
- соблюдалась максимально возможная экономия провода;
- монтаж имел хороший внешний вид.

Следует иметь в виду, что длину проводов, идущих к контактам деталей, которые в процессе эксплуатации изделия могут выйти из строя (трансформаторы, реле, конденсаторы и др.), нужно брать с некоторым запасом, т.е. так, чтобы концы этих проводов припаивались не с натяжением, а с небольшой петлей. Это делается для того, чтобы в случае смены деталей можно переделать концы проводов, несколько их укоротив. Провода жгутов, подходящие к деталям, которые в процессе эксплуатации могут сниматься для регулировки и чистки, также должны иметь некоторый запас или, как его иногда называют, «шлейф». Жгуты по возможности не должны закрывать надписи на деталях. На концевых штырях – фиксаторах шаблона провода закрепляются одним оборотом, после чего откусываются.

После того, как все провода согласно таблице соединений на шаблоне уложены и выправлены, можно приступить к сшивке жгута. Сшивка является простым, но ответственным делом, так как она представляет собой не только механическое скрепление проводов, но и является своего рода шифром, помогающим быстро разобраться в концах проводов жгута при их дальнейшей пайке. Сняв после выполнения сшивки жгут с шаблона, мы только тогда можем разобраться в концах жгута, когда сшивка сделана правильно и каждый конец – отвод закреплен на жгуте в месте его ответвления. Для сшивки необходимо пользоваться толстыми нитками (№ 00 или 0), которые вначале лучше пропитать или натереть воском.

Значительно совершеннее другой способ сшивки, состоящий в том, что каждый вывод, который подходит к контакту детали, отделяется на жгуте не простейшей маркой из ниток, а с помощью специального узла, называемого вязкой. Вязки, отделяющие отводы, нужно делать, ориентируясь на шпильки-фиксаторы шаблона. Если вязка отделяет два провода, подходящие в жгуте с противоположных направлений, то ее делают посередине. Кроме вязок у отводов, необходимо жгут скреплять и в других местах, где этих отводов нет. В этих местах вязки делаются на расстоянии примерно равном двум диаметрам жгута. Если отводы к деталям содержат три и более проводов, то эти отводы также должны подвергаться сшивке.

Сшивку жгута надо начинать с более толстой его части. Начинать вязку нужно так: приподняв от доски шаблона на 1,5–2 мм, продеть нитку под него и, обвязав кругом, закрепить один конец нитки двойным узлом. Затем другой конец нитки, вставленный в толстую иглу, необходимо снова продеть под жгут и на некотором расстоянии сделать узел, показанный на рис. 2.13. После этого, придерживая левой рукой жгут, правой рукой нужно затянуть узел и, опять продев под жгут нитку, на указанном выше расстоянии сделать следующий узел и т.д.

На самом же деле это не узлы, а петли, которые часто делают начинающие и неопытные монтажники. Такие петли не годятся, так как легко распускаются. Эту разницу между правильной и неправильной вязками легко можно увидеть на следующем опыте. Нужно взять длинный карандаш, кусочек бечевки и сделать несколько вязок на карандаше. Если затем вынуть карандаш из вязок, то мы увидим, что правильно сделанные вязки останутся на бечевке в виде ряда узелков, а неправильные вязки сразу же распустятся.

При сшивке нужно следить, чтобы нитка, соединяющая узлы между собой, шла по прямой линии, а не зигзагами – это красивее и прочнее. Кроме того, нужно стремиться, чтобы этот шов был снизу жгута, особенно тогда, когда жгут сверху ничем не обмотан. Заканчивая сшивку жгута или отводов, конец нитки нужно закрепить двойным узлом и обрезать, оставив конец длиной 3–4 мм. По

окончании сшивки концы проводов откусываются под самые концевые шпильки, после чего жгут снимается с шаблона и производится зачистка, заделка и лужение концов его проводов. Если жгут обматывается лентой, то эта лента закрепляется на жгутах одним из способов.

Чтобы исключить возможность поломки проводов из-за перемещения жгута при эксплуатации и транспортировке изделия, жгуты закрепляют скобами или привязывают к кронштейнам, переключателям и другим элементам конструкции нитками или лентами.

2.3. Другие виды монтажа

В практике радиолюбителей находят применение и другие виды монтажа, которые в некоторых случаях позволяют сэкономить время и несколько уменьшить габариты платы. Интересен метод монтажа вдавливанием (предложен Ю. Мединцом), который не требует элементов крепления деталей на плате и очень технологичен. Для монтажа используется плата из термопластичного материала (органическое стекло, полистирол) толщиной 2–3 мм, с одной стороны которой наклеена медная фольга. В плате сверлят отверстия только под те выводы деталей, которые должны соединяться с общим проводом, устройства, в качестве которого используется фольга. Монтаж над сплошной токопроводящей поверхностью позволяет обойтись без экранирования отдельных узлов прибора, так как расположение проводников и выводов деталей в непосредственной близости от фольги локализует электрические поля и ослабляет взаимное влияние деталей.

Фольгу наклеивают на пластмассовую заготовку клеем БФ-2 и сушат под прессом в течение двух суток при комнатной температуре. Большая прочность сцепления фольги с основанием платы не нужна, так как для ее крепления используются еще и выводы деталей, соединяемые с общим проводом.

Выводы всех деталей перед монтажом изгибают, как показано на рис. 2.6. При монтаже их прижимают пинцетом к плате и нагревают остро заточенным паяльником. При этом материал платы плавится, и вывод детали легким нажимом паяльника погружают в

плату на глубину несколько большую диаметра вывода. Затем паяльник отводят, а деталь удерживают в неизменном положении до тех пор, пока пластмасса не затвердеет. Выводы деталей, которые должны соединяться между собой, необходимо закрепить возможно ближе друг к другу и затем спаять.

При пайке крепление деталей не нарушается, так как в момент разогрева механические усилия практически отсутствуют, и выводы плотно удерживаются обволакивающей их пластмассой. При таком монтаже удобно пользоваться двумя паяльниками: одним запрессовывать детали, другим паять соединения.

Смонтированную и проверенную в работе плату покрывают клеем БФ-2.



Рис. 2.6. Монтаж методом вдавливания в термопластичный материал

Монтаж миниатюрных радиоустройств (пробники для проверки радиоаппаратуры, аппаратура систем радиоуправления моделями и т.п.) можно выполнить и без платы. Для этого из листовой пластмассы изготавливают шаблон, в котором в соответствии с предварительно составленной схемой размещения выпиливают отверстия под наиболее крупные детали (транзисторы, катушки индуктивности, электролитические конденсаторы и т. п.). Детали с предварительно отформованными выводами вставляют в эти отверстия и соединяют между собой пайкой. Мелкие детали (резисторы, конденсаторы) припаивают непосредственно к выводам крупных деталей. При пайке необходимо применять легкоплавкие припои (например, ПОСК-50) и соблюдать особую осторожность, чтобы не перегреть детали. Смонтированное устройство помещают в жестяную ванночку, поверхность которой смазана тонким слоем технического вазелина, и заливают раствором органического стекла в дихлорэтаноле или эпоксидной смолой. Готовое устрой-

ство имеет хороший внешний вид, обладает высокой прочностью и не подвержено влиянию пыли и влаги.

2.4. Правила и меры безопасности при работе с припоями и химически активными веществами

При работе с электрическим паяльником надо соблюдать следующие правила:

1. Периодически проверять омметром отсутствие замыкания между корпусом паяльника и нагревательным элементом. Такое замыкание может стать причиной поражения током в порчи припаиваемых элементов. Поэтому рекомендуется работать с паяльником, жало которого заземлено.

2. Использовать устойчивую подставку для паяльника, что предохранит его от падения, а работающего от ожогов.

3. Ни в коем случае не выполнять пайку в работающем (особенно высоковольтном) устройстве, так как случайное замыкание может вывести устройство из строя и быть причиной травмы.

При работе с химическими веществами следует строго соблюдать все рекомендации по растворению, смешиванию, последовательности выполнения операций и температурному режиму. Работать необходимо в халате, а в отдельных случаях – в перчатках и защитных очках. Прежде всего необходимо оберегать глаза, губы и слизистые оболочки носа и горла, которые наиболее чувствительны к воздействию химических веществ.

На участке тела, обожженного паяльником или брызгами припоя, надо сделать содовую примочку, а потом пораженное место смазать вазелином. Места ожогов кислотами обильно промыть водой и смочить содовым раствором. Место ожога щелочами нужно обильно обмыть раствором уксусной (лимонной или борной) кислоты. При порезах и царапинах ранку залить раствором йода и заклеить лейкопластырем.

3. Компоновка элементов радиоэлектронной аппаратуры

3.1. Основные принципы размещения элементов РЭА и способы их закрепления

При изготовлении различных радиоэлектронных устройств в лабораторных и полевых условиях их сборка обычно производится на монтажном столе одним специалистом.

Отдельные детали и сборочные единицы, входящие в состав устройства, монтируются на общем основании – шасси, которое, в свою очередь, крепится к корпусу всего устройства. Последовательность сборки выбирается такой, чтобы после установки и закрепления одних сборочных единиц и деталей обеспечить максимальное удобство установки последующих элементов устройства.

Сравнительно тяжелые детали или такие сборочные единицы как трансформаторы, дроссели и др. монтируют на прочных опорах, как можно ближе к точкам крепления шасси. Такая установка придаст устойчивость шасси. Всегда также необходимо стремиться к тому, чтобы центр тяжести тяжелой детали или сборочной единицы находился на шасси как можно ниже, ибо это устранит возможность самопроизвольного опрокидывания шасси в процессе монтажа. Поэтому часто тяжелые элементы устанавливают в вырезах, которые делаются в шасси.

Детали, рассеивающие тепло необходимо на шасси располагать так, чтобы вокруг них было максимально возможное свободное пространство. Такие детали нельзя располагать близко к элементам, обладающим повышенной чувствительностью к изменению температуры. К таким элементам относятся конденсаторы (в особенности оксидные), маломощные германиевые диоды и транзисторы. Устанавливая на специальные радиаторы или на шасси мощные транзисторы, следует обеспечивать плотное прилегание поверхности транзистора к шасси или радиатору. В усилителях, радиоприемниках, телевизорах необходимо монтировать по воз-

возможности дальше от входных цепей мощные трансформаторы и дроссели фильтров с целью уменьшения нежелательных наводок. Строчные трансформаторы в телевизорах по этой же причине обязательно экранируются. И вообще в любых схемах необходимо располагать как можно дальше друг от друга входные и выходные цепи, чтобы исключить возможность самовозбуждения схемы. Часто эти цепи одна от другой экранируются.

При сборке элементов в сборочные единицы или изделия, работающие на частотах свыше 30 МГц, необходимо лапки-держатели конденсаторов, трансформаторов, дросселей и других деталей обязательно очищать от коррозии, краски, лака. Место крепления этих деталей на шасси также должно быть очищено и, желательно, залужено. Это необходимо делать для того, чтобы обеспечить хорошее соединение корпуса детали с шасси. Все элементы и провода должны располагаться как можно ближе к шасси, насколько это допустимо по соображениям электрической прочности. Такое расположение сводит к минимуму нежелательное влияние одних электрических цепей на другие. Детали и сборочные единицы необходимо закреплять на шасси таким образом, чтобы все маркировки на них (номинал, тип и др.) можно было бы читать в одном направлении. Постоянные конденсаторы и резисторы монтируются на своих выводах, если их масса не превышает 15–20 г. При большей массе необходимо применять скобы или использовать специальные платы, лепестки и др. Механическое крепление деталей на шасси осуществляется с помощью сборочных соединений. Сборочные соединения, разборка которых невозможна без разрушения деталей или материалов, их соединяющих, называются неразъемными. Такие соединения выполняются пайкой, сваркой, склеиванием, с помощью клепки, развальцовкой пустотелых заклепок (пистонов), запрессовкой, опрессовкой термореактивными и термопластическими материалами, пластическими деформациями отдельных элементов деталей, соединением при помощи цемента и замазок. Сборочные соединения, разборка которых не связана с разрушением деталей или соединяющих их материалов, называются разъемными. Разъемные соединения выполняются с помощью винтов, болтов, гаек, шпилек, шпонок, клиньев, а также

путем загибки или разворачивания лапок, усиков выступов и т.д. Все резьбовые соединения в сборочных единицах и изделиях подвергаются «законtringиванию». Законtringивание препятствует самооткручиванию соединения под воздействием тряски и вибрации аппаратуры. Применяются два вида контровки: механическая и контровка краской. Механическая контровка осуществляется с помощью контргаек, штифтов, шплинтов, разрезных и пружинных шайб, устанавливаемых под гайку. Контровка краской производится с помощью специальной краски или замазки, наносимых на головку болта или гайку. Контровочная краска обычно состоит из нитроэмали, красителя и талька. Краска наносится стеклянной палочкой, шприцем или пипеткой.

3.2. Предварительный анализ работы устройства, группировка элементов и выбор типа электромонтажных соединений

Предварительный анализ работы устройства

Принципиальная схема устройства дает представление только о принципе работы устройства, но не о его конструкции. Множество же сложных взаимных связей между элементами, определяемых размещением их в пространстве или на плоскости, показать на принципиальной схеме нельзя. Размещение элементов принято называть компоновкой (от латинского *componere* – складывать).

Наиболее распространенной ошибкой начинающего радиолюбителя-конструктора является то, что при компоновке элементов он стремится получить как можно меньшие размеры устройства, пренебрегает возможными паразитными взаимосвязями между элементами различных каскадов, располагая элементы без учета принципа их работы. Чтобы не допустить таких ошибок, необходимо, прежде всего, тщательно рассмотреть возможные варианты компоновки элементов.

Наиболее трудно выполнить компоновку усилителей (особенно высокочастотных), проще источников питания. При этом необходимо помнить следующее.

Компоновка усилителя тем сложнее, чем больше его коэффициент усиления и рабочая частота, чем шире полоса частот, чем больше в нем каскадов и диапазонов.

Компоновка генератора (гетеродина приемника, измерительного генератора, передатчика и т.п.) тем сложнее, чем выше частота, на которой он работает, чем больше число частотных диапазонов, чем выше требуемая стабильность частоты и мощность.

Компоновка устройств питания достаточно проста для транзисторной аппаратуры. Для ламповой она тем сложнее, чем выше должна быть стабильность выходных напряжений или токов, чем больше напряжение или ток нагрузки, чем больше число выходов.

Изменение компоновки (перекомпоновки) источников питания почти не сказывается на их работе: в генераторах неудачная компоновка заметна, а в усилителях может оказаться причиной полного нарушения их нормальной работы. Часто причинами таких нарушений в усилителе радиочастоты могут быть всего лишь некоторое увеличение длины проводника, его недостаточная экранировка и другие, незначительные на первый взгляд изменения в компоновке элементов.

При компоновке элементов нового или перекомпоновке элементов проверенного в работе устройства (прибора) необходимо проанализировать задачу в такой последовательности:

- исходя из назначения устройства (усилитель, генератор, источник питания) оценить ожидаемую сложность компоновки элементов;

- продумать необходимость применения экранов, развязывающих фильтров между каскадами и предусмотреть место для их установки;

- оценить особенности монтажа элементов и регулировки устройства, как по частям, так и в целом, обеспечивающих нормальную эксплуатацию устройства;

- предусмотреть все механические крепления и места под винты и гайки, заклепки и т. довыполнить эскиз компоновки элементов устройства с органами управления и индикаторами.

На основе такого анализа получится несколько эскизных вариантов компоновки элементов и конструкции в целом, которые поз-

волят наметить пути рационального конструирования и избежать общих ошибок.

Группировка элементов и компоновочная модель

После того как определены основные показатели конструируемой аппаратуры и разработана или выбрана ее принципиальная схема, надо продумать, целесообразно ли выполнить устройство на одной монтажной панели или разделить его на блоки, функциональные части, функциональные группы.

Отметим особенности компоновки приемников звукового и телевизионного вещания, поскольку они являются наиболее распространенными объектами радиолюбительского творчества.

Современное стационарное устройство для приема радиовещательных передач обычно состоит из следующих функциональных частей:

- настроечного блока, в состав которого входят преобразователи частоты УПЧ с цепью АРУ;
- детекторы, а при необходимости УРЧ;
- УЗЧ;
- блок питания (трансформатор, выпрямитель, сглаживающий фильтр, стабилизатор). Каскады предварительного усиления УЗЧ нередко выделяют в самостоятельный конструктивный узел.

В стереофоническом устройстве добавляется стереодекодер и второй УЗЧ, причем оба УЗЧ иногда целесообразно скомпоновать в единую конструкцию вместе с коммутатором видов работы. Все перечисленные части вместе с устройством для проигрывания грампластинок, если конструируется радиола, размещают в общем футляре. Головки громкоговорителей стереофонической системы располагают в двух отдельных футлярах. Громкоговоритель монофонического радиоприемника также часто выполняют в отдельном футляре.

Если конструируется магнитола или магнитофон при имеющемся радиоприемном устройстве, целесообразно предусмотреть использование последних каскадов УЗЧ приемника и громкоговорителя (громкоговорителей) также для воспроизведения записей с магнитной ленты.

Высокочастотные части и УЗЧ переносных РВ приемников и приемников для радиоспорта обычно komponуют вместе.

Для ТВ приемника komponуют отдельно блоки УПЧИ, УПЧЗ, усилителя видеосигналов и детекторов, блок разверток и синхронизации, УЗЧ, блок питания, а для цветного телевизора, кроме того, блок цветности. Заниматься конструированием и изготовлением селекторов телевизионных каналов в настоящее время нецелесообразно, так как это очень трудоемкая работа, а они имеются в продаже.

Компоновку элементов радиоаппаратуры или ее частей и блоков рекомендуется выполнять в такой последовательности:

- перечертить принципиальную схему устройства (блока, функциональной части, функциональной группы) с учетом рациональной компоновки;

- сгруппировать пассивные элементы вокруг соответствующих активных элементов (транзисторов, электронных ламп), учитывая их особые компоновочные характеристики (например, расположение только вертикальное или горизонтальное, только сверху или только снизу платы и т.д.);

- составить окончательный вариант принципиальной схемы устройства (блока, функциональной части) для компоновки.

3.3. Приемы выполнения компоновочных работ

Графическая компоновка

Графическую компоновку обычно выполняют на масштабной координатной (миллиметровой) бумаге простым и цветным карандашами. Графическая компоновка очень удобна при составлении эскизов монтажных соединений и при самом монтаже. На специально перечерченной схеме цветным карандашом отмечают уже припаянные элементы и проводники, что позволяет практически полностью избежать ошибок при выполнении монтажных работ.

В радиолюбительской практике целесообразна аппликационная компоновка. Выбрав примерные размеры монтажной платы, и вычертив ее контуры на листе миллиметровой или чертежной бумаги в масштабе имеющихся аппликаций, можно приступить к компоновке, раскладывая аппликации в соответствии с выбранной группировкой элементов. Так как размеры аппликаций соответствуют физическим размерам элементов, то их не допускается располагать вплотную. Монтажные точки для выводов элементов при печатном монтаже должны располагаться в узлах координатной сетки с шагом 2,5 мм. Это особенно важно при компоновке устройств с применением микросхем, выводы которых часто расположены именно на таком расстоянии.

Добившись требуемого расположения элементов, аппликации закрепляют резиновым клеем (он прозрачен и позволяет использовать одну и ту же аппликацию несколько раз). Затем на полученный компоновочный макет накладывают лист кальки и переносят на него контуры элементов и контактные площадки. Наложив на полученный эскиз второй лист кальки или отогнув часть первого листа, переносят на него все контактные площадки. На обратной стороне второго листа изображение контактных площадок и деталей будет видно как бы с другой стороны платы. На этом листе цветным карандашом или фломастером чертят соединительные проводники, т. е. составляют схему соединений. Таким же способом можно выполнить компоновку органов управления и индикаторных устройств. Применение кальки значительно упрощает компоновку, так как дает возможность видеть сразу обе стороны монтажной платы, а это позволяет легко осуществить при необходимости перекомпоновку деталей.

Модельная компоновка наиболее наглядна, но и наиболее сложна. Для нее требуются модели элементов, изготовить которые в радиолюбительских условиях затруднительно. Поэтому модели целесообразно использовать только для приблизительной компоновки крупных элементов устройства в целом (приемника, радиолы и т.п.). Модели крупных элементов можно склеить из бумаги или выпилить из пенопласта.

Натурная компоновка

Натурную компоновку радиолюбитель-конструктор выполняет обычно в виде макета, с помощью которого проверяется работоспособность устройства (прибора). При переходе от макета к окончательной конструкции необходимо соблюдать следующие правила:

1. Макет должен иметь примерно такие же размеры и форму, что и окончательный вариант конструкции.
2. Расположение основных элементов, особенно в высокочастотных каскадах, на макете и в конструкции должно быть одинаковым.
3. При выборе компоновки, более плотной, чем на макете, обязательно надо предусмотреть место для стабилизирующих элементов, экранов развязывающих фильтров, радиаторов и т.п.
4. Рисунок монтажных соединений на макете и в конструкции должен быть одинаков.
5. Должны быть учтены расположение, форма и размеры всех органов управления, индикаторов, а в переносных конструкциях и отсека питания, а также особенности работы используемых гальванических или аккумуляторных батарей, их смены и т.д.
6. Необходимо продумать особенности эксплуатации устройства (удобства его переноски и установки при эксплуатации, защиты от пыли и влаги и т.п.).

3.4. Монтаж элементов радиоаппаратуры

На печатных платах с односторонним фольгированием транзисторы, полупроводниковые диоды, резисторы и конденсаторы размещают со стороны, свободной от фольги, пропускают их выводы сквозь отверстия в контактных площадках, и припаивают выводы к печатным проводникам.

При монтаже полупроводниковых диодов, транзисторов, микросхем, резисторов, конденсаторов, переключателей, реле, ламповых панелей и соединителей следует руководствоваться правилами их монтажа, выполнение которых гарантирует нормальную работу этих элементов. Эти правила следующие:

1. Так как современные элементы имеют малые размеры, а некоторые и сложное устройство, все электромонтажные операции надо выполнять тщательно и аккуратно.

2. Перед пайкой можно проводить формовку только выводов, выполненных из тонкого материала. При этом выводы допустимо изгибать на расстоянии не менее 5–8 мм от корпуса или вершины стеклянного проходного изолятора, а радиус изгиба должен быть по крайней мере в 3 раза больше диаметра вывода.

3. Пайку выводов обычных радиоэлементов, в том числе биполярных транзисторов, можно выполнять с применением стандартного паяльника мощностью 40 Вт, рассчитанного на непосредственное включение в электросеть напряжением 220 или 127 В. При монтаже аппаратуры с полевыми транзисторами и микросхемами следует применять низковольтный паяльник с регулируемой температурой нагрева. Включают такой паяльник через понижающий трансформатор, заземляя его вторичную обмотку. Применение автотрансформатора недопустимо!

Процесс пайки должен быть кратковременным – не более 3–8 с. Повторную пайку того же соединения (при необходимости) можно проводить не ранее чем через 3–4 мин.

Выводы элементов во время пайки необходимо держать плоскогубцами или использовать другой какой-либо теплоотвод, иначе возможен перегрев элементов, что может привести к необратимому ухудшению их параметров (наиболее чувствительны к перегреву полупроводниковые приборы и микросхемы).

4. Поскольку полевые транзисторы и микросхемы могут быть повреждены электрическими зарядами небольшого потенциала, при монтаже этих полупроводниковых приборов необходимо принимать следующие дополнительные меры защиты:

а) работу проводить на столе, поверхность которого покрыта хлопчатобумажным материалом или антистатическим линолеумом;

б) применять деревянные стулья с матерчатой (не синтетической!) обивкой и электропроводящие настилы под ногами, обувь на кожаной подошве и одежду из хлопчатобумажной ткани;

в) заземлять надежно рабочий инструмент (жало паяльника, пинцет и т. п.) и корпус (общую шину) монтируемого устройства, панели; использовать заземляющий браслет;

г) исключать возможность соприкосновения выводов полевых транзисторов и микросхем с предметами, для которых свойственна возможность сильной электризации, например с предметами из синтетических материалов.

5. Пайку выводов переключателей и реле следует вести так, чтобы в контакты не попали расплавленный флюс и припой, которые могут нарушить нормальную работу этих элементов.

6. При подпаивании проводников к контактам ламповых панелей или соединителей необходимо в панели вставлять радиолампы, а в соединители их ответные части: это уменьшает вероятность затекания в контакты расплавленного припоя и флюса.

7. Для закрепления деталей (кроме малогабаритных) на плате следует пользоваться клеем, специальными держателями и скобами.

3.5. Особенности монтажа и демонтажа микросхем

Современные радиоэлектронные устройства выполняют на микросхемах различных типов. Особенности монтажа и демонтажа микросхем определяются их конструкцией. Большинство микросхем не терпят нагревания, поэтому при пайке их выводов используют припой ПОСВ-33, ПОСК-50 и ПОС-61 с пониженной температурой плавления (130–182°C) с применением спиртоканифольного флюса. Очень важно использовать рациональные приемы монтажа и демонтажа, так как в домашних условиях радиолюбителю трудно выполнить в полном объеме рекомендации соответствующих отраслевых стандартов. Описания некоторых приемов и особенностей применяемых инструментов были даны выше.

Паяльник для монтажа и демонтажа микросхемы должен иметь мощность не более 40 Вт и пониженное напряжение питания (12–36 В). Целесообразно снабдить паяльник набором сменных жал различных размеров и форм.

По конструкции выводов микросхемы можно разделить на две группы: с гибкими проволочными или ленточными выводами и с

выводами в виде луженых контактных площадок или жестких лент. Монтируют микросхемы в следующем порядке.

Устанавливают и фиксируют ее выводами в отверстиях или на площадках платы, предварительно слегка смоченных флюсом, набирают на жало паяльника минимальное количество припоя и последовательно выполняют пайку всех соединений. Для того чтобы уменьшить вероятность перегрева микросхемы, не следует паять подряд выводы, расположенные рядом. Один из рекомендуемых вариантов последовательности пайки четырнадцатывыводной микросхемы таков: 10-14-3-9-13-4--8-12-5-1-11-6-2-7.

При монтаже и демонтаже микросхем в металлическом корпусе удобно пользоваться небольшим магнитом с прикрепленной к нему ручкой из жести. С его помощью легко установить микросхему на контактное поле платы и припаять два-четыре вывода. После этого магнит снимают и паяют остальные выводы.

При демонтаже микросхемы серии K155 и других в таком же корпусе очень полезным будет захват, который после расплавления припоя на всех выводах позволяет быстро снять микросхему с платы. Его можно изготовить из лабораторного зажима «крокодил». К опилленным губкам зажима припаивают или приклепывают две загнутые Г-образно пластины толщиной 0,8–1 мм. Когда губки зажима разжаты, захват надевают на микросхему со стороны торцов, вводя под нее загнутые концы пластин. После расплавления всех выводов захватом выдергивают микросхему из отверстий платы.

Перед монтажом микросхем серий K133, K134 и других в подобном корпусе их выводы обычно формуют, т. е. изгибают так, чтобы обеспечить одновременное прилегание к плате всех выводов. Сформовать выводы можно пинцетом, узкогубцами, но быстрее и лучше всего в специальном приспособлении, состоящем из пуансона и матрицы.

Их можно изготовить из органического стекла, текстолита, дюралюминия, латуни. Для более надежной работы приспособления его следует снабдить двумя направляющими хода пуансона. Направляющие можно изготовить из винтов М3 или М4 либо использовать готовые направляющие от соединителей ГРПМ.

При макетировании устройств на микросхемах бывает рациональнее использовать панели, подобные транзисторным или ламповым, а не перепаявать каждый раз выводы микросхемы, рискуя ее испортить. Панель обычно изготавливают из органического стекла, текстолита либо другого легко обрабатываемого изоляционного материала. Контакты можно использовать как готовые от заводских соединителей серий МНР или РГН, от панелей пальчиковых ламп, транзисторов, так и самодельные из гартованной латуни или бронзы.

Простую панель легко изготовить из резинки для стирания карандаша. Вырезают из резинки брусок размерами $22 \times 14 \times 9$ мм. В нем по кондуктору сверлят необходимое число отверстий сверлом диаметром 1–1,2 мм. Из тонкой медной или латунной фольги вырезают ленты шириной 1,2–1,5 мм и длиной около 32 мм, сгибают их в виде буквы V и вставляют в отверстие в резинке. Панель приклеивают к печатной плате клеем 88Н, а выводы пропускают в отверстия в плате и припаивают к проводникам.

Микросхемы серии К133 (и другие в подобном корпусе) демонтировать с печатной платы удобно следующим образом. Лезвие безопасной бритвы разламывают так, как показано на рис. 3.1, и вводят под корпус микросхемы с тем, чтобы оно упиралось в места паек одного из трех крайних выводов. Нагревая паяльником одновременно эти пайки, лезвие смещают с усилием в направлении стрелки, и при этом отделяют выводы от платы.

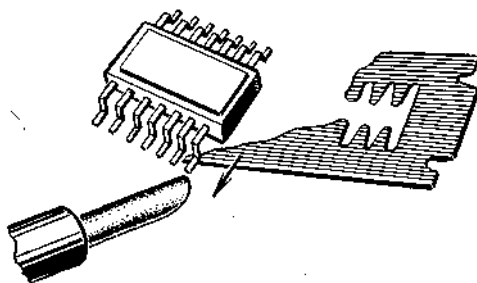


Рис. 3.1. Пример демонтажа микросхемы

Для упрощения монтажа микросхем в круглых корпусах (серия К140 и др.) на печатную плату можно использовать пластмассовую втулку, с которой поставляются микросхемы. В плате сверлят отверстие диаметром 7,6 мм под втулку, вклеивают ее клеем БФ-2 так, чтобы бортик выступал с той стороны, где будет установлена микросхема. Выводы микросхемы вставляют в отверстие втулки, отгибают и распаивают на контактные площадки.

В макетных и некоторых других устройствах иногда целесообразно выводы микросхем соединять не печатными, а навесными проводниками. Для этого лобзиком пропиливают в плате узкие щели, вводят в них выводы, отгибают их в разные стороны и припаивают к ним проводники диаметром 0,2–0,3 мм.

При макетировании и ремонте устройств на микросхемах иногда удобно пользоваться платами-переходниками. Разметить контактную площадку под микросхему можно посредством испорченной микросхемы с формованными выводами. К корпусу микросхемы припаивают ручку из медной проволоки. Смазав выводы лаком, «печатают» контактные площадки на фольге заготовки печатной платы. После этого соединительные проводники вычерчивают рейсфедером или пером. В качестве переходника можно использовать плату статора галетного переключателя. К внутренним концам контактных лепестков платы припаивают выводы микросхемы, а к наружным – детали устройства.

3.6. Простейшие конструкторские расчеты

Расчет установочных параметров элементов

Установочный объем элемента определяют исходя из максимальных (с учетом монтажа) размеров по ширине B , длине L и высоте H . Произведение этих величин с коэффициентом запаса 1,5 определяет установочный объем большинства элементов (кроме полупроводниковых и электровакуумных приборов, резисторов с большой мощностью рассеяния и элементов, работающих при высоких напряжениях): $V = 1,5 BLH$.

Сумма установочных объемов элементов меньше полного объема устройства. На практике обычно пользуются отношением суммы установочных объемов элементов к общему объему устройства. Для таких радиолюбительских конструкций, как блоки питания или радиоприемники, это отношение составляет 0.3–0.6, а для передающих устройств – 0.2–0.3.

При компоновке элементов на плоских печатных платах оперируют понятием установочной площади элемента, которую для большинства элементов вычисляют по формуле $S_{\text{уст}} = 1,25 BL$. При определении полной площади платы вводят коэффициент ее увеличения, равный 2–3 (другими словами, полная площадь будет в 2–3 раза больше установочных площадей всех элементов).

Оценка тепловых режимов

Детали радиоаппаратуры могут нагреваться за счет как внешних источников тепла (солнечная или тепловая радиация, повышение температуры окружающей среды), так и внутренних (резисторы с большой мощностью рассеивания, мощные транзисторы и диоды, трансформаторы питания и лампы). Повышение температуры влияет на электрические параметры устройства («уходит» настройка на радиостанции, ухудшается качество работы, повышается энергопотребление, выходят из строя отдельные элементы и т.п.) и на работу различных его механизмов, что проявляется в заедании осей, детонации звука и т.д.

Часто причиной нарушения нормальной работы служит неправильное расположение элементов устройства при компоновке. Так, если в передатчике рядом должны быть расположены мощная генераторная лампа и кварцевый резонатор, то их надо разделить тепловым экраном, исключающим перегрев кварца.

Расчет радиаторов для полупроводниковых приборов

Для расчетов радиаторов необходимо знать параметры, определяющие так называемые тепловые сопротивления отдельных участков системы «полупроводниковый прибор-радиатор». К ним

относятся тепловые сопротивления «коллекторный переход-корпус транзистора», «корпус транзистора-радиатор» и «радиатор-окружающая среда». Тепловое сопротивление «коллекторный переход-корпус транзистора (диода)» определяется конструкцией самого прибора и, естественно, не может быть изменено. Для уменьшения теплового сопротивления «корпус транзистора (диода) – радиатор» поверхность радиатора в месте крепления полупроводникового прибора необходимо отшлифовать, проложить между ними тонкую свинцовую прокладку или смазать соприкасающиеся плоскости транзистора и радиатора невысыхающим маслом (например, силиконовым). Если корпус транзистора или диода необходимо изолировать от радиатора, то лучше изолировать весь радиатор от шасси. Для изготовления в любительских условиях наиболее подходят радиаторы в виде прямой или изогнутой пластины. Расчет таких радиаторов несложен и может быть выполнен по графику. Зная рассеиваемую полупроводниковыми приборами мощность P (Вт) и допустимую температуру перегрева (от 10 до 70°C), определяют площадь поверхности радиатора в виде пластины; ее толщина должна быть 2–4 мм. Следует учесть, что при введении слюдяной прокладки эффективность радиатора уменьшается на 20–50%, а это требует соответствующего увеличения его поверхности.

Конструкция радиаторов

Для изготовления радиаторов радиолюбителям наиболее доступны листовая алюминий или его сплавы. Использование для этого меди и ее сплавов нецелесообразно, хотя и несколько увеличивает эффективность радиатора. Дело в том, что радиаторы из этих материалов вдвое тяжелее, к тому же медь очень вязка и поэтому плохо обрабатывается резанием.

Простейший радиатор представляет собой пластину (рис. 3.2, а). Для уменьшения теплового сопротивления между корпусом полупроводникового прибора и радиатором достаточно зачистить место установки полупроводникового прибора наждачной бумагой. Такой радиатор необходимо располагать вертикально, так как

при этом почти вдвое увеличивается его эффективность. Если коллектор мощного транзистора должен быть соединен с металлической монтажной платой, ее можно использовать в качестве радиатора. Место установки диода или транзистора на радиаторе П-образной формы (рис. 3.2, б) необходимо обработать торцевой фрезой, чтобы получился ровный плоский участок необходимых размеров.

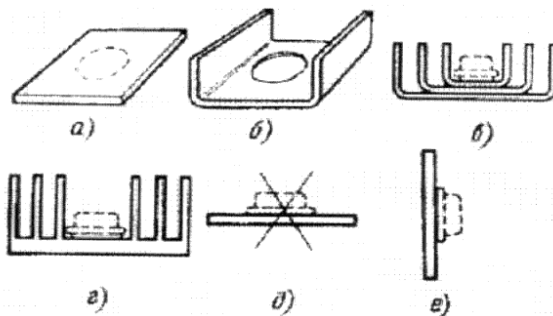


Рис. 3.2. Конструкция радиатора

Основной недостаток самодельного ребристого радиатора (рис. 3.2, в) – большое тепловое сопротивление в местах прилегания отдельных пластин (на рисунке эти места выделены жирными линиями), вследствие чего часть поверхности пластин используется неэффективно. От этого недостатка свободны радиаторы, изготовленные из целого куска материала, например, фрезерованием (рис. 3.2, г).

Недопустимо для всех выводов транзистора средней или большой мощности делать в радиаторе общую прорезь. Отверстия в радиаторе, через которые проходят выводы электродов полупроводниковых приборов и винты, крепящие их накладные фланцы, должны быть, возможно, меньшего диаметра. Исключением из этого правила является крепление транзисторов серии ГТ403, которые накладными фланцами не комплектуются: отверстие в радиаторе должно иметь диаметр, при котором обеспечивается тугая посадка цилиндрической части корпуса транзистора в его отверстие.

Для эффективного отвода тепла к радиатору должен быть открыт доступ воздуха, поэтому всегда следует стремиться к тому, чтобы радиаторы были расположены вне корпуса устройства, например на его задней стенке. Горизонтальное расположение пластинчатого радиатора менее целесообразно, чем вертикальное.

Конструкция уплотнений

Уплотнения применяют для защиты аппаратуры от проникания влаги и пыли. Уплотнительные прокладки (чаще всего резиновые) используют для герметизации мест стыка кожухов с крышками и вводов кабелей. Так, уплотнительная прокладка из резинового шнура обеспечивает герметичность устройства при погружении его в воду на глубину до 2 м. Для герметизации мест вывода осей регулировочных элементов (осей переменных резисторов, валиков настройки и т. п.) применяют набор фетровых шайб толщиной 3–10 мм, пропитанных жидкими смазочными материалами.

3.7. Технологические советы

Обработка стальных деталей

Для получения хорошего качества защитных и декоративных покрытий поверхности стальных деталей необходимо обезжирить, пассивировать и декапировать. Для обезжиривания можно использовать следующие растворы: сода кальцинированная (или поташ) 100–150 г/л и жидкое стекло 2–3 г/л; сода кальцинированная 20 г/л и хромпик 1 г/л.

Для пассивирования, после которого поверхность металла делается пассивной в электрохимическом отношении, деталь следует поместить либо в 5%-ный раствор хромовой кислоты (75°C), либо в насыщенный раствор хромпика (60°C), либо в мыльный раствор (100°C).

Для декапирования – химического удаления пленки окиси с поверхности детали используют 5%-ный раствор серной или соляной кислоты. После обработки кислотой необходимо промыть детали в

проточной воде. Одной из простейших защитных покрытий стальных деталей – воронение (образование на поверхности детали пленки окислов). Для этого деталь шлифуют и, если надо, полируют, тщательно обезжиривают и после нагрева до температуры 220–325°C (например, в духовом шкафу) протирают ветошью, смоченной конопляным маслом. Другие растительные масла дают менее приятные цвета воронения.

Для получения прочных лакокрасочных покрытий поверхности стальных деталей необходимо тщательно очистить от ржавчины. Для этого деталь помещают в керосин на несколько часов, протирают рыбьим жиром, который через 1,5–2 ч удаляют вместе с ржавчиной.

Для быстрого удаления ржавчины рекомендуется в течение нескольких минут промыть деталь в растворе хлорного олова, а затем в теплой воде. Небольшие следы ржавчины удаляют кашицей из толченого древесного угля, замешанного на машинном масле.

После очистки поверхности деталь покрывают грунтом (его слой должен быть не более 0,2 мм толщиной, иначе уменьшится прочность лакокрасочного покрытия), а затем наносят два или большее число слоев краски мягкой кистью (слои должны быть взаимно перпендикулярны) или пульверизатором, используя аэрозольные лаки и краски.

Обработка деталей из меди и ее сплавов

Медь и ее сплавы очищают механическим путем шкуркой либо кашицей из мелкой поваренной соли с уксусом. Для обезжиривания используют смесь гашеной извести 35 г/л, едкого калия 10 г/л и жидкого стекла 3 г/л, либо едкого натра 75 г/л и жидкого стекла 20 г/л, в которые помещают на 1 ч деталь при температуре раствора 90°C. Декапирование проводят в течение 1 мин в 5%-ном растворе серной кислоты.

Для никелирования зачищенную (если надо, то и отполированную) и обезжиренную деталь помещают в смесь 10%-ного раствора хлористого цинка («паяльная кислота») и сернокислого никеля, которого в растворе должно быть столько, чтобы он имел густо

зеленый цвет. После подготовки раствор нагревают до кипения и погружают в него на 1–2 ч деталь. После окончания процесса никелирования деталь переносят в меловую воду (10–15 г мела на стакан воды) и слегка протирают ветошью. После этого деталь промывают и протирают насухо.

Для серебрения можно воспользоваться отработанным фиксажем, в 300 мл которого добавляют 1–2 мл нашатырного спирта и 2–3 капли формалина: раствор следует хранить и работать с ним только в темноте. Зачищенную и промытую обезжиренную деталь помещают в раствор на 0,5–1,5 ч, после чего промывают в теплой воде, высушивают и протирают мягкой ветошью. Для растворов следует применять либо дистиллированную воду, либо воду, полученную из льда бытовых холодильников.

Обработка деталей из алюминия и его сплавов

В любительских условиях чаще всего приходится выполнять операции обезжиривания, оксидирования, осветления и травления.

Для обезжиривания можно использовать смесь из тринатрий-фосфата 50 г/л, едкого натра 10 г/л и жидкого стекла 30 г/л либо только едкий натр 50 г/л. Время обезжиривания первым раствором 2–3 мин при температуре раствора 50–60°C, вторым – 3–5 мин при 50°C.

Оксидирование выполняется в растворе из углекислого натрия 50 г/л, хромовокислого натрия 15 г/л и едкого натра 2,5 г/л при температуре 80–100°C в течение 10–20 мин. Затем деталь промывают в воде и помещают в кипяток на 15–20 мин. Высушенную деталь желательно покрыть бесцветным лаком.

Для осветления деталь протирают раствором из буры 50 г/л и нашатырного спирта 5 мл/л, после высыхания которого деталь протирают ветошью. Для осветления силуминовых деталей (сплав алюминия с кремнием) деталь обезжиривают, зачищают и помещают на 10–20 мин в раствор из хромового ангидрида 100 г/л и серной кислоты с удельным весом 1,84 (10 г/л), после чего деталь промывают и сушат.

Разные технологические советы

Радиолобительская практика выработала целый ряд простых и полезных технологических советов, часть из которых здесь приводится.

Места паяк на печатной плате удобно закрашивать цепоплаком изготовленным из нитроцеллюлозного клея «Аго», который разбавляют ацетоном в соотношении примерно 1:6 (по объему) и добавляют пасту для шариковых ручек желаемого цвета.

Если нужно сделать какие-либо надписи на передних панелях, шкалах или футлярах, то для этого можно использовать самодельные чернила из пасты для шариковых ручек и дихлорэтана: смешивать надо в хорошо закрывающемся сосуде. Соотношение пасты и растворителя подбирается экспериментально. Надписи, выполненные такими чернилами, хорошо удерживаются на органическом стекле, винипласте, полистироле, поливинилхлориде и других пластиках и не смываются водой. Можно использовать также переводные буквы и цифры с сухих деколей (переводных знаков с прозрачных пленок).

Для нанесения защитного рисунка на заготовках печатных плат можно использовать пасту от шариковых авторучек. Для этого лучше всего подогреть пластмассовую трубку пишущего стержня над огнем спички, растянуть трубку и в месте утоньшения трубки (после остывания) разрезать ее лезвием бритвы. Такой «рейсфедер» мягко пишет и легко промывается. Другой способ выполнения рисунка печатных проводников использование баллончика для правки рейсфедеров тушью, в который наливается асфальто-битумный лак или лак БТ-242. Ширина дорожки получается 1–2 мм, а капля лака на конце баллончика позволяет выполнять контактные площадки 0,3–4 мм.

Для облегчения пайки проводники печатных плат следует облудить, что проще всего сделать следующим образом. Проводники зачищают до блеска мелкозернистой шкуркой и покрывают тонким слоем раствора канифоли в спирте. Затем, пропитав кончик отрезка металлической оплетки кабеля припоем ПОС-81 или более легкоплавким, надо протирать оплетку, постепенно подплавляя ее припоем.

Простейшим механическим способом зачистки поверхности металлических деталей является использование красного ученического ластика для чернил. Таким ластиком можно очистить от окислов выводы деталей, участки проводников печатной платы, контакты.

Для облегчения выполнения монтажных работ очень полезной может оказаться «третья рука», выполненная из одного или нескольких зажимов «крокодил», особенно если они имеют возможность поворачиваться для закрепления детали при пайке практически в любом положении.

4. Неисправности и способы проверки радиоэлементов перед монтажом

4.1. Общие сведения о неисправностях элементов

Средства связи состоят из большого количества различных элементов. Самыми массовыми из них являются резисторы и конденсаторы, моточные изделия – катушки индуктивности, дроссели, трансформаторы.

Несмотря на большое разнообразие деталей, применяемых в средствах связи, все они должны отвечать определенным требованиям по влагостойкости, холодоустойчивости, теплоустойчивости и механической прочности.

Важнейшими требованиями, предъявляемыми к деталям средств связи, являются также их надежность и долговечность.

Под надежностью понимают способность деталей сохранять работоспособность и параметры в течение заданного времени.

Долговечность есть свойство изделия длительное время сохранять работоспособность до предельного состояния с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонтов.

В процессе эксплуатации любого радиоэлемента в нем могут возникать отказы, неисправности и повреждения.

Отказ – событие, заклиняющее в нарушении работоспособного состояния элемента (объекта).

Неисправное состояние элемента – состояние, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической и (или) конструкторской документации.

Повреждение – событие, заключающееся в нарушении исправного состояния элемента (объекта) при сохранении работоспособного состояния.

Отказавшие, неисправные, поврежденные радиоэлементы применять, разумеется, нельзя. Однако в практике эксплуатации сложных объектов возможно применение поврежденных и даже неисправных элементов. Например, у детали нарушено незначи-

тельно лакокрасочное покрытие, укорочен вывод, нарушена маркировка и т.д. При таких неисправностях работоспособность в целом объекта сохраняется без изменения его основных параметров и характеристик.

В дальнейшем будем использовать понятие неисправность, так как оно наиболее широко, чем повреждение и отказ.

4.2. Неисправности резисторов и их проверка

Применяемые в современных средствах связи резисторы можно подразделить на постоянные и переменные. Каждые из них в свою очередь подразделяются на проволочные и непроволочные. В проволочных резисторах токопроводящий слой выполнен из проволоки с высоким удельным сопротивлением, а в непроволочных – из специального состава.

Проволочные резисторы более стабильны и устойчивы к перегрузкам и нашли широкое применение в средствах связи.

Постоянные резисторы в зависимости от назначения разделяются на группы:

- общего применения с отклонением от номинала от ± 5 до $\pm 20\%$; точные – от $+1$ до -2% ;
- прецизионные – $\pm 0,01\%$; $\pm 0,02\%$; $\pm 0,05\%$; $\pm 0,1\%$; $\pm 0,25\%$; $\pm 0,5\%$;
- высокочастотные и импульсные высоковольтные (свыше 2 кВ);
- высокоомные (свыше 10 МОм);
- полупроводниковые.

Резисторы общего применения выполняют роль нагрузок, поглочителей и делителей в цепях питания, элементов фильтров, шунтов, в цепях формирования импульсов и т. п. Диапазон величин сопротивлений – от 1 Ом до 10 МОм, при мощности рассеяния от 0,125 до 100 Вт.

Точные и прецизионные резисторы, обладающие высокой стабильностью, применяют в измерительной аппаратуре и счетно-решающих устройствах. Высокочастотные и импульсные резисторы имеют малую собственную индуктивность и емкость. Они используются в высокочастотных цепях, кабелях и волноводах в ка-

честве согласующих нагрузок, эквивалентов антенн. Непроволочные резисторы способны работать на частотах до 100 МГц, а проволочные – до сотен килогерц. Высоковольтные резисторы обладают значительной мощностью рассеяния – 5 Вт и выше и выдерживают большие рабочие напряжения – от единиц до десятков киловольт. Они применяются в качестве делителей, искрогасителей, в зарядных и разрядных высоковольтных цепях.

Высокоомные резисторы используют в слаботочных цепях, в измерительной аппаратуре. Они имеют диапазон номинальных значений от десятков мегом до сотен тераом, рассчитываются на небольшие рабочие напряжения (100–400 В) и мощности рассеяния (до 1 Вт).

Полупроводниковые резисторы используются в схемах температурной стабилизации, в автоматических регуляторах и измерительной технике. Переменные резисторы позволяют в определенных пределах плавно изменять величину сопротивления с помощью подвижного контакта. Они разделяются на подстроечные и регулировочные, рассчитаны на периодические подстройки, поэтому их подвижная ось обычно выводится под шлиц. Они выдерживают, до 1000 поворотов. Регулировочные резисторы многократно используются при регуляциях аппаратуры. Они выдерживают более 5000 поворотов.

Постоянные резисторы, в зависимости от токопроводящего элемента, бывают непроволочные (поверхностного и объемного типов) и проволочные.

Проволочные постоянные резисторы выполняются из проволоки или из микропроволоки высокого сопротивления, намотанной на трубчатый керамический каркас и защищенной слоем эмали. Они применяются в случаях, когда требуется большая мощность рассеяния и высокая стабильность в работе.

Переменные непроволочные резисторы состоят из металлического каркаса, спрессованного пластмассой и закрепленного на нем подковообразного проводящего элемента из гетинаксового основания с нанесенным на него токопроводящим слоем. Изменение величины сопротивления достигается перемещением токоъемника по проводящему слою.

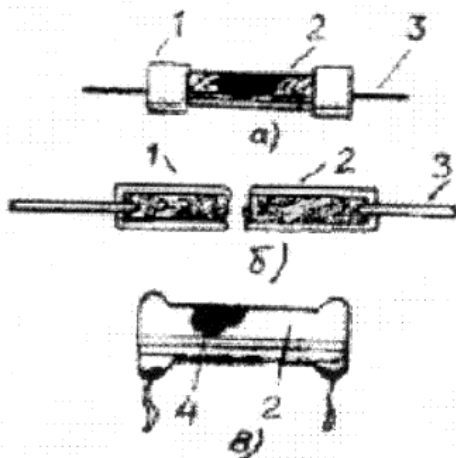


Рис. 4.1. Устройство постоянных резисторов:

а – непроволочного поверхностного типа; *б* – непроволочного объемного типа;
в – проволочного типа; 1 – токопроводящий слой; 2 – эмалевое покрытие;
 3 – выводы; 4 – проволока

В переменных проволочных резисторах резистивным элементом является высокоомный провод (нихром или константан), намотанный на тороидальный или трубчатый каркас из порошковых пластмасс, керамики, гетинакса или текстолита.

Возникающие в процессе эксплуатации повреждения резисторов можно разделить на механические и электрические. К наиболее характерным механическим повреждениям можно отнести поломку выводов, трещины токопроводящей дорожки, нарушение лаковых или эмалевых покрытий, вмятины и поломки каркасов и кожухов, повреждения движущего механизма в переменных резисторах.

Наиболее распространенным повреждением электрического характера является изменение величины сопротивления свыше допустимых пределов.

Неисправность резистора, как правило, приводит к изменению тока или напряжения в соответствующей цепи и ухудшению или полному отказу в работе одного из блоков или всей аппаратуры в целом. Отсутствие надежного контакта между ползунком и токо-

проводящим слоем в переменном резисторе вызывает сбои в работе аппаратуры в ходе ее регулировки и эксплуатации. Поэтому наличие неисправных резисторов в схеме аппаратуры легко обнаруживается при проверке ее работоспособности.

Для проверки проволочного и непроволочного резисторов постоянного и переменного сопротивления необходимо проделать следующее:

- произвести внешний осмотр, обратив внимание на состояние выводов, их крепление, исправность покрытия и обмотки, на наличие механических повреждений каркаса, кожуха, движущего механизма, наличие почернений и вздутий на поверхности резистора;

- проверить работу движущего механизма переменного резистора и состояние его частей;

- по маркировке и размерам определить номинальную величину сопротивления, допустимую мощность рассеяния и класс точности;

- омметром измерить действительную величину сопротивления и определить отклонение от номинала. У переменных резисторов измерить еще и плавность изменения сопротивления при движении ползунка.

Резистор исправен, если нет механических повреждений, величина его сопротивления находится в допустимых пределах данного класса точности, а контакт ползунка с токопроводящим слоем постоянен и надежен.

4.3. Неисправности конденсаторов и их проверка

Конденсатор – устройство, состоящее из двух электрически изолированных одна от другой систем проводников, называемых «обкладками», обладающее значительной емкостью при сравнительно небольших размерах.

По форме конденсаторы могут быть плоскими, трубчатыми, цилиндрическими.

Конденсаторы бывают постоянной и переменной емкости. Их конструкция, электрические свойства и области применения в зна-

чительной степени зависят от диэлектрика, разделяющего пластины. По роду используемого диэлектрика различают следующие типы конденсаторов.

1. Конденсаторы постоянной емкости:

- с газообразным диэлектриком (воздушные, газонаполненные, вакуумные);
- с жидким диэлектриком;
- с твердым неорганическим диэлектриком (стеклоэмалевые, стеклокерамические, стеклопленочные, слюдяные, керамические);
- с твердым органическим диэлектриком (бумажные, металлобумажные, пленочные, металлопленочные, тонкопленочные из органических синтетических пленок);
- электролитические (оксидные) – алюминиевые, танталовые и др.
- жидкостные, сухие и твердые.

2. Конденсаторы переменной емкости:

- с механическим управлением величиной емкости:
 - а) с газообразным диэлектриком (воздушные, газонаполненные и вакуумные);
 - б) с твердым диэлектриком (керамические).
- с электрическим управлением величиной емкости:
 - а) сегнетокерамические;
 - б) полупроводниковые.

Различают следующие виды конденсаторов:

- низковольтные (до 1600 В);
- высоковольтные (свыше 1600 В).

В результате нарушения правил эксплуатации (превышения рабочих напряжений, усиленные тряски, удары), правил хранения (повышенная влажность, резкие колебания температуры) и небрежного выполнения монтажных работ (повреждения при пайке и монтаже, неправильное соединение конденсаторов в группы) могут возникать механические и электрические неисправности.

К механическим неисправностям относятся:

- повреждения корпуса, покраски и опрессовки;
- повреждения, поломки, заедание и люфт движущего механизма, токосъемников и подшипников;

– повреждения выводов, изоляторов и фиксаторов подстроечных конденсаторов.

К электрическим неисправностям относятся:

- пробой конденсаторов;
- короткое замыкание пластин;
- изменение номинальной емкости сверх допуска из-за старения диэлектрика, попадания на него влаги, перегрева, деформации;
- повышение тока утечки из-за ухудшения изоляции.

В воздушных конденсаторах полупеременной и переменной емкости может быть пробой или замыкание в некоторых положениях ротора между отдельными пластинами.

Полная или частичная потеря емкости электролитических конденсаторов является результатом высыхания электролита.

Простейшим способом проверки исправности конденсаторов является внешний осмотр, в ходе которого обнаруживаются механические повреждения. При внешнем осмотре конденсаторов переменной и полупеременной емкости одновременно проверяются плавность хода, отсутствие люфтов, заеданий, надежность фиксации подвижных частей. При осмотре всех конденсаторов обращается внимание на наличие грязи, пыли, влаги, коррозии. Проверяется соответствие характеристик, указанных на корпусе конденсаторов, данным спецификации.

При положительных результатах внешнего осмотра проводят электрическую проверку. Она включает: проверку на короткое замыкание, на пробой, проверку целости выводов, проверку тока утечки (сопротивление изоляции), измерение емкости. Проверку на короткое замыкание производят омметром, включая его сначала между выводами, а затем между каждым выводом и корпусом. При исправном конденсаторе стрелка прибора не должна отклоняться. Проверяя конденсатор переменной емкости, необходимо, подключив прибор, сделать полный поворот ротора, следя при этом за стрелкой прибора.

Сопротивление изоляции измеряют ламповым омметром, имеющим большой предел измерений, между выводами и каждым выводом и корпусом. Замер следует делать спустя минуту после включения прибора при напряжении 100 В, т.е. после того, как

конденсатор полностью зарядится. Изоляция электролитических конденсаторов проверяется путем измерения тока утечки. Отсчет производят после окончания заряда. В ходе этой проверки необходимо строго соблюдать полярность. Измерение емкости конденсаторов производят специальным прибором (Е12-1А).

При невозможности измерения величины емкости проверяют целостность выводов. Способ проверки очень прост и зависит от величины емкости конденсаторов.

Конденсаторы большой емкости (1 мкФ и выше) проверяют пробником (омметром), подключая его к выводам конденсатора. Если конденсатор исправен, то стрелка прибора медленно возвращается в исходное положение. Если утечка велика, то стрелка прибора не вернется в исходное положение.

Конденсаторы средней емкости (от 500 пФ до 1 мкФ) проверяют с помощью последовательно подключенных к выводам конденсатора телефонов и источника тока. При исправном конденсаторе в момент замыкания цепи в телефонах прослушивается щелчок.

Конденсаторы малой емкости (до 500 пФ) проверяют в цепи тока высокой частоты. Испытуемый конденсатор включают между антенной и приемником. Если при этом громкость приема не уменьшится, значит, обрывов выводов нет.

4.4. Неисправности катушек индуктивности, дросселей, трансформаторов и их проверка

Катушки индуктивности по назначению можно разделить на четыре основные группы.

1. Катушки колебательных контуров (задающих генераторов, гетеродинов, определяющих частоту настройки соответствующего узла и аппаратуры).

2. Катушки, обеспечивающие определенную полосу пропускания (контурные усилителей, полосовых фильтров и т. д.).

3. Катушки связи, обеспечивающие передачу электромагнитной энергии от одних элементов схемы к другим.

4. Дроссели высокой и низкой частот, представляющие высокое индуктивное сопротивление для переменных токов.

По конструктивному выполнению катушки индуктивности могут быть бескаркасными, однослойными и многослойными на каркасах, с магнитными сердечниками и без них, экранированные и без экрана.

Катушки изготавливаются с постоянным и изменяющимся значением индуктивности. Последние используются для настройки колебательных контуров в широком диапазоне частот и называются вариометрами. Основными параметрами катушек являются индуктивность, добротность, собственная емкость и стабильность.

Неисправности катушек индуктивности и способы их проверки.

В катушках индуктивности могут быть повреждения механического и электрического характера.

К неисправностям механического характера относятся:

- поломки каркаса, экранов и крепежной арматуры;
- нарушение покрытий;
- повреждения резьбы регулировочных винтов, подшипников;
- заедания ролика в вариометрах.

К неисправностям электрического характера относятся:

- обрывы проводов обмоток;
- короткое замыкание части или всех витков обмотки;
- замыкания обмотки или лепестков на арматуру, экран или корпус аппаратуры;
- изменение индуктивности и ухудшение добротности.

Проверка исправности катушек индуктивности начинается с внешнего осмотра. В ходе его убеждаются в исправности каркаса, экрана, выводов; в правильности и надежности соединений всех деталей катушки между собой; в отсутствии видимых обрывов проводов, замыканий, повреждения изоляции и покрытий. Особое внимание следует обращать на места обугливания изоляции, каркаса, почернение или оплавление заливки.

В вариометрах необходимо проверить работу подвижной системы, плавность хода ротора или ролика, исправность токосъемников. Витки катушек и межвитковое пространство следует очи-

стить от грязи и пыли протираанием шерстяной тканью и промывкой растворителем.

Электрическая проверка катушек индуктивности включает проверку на обрыв, определение наличия короткозамкнутых витков и состояния изоляции обмотки.

Проверка на обрыв выполняется пробником. Увеличение сопротивления означает обрыв или плохой контакт одной или нескольких жил. Уменьшение сопротивления означает наличие межвиткового замыкания. При коротком замыкании выводов сопротивление равно нулю. Для получения точного представления о неисправности катушки необходимо измерить индуктивность. В вариометрах следует измерять индуктивность не менее чем в трех положениях ротора или ролика – двух крайних и среднем. В заключение рекомендуется проверить работоспособность катушки в заведомо исправном таком же аппарате, для которого она предназначена.

Трансформаторы и дроссели низкой частоты в отличие от катушек индуктивности имеют сердечники из стали или из ферромагнитных материалов, что значительно увеличивает индуктивность. По конструкции и технологии изготовления трансформаторы и дроссели имеют много общего. И те, и другие состоят из обмоток, выполненных изолированным проводом, и сердечника. Магнитопроводы трансформаторов и дросселей, в зависимости от назначения и условий работы, изготавливаются в виде сердечников броневых, стержневого и тороидального типов.

По способу изготовления они делятся на штампованные наборные сердечники, ленточные из трансформаторной стали специальных сплавов и прессованные из оксидных ферромагнетиков (ферритов).

Основными характеристиками трансформаторов и дросселей низкой частоты являются:

1. Величина индуктивности.
2. Рабочее напряжение.
3. Испытательное напряжение.
4. Сопротивление изоляции.
5. Мощность трансформатора и дросселя.

Неисправности трансформаторов и дросселей низкой частоты и способы их проверки

К электрическим повреждениям относятся:

- обрывы обмоток; замыкания между витками обмоток;
- короткое замыкание обмотки на корпус, сердечник, экран или арматуру;
- пробой между обмотками, на корпус или между витками одной обмотки;
- уменьшение сопротивления изоляции;
- местные перегревы.

Причинами неисправностей являются нарушения правил эксплуатации и условий хранения деталей, а также небрежное их изготовление. Проверка исправности трансформаторов и дросселей низкой частоты должна начинаться с внешнего осмотра. В ходе его выявляются и устраняются все видимые механические неисправности.

Проверка на короткое замыкание между обмотками, между обмотками и корпусом производится омметром. Прибор включают между выводами разных обмоток, а также между одним из выводов и корпусом. Так же проверяется и сопротивление изоляции, которое должно быть не менее 100 МОм для герметизированных трансформаторов и не менее десятков МОм для негерметизированных. Самым сложным является проверка на междувитковые замыкания. Известны несколько способов проверки:

1. Измерение омического сопротивления обмотки и сравнение результатов с паспортными данными. (Способ простой, но не точный, особенно при малой величине омического сопротивления обмоток и малом числе короткозамкнутых витков.)

2. Проверка катушки с помощью специального прибора – анализатора короткозамкнутых витков.

3. Проверка коэффициентов трансформации на холостом ходу. Коэффициент трансформации определяется как отношение напряжений, показываемых вольтметрами V_2 и V_1 . При наличии междувитковых замыканий коэффициент трансформации будет меньше нормы.

4. Измерение индуктивности обмотки.

5. Измерение потребляемой мощности на холостом ходу. У силовых трансформаторов одним из признаков наличия короткозамкнутых витков является чрезмерный нагрев обмотки.

4.5. Проверка исправности полупроводниковых приборов

Простейшая проверка исправности полупроводниковых диодов заключается в измерении их прямого ($R_{пр}$) и обратного ($R_{обр}$) сопротивлений. Чем больше отношение $\frac{R_{обр}}{R_{пр}}$, тем выше качество

диода. Для измерения диод подключается к омметру, как показано на рис. 4.2.

В первом случае (а) прибор покажет большое сопротивление, во втором (б) – малое.

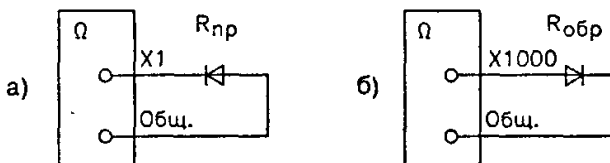


Рис. 4.2. Схемы проверки исправности диодов

При этом входное напряжение измерительного прибора не должно превышать максимально допустимого для данного диода. Исправность высокочастотных диодов может быть проверена подключением их в схему работающего простейшего детекторного радиоприемника. Нормальная работа радиоприемника говорит об исправности диода, а отсутствие приема – о его пробое или обрыве. При ремонте РЭА часто возникает необходимость в проверке исправности транзисторов без выпайки из схемы. Одним из способов такой проверки является измерение омметром сопротивления между эмиттером и коллектором при соединении базы с коллектором (рис. 4.3, а) и при соединении базы с эмиттером (рис. 4.3,

б). При этом источник коллекторного питания отключается от схемы. При исправном транзисторе в первом случае омметр покажет малое сопротивление, во втором – порядка нескольких сотен тысяч или десятков тысяч Ом.

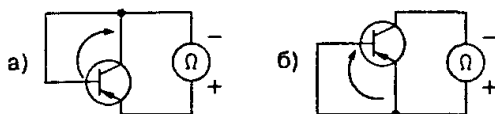


Рис. 4.3. Схемы проверки исправности транзисторов:
а – при соединении базы с коллектором;
б – при соединении базы с эмиттером

Проверка транзисторов, не включенных в схему, на отсутствие коротких замыканий производится измерением сопротивлений между его электродами. Для этого омметр подключает поочередно к базе и эмиттеру, к базе и коллектору, к эмиттеру и коллектору, меняя полярность подключения омметра. При исправном транзисторе в направлении проводимости перехода омметр покажет малое сопротивление, а в противоположном направлении – большое сопротивление. Полностью исправность любого транзистора можно проверить при наличии стандартных измерителей параметров транзисторов Л2-22; Л2-42; Л2-31 и др.

4.6. Неисправности микросхем и их проверка

Микросхема – это микроэлектронное изделие, выполняющее определенную функцию преобразования, обработки сигнала и (или) накопления информации и имеющее высокую плотность упаковки электрически соединенных элементов (или элементов и компонентов) и кристаллов. Под плотностью упаковки понимается отношение числа элементов и компонентов микросхемы, в том числе содержащихся в составе компонентов, к объему микросхемы без учета объема выводов. Микросхемы являются основной элементной базой современной радиоэлектронной аппаратуры от

сложнейших устройств автоматического управления, связи, вычислительной техники, систем контроля до бытовых приборов (телевизоров, магнитофонов, микрокалькуляторов и др.). Внедрение микросхем в различные радиолюбительские устройства позволяет уменьшить габаритные размеры, массу, упростить разработку, повысить качество и надежность аппаратуры, уменьшить потребление мощности от источников питания.

По конструктивному оформлению микросхемы можно разделить на бескорпусные и корпусные. Бескорпусные представляют собой кристалл с гибкими или твердыми выводами. Они используются в производстве гибридных микросборок для аппаратуры с минимальными габаритными размерами и массой. При этом функции защиты от внешних воздействий возлагаются на корпус несущей конструкции с бескорпусными микросхемами.

Корпуса микросхем выполняют ряд функций, основные из которых следующие:

- защита микросхемы от климатических и механических воздействий;
- для соединения ее с внешними электрическими цепями с помощью выводов;
- экранирование от помех;
- унификация по габаритным и установочным размерам.

Конструкция корпусов во многом определяет надежность микросхем, плотность монтажа аппаратуры и технологичность ее изготовления.

По конструктивно-технологическому признаку различают корпуса: металlostеклянные, металлополимерные, металлокерамические, керамические, пластмассовые. Каждый вид корпуса характеризуется габаритными и присоединительными размерами, числом выводов и расположением их относительно плоскости основания корпуса. Выводы микросхемы могут лежать в плоскости основания корпуса (планарные выводы) или быть перпендикулярными ему (штыревые выводы). Планарные выводы по сечению, как правило, прямоугольные, штыревые, круглые или прямоугольные.

Для надежной работы аппаратуры, смонтированной с использованием микросхем, необходимо строгое соблюдение требований

по установке, монтажу и пайке микросхем. Микросхемы необходимо устанавливать на печатных платах на возможно большем удалении от компонентов аппаратуры, выделяющих большое количество тепла, вне магнитных полей постоянных магнитов, трансформаторов и дросселей. Между корпусом микросхемы и монтажной платой должен быть зазор:

- для микросхем в корпусах со штырьковыми выводами 1 мм;
- с планарными выводами не менее 0,5 мм;
- микросхему в круглом корпусе необходимо устанавливать на печатную плату с зазором не менее 3,5 мм.

При распайке выводов микросхемы температура стержня паяльника должна быть не более 280°C (для корпуса с планарными выводами – не более 265°C), время касания паяльника к каждому выводу не более 3 с, минимальное расстояние от тела корпуса микросхемы до границы припоя по длине вывода – 1 мм, интервал времени между пайками соседних выводов не менее 3 с. Мощность паяльника не более 50 Вт. Жало паяльника должно быть заземлено (переходное сопротивление заземления не более 5 Ом).

Исправность цифровых (логических) микросхем характеризуется соответствием ее динамических и статических параметров паспортным данным.

Динамические параметры цифровых микросхем обычно измеряют при разработке новых типов микросхем, выходном и входном контроле на заводах-потребителях и в некоторых других случаях. В радиолюбительской практике провести такие измерения очень трудно и дорого, поскольку они требуют сложной автоматизированной ИИС с включением в нее измерителей интервалов времени, осциллографов и некоторых других столь же сложных и дорогих приборов. Поэтому радиолюбителю целесообразно при конструировании изделий использовать паспортные динамические параметры микросхемы, включаемой в конструкцию, а о ее годности судить по результатам контроля ее статических параметров.

Промышленность выпускает небольшое число типов испытателей цифровых микросхем для определения их исправности в ста-

тическом режиме. Неавтоматические испытатели цифровых микросхем обычно содержат несколько регулируемых источников постоянного тока.

Жесткие программы проверки конкретных типов микросхем (с указанием типов контактных головок, последовательностей замыканий контактов поля программирования, установки и измерения напряжений на электродах микросхем) приводятся обычно в инструкции по применению испытателя микросхем. Если при такой проверке все значения напряжений (токов) оказываются в соответствии с указанными в инструкции, микросхема признается исправной. В противном случае – неисправной.

5. Ремонтно-восстановительные и профилактические работы

5.1. Методы обнаружения отказавших элементов в РЭА

Все методы поиска отказавших элементов, удобно объединить в четыре наиболее общие метода:

1. Комбинационный метод.
2. Метод диагностических таблиц.
3. Метод последовательных поэлементных проверок.
4. Метод последовательных групповых проверок.

Встречающиеся в практика другие методы по своей сущности обычно являются производными от указанных выше методов поиска отказавших элементов.

Комбинационный метод поиска отказавших элементов

Сущность комбинационного метода поиска отказавших элементов состоит в том, что в процессе поиска неисправностей проводятся измерения определенного набора параметров. По результатам этих измерений в зависимости от сочетания нормального и ненормального состояния параметров однозначно определяется неисправный элемент.

Комбинационный метод может быть с жесткой программой, при которой анализ результатов производится после измерения всего набора параметров, а с гибкой программой, при которой анализ результатов производится после каждого измерения. В момент, когда полученной информации оказывается достаточно для однозначного определения неисправного элемента, дальнейшая проверка прекращается.

При анализе состояния системы с использованием комбинационного метода поиска отказов в первую очередь возникают три задачи:

– достаточно ли набора параметров, характеризующих исправность системы, для однозначного определения неисправного элемента;

– если набор параметров позволяет решить первую задачу, то нельзя ли сократить количество измеряемых параметров;

– если данного набора параметров недостаточно, то какие параметры должны быть добавлены с тем, чтобы первая задача имела бы решение.

Подобные задачи могут быть решены методами алгебры логики. Однако эти методы решения громоздки, требуют специальных знаний, а также большого числа преобразований. Поэтому далее рассмотрим только простой и наглядный метод решения поставленных задач, приводящий к решению, достаточно близкому к оптимальному.

Пусть имеем систему из 9 функционально связанных элементов ($N = 9$), обозначенных индексами Э1, Э2, ..., Э9, изображенную на рис. 5.1. Система характеризуется 6 параметрами ($n = 6$), обозначенными индексами П1, П2, ..., П6.

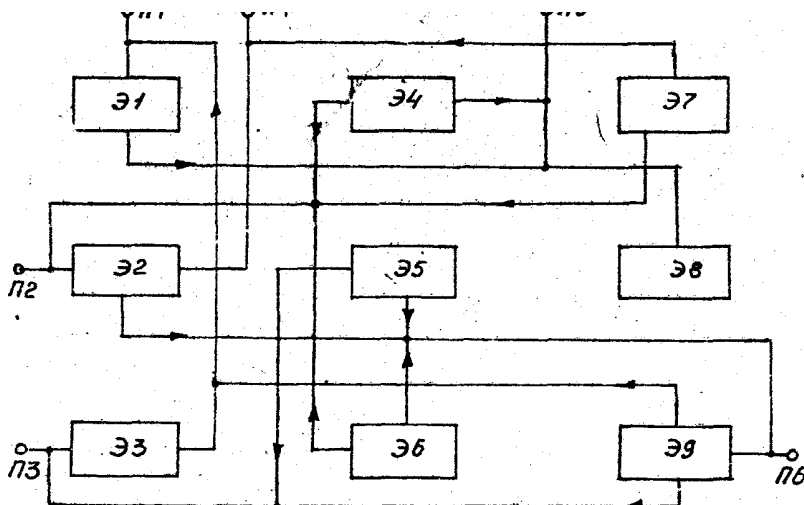


Рис. 5.1. Пример схемы

Составим таблицу, показывающую зависимость выходных параметров системы от состояния элементов. При этом в клетках на пересечении строки, соответствующей данному элементу, и колонки, соответствующей рассмотренному параметру, будем ставить единицу, если отказ влечет за собой выход данного параметра за пределы поля допуска. Если отказ элемента не влечет за собой выход параметра за пределы поля допуска, то в соответствующей клетке будем ставить нуль.

Пример таблицы для $N = 9$ и $n = 6$ показан в табл. 5.1

Таблица 5.1

Элементы	Параметры						Кодовые числа элементов	
	П1	П2	П3	П4	П5	П6	Исходное	0
Э1	1	0	0	0	1	0	15	15
Э2	0	1	0	1	0	1	246	246
Э3	1	0	1	0	0	0	13	1
Э4	0	1	0	0	1	0	25	25
Э5	0	0	1	0	0	1	36	6
Э6	0	1	0	1	0	1	26	26
Э7	0	1	0	0	0	0	24	24
Э8	0	0	0	0	1	0	5	5
Э9	1	0	1	0	0	1	136	16
	3	4	3	2	3	4		

В предпоследней колонке таблицы запишем кодовые числа, характеризующие элементы. Исходные кодовые числа образуются из номеров параметров, которые измеряются при его отказе. Если полученные кодовые числа не содержат нулей и повторяющейся комбинации цифр, то выбранная совокупность параметров обеспечивает однозначное определение неисправного элемента. Наличие одинаковых кодовых чисел свидетельствует о существовании неоднозначности в определении неисправного элемента.

Вычеркивание целесообразно начинать с параметров, обладающих наименьшей информативностью. Для этого в нижней строке записывается количество элементов, от которых существенно зависит данный параметр.

После проверки возможности вычеркивания всех параметров будем иметь набор параметров, необходимый и достаточный для однозначного определения неисправного элемента. Практическое использование данного метода поиска неисправностей возможно как при машинном, так и при ручном поиске. В первом случае в машину включается решающее устройство, которое на основе совокупности нормального и ненормального состояний измеряемых параметров определяет неисправный элемент и указывает на индикаторе его номер. Кроме того, решающее устройство может выбрать и выдать оператору инструкцию, где указаны правила расчета неисправного элемента. Пример приведен в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Состояние параметров					Решение
П П1	П П2	П П4	П П5	П П6	
1	0	0	1	0	Неисправен элемент Э1
0	1	1	0	1	Неисправен элемент Э2
1	0	0	0	0	Неисправен элемент Э3
0	1	0	1	0	Неисправен элемент Э4
0	0	0	0	1	Неисправен элемент Э5
0	1	0	0	1	Неисправен элемент Э6
0	1	1	0	0	Неисправен элемент Э7
0	0	0	1	0	Неисправен элемент Э8
1	0	0	0	1	Неисправен элемент Э9

Хорошо подготовленные операторы подобную таблицу имеют в своей памяти и используют ее для предварительного определения неисправного элемента.

В то же время этим методом может пользоваться каждый, даже мало подготовленный оператор при условии составления для него перечня измеряемых параметров, инструкции по порядку измерений, логических таблиц и инструкций по устранению неисправностей.

Комбинационный метод может быть применен и в случае, когда возможен отказ двух и более элементов. Этот случай требует большего набора параметров, так как число состояний системы увеличивается. Выбор необходимого и достаточного количества

параметров для определения нескольких неисправных элементов выполняется по методике, которая применяется для решения той же задачи в предположении о возможности выхода из строя только одного элемента.

Основные показатели комбинационного метода:

а) Неисправная система, имеющая N элементов, в зависимости от числа отказавших элементов может находиться в M состояниях.

Когда неисправен один элемент, число возможных состояний системы

$$M = C_N^1 = \frac{N!}{1!(N \pm 1)!} = N. \quad (5.1)$$

Когда неисправны два любых элемента,

$$M = C_N^2 = \frac{N!}{2!(N \pm 2)!} = N. \quad (5.2)$$

Когда неисправно S элементов,

$$M = C_N^S = \frac{N!}{S!(N \pm S)!}. \quad (5.3)$$

Тогда всего возможных состояний неисправной системы будет

$$M = \sum_{S=1}^N C_N^S = \sum_{S=1}^N \frac{N!}{S!(N \pm S)!}. \quad (5.4)$$

Используя выражение для бинома Ньютона, можно получить

$$2^N = \sum_{S=0}^N C_N^S. \quad (5.5)$$

Так как состояние, когда все элементы исправны, нас не интересует, то есть при $S = 0$, то

$$2^N - 1 = \sum_{S=0}^N C_N^S - C_N^0 = \sum_{S=1}^N \frac{N!}{S!(N-S)!}. \quad (5.6)$$

Итак, число состояний может быть определено либо по формуле

$$M = 2^N - 1 \quad (5.7)$$

или по формуле

$$M = \sum_{S=1}^N \frac{N!}{S!(N-S)!}. \quad (5.8)$$

б) Минимальное количество параметров для однозначного определения неисправного элемента теоретически находится из выражения

$$2^{n_{\min}} = M. \quad (5.9)$$

Однако на практике число n всегда больше $n_{\min}$ и находится в пределах

$$n_{\min} < n < N. \quad (5.10)$$

в) Среднее время отыскания неисправного элемента

$$T_{\text{от}} = \sum_{S=1}^N t_{\text{пр},S} + t_{\text{пр,реш.}} \quad (5.11)$$

- $t_{\text{пр},S}$ – среднее время одного измерения.
- $t_{\text{пр,реш.}}$ – среднее время принятия решения по результатам измерений параметров.

Метод диагностических таблиц

Сущность метода состоит в анализе реакций проверяемой системы на контрольные сигналы с учетом реальной структуры системы (рис 5.2).

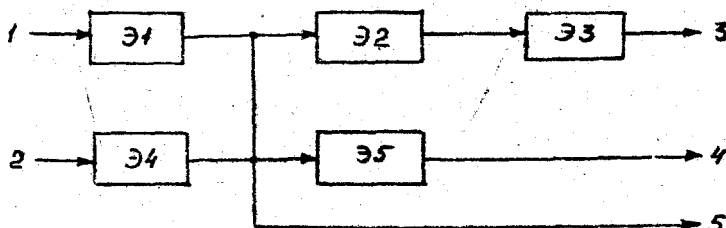


Рис. 5.2. Пример схемы

Для составления диагностической таблицы:

1) Составляется перечень возможных неисправностей системы:

- неисправен тракт от точки 1 до точки 3;
- неисправен тракт от точки 1 до точки 4;
- неисправен тракт от точки 2 до точки 3 и т.д.

2) Составляется список контрольных тестов.

Под тестом понимается сочетание определенного стимулирующего сигнала, подаваемого на определенные входы аппаратуры с соответствующей ему реакцией на определенных выходах.

В таблицу перечень элементов запишем в горизонтальном оглавлении таблицы, а перечень тестов – в вертикальном.

Правило составления таблицы.

Считаем, что исследуется первый тест и делаются поочередно гипотезы о наличии неисправности только в i^m элементе. Если при наличии неисправности в i^m элементе тест выполняется правильно, то в клетку напротив в i^{ro} элемента рассматриваемой строки ставится «0», если неправильно, ставится «1».

В результате рассмотрения всех неисправностей в строке нулями будут отмечены неисправности, не влияющие на выполнение данного теста, а единицами – влияющие.

Затем рассматривается таким же образом второй тест, третий и т.д.

Результаты анализа сведены в табл. 5.3.

Таблица 5.3

ТЕСТЫ	Элементы				
	Э1	Э2	Э3	Э4	Э5
1 (1–3)	1	1	1	0	0
2 (1–4)	1	0	0	0	1
3 (2–3)	0	1	1	1	0
4 (2–4)	0	0	0	1	1
5 (1–5)	1	0	0	0	0
6 (2–5)	0	0	0	1	0

Наличие одинаковых столбцов говорит о неразличении данным набором тестов неисправных элементов.

В этом случае такие элементы объединяются в один элемент или вводится дополнительный тест для их различения. Наличие одинаковых строк свидетельствует об избыточности тестов и целесообразности их сокращения.

Для обнаружения неисправного элемента с помощью диагностической таблицы поступают следующим образом. Оператор заготавливает бланк в виде столбца таблицы. Затем последовательно пропускает все тесты. Если тест проходят, оператор в соответствующей строке ставит нуль, если нет – единицу. При получении результата, состоящего из всех нулей делается вывод – система исправна. Если есть хотя бы одна единица – система неисправна.

Для определения отказавшего элемента совмещают полученный столбец со столбцами диагностической таблицы. С каким столбцом таблицы совпадут результаты испытаний, тот элемент и отказал. Если результат испытаний не совпадет ни с одним из столбцов, делается вывод об отказе нескольких элементов.

Метод последовательных поэлементных проверок

Сущность метода заключается в том, что все элементы проверяются по одному и в заранее определенной оптимальной после-

довательности. В результате каждой проверки устанавливается неисправность или исправность проверяемого элемента.

Если проверенный элемент оказался исправным, приступают к проверке следующего элемента. При выявлении неисправного элемента поиск прекращают и устраняют выявленную неисправность. Устранив неисправность, проводят комплексную проверку всей системы. Если комплексная проверка показала, что есть еще неисправность, то поиск продолжается с той позиции, на которой был обнаружен неисправный элемент. После устранения второй неисправности опять производится комплексная проверка и так до тех пор, пока очередная комплексная проверка не покажет, что вся система исправна.

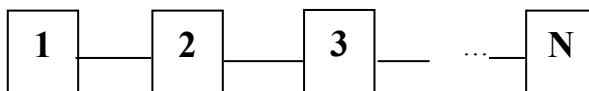


Рис. 5.3. Схема системы, содержащей N элементов

Пусть имеем систему, состоящую из N элементов (рис. 5.3). Причем соединение элементов может быть любым: последовательным, параллельным или смешенным. Нужно найти оптимальную последовательность поиска неисправного элемента.

Содержание метода:

1. По справочным данным определяется интенсивность потока отказов

$$\lambda_i (1/\text{час}); \quad i = \overline{1, N}. \quad (5.12)$$

2. На основе опытных данных определяется среднее время проверки каждого элемента

$$t_i (\text{час}); \quad i = \overline{1, N}. \quad (5.13)$$

3. Определяется показатель эффективности проверки каждого элемента

$$\theta_i = \frac{\lambda_i}{t_i}; \quad i = \overline{1, N}. \quad (5.14)$$

4. Полученные показатели выстраиваются в убывающий ряд. Например,

$$\theta_8 > \theta_2 > \theta_4 > \theta_1. \quad (5.15)$$

5. Проверку элементов производят поочередно в соответствии с полученным рядом. (Для приведенного выше примера элементы проверятся в следующем порядке: 8, 2, 4, 1 и т.д.).

Показатели метода:

1. Среднее время отыскания неисправного элемента, не учитывая оптимального маршрута поиска отказа:

$$\begin{aligned} \overline{T}_{от} &= Q_1 t_1 + Q_2(t_1 + t_2) + Q_3(t_1 + t_2 + t_3) + \dots + Q_N(t_1 + t_2 + t_3 + \dots t_N) \\ &= \sum_{S=1}^N Q_S \sum_{i=1}^S t_i, \end{aligned} \quad (5.16)$$

где $Q_i = \frac{\lambda_i}{\sum \lambda_j}$; $i = \overline{1, N}$ – условная вероятность отказа i -го элемента (условие – отказа системы).

Случай с исключением последней проверки не рассматриваем, ибо он не целесообразен.

Для конкретного приведенного выше примера (оптимальная последовательность):

$$\overline{T}_{от}^{опт} = Q_8 t_8 + Q_2(t_8 + t_2) + Q_4(t_8 + t_2 + t_4) + Q_1(t_8 + t_2 + t_4 + t_1) + \quad (5.17)$$

На практике, вычисляя показатели метода, вы легко убедитесь, что $\overline{T}_{от}^{опт}$ будет меньше, чем любые другие $\overline{T}_{от}$ (для любой другой последовательности проверок элементов).

2. Среднее число проверок при отыскании одного неисправного элемента, не учитывая оптимального маршрута поиска отказа:

$$\bar{n} = \sum_{i=1}^N Q_i \cdot i \quad (5.18)$$

Для приведенного примера

$$\bar{n}^{\text{опт}} = Q_8 1 + Q_8 2 + Q_4 3 + Q_4 4 + \quad (5.19)$$

Среднее число проверок в этом случае будет, безусловно, меньше.

Если вероятности отказов и средние времена проверок всех элементов одинаковы и равны Q , то так можно показать,

$$\bar{n} = \frac{N+1}{2} \quad (5.20)$$

Действительно,

$$\bar{n} = \sum_{i=1}^N Q_i S = Q1 + Q2 + Q3 + \dots + QN = Q(1 + 2 + 3 + 4 + \dots + N) = \frac{1}{N} \cdot \frac{N(1+N)}{2} = \frac{N+1}{2}$$

В заключении заметим, что если элементы в системе функционально соединены параллельно (например, каналы в группах, трактах), то МППП является единственно возможным алгоритмическим МПО.

Достоинства метода:

- функциональные связи между элементами не накладывают существенных ограничений. Метод может быть применен всегда.
- при параллельном соединении элементов является единственно возможным;
- не изменяется последовательность проверок при любом количестве неисправных элементов.

Недостатки метода:

- наибольшее среднее время и количество проверок;
- необходимость наличия большого числа разнотипной КИА.

Применение: целесообразно при отыскании неисправных элементов (деталей) в узле, каскаде, блоке.

Метод последовательных групповых проверок

Сущность данного метода заключается в том, что вся система разбивается на m групп. Определяется (путем контроля параметров в соответствующих контрольных точках) группа, в которой находится неисправный элемент.

Основная задача, которая решается при разработке программы поиска отказов, сводится к определению, с какой группы следует начинать проверку и какие шаги должны быть сделаны в последующем после анализа результатов контроля, чтобы получить минимальное время поиска или количество проверок. На практике могут быть использованы следующие принципы разбиения системы на группы:

- по равному числу элементов в группе;
- по равному времени проверок;
- по равной вероятности отказа в группе (наиболее эффективен).

В практике эксплуатации при решении задачи разбиения системы на группы при $m=2$ имеем следующие методы реализации МППП:

- «средней точки» по числу элементов;
- «средней точки» по половинной вероятности;
- «средней точки» по половинному времени.

Метод «средней точки» по числу элементов состоит в том, что система делится на 2 равные части (по числу элементов) и 1-ое измерение производится в средней точке. Определив группу с неисправным элементом, снова ее разбивают на 2 равные части по числу элементов и т.д. до определения отказавшегося элемента. Этот метод дает оптимальное решение в случае, если элементы равнонадежны или ничего неизвестно об их надежности, а время проверок группы элементов примерно одинаково. В остальных случаях минимизируется только число проверок.

Метод «половинной вероятности» заключается в том, что каждый раз система последовательно делится на две части так, чтобы вероятность отказов каждой из групп были примерно одинаковы.

Метод «половинного времени» состоит в том, что система последовательно делится на две части так, чтобы среднее время проверок в каждой группе было примерно одинаково.

Рассмотрим применение метода с использованием метода «средней точки» по числу элементов.

Пусть имеем схему рис. 5.4.

Положим, в схеме один неисправный элемент, какой – заранее не знаем.

Нужно подготовить квазиоптимальный алгоритм поиска неисправного элемента для «неграмотного» оператора.

Даем контрольный сигнал, если требуется, на вход системы и делаем замер параметра в КТ 3 (в каждой части системы по 5 элементов).

Если ПЗ – не в норме, выход – неисправность в группе из элементов 1–5, если в норме – неисправность в группе из элементов 6–10.

Если ПЗ был не в норме, разобьем 1-ю группу на подгруппы из элементов 1,2 и 3,4,5 и измерим параметр в КТ 2 (т.е. П2).

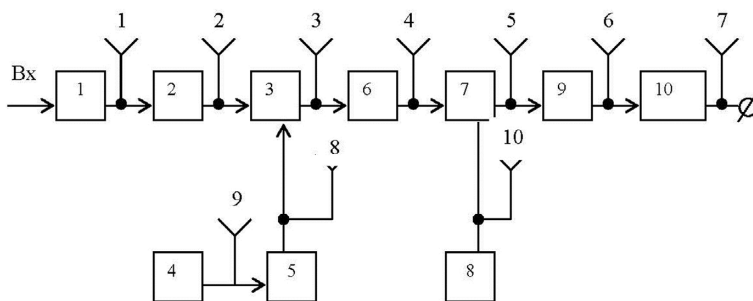


Рис. 5.4. Схема соединения элементов

Если П2 – не в норме, вывод – неисправны элементы 1 или 2, если в норме – неисправны элементы 3 или 4, или 5 и т.д.

На данном графе в кругах указываются номера тех элементов, которые могут быть неисправными («подозреваются в отказе»), в прямоугольниках – конечный результат, т.е. номер отказавшего элемента.

Построим алгоритм (граф) проверок (рис. 5.5).

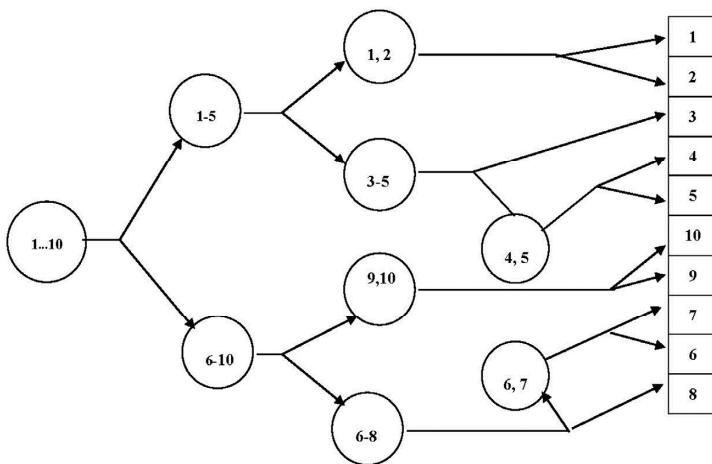
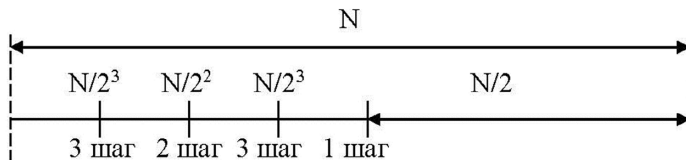


Рис. 5.5. Алгоритм (граф) поиска отказа в устройстве, имеющем схему, изображенную на рис. 5.4.

Показатели метода. Положим, что вероятности отказов всех элементов примерно одинаковы и время контроля их групп тоже примерно одинаково. Пусть число элементов равно N , а $m = 2$, элементы функционально соединены последовательно. Тогда получим следующее:

1. Среднее число разбиений (количество шагов K) определяется так:



1 шаг — $\frac{N}{2}$ элемент в группе;

2 шаг — $\frac{N}{2^2}$ элемент в подгруппе;

3 шаг – $\frac{N}{2^3}$ элемент в подгруппе;

.....

«K» шаг – $\frac{N}{2^k}$ элемент в подгруппе.

При коэффициенте разбиения m на K -м шаге в каждой подгруппе таким образом будет: $\frac{N}{m^k}$ элементов.

Но в последней подгруппе должен быть 1 элемент. Следовательно, $\frac{N}{m^k} = 1$ или $m^k = N$.

Отсюда число разбиений при постоянном коэффициенте разбиения m будет $K = \frac{\log N}{\log m}$

Физически K показывает, за сколько разбиений в среднем мы можем найти неисправный элемент. Удобно основание логарифмов брать равным m , тогда $K = \log_m N$.

2. Среднее число проверок $\bar{n}$

В методе последовательных поэлементных проверок было доказано, что при одинаковых λ_i и t_i среднее число проверок элементов: $\bar{n} = \frac{N+1}{2}$

Это аналогично и для случая, когда разделена система на 2 группы, т.е. в системе 2 элемента, а не N .

Следовательно, среднее число проверок на каждом шаге:

$$\bar{n} = \frac{m+1}{2}.$$

А т.к. шагов – K , то $\bar{n} = \frac{m+1}{2} \frac{\log N}{\log m}$ (без исключения последней проверки) $\bar{n} = \left(\frac{m+1}{2} - \frac{1}{m}\right) \frac{\log N}{\log m}$ (с исключением последней проверки), где m – коэффициент разбиения. При $m = 2$ $\bar{n} = 1,5 \frac{\log N}{\log 2}$

3. Среднее время отыскания неисправного элемента

$$\bar{T}_{om} = \bar{t} \bar{n},$$

где $\bar{t}$ – среднее время одной проверки.

В заключение рассмотрим следующий интересный вопрос.

При каком коэффициенте разбиения m среднее время $\bar{T}_{\text{от}}$ отыскания неисправного элемента $T_{\text{от}}$ и среднее число проверок $\bar{n}$ минимальны?

Для этого необходимо решить уравнение $\frac{dT_{\text{от}}}{dm} = 0$ (или $\frac{dn}{dm} = 0$)

Продифференцировав уравнения $\bar{n}(T_{\text{от}})$ по m , приравняв 0 и решив относительно m , получим $m=3,6$.

(Для проверок с исключением $m = 1,87$)

Обычно на практике $m = 2-3$.

Достоинства метода:

- малое среднее число проверок;
- меньшая зависимость разброса среднего количества проверок от числа элементов;
- не имеет существенной разницы в программе поиска при любом количестве неисправностей;
- оптимален, если элементы равнонадежны;
- оптимален, если не известно о надежности и времени проверок (или время проверок – одинаково).

Недостатки метода:

- применим только в системах с последовательной линейной структурой без обратной связи;
- необходимо, чтобы функциональная схема могла быть разделена на последовательно сужающиеся участки, имеющие неисправный элемент.

Применение: целесообразно применения на уровне канала связи, блока, тракта.

5.2. Способы выполнения проверок в узлах РЭА

Проверка представляет собой совокупность операций, производимых над объектом с целью изучения некоторого результата, по которому можно судить о состоянии его проверяемых элементов.

Проверка одного или нескольких элементов объекта состоит из контроля обобщенных параметров его выходных сигналов. При этом под выходными сигналами понимаются как электрические,

так и сигналы, наблюдаемые оператором визуально в виде изменений показаний встроенных контрольно-измерительных приборов, картин на экранах индикаторов, стечений сигнальных ламп, звуковых и других сигналов, характеризующих работу РЭА.

На практике широко используются следующие способы проверок:

- способ внешнего осмотра;
- способ промежуточных измерений;
- способ замены;
- табличный способ;
- способ характерного признака.

Рассмотрим каждый из этих способов.

Способ внешнего осмотра

Поиск отказавших элементов, как правило, начинается с внешнего осмотра в обесточенном состоянии ремонтируемой аппаратуры и, включает в себя осмотр монтажа, соединительных проводов и кабелей, штепсельных разъемов, деталей, радиоламп, других элементов. Очень тщательно необходимо производить осмотр печатного монтажа.

Внешний осмотр ремонтируемого устройства во включенном состоянии может дать дополнительную уточняющую информацию о неисправных элементах в виде наблюдаемых пробоев, появления треска, дыма, чрезмерного нагрева отдельных элементов и т.д. Он должен производиться при строгом выполнении правил и мер безопасности (ПМБ) и при отсутствии аварийных признаков отказа.

Способ прост и нагляден, что позволяет достаточно быстро выявить неисправный элемент. Недостатком данного способа является возможность обнаружения только отказов, сопровождающихся характерными признаками.

Способ промежуточных измерений

При этом способе проверки осуществляются путем измерений обобщенных параметров выходных сигналов функциональных

элементов ремонтируемого устройства. Измерение осуществляется с помощью встроенных приборов, результаты измерений сравниваются с данными, приведенными в ЭТД.

Этот способ – основной для выполнения проверок при поиске отказов, к нему прибегают, когда способ внешнего осмотра не приводит к определенному результату.

Недостаток – время, затраченное на отдельные измерения, необходимость КИА.

Способ замены

Способ замены заключается в удалении сомнительного элемента и установлении вместо него аналогичного, но заведомо исправного элемента. Если после него признаки ненормальной работы исчезают, то действительно был заменен неисправный элемент. В противном случае замена может оказаться неэффективной по двум причинам:

- заменяется фактически неисправный элемент;
- заменяется действительно неисправный элемент, однако его отказ является лишь следствием отказа других элементов.

Он применяется для проверки легко демонтируемых деталей (предохранителей, сигнальных ламп, радиоламп, модулей и т.д.)

Табличный способ

Современные инструкции по эксплуатации обычно снабжаются таблицами типовых неисправностей, в которых указаны характерные признаки неисправности и элементы, отказ которых вызывает эти признаки.

Применение этих таблиц в сильной степени облегчает отыскание неисправностей, особенно если личный состав может выучить характерные признаки неисправностей заблаговременно.

Способ характерного признака

Рассматриваемый способ используется для поиска неисправностей в ЭВМ, где входным сигналом является условие контрольной

задачи, а по отличию полученного результата от правильного решения можно определить узел, в котором возникла неисправность.

5.3. Простейшие способы восстановления поврежденных узлов и деталей РЭА

Ремонт корпусов приборов из карболита

Разбитый корпус электроизмерительного прибора можно восстановить с помощью эпоксидного клея, добавив в него в качестве наполнителя порошок карболита. Порошок этот можно получить, опилив кусок карболита напильником. Порошок смешивают с приготовленным эпоксидным клеем в таком соотношении, чтобы получилась тестообразная масса. Чтобы заделать щель или отверстие в корпусе, нужно подложить и закрепить с противоположной стороны два-три слоя писчей бумаги и заполнить щель (отверстие) приготовленной массой. После отверждения клея излишки его снимают напильником, шлифуют поверхность мелкозернистой шкуркой (смазывая техническим маслом) и полируют на полировальном круге. Если приготовить порошок из того же материала, что и ремонтируемый корпус, и тщательно выполнить остальные операции, то обнаружить следы бывшей трещины или выбоины почти невозможно.

Восстановление резьбы в деталях из термопласта

Восстановление резьбы в деталях из термопласта можно осуществить следующим способом. Подбирают гайку с нужной резьбой и небольшими внешними размерами и, подогревая паяльником, слегка вдавливают ее в деталь до полного утопления. При этом необходимо следить за тем, чтобы гайка была зафиксирована без перекоса. После остывания гайки заусенцы вокруг нее аккуратно удаляют.

Восстановление резьбы в деталях

Восстановление резьбы в деталях из любого материала можно осуществить с помощью эпоксидного клея. Отверстие с испорчен-

ной резьбой очищают, обезжиривают и заполняют приготовленным эпоксидным клеем. Винт смазывают вазелином или машинным маслом, излишки которого удаляют. Обмакивают винт в эпоксидный клей и ввинчивают в отверстие. Если винт входит в отверстие слишком свободно, целесообразно поместить туда два-четыре отрезка суровой нитки и, завернув винт, обрезать их у края отверстия. Через сутки, когда клей затвердеет, винт вывинчивают. Это, как правило, не требует больших усилий, так как резьба была смазана вазелином. И все же винт для этих целей лучше брать с глубоким и хорошим шлицом, или с головкой под ключ, и с резьбой не накатной, а нарезной.

Ремонт переменных резисторов

В переменных резисторах иногда ухудшается контакт между токопроводящей подковкой и токосъемником движка. При этом возникают шорохи и треск во время регулировки, перебои в звучании радиоаппарата и т.п. Для устранения этого дефекта бывает достаточно покрыть подковку резистора тонким слоем графитовой смазки, применяемой для некоторых узлов автомобилей. Необходимо иметь в виду, что при этом у высокоомных резисторов сопротивление может несколько уменьшиться. В некоторых случаях аналогичный дефект удается устранить без демонтажа резистора. Для этого нужно, потянув с усилием за его ось, убедиться в наличии продольного люфта. Затем, если люфт превышает 0,5 мм, разгибают концы разрезного стопорного кольца и снимают его. Далее подбирают металлическую шайбу с внутренним диаметром, немного большим диаметра оси резистора (на 0,1–0,2 мм) и толщиной 0,2–0,4 мм (обязательно меньшей, чем продольный люфт оси резистора). Надевают эту шайбу на ось резистора, вплотную к втулке, и, вытягивая ось, устанавливают на прежнее место разрезное стопорное кольцо. Шайба должна оказаться между кольцом и втулкой резистора.

Ремонт конденсаторов переменной емкости

Ремонт конденсаторов переменной емкости приходится выполнять, прежде всего, в тех случаях, когда они становятся источни-

ками шумов и треска (например, при перестройке в радиоприемнике). Конденсатор с твердым диэлектриком в малогабаритном приемнике часто является источником шумов и треска, когда диэлектрик, разделяющий пластины ротора и статора, наэлектризовывается в процессе эксплуатации. Для устранения этого явления необходимо снять с конденсатора защитный кожух и аккуратно влить в каждую секцию конденсатора по две–три капли веретенного масла. Затем нужно несколько раз повернуть ротор конденсатора, чтобы диэлектрические прокладки покрылись равномерным слоем масла. После этого проверяют работу конденсатора. Если при этом в некоторых положениях ротора треск все же прослушивается, необходимо в соответствующую секцию добавить еще одну-две капли масла. Отремонтированные таким образом конденсаторы работают безотказно. После окончательной установки конденсатора в приемник необходимо проверить сопряжение входных и гетеродинных контуров и при необходимости произвести их подстройку. При ремонте можно применять смазочное масло и другой марки.

Конденсатор с воздушным диэлектриком, в котором произошло замыкание пластин ротора и статора, можно исправить следующим простым способом. Из листа плотной бумаги подходящей толщины вырезают прокладки равные по размеру пластинам ротора конденсатора. Ротор вводят наполовину, и с каждой стороны подвижно пластины вставляют бумажную прокладку. Затем ротор конденсатора несколько раз поворачивают, придерживая бумажные прокладки. Таким способом удастся устранить замыкание между пластинами статора и ротора без нарушения зависимости его емкости от угла поворота ротора, чего, как правило, нельзя добиться, с помощью ножа, отвертки или пинцета.

Восстановление стрелки измерительного прибора

Иногда из-за токовых перегрузок у стрелочного измерительного прибора обламывается стрелка. Изготовление новой стрелки очень трудоемко и чаще всего приводит к нарушению балансировки подвижной системы прибора. Наиболее пригодной в таких случаях может оказаться сухая соломинка подходящей толщины, которую нуж-

но приклеить на место сломанной стрелки. Если обломанная стрелка и соломинка близки по массе (лучше, если соломинка будет несколько легче), то балансировки подвижной системы не потребуется.

Ремонт динамических громкоговорителей

Ремонт динамических громкоговорителей, как малогабаритных, так и обычных, заключается в основном в восстановлении магнитных свойств постоянного магнита, удалении металлической пыли из зазора и ремонте диффузора. Намагничивание постоянных магнитов требуется, когда по каким-либо причинам произошло размагничивание магнита: вследствие старения, удара или температурного воздействия. Намагничивают магнитную систему только в собранном виде, причем магнитопровод замыкают с помощью трубки или накладки из магнитомягкого железа. Если магнит имеет форму скобы (рис. 5.6, а), то на керн, используя челнок, наматывают провод в эмалистой изоляции диаметром 0,35 мм до заполнения «окон». При кольцевой магнитной системе необходимо намотать около 3000 витков такого же провода на специально изготовленный каркас, надеваемый на магнитную систему снаружи (рис. 5.6, б). В качестве источника тока при намагничивании используют батарею электролитических конденсаторов (3–4 параллельно включенных конденсатора по 800 мкФ от лампы-вспышки). Конденсаторы заряжают от сети 220В через выпрямительный диод, например Д226, и включенный последовательно с ним резистор сопротивлением 2500 Ом. Конденсаторы разряжают через обмотку, при этом вследствие сильного импульса тока разряда происходит намагничивание магнита.

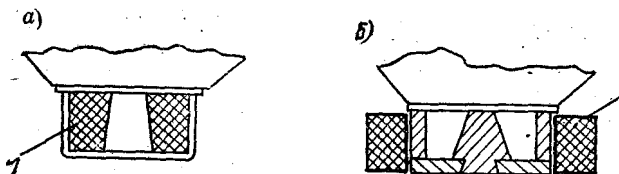


Рис. 5.6. Размещение катушки при намагничивании скобообразного (а) и кольцевого (б) магнитов динамических головок

При отсутствии таких конденсаторов намагничивающую обмотку можно включить в электросеть, но обязательно через плавкий предохранитель. При напряжении 220 В требуется предохранитель на ток 2–3 А. Если магнит не намагнитится за один раз, нужно заменить предохранитель новым и повторить процесс. Намагничивание считается достаточным, если магнит удерживает железный предмет массой 4–5 кг.

При всех работах зазор магнитной системы необходимо тщательно закрывать, так как удаление из зазора «магнитной пыли» – трудоемкий, кропотливый процесс. Диффузор клеить лучше резиновым клеем. Мелкие разрывы, в том числе и в области гофра, просто промазывают клеем. Для заплат подбирают бумагу такой же плотности, как и бумага диффузора. Края заплат и ее место на диффузоре зачищают шкуркой так, чтобы толщина диффузора почти не изменилась.

5.4. Некоторые способы изготовления узлов и деталей РЭА

Установочные детали из резисторов МЛТ

Малогабаритные монтажные стойки и проходные изоляторы, используемые при навесном монтаже, можно изготовить из негодных резисторов типа МЛТ.

Лаковое покрытие и токопроводящий слой с резистора удаляют с помощью мелкозернистой шлифовальной шкурки до появления чистого белого фарфора, после чего промывают спиртом.

Монтажная стойка делается следующим образом. Один из выводов резистора отрезают непосредственно у колпачка, который облуживают и припаивают по окружности к шасси. Другой вывод используют для монтажа деталей схемы. Следует учитывать, что емкость конденсатора, обкладками которого являются колпачки резистора, составляет 0,3–0,4 пФ.

Проходной изолятор получается, если снять один колпачок или опилить торец резистора до фарфора. На другом колпачке срезают вывод и сверлят сквозное отверстие. Изолятор со снятым колпач-

ком плотно вставляют на клей в отверстие в стенке, а с опиленным колпачком крепят пайкой по его окружности. Провод пропускают через отверстие изолятора.

Ручки для переменных резисторов

Ручки для переменных резисторов можно изготовить из пластмассовых трубок из-под бумажных лент, применяемых в телетайпных аппаратах, печатающих устройствах ЭВМ и др.

От трубки отпиливают заготовки длиной около 20 мм и обрабатывают их торцы наждачной бумагой, неподвижно закрепленной на горизонтальной поверхности. Берут ровный, без царапин лист органического стекла, тщательно промывают его, сушат, протирая сухой чистой тряпкой. Одну из сторон листа покрывают тонким слоем вазелина и протирают сухим тампоном из марли до получения поверхности с ровным глянцем. Насухо протирать смазанную поверхность органического стекла не следует, так как это затруднит снятие готовых ручек.

На подготовленное органическое стекло устанавливают, предварительно обезжирив, заготовки и закрепляют их с внешней стороны пластилином. В заготовку заливают приготовленный и окрашенный пастой для шариковых авторучек эпоксидный клей. В клей можно добавить и тщательно перемешать в нем бронзовый или алюминиевый порошок. Заливку делают осторожно, особенно вначале, чтобы избежать появления воздушных пузырьков у поверхности органического стекла. Уровень заполнения заготовки должен быть на 0,5–1 мм ниже верхнего края.

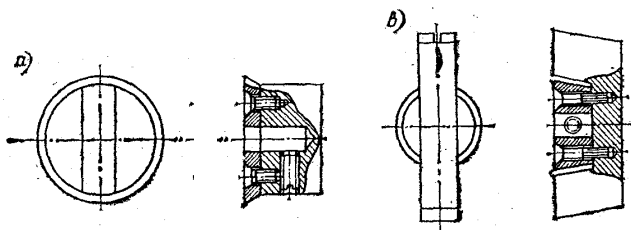


Рис. 5.7. Конфигурации ручек для переключателей

Торцевая поверхность ручек, снятых с органического стекла после отверждения эпоксидного клея, получается гладкой, с зеркальным блеском и дополнительной обработки не требует. В тыльном торце на глубину 15 мм сверлят отверстие для оси резистора, а на расстоянии 5–7 мм от этого же торца сбоку – отверстие диаметром 2,4 мм и нарезают в нем резьбу М3. Ручку крепят на оси переменного резистора винтом М3 (без головки).

Вместо пластмассовой можно использовать алюминиевые, латунные и другие трубки подходящих размеров.

Ручки для переключателей

Ручки для переключателей, простые по конструкции, оригинальные и изящные, можно изготовить из листового дюралюминия.

Круглые детали ручек (рис. 5.7, а, в) вытачивают на токарном станке, либо изготавливают следующим образом. Из листового материала выпиливают круглую заготовку необходимого диаметра, в центре которой предварительно сверлят отверстие под ось переключателя или резистора. Заготовку обрабатывают по контуру напильником, а затем с помощью гаек крепят на шпильке соответствующего диаметра. Шпильку, в свою очередь, закрепляют в патроне дрели, зажатой горизонтально в тисках. Напильником, а затем наждачной бумагой вращающуюся заготовку обрабатывают до получения нужной формы. Затем заготовку шлифуют микронной шкуркой и полируют пастой ГОИ, нанесенной на сукно. В снятой с оправки детали аккуратно сверлят отверстия под крепежные винты. Остальные операции делают традиционными способами. Для улучшения внешнего вида все наружные поверхности ручек тщательно полируют.

Световой индикатор для переключателя П2К

При конструировании различных аппаратов и приборов часто предусматривают световую индикацию режимов, устанавливая рядом с кнопкой двухпозиционного переключателя две индика-

торные лампы с колпачками разного цвета. В подобных случаях несложная переделка узла переключателя позволяет улучшить внешний вид аппарата. С переключателя П2К снимают имеющуюся кнопку и из прозрачного органического стекла выпиливают новую по чертежу, приведенному на рис. 5.8.

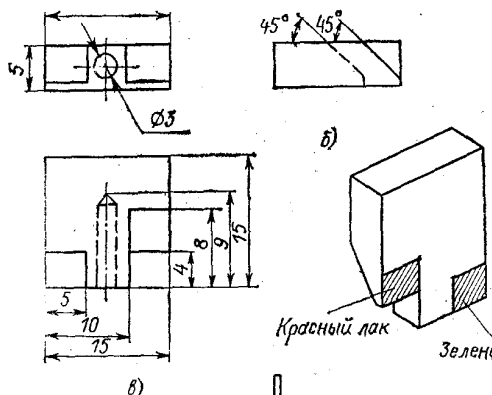


Рис. 5.8. Световой индикатор для переключателя П2К:
а – конструкция кнопки; б – расположение цветных площадок;
в – расположение лампы подсветки

Поверхности обоих скосов на кнопке и ее боковые грани нужно отполировать, а лицевую грань сделать слегка матовой. На боковых гранях закрашивают две площадки прозрачными лаками различных цветов, например зеленого и красного. Посадочное место под кнопку на штоке переключателя спиливают до образования цилиндра и насаживают изготовленную кнопку на клей 88Н. Лампу подсветки располагают за непрозрачной шторкой, в которой прорезано прямоугольное окно размером 15×4 мм.

Кнопочный переключатель на основе шариковой авторучки

Из обыкновенной кнопочной шариковой авторучки в пластмассовом корпусе и нескольких пар контактных пластин (например, от электромагнитного реле типа МКУ) можно сконструировать переключатель (или выключатель), обладающий весьма ценными

свойствами. Такой переключатель занимает на лицевой панели мало места, кнопка его имеет красивый вид. Контакты можно установить в глубине прибора, что существенно уменьшит длину подводящих проводов. Такой переключатель удобен для коммутации высокочастотных цепей, подверженных влиянию емкости рук оператора, и высоковольтных цепей

Корпус авторучки укрепляют в отверстии панели с помощью клея или крепят металлическим хомутиком к шасси или к фальшпанели.

Колпачки индикаторных ламп

В качестве защитных колпачков для индикаторных ламп различных приборов можно использовать полиэтиленовые прозрачные пробки от бутылок и аптечных пузырьков. Пробку вставляют в отверстие в передней панели выбирая диаметр отверстия таким, чтобы пробка в нем прочно удерживалась.

Красивые миниатюрные колпачки можно легко изготовить также из пластмассовой упаковки некоторых лекарств. Упаковку освобождают от фольги и вырезают из нее заготовку. В панели прибора сверлят отверстие соответствующего диаметра и вклеивают заготовку в это отверстие с обратной стороны панели. Для повышения прочности колпачок изнутри покрывают слоем прозрачного нитролака или эпоксидного клея. В покрытие можно добавить краситель желаемого цвета, в качестве которого удобно использовать пасту шариковых ручек. Для этого стержень разрезают лезвием бритвы на кусочки длиной 5–10 мм, помещают в небольшой стеклянный пузырек и заливают ацетоном на несколько часов. Энергичным встряхиванием растворение красителя можно ускорить. Получив краситель, его добавляют в лак и все это тщательно перемешивают.

Мощность применяемых индикаторных ламп не должна быть слишком большой, иначе колпачок может оплавиться. К тому же даже незначительное понижение напряжения относительно номинального существенно увеличивает долговечность лампы накаливания.

Вторичное использование полистироловых каркасов от контуров

Вторичное использование полистироловых каркасов от контуров демонтированных радиоприемников и телевизоров обычно затруднительно, из-за того что основания одних каркасов вообще непригодны для печатного монтажа, из других при пайке выпадают выводы, деформируется основание и т.д. Существует относительно простой способ крепления термостойкого основания к полистироловому каркасу катушки, позволяющий неоднократно монтировать и демонтировать катушки при печатном монтаже.

От цилиндрического каркаса катушки отпиливают основание. Из термостойкой листовой пластмассы (например, стеклотекстолита) толщиной 1–1,5 мм изготавливают новое, основание 1 (рис. 5.9, *а*). Размеры основания могут быть выбраны произвольно или с учетом размеров экрана. Диаметр отверстия должен быть равен диаметру каркаса. Проволочные выводы 2 катушки диаметром 0,8 мм лудят тонким слоем, плотно вставляют в отверстия в основании и сдавливают или слегка расплющивают на длине в 1 мм у самого основания с той и с другой стороны его.

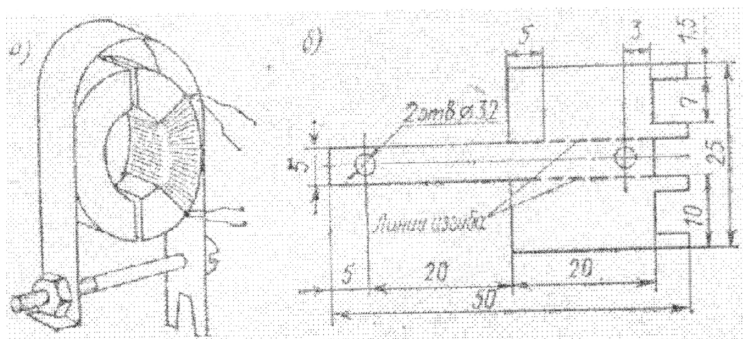


Рис. 5.9. Катушка с регулируемой индуктивностью:
а – общий вид; *б* – развертка корпуса-экрана

В отверстия для цилиндра катушки делают несколько небольших пропилов плоским надфилем. Из дюралюминиевой трубки изготавливают оправку состоящую из двух деталей 3 и 4 (рис. 5.9, *б*)

у которых соприкасающиеся торцы раззенкованы. Внутренний диаметр оправки должен быть таким, чтобы она плотно надевалась на каркас. Затем вставляют каркас в полуоправку 4, углубление вокруг каркаса заполняют с некоторым избытком заранее подготовленной зубопротезной пластмассой, надевают на каркас основание, наносят пластмассу с другой стороны основания, надевают полуоправку 3 и весь пакет зажимают в тиски. Излишки пластмассы удаляют. Через 30–40 мин оправку разбирают, каркас вынимают, обрезают заусенцы и выдерживают на воздухе еще 10–12 ч при температуре 30–40°C. Для облегчения разборки оправки ее внутренние поверхности перед использованием нужно покрыть тонким слоем антиадгезирующего вещества. Пропилы в центральной области основания гарантируют от прокручивания каркаса в нем.

Катушка с регулируемой индуктивностью

Катушка с регулируемой индуктивностью в широких пределах может быть выполнена на базе ферритового кольца.

Для изготовления таких катушек необходимы ферритовые кольца с внешним диаметром 4–10 мм, пластина листовой латуни толщиной 0,3–0,8 мм, винты М2–М4 длиной 8–15 мм (в зависимости от диаметра колец) и клей (эпоксидный или БФ-2). Ферритовые кольца аккуратно раскалывают пополам и на одну из половинок наматывают обмотки. Из латуни вырезают корпус в виде полоски шириной 3–5 мм, на одном конце которого сверлят отверстие под регулировочный винт, на другом – пробивают отверстие острым пробойником и нарезают резьбу или припаивают гайку. Затем полоску сгибают, вставляют и завинчивают винт. Сложенные вместе точно по излому полукольца приклеивают к полоске-корпусу. Конец полоски со стороны резьбы отгибают. Второй конец полоски служит для крепления корпуса к плате. Если материал полоски недостаточно упруг, на винт между концами полоски можно надеть подходящую стальную пружину. Приклеивая полукольца, необходимо иметь в виду, что, чем они ближе к месту сгиба полоски, тем плавнее настройка и уже ее границы. Фиксируют зазор после настройки, капнув краской или клеем на резьбу и го-

ловку винта, или фиксируют отогнутый край корпуса. Для катушек ПЧ и ФСС можно применить корпус, являющийся одновременно экраном. Его развертка при использовании ферритовых колец с внешним диаметром 7 мм приведена на рис. 5.9, б. Порядок сборки остается прежним. Размеры катушек в экране (без учета длины крепежных лепестков и регулировочного винта) 5×10×20 мм. Резьбу и головку винта фиксируют каплей краски или клея.

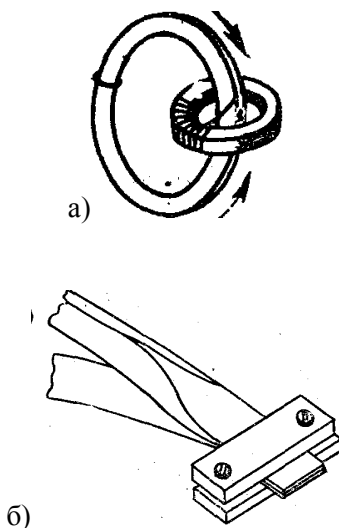


Рис. 5.10. Намотка тороидальных трансформаторов:
а – принцип намотки; б – зажим для сваривания трубки в кольцо

Добротность изготовленных таким образом катушек примерно 100. Повысить добротность до 200–250 можно путем использования в качестве сердечника двух одинаковых ферритовых колец. Порядок сборки при этом остается прежним.

Катушка ФПЧ на частоту 465 кГц должна содержать при намотке на одиночном кольце около 100, а на двойном около 80 витков провода ПЭВ-1 диаметром 0,08–0,12 мм. Диаметр ферритовых колец 7 мм. Емкость конденсатора контура 100 пФ.

Катушка на корпусе авторучки

В качестве каркаса для изготовления контурной катушки с регулируемой индуктивностью можно использовать корпус старой поршневой авторучки. Для этого авторучку разбирают и отпиливают часть корпуса со стороны пера на требуемую длину. К поршню или непосредственно к штоку приклеивают подстроечный сердечник подходящего диаметра.

Можно использовать, например, отрезок ферритового стержня диаметром 8 мм от магнитной антенны. На каркас наматывают провод, приклеивая крайние витки полистироловым клеем.

Намотка тороидальных трансформаторов и катушек

Намотка тороидальных трансформаторов и катушек, как правило, осуществляется при помощи челнока и является весьма трудоемким процессом. Значительно облегчить его можно приведенными ниже способами.

1-й способ. Отрезок жесткой полихлорвиниловой трубки длиной в 10–15 раз большей длины среднего витка обмотки, аккуратно разрезают вдоль и, продев в отверстие сердечника, сваривают ее концы так, чтобы образовался кольцевой желоб с разрезом по наружной стороне (рис. 5.10, а).

Для сваривания трубки в кольцо ее зажимают между двумя пластинами, распрямив и сложив концы внешними поверхностями. Длина выступающих из пластин концов трубки не должна быть более 1,5–2 мм. Затем очищенной от окалины боковой поверхностью жала разогретого паяльника оплавливают выступающие концы до образования однородного шва (валика). После остывания пластины снимают. Излишки материала на шве срезают и расправляют трубку в кольцо. При этом шов оказывается внутри трубки и не мешает укладке провода на кольцо и намотке его на сердечник. Кольцо из трубки вращают в одном направлении, наматывая, на него провод, в другом – наматывая провод на сердечник.

2-й способ. Конец провода продевают в ушко иголки и, вращая ее, аккуратно укладывают провод по всей длине иголки виток к

витку, последовательно в несколько слоев. Затем наматывают провод на сердечник, продевая иголку в его отверстие. Для ускорения намотки как первым, так и вторым способом можно складывать провод вдвое. По окончании намотки катушки конец одного отрезка провода соединяют с началом другого.

Склеивание броневых сердечников

Склеивание броневых сердечников лучше всего производить клеем полистироловым, эпоксидным или БФ-2. Параметры катушки индуктивности во многом определяются качеством склейки половин броневых сердечников – чашек. Качество склейки, в свою очередь, зависит от состояния склеиваемых поверхностей.

Для обеспечения плотного прилегания торцов чашек их необходимо пришлифовать на микронной шкурке, наклеенной на ровную поверхность, например на стекло.

Для получения хорошего качества склейки половины чашек необходимо хорошо сжать, используя для этой цели винт с гайкой и шайбами, предварительно удалив подстроечный сердечник. В сжатом состоянии сердечник оставляют до полного высыхания клея, после чего крепеж удаляют. К монтажной плате собранный сердечник удобнее приклеивать клеем «Момент».

Изготовление высокочастотного обмоточного провода (литцендрата)

Изготовление высокочастотного обмоточного провода (литцендрата) при отсутствии фабричного можно осуществить самому. Для этого берут провод ПЭЛ или ПЭВ диаметром, например, 0,05 мм. Рассчитывают требуемую длину литцендрата и наматывают необходимое число жил между двумя вбитыми на нужном расстоянии гвоздями. Затем один конец пучка снимают с гвоздя, слегка натягивают и немного скручивают. Сильно скручивать жилы не рекомендуется, так как добротность контуров (катушек) из литцендрата от этого ухудшается. Чтобы скрученный пучок жил не рассыпался, его слегка протирают тампоном из марли, смочен-

ной негустым клеем БФ-2 (БФ-4). После 3–5 мин сушки в натянутом состоянии литцендрат снимают с гвоздей и применяют для намотки.

Временный штепсель к разъемам СГ-3 (СГ-5)

Временный штепсель к разъемам СГ-3 (СГ-5) можно изготовить из пишущих узлов шариковых авторучек. Удалив шарик, узел промывают в ацетоне, спирте или одеколоне. Затем в канал вставляют луженый конец многожильного провода и пропаивают или сплющивают узел. На свободный конец провода надевают отрезок (длиной 30–40 мм) пластмассовой трубки стержня авторучки – и штепсель готов.

Миниатюрный разъем можно быстро изготовить из двух панелек для транзисторов

Миниатюрный разъем можно быстро изготовить из двух панелек для транзисторов. Для штыревой части разъема необходимо разобрать одну из панелек, вынув из корпуса все контактные пластины, и к каждой пластине припаять по штырьку из жесткой луженой проволоки диаметром примерно 0,5 и длиной не менее 15 мм.

Удобнее всего использовать выводы любого вышедшего из строя транзистора (в исполнении, аналогичном транзисторам МП37-МП42), предварительно их отрихтовав.

Контактные пластины с припаянными штырьками снова вставляют в корпус и закрепляют. Штырьки при необходимости укорачивают до требуемой длины и окончательно рихтуют. При соединении половин разъема ориентируются по канавке на корпусах панелек.

Зажим для выводов батареи 3336

Зажим для выводов батареи 3336 позволяет быстро и надежно подключать ее к схеме (рис. 5.11). Контактную пластину вырезают из латунной ленты толщиной 0,1–0,2 мм, сгибают пополам, к ме-

сту сгиба припаивают проводник 2 и надевают отрезок полихлорвиниловой трубки 3 подходящего диаметра.

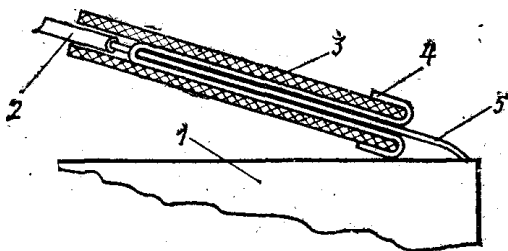


Рис. 5.11. Зажим для выводов батареи 3336:
1 – батарея; 2 – проводник; 3 – трубка ПВХ;
4 – контактная пластина; 5 – вывод батареи

Выступающие концы пластины отгибают в разные стороны. Если диаметр трубки 3 подобран правильно, зажим обеспечивает надежный контакт с выводом батареи и достаточно прочно удерживается на нем.

Винтовой шнур

Винтовой шнур хорошо выглядит, не запутывается и дольше служит. Для изготовления такого шнура подходит двойной провод в полихлорвиниловой изоляции (для настольных ламп и других бытовых сетевых приборов). Его плотно, виток к витку, наматывают на металлический стержень диаметром около 10 мм и концы закрепляют. Затем заготовку помещают в термостат или духовой шкаф бытовой газовой плиты, нагретый до температуры 110–130°C. Через 30–60 мин заготовку быстро охлаждают в холодной воде и снимают со стержня.

Поскольку материал изоляции проводов различных выпусков может несколько отличаться, то, возможно, потребуется экспериментально уточнить режим тепловой обработки.

Контактный зажим для транзисторов

Контактный зажим для транзисторов с круглыми выводами, выполненный в виде клавиши, обеспечивает надежный контакт с выводами транзистора при его испытании (рис. 5.12).

Клавиша *1* изготавливается из фторопласта, органического стекла, гетинакса или текстолита. При нажатии на клавишу над ее поверхностью выступают концы четырех контактных латунных стержней *2* с отверстиями для выводов транзистора.

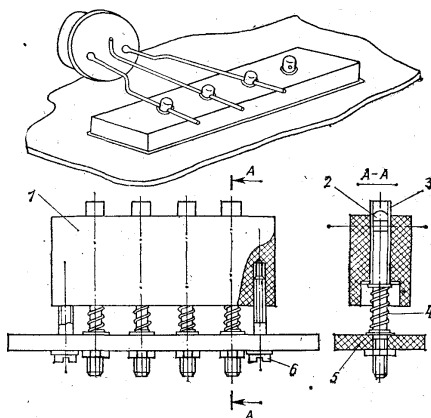


Рис. 5.12. Контактный зажим для транзисторов с круглыми выводами

Вставленные в отверстия выводы при отпускании клавиши фиксируются втулками *3*, поджимаемыми пружинами *4*. Втулки имеют возможность свободно перемещаться как по стержням, так и в отверстиях клавиши. Стержни укреплены на текстолитовой или гетинаксовой планке *5*, прикрепляемой к лицевой панели испытателя. Перемещение клавиши вверх (по рисунку) ограничено двумя винтами *6*.

Контактный зажим для транзисторов с плоскими выводами

Контактный зажим для транзисторов и микросхем с плоскими выводами можно изготовить на основе зажима «крокодил» (рис. 5.13). Зажим разбирают. Его захваты *1* и *5* молотком аккуратно распрямляют так, чтобы они стали плоскими, и обрезают зубцы. Свернутый в трубку задний конец захвата также распрямляют и сверлят два крепежных отверстия и одно для пропускания проводов.

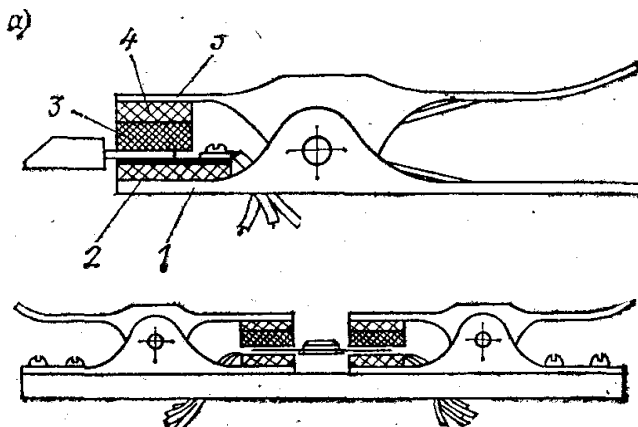


Рис. 5.13. *а* – контактный зажим для транзисторов типа КТ315;
б – микросхем серии К133

К образовавшимся плоским площадкам эпоксидным клеем приклеивают пластины: 2 – из фольгированного стеклотекстолита (фольгой вверх), 4 – из любой пластмассы. К пластине 4 клеем «Момент» или 88Н приклеивают прокладку 3 из эластичной бессернистой (вакуумной) резины. На пластине 2 формируют в фольгированном слое пять контактных дорожек для выводов транзисторов. Ширина их и расстояние между ними должны быть такими, чтобы обеспечивать контакт с выводами транзисторов типа КТ315. К дорожкам припаивают тонкие гибкие изолированные провода, пропускают их через отверстие наружу и собирают зажим. Дорожки маркируют буквами «к», «э», «б», «к» и «о». Такие пять дорожек позволяют проверять транзисторы с любым расположением выводов.

Аналогичную, конструкцию можно также использовать и при испытании микросхем, например серии К 224.

ЛИТЕРАТУРА

1. Самойлов В.Е. Монтаж и ремонт радиотехнических устройств : пособие по учебной практике. СПб. : Военный инженерно-космический Краснознаменный институт имени А.Ф. Можайского –1992г.- 342стр.
2. Филин И.А. Монтаж и ремонт радиоэлектронной аппаратуры военного назначения : учеб. пособие. Ставрополь : СВИС РВ, 2005. 134 с.
3. Россов Ю.Б., Федоров Н.А. Ремонт средств связи. М. : Воениздат, 1978. 190 с.
4. Верховцев О.Г., Лютов К.П. Практические советы мастеру – любителю по электротехнике и электронике. Л. : Энергоатомиздат, Ленинградское отделение, 1982.
5. Фролов В.В. Радио-любительская технология. М. : Изд-во ДОСААФ, 1975. 136 с.
6. Бокуняев А.А., Борисов Н.М., Варламов Р.Г. и др. Справочная книга радиолюбителя-конструктора / под ред. Н.И. Чистякова. М. : Радио и связь, 1990. 624 с.
7. Киселев Н.М. Основные технологические операции при производстве ремонтных и монтажных работ на технике связи. Руководство по учебной практике / под ред. В.А. Анашкина. Ставрополь : СВВИУС, 1988. Ч. 1.
8. Межотраслевая типовая инструкция. Утверждена Постановлением МТиСР РФ от 17.07.2003 г. № 55.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие сведения об электромонтажных работах	3
1.1. Рабочее место электромонтажника	3
1.2. Монтажно-сборочный инструмент	8
1.3. Монтажные провода и шнуры	17
1.4. Виды припоев и флюсов	25
1.5. Паяльные работы	31
1.6. Правила и меры безопасности при электромонтажных работах	48
2. Виды монтажа радиоэлектронной аппаратуры	56
2.1. Обработка монтажных проводов	56
2.2. Жгутовый монтаж	61
2.3. Другие виды монтажа	66
2.4. Правила и меры безопасности при работе с припоями и химически активными веществами	68
3. Компоновка элементов радиоэлектронной аппаратуры	69
3.1. Основные принципы размещения элементов РЭА и способы их закрепления	69
3.2. Предварительный анализ работы устройства, группировка элементов и выбор типа электромонтажных соединений	71
3.3. Приемы выполнения компоновочных работ	74
3.4. Монтаж элементов радиоаппаратуры	76
3.5. Особенности монтажа и демонтажа микросхем	78
3.6. Простейшие конструкторские расчеты	81
3.7. Технологические советы	85
4. Неисправности и способы проверки радиоэлементов перед монтажом	90
4.1. Общие сведения о неисправностях элементов	90
4.2. Неисправности резисторов и их проверка	91
4.3. Неисправности конденсаторов и их проверка	94
4.4. Неисправности катушек индуктивности, дросселей, трансформаторов и их проверка	97

4.5. Проверка исправности полупроводниковых приборов	101
4.6. Неисправности микросхем и их проверка	102
5. Ремонтно-восстановительные и профилактические работы	106
5.1. Методы обнаружения отказавших элементов в РЭА	106
5.2. Способы выполнения проверок в узлах РЭА	121
5.3. Простейшие способы восстановления поврежденных узлов и деталей РЭА	124
5.4. Некоторые способы изготовления узлов и деталей РЭА	128
Литература	142

Издание подготовлено в авторской редакции

Отпечатано на участке цифровой печати
Издательского Дома Томского государственного университета

Заказ № 1176 от «20» июля 2015 г. Тираж 42 экз.