**4 Монтаж электрооборудования**

**и электронной аппаратуры**

**4.1 Классификация электрооборудования**

Электрооборудование и электротехнические устройства в отношении защиты персонала от прикосновения и попадания внутрь воды характеризуются степенью защиты, обозначаемой буквами *IP* (*International Protection*) и двузначным кодом.

**Первая** цифра кода обозначает степень защиты персонала от соприкосновения с токоведущими и движущимися частями обору-дования и от попадания внутрь оболочки твёрдых посторонних тел.

0 – защита отсутствует;

1 – защита от случайного прикосновения большого участка тела и от попадания внутрь оборудования крупных предметов диаметром не менее 525 мм;

2 – защита от соприкосновения пальцев и от попадания внутрь оборудования посторонних тел диаметром не менее 12,5 мм;

3 – защита от попадания внутрь оборудования посторонних тел диаметром не менее 2,5 мм;

4 – защита от попадания внутрь оборудования посторонних тел диаметром не менее 1 мм;

5 – защита оборудования от попадания внутрь пыли;

6 – полная защита.

**Вторая** цифра кода обозначает степень защиты электрооборудования от проникновения внутрь оболочки воды.

0 – защита отсутствует;

1 – защита от капель сконденсировавшейся воды;

2 – защита от дождя;

3 – защита от дождя, сопровождающегося сильным ветром;

4 – защита от брызг;

5 – защита от водяных струй;

6 – защита от воздействий, характерных для палубы корабля;

7 – защита от кратковременного погружения в воду;

8 – защита при неограниченно долгом погружении.

Например код *IP*23 обозначает, что обеспечена защита от проникновения внутрь пальцев или твёрдых предметов диаметром не менее 12,5 мм, а также от дождя, падающего на оболочку под углом не более 60º к вертикали. Код *IP*54 обозначает, что для изделия обеспечена защита от пыли и брызг. Если для изделия нет необходимости в одном из видов защиты, допускается в условном обозначении проставлять знак “Х” вместо обозначения того вида защиты, который в данном изделии не требуется или испытание которого не производится, например *IP*Х3.

Вид **климатического** исполнения определяется в соответствии со стандартами, предусматривающими эксплуатацию, хранение и транспортировку машин, приборов и других технических изделий, в том числе и электротехнических, в районах с умеренным (У), холодным (ХЛ), влажным (ТВ) и сухим (ТС) тропическим климатом.

Климат нашей республики умеренный, что соответствует температуре окружающей среды от минус 40 до плюс 40 °С с допустимым временным уменьшением до минус 45 °С либо увеличением до плюс 45 °С.

Электротехнические изделия подразделяются также на группы по стойкости к воздействию внешних механических факторов: вибраций, ударов и т. п. Очевидно, что электрооборудование, установленное на движущихся транспортных средствах, должно отличаться повышенной виброустойчивостью.

**4.2 Монтаж распределительных устройств**

Распределительным устройством (РУ) называется электроустановка, служащая для приёма и распределения электроэнергии и содержащая коммутационные аппараты, сборные и соединительные шины, вспомогательные устройства, а также устройства защиты, автоматики и измерительные приборы. Конструктивное исполнение РУ может быть открытое (в котором токоведущие части доступны), защищенное с одной стороны и защищенное со всех сторон. В защищённом РУ токоведущие части закрыты оболочкой таким образом, что при закрытых дверях, крышках и других защищающих устройствах исключается возможность касания токоведущих частей (степень защиты не менее *IP*20).

Как и все электроустановки, РУ подразделяются на установки напряжением до 1 кВ и выше 1 кВ. Мы ознакомимся с РУ напряжением до 1 кВ. Различают понятия распределительный щит, расположенный в отдельном специальном помещении, и распределительные пункты, располагающиеся непосредственно в производственных и вспомогательных помещениях, а также в административных и жилых зданиях. Распределительные щиты собираются из нескольких панелей и, как правило, имеют исполнение, защищённое с одной стороны. Однако могут быть и открытые щиты, в которых электрическое оборудование установлено на каркасе, а также закрытые щиты, состоящие из нескольких шкафов.

Распределительные пункты бывают в виде шкафов, щитков, ящиков.

Шкафом называют защищённое распределительное устройство, устанавливаемое на полу.

Щитком называют защищённое распределительное устройство, устанавливаемое в нишах; спереди щиток имеет обрамление, обеспечивающее полное закрытие ниши.

Ящик – защищённое распределительное устройство, закрепляемое на вертикальной плоскости (на стене).

Согласно СНиП “Электротехнические устройства” щиты, шкафы и прочие распределительные устройства должны поставляться предприятиями-изготовителями полностью смонтированными, прошедшими ревизию, регулировку и испытания. Монтаж таких РУ сводится лишь к установке в предусмотренное проектом положение и подсоединению их к электрическим сетям.

**Распределительные щиты.** В производственных, административных и общественных зданиях есть специальное помещение – щитовая, куда подходит кабель с трансформаторной подстанции. Распределительный щит собирается из отдельных панелей: линейных; вводных; секционных; вводно-секционных; вводно-линейных; с аппаратурой АВР (автоматическое включение резерва); с приводами и распределителями; диспетчерского управления уличным освещением; торцевых. Панели обеспечивают возможность как кабельного, так и шинного ввода. Степень защиты спереди – *IP*21, вверху и сзади – *IP*00.

Распределительный щит располагается в помещении согласно проекту. Во время строительных работ выполняют разметку и закрепляют на полу основную раму – цоколь. На стенах крепят скобы и кронштейны для аппаратуры и изоляторов, а также выполняют прокладку заземляющих магистралей. После того как строительная организация закончит отделку помещения, выполняют монтаж щита. Отдельные панели и блоки, собранные и отрегулированные в мастерских, устанавливают на раму. Затем их выверяют в горизонтальной и вертикальной плоскостях, после чего крепят болтами или сваркой. В соответствии с маркировкой и рабочими чертежами выполняют электрические соединения. Измерительные приборы доставляют в ящиках отдельно от панелей и устанавливают в последнюю очередь.

**Распределительные пункты.** Для распределения энергии в цехах промышленных предприятий применяют распределительные пункты различных серий в виде щитков, ящиков и шкафов, имеющих следующие исполнения: утопленное (для установки в нише), навесное (для установки на стенах и колоннах), напольное. Степень защиты – *IP*21, а навесного и напольного, кроме того, – *IP*54 (от пыли и брызг). Ввод и вывод питающих и отходящих линий возможен как проводами в трубах, так и кабелем с резиновой, пластмассовой и бумажной изоляцией. В зависимости от схем устанавливается от 3 до 30 однополюсных и от 1 до 12 трёхполюсных автоматических выключателей.

Расположение распределительного пункта в помещении и способ его установки и крепления определяют в соответствии с рабочим чертежом. Закладные крепёжные элементы необходимо установить заранее, в период строительных работ. При установке пункта его выверяют по уровню, отвесу и закрепляют. После этого подсоединяют внешние провода, кабели и заземляющие проводники.

**Вводно-распределительные устройства** (ВРУ) предназначены для приема и распределения энергии в административных зданиях и жилых домах повышенной этажности. Они состоят из вводных и распределительных панелей шкафного типа. Ввод проводов и кабелей осуществляется снизу, вывод как снизу, так и сверху через съёмную крышку. В фундаменте, на котором устанавливаются ВРУ, должны быть выполнены кабельные каналы или приямки.

**Вводные шкафы** предназначены для жилых и общественных зданий. Они разделены вертикальными перегородками на два самостоятельных запираемых отсека: в одном размещены вводный рубильник, предохранители и трансформаторы тока, в другом группы предохранителей и автоматов, а также счётчик учёта электроэнергии. Некоторые шкафы имеют дополнительные отсеки для счетчиков и аппаратуры автоматического управления освещением лестничных клеток и наружным освещением.

**Осветительные, квартирные и этажные щитки.** При монтаже освещения производственных и вспомогательных помещений, а также административных и общественных зданий применяются групповые осветительные щитки, укомплектованные одно- и трёхполюсными автоматами на ток до 50 А. Осветительный щиток представляет собой металлический корпус, внутри которого на съёмном шасси смонтирована аппаратура. Рукоятки автоматов выведены на фасад щитка. На боковой стенке находится болт заземления. Спереди щитки имеют обрамление, закрывающее нишу.

Для жилых зданий выпускают квартирные щитки (серии ЩК) и этажные (серии ЩЭ), устанавливаемые на лестничных площадках. В них установлены счетчики электроэнергии и автоматические выключатели либо плавкие предохранители для защиты электропроводки от перегрузок и коротких замыканий. Некоторые модификации щитков имеют отделения для слаботочных цепей радио, телефона, телевизионной антенны и компьютерной сети.

**Аппаратура распределительных устройств.** Различают РУ ручного и дистанционного управления. К аппаратам ручного управления относят рубильники, переключатели, пакетные выключатели, пусковые ящики (рубильник, предохранители), барабанные выключатели, контроллеры и автоматические выключатели. К аппаратам дистанционного управления относят контакторы, магнитные пускатели и другие коммутационные устройства.

**4.3 Монтаж электрических машин**

Электрические машины выпускаются на различные мощности – от долей ватта до сотен мегаватт. Их обычно подразделяют на микромашины, машины малой, средней и большой мощностей. Строгих границ в указанной классификации в настоящее время не существует, однако условно можно применить следующее разделение:

Микромашины – до 500 Вт. Как правило, это машины, которые отдельно не монтируются, а находятся в составе оборудования.

Машины малой мощности – от 0,5 до 10 кВт. Это машины, которые можно поднять вручную.

Машины средней мощности – от 10 до 200 кВт.

Машины большой мощности – 200 кВт и выше.

Иногда применяется термин “крупные машины”. Под этим термином подразумевают машины мощностью более 1000 кВт, поставляемые с завода-изготовителя, как правило, в разобранном виде и собираемые на месте установки.

Монтаж микромашин мы рассматривать не будем, т. к. они обычно являются встроенными элементами оборудования. Об особенностях монтажа крупных машин можно почитать в учебнике [2, 278–287]. Таким образом, темой дальнейшего разговора будет монтаж электрических машин мощностью от 0,5 до 1000 кВт, поступивших с завода в собранном виде. Наиболее распространенным видом электрических машин является двигатель, поэтому рассказ будет вестись применительно к двигателю. Однако большинство сказанного будет справедливо и для остальных электрических машин.

**Подготовка места для монтажа электродвигателя**. Электродвигатели устанавливаются на специальных конструкциях, на фундаментах или на стенах. Помещения, в которых находятся электрические машины, должны удовлетворять Требованиям к зданиям и сооружениям, принимаемым под монтаж электрооборудования (СНиП «Электротехнические устройства»). Фундаменты не должны иметь каверн, раковин, поверхностных трещин, поврежденных углов, оголенной арматуры, а также обрамляющих бортов.

Анкерные отверстия в бетонных и железобетонных фундаментах должны быть выполнены при их изготовлении путём закладки сборно-разборных пробок. Пробивать отверстия в готовых фундаментах не допускается. Расположение закладных деталей и отверстий должно соответствовать проектным геометрическим размерам.

После приёмки фундамента от строительной организации на него устанавливается фундаментная плита. Для подъема фундаментной плиты и двигателя используют подъёмники, краны, тали, полиспасты и другие грузоподъёмные механизмы и приспособления. Фундаментная плита выравнивается с помощью металлических клиньев и прокладок, прикрепляется к фундаменту анкерными болтами, а затем заливается бетоном – замоноличивается. Для выравнивания применяют домкраты – винтовые, гидравлические и клиновые. Подъёмные устройства должны быть испытаны и иметь соответствующую грузоподъёмность.

**Подготовка электродвигателя**. Подготовка самого электродвигателя к монтажу начинается с внешнего осмотра. Если двигатель не имеет наружных повреждений, производят очистку его внутренних частей сжатым воздухом. Предварительно проверяют, чтобы воздух был сухой, для чего струю направляют на какую-либо поверхность или ладонь руки. При продуве ротор поворачивают вручную, проверяя свободное движение вала в подшипниках. У двигателей, имеющих подшипники скольжения, выполняется промывка их керосином и замена смазки.

Следующей операцией по подготовке двигателя является измерение сопротивления изоляции. У электродвигателей постоянного тока измеряют сопротивление изоляции между якорем и катушками возбуждения (полюсами). Проверяют также сопротивление изоляции якоря, щёток и катушек возбуждения по отношению к корпусу. При измерениях между щётками и коллектором помещается изолирующая прокладка из миканита, электрокартона, резины и т. п. У асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором измеряют сопротивление изоляции обмоток статора по отношению к корпусу. Если выведены шесть выводов трёхфазной обмотки, измеряют также сопротивление секций обмоток относительно друг друга. У электродвигателей с фазным ротором кроме этого измеряют сопротивление изоляции между ротором и статором, а также сопротивление изоляции щёток по отношению к корпусу. При этом между кольцами и щетками должны быть проложены изолирующие прокладки.

Каким должно быть сопротивление изоляции? Это указывается в паспорте на каждую электрическую машину. Ориентировочные значения: для двигателей постоянного тока и для статорных обмоток двигателей переменного тока напряжением до 1000 В сопротивление изоляции должно быть не менее 500 кОм. Для роторных обмоток – не менее 200 кОм.

Если сопротивление изоляции меньше требуемых норм, то электродвигатель подвергают тщательному осмотру для выяснения причины. Если низкое сопротивление изоляции вызвано незначительным её повреждением в доступных местах, ремонт выполняют на месте. В случае серьезных повреждений изоляции, особенно обмоток, электродвигатель отправляют в специальную мастерскую, или на завод, или на место установки вызывают специальных электромонтёров-обмотчиков. Когда выясняется, что электродвигатель не имеет повреждений изоляции прокладок и обмоток и всё-таки показывает низкое сопротивление изоляции из-за её влажности, машину подвергают контрольному прогреву или сушке.

**Сушка машины** является трудоёмкой, дорогостоящей и сложной операцией, поэтому её производят только после тщательной проверки и установления её необходимости. Для заключения о состоянии изоляции используется метод измерения токов утечки при повышении напряжения до 2,5-кратного значения. Измерения производят при значениях напряжения равных 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 и 2,5 от номинального. По результатам измерений строят график зависимости тока утечки от приложенного напряжения. Прямолинейный характер этой зависимости говорит об исправном состоянии изоляции машины и о том, что такую машину можно включать в работу без сушки. Резкий перегиб линии графика говорит о сильной увлажнённости и необходимости сушки. Если линия графика не имеет резкого перегиба, но сильно отклоняется от прямой, машину подвергают контрольному прогреву и повторным испытаниям.

Основные методы сушки:

– тёплым воздухом от воздуходувки;

– инфракрасными лучами от специальных зеркальных ламп накаливания;

– током, пропускаемым по обмоткам от источника постоянного или переменного тока;

– короткое замыкание в генераторном режиме. Этим способом можно сушить синхронные машины и машины постоянного тока при наличии двигателя для их вращения;

– методом индукционных потерь в стали статора с помощью специальной временной обмотки из изолированного провода, намотанного поверх машины;

– методом индукционных потерь с использованием вала электрической машины в качестве намагничивающего витка;

– двигателя постоянного тока на “ползучей скорости“.

Сушка электрическим током сильно отсыревших машин может вызывать вспучивание изоляции, поэтому необходим тщательный контроль за током и особенно за температурой обмоток в процессе сушки. Нагрев следует проводить постепенно. Через каждый час – два производят измерения сопротивления изоляции. При нагреве машины сопротивление изоляции несколько снижается, достигает минимального значения и затем монотонно возрастает. Сушка прекращается после того, как значение сопротивления изоляции при постоянной температуре не будет изменяться в течение нескольких часов.

**Установка электродвигателя**. Подготовленные и проверенные двигатели доставляют к месту установки и монтируют. Если электроустановка содержит двигатели массой 100 кг и более, то должны быть предусмотрены приспособления для их такелажа. Электродвигатели должны быть установлены таким образом, чтобы была исключена возможность попадания на их обмотку и токосъемные устройства воды, масла, эмульсии и т. п., а также, чтобы обеспечить доступ для осмотра и замены, а по возможности и для ремонта двигателя на месте установки. Вращающиеся части электродвигателей и части, соединяющие электродвигатели с механизмом (имеется в виду муфты, шкивы), должны иметь ограждения от случайных прикосновений.

Электродвигатель выверяют, соединяя его с приводимыми во вращение станком или механизмом. При всех способах соединения требуется проверка горизонтального положения двигателя в двух взаимно перпендикулярных направлениях: вдоль и поперёк оси вала. При выверке двигателя, устанавливаемого непосредственно на фундаменте или железобетонном полу, под лапы двигателя подкладывают металлические прокладки – клинья. Деревянные прокладки для этой цели не годятся, т. к. при заливке фундаментных болтов цементным раствором они набухают и сбивают произведенную выверку, а при затяжке болтов – спрессовываются.

Дальнейшие операции по выверке электродвигателя зависят от вида передачи – ременная или через муфту.

При ременной передаче необходимым условием правильной работы электродвигателя является соблюдение параллельности его вала и вала вращаемого им механизма, а также совпадение средних линий по ширине шкивов. При одинаковой ширине шкивов и расстоянии между центрами валов до 1,5 м выверка производится с помощью стальной выверочной линейки. При больших расстояниях пользуются струной или шнурком.

Выверку положения валов электродвигателя и вращаемого им механизма при их соединении муфтами выполняют с помощью скоб, закрепленных на полумуфтах электродвигателя и механизма. Поворачивая одновременно оба вала добиваются, чтобы расстояние между остриями центровочных скоб при этом не изменялось. Центровка достигается за счёт изменения толщины прокладок и горизонтального сдвига. Однако абсолютно точного совпадения осевых линий соединяемых валов достигнуть невозможно, практически всегда имеют место радиальные и угловые смещения. Допустимые значения этих смещений зависят от типа применяемых муфт.

Жёсткие фланцевые муфты применяются для соединения строго соосных валов. Соосность обеспечивается применением в конструкции муфты выступов или центрирующих разъёмных колец. Применение болтов, поставленных под развёртку, гарантирует требуемую точность соединения. Допускаемое радиальное смещение до 0,04 мм.

Зубчатые муфты применяются для соединения валов при передаче больших крутящих моментов. Не допускается угловое смещение валов, допускается радиальное, в зависимости от скорости вращения и диаметра муфты, до 0,8 мм.

Упругие втулочно-пальцевые муфты применяются для передачи крутящих моментов со смягчением ударов с помощью упругих элементов (втулок). Допускают угловое смещение до 1° и радиальное – до 0,6 мм.

Пружинные муфты применяются для передачи крутящих моментов со смягчением ударов с помощью упругих элементов – ленточных или пластинчатых пружин. Допускают угловое смещение до 1,25° и радиальное до 2–3 мм.

**Подключение и пуск электродвигателя**. Подключение питающего кабеля к выводному устройству машины является ответственной операцией, во многом определяющей надёжность её эксплуатации. При выполнении подключения следует соблюдать ограничения по минимально допустимому радиусу изгиба кабеля, а также расстояния между наконечниками жил отдельных фаз. Кабели и провода, присоединяемые к электродвигателям, установленным на вибрирующих основаниях, на участке между подвижной и неподвижной частью основания должны иметь гибкие соединительные жилы. Учитывая вибрацию двигателя, следует обеспечить достаточное контактное усилие при завинчивании гаек, а также применять упругие гройверные шайбы и контргайки. При применении алюминиевых наконечников следует принимать дополнительные меры по стабилизации электрического сопротивления контактов (см. подразд. 1.4). Провода или кабели, подводимые к электродвигателю, на незащищённом участке должны иметь дополнительную изоляцию и защиту от механических повреждений (гибкие металлические рукава или резиновые трубы). Корпус электродвигателя должен быть надёжно заземлён.

Пробный пуск электродвигателей производится в следующем порядке:

– кратковременный пуск. Определение направления вращения, отсутствия задевания ротора о статор и других дефектов;

– пуск машины на более длительное время, для определения отсутствия шума в подшипниках и нагрева подшипников, а также проверки системы охлаждения;

– проверка коммутации машин постоянного тока, при необходимости – шлифовка коллектора.

Класс коммутации электрических машин постоянного тока оценивается по степени искрения на сбегающих краях щётки по следующей шкале:

1 Отсутствие искрения (тёмная коммутация).

1 1/4 Слабое точечное искрение под небольшой частью щётки.

Оба эти режима характеризуются отсутствием нагрева щёток и почернения коллекторных пластин.

1 1/2 Слабое искрение под большей частью щёток. На поверхности коллектора появляются следы почернения, легко устраняемые протиранием тряпкой, смоченной бензином. На щётках появляются следы нагара.

2 Искрение под всем краем щётки. Такая коммутация допускается только при кратковременных толчках нагрузки и при кратковременных перегрузках. Характеризуется появлением на коллекторе следов почернения, не устраняемых протиранием бензином, а также появлением нагара на щётках.

3 Значительное искрение под всем краем щётки с наличием крупных вылетающих искр. Такой режим работы допускается только для моментов прямого включения и реверсирования машин без пускового реостата. Характеризуется значительным почернением коллектора, не устраняемым протиранием бензином, а также подгаром и разрушением щёток. Режим коммутации 3-го класса допускается только в том случае, если при этом коллектор и щётки остаются в состоянии, пригодном для дальнейшей работы;

– проверка работы машины под нагрузкой;

– проверка величины вибрации машины.

Вибрация оборудования, фундаментов и частей здания, создаваемая работающим двигателем, не должна превышать допустимых значений. Шум, создаваемый электродвигателем совместно с приводимым им механизмом, также не должен превышать уровня, допускаемого санитарными нормами.

**4.4 Монтаж осветительных установок**

Различают общее, местное, комбинированное и аварийное освещение. Общее равномерное освещение создает по всей площади или территории освещённость, соответствующую характеру выполняемых работ. Непосредственно на рабочих местах применяют местное освещение рабочих инструментов и обрабатываемых деталей. Чаще применяют систему комбинированного (общего и местного) освещения. Аварийное освещение должно создавать в основных проходах такие условия видимости, при которых люди свободно ориентируются в окружающей обстановке.

Для питания светильников общего освещения должно применяться напряжение не выше 380 В переменного тока в сети с заземлённой нейтралью (в том числе фазное напряжение системы 660/380 В), не выше 220 В переменного тока в сети с изолированной нейтралью, а также не выше 220 В постоянного тока при соблюдении следующих условий:

ввод в светильник и пускорегулирующий аппарат следует выполнять проводами или кабелем с медными жилами и с изоляцией, рассчитанной на напряжение не менее 660 В;

должно обеспечиваться одновременное отключение всех фазных проводов, вводимых в светильник.

в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных на светильники должны быть нанесены хорошо различимые отличительные знаки с указанием применяемого напряжения (380 В);

ввод в светильник двух или трёх проводов разных фаз системы 660/380 В запрещается.

Для питания светильников местного стационарного освещения с лампами накаливания должно применяться напряжение: в помещениях без повышенной опасности не выше 220 В, в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных не выше 42 В. При наличии особо неблагоприятных условий, а именно когда опасность поражения электрическим током усугубляется теснотой, неудобным положением работающего, соприкосновением его с большими металлическими хорошо заземлёнными поверхностями (например, при работе в котлах), для питания ручных светильников должно применяться напряжение не выше 12 В.

**Источники света**. Для электрического освещения применяют газоразрядные лампы (люминесцентные, ртутные высокого давления с исправленной цветностью типов ДРЛ, ДРИ, натриевые, ксеноновые), лампы накаливания и светодиодные.

**Лампы накаливания** изготавливают на все стандартные напряжения. Срок службы ламп накаливания общего назначения составляет 1000 часов. Световой поток лампы измеряется в люменах на 1 Вт потребляемой лампой мощности, и находится в пределах от 7 лм/Вт для ламп малой мощности, до 20 лм/Вт для ламп большой мощности. Колбы ламп накаливания наполняют нейтральным газом (азотом, аргоном, криптоном). Это увеличивает срок службы вольфрамовой нити накала и повышает экономичность ламп. В настоящее время лампы накаливания мощностью 100 Вт и более сняты с производства.

**Люминесцентные лампы** представляют собой заполненную газом аргоном стеклянную трубку прямой, кольцевой, U- и W-образной или фигурной форм. Внутренняя поверхность трубки покрыта люминофором, в ней имеется также капля ртути. При включении в сеть с помощью пускорегулирующего устройства в лампе происходит электрический разряд и возникает свет, близкий к дневному.

Люминесцентные лампы общего применения изготавливают мощностью 8, 10, 15, 20, 30, 40, 65, 80 и 150 Вт. Выпускается серия энергоэкономичных ламп мощностью 18, 36 и 58 Вт, которые имеют повышенный КПД разряда.

По спектру излучаемого света ЛЛ разделяют на типы: ЛБ белая, ЛХБ холодно-белая, ЛТБ тёпло-белая, ЛД дневная и ЛДЦ дневная правильной цветопередачи. Люминесцентные лампы имеют высокую световую отдачу, достигающую у ламп типа ЛБ 75 лм/Вт при температуре окружающего воздуха 1825 С.

Выпускаются компактные люминесцентные лампы, предназначенные для прямой замены ламп накаливания типа КЛС/ТБЦ мощностью 9, 13, 18, 25 Вт с резьбовыми цоколями Е27 и Е14. Применение этих ламп вместо ламп накаливания обеспечивает до 75 % экономии потребляемой электроэнергии.

Срок службы ЛЛ мощностью до 80 Вт составляет 10000 часов, 150 Вт 5000 часов, световая отдача 75 лм/Вт к концу срока службы снижается до 60 % от первоначальной.

**Дуговые ртутные лампы высокого давления** **ДРЛ** состоят из стеклянной колбы, покрытой люминофором, внутри которой помещена кварцевая газоразрядная трубка, наполненная ртутными парами. Лампы ДРЛ с резьбовым цоколем изготавливают на напряжение 220 В мощностью 50, 80, 125, 250, 400, 700, 1000 и 2000 Вт. Светоотдача ламп ДРЛ составляет 4060 лм/Вт, срок службы 7000 ч для ламп до 1000 Вт и 4000 ч для ламп 2000 Вт. Световой поток к концу срока службы снижается на 30 %, в сеть лампа включается с помощью пускорегулирующей аппаратуры.

Недостатком ламп ДРЛ является то, что в спектре излучаемого лампой света преобладают сине-зелёные лучи, вследствие чего цвета теплой части спектра при использовании этих ламп сильно искажаются. Кроме того, пульсация светового потока вызывает искажение восприятия движущихся предметов (стробоскопический эффект). При включении лампы разгораются в течение 7 мин, а после выключения лампа повторно зажигается лишь после остывания примерно через 10 минут.

**Газоразрядные лампы металлогалоидные типа ДРИ** выпускаются мощностью 50, 125, 250 до 3500 Вт со световой отдачей 75100 лм/Вт с продолжительностью горения 20005000 ч. Эти лампы обеспечивают лучшую цветопередачу, чем лампы ДРЛ.

**Натриевые лампы** высокого давления ДНаТ выпускаются мощностью 400 и 700 Вт, излучают золотисто-белый свет, имеют световую отдачу 90120 лм/Вт и продолжительность горения более 2500 часов. Промышленность освоила производство натриевых ламп высокого давления НЛВД малой мощности (70 и 100 Вт).

В осветительных установках большой мощности применяют **дуговые ксеноновые лампы ДКсТ** мощностью 1; 5; 10; 20 и 50 кВт. Эти лампы имеют трубчатую форму длиной до 2,6 м и включаются в сеть с помощью зажигающего устройства.

Для ламп накаливания и ДРЛ применяют патроны с резьбой 27 и 40 мм. Для ламп накаливания малой мощности применяют патрон «миньон» с резьбой 14 мм. В установках, подвергающихся сильным сотрясениям (автомобильных, железнодорожных), применяют патроны диаметром 15 и 22 мм с пружинящими контактами.

**Светильники**. Для перераспределения излучаемого лампами светового потока в необходимых направлениях, защиты от слепящего действия открытых ламп, а также для защиты ламп от воздействия среды их помещают в осветительную арматуру. Арматуру с установленной в ней лампой называют светильником.

По распределению светового потока в нижнюю и верхнюю полусферы пространства выделяют светильники: прямого света, в которых в нижнюю сферу направляется не менее 80 % всего светового потока светильника; преимущественно прямого света от 60 до 80 %; рассеянного света от 40 до 60 %; преимущественно отраженного света от 40 до 20 %; отражённого света менее 20 %.

По степени защиты от пыли, воды и взрыва светильники подразделяются на следующие виды: открытый, пылезащищённый, пыленепроницаемый, водонезащищённый, каплезащищённый, дождезащищённый, брызгозащищённый, струезащищённый, водонепроницаемый, герметичный, рудничный, повышенной надёжности против взрыва, взрывобезопасный, взрывонепроницаемый.

В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных при высоте установки светильников общего освещения с лампами накаливания менее 2,5 м используют светильники, конструкция которых исключает возможность доступа к лампе без применения инструмента. Ввод проводов в светильник выполняют в металлических трубах, металлорукавах или применяют защищённые провода либо используют напряжение питания не выше 42 В.

Металлические корпуса светильников должны быть заземлены в сетях с изолированной нейтралью или занулены в сетях с глухозаземлённой нейтралью. Металлические отражатели светильников, укреплённые на корпусах из изолирующих материалов, заземлять или занулять не требуется.

**Монтаж и подключение осветительных устройств.** Монтаж светильников заключается в зарядке их проводами, креплении к несущим конструкциям и подключении к питающей сети.

Для зарядки осветительной арматуры общего освещения должны применяться провода с медными жилами сечением не менее 0,5 мм2 внутри зданий и 1 мм2 вне зданий. Для зарядки стационарной осветительной арматуры местного освещения должны применяться гибкие провода с медными жилами сечением не менее 1 мм2 для подвижных конструкций и 0,5 мм2 для неподвижных.

Осветительную арматуру допускается подвешивать непосредственно на питающих её проводах только при условии, что они предназначены для этой цели и изготавливаются по специальным техническим условиям. В остальных случаях требуется крепление. Крепление светильника к опорной поверхности (конструкции) должно быть разборным. Светильники, применяемые в установках, подверженных вибрации и сотрясениям, должны быть установлены с применением амортизирующих устройств. Крюки и шпильки для подвеса светильников в жилых зданиях должны иметь устройства, изолирующие их от светильника. Крюк для подвески светильника массой до 100 кг испытывают в течение 10 мин пятикратной массой, а светильника (люстры) массой более 100 кг двукратной массой плюс 80 кг. При креплении светильника к потолку на дюбелях, забиваемых с помощью монтажного пистолета, каждую точку подвеса испытывают тройной массой светильника плюс 80 кг.

Для присоединения к сети настольных, ручных или переносных светильников, а также светильников местного освещения, подвешиваемых на шнурах и проводах, должны применяться гибкие шнуры (провода) с медными жилами сечением не менее 0,35 мм2 в бытовых электроустановках и не менее 0,75 мм2 в промышленных электроустановках. Присоединение светильников к групповой сети должно быть выполнено с помощью колодок зажимов, обеспечивающих присоединение как медных, так и алюминиевых проводов сечением до 4 мм2. Концы проводов, присоединённых к светильникам, счетчикам, автоматическим выключателям, щиткам и электроустановочным аппаратам, должны иметь запас по длине, достаточный для повторного подсоединения в случае их обрыва. При подсоединении автоматических выключателей и предохранителей ввёртного типа нулевой провод должен быть присоединён к винтовой гильзе основания.

Вводы проводов и кабелей в светильники и электроустановочные аппараты при наружной их установке должны быть уплотнены для защиты от проникновения пыли и влаги.

Для включения и отключения ламп в осветительных сетях применяют установочные выключатели, переключатели, пакетные выключатели и автоматические выключатели на 2,5; 4; 6 и 10 А. Выключатели и штепсельные розетки изготавливают в исполнении для открытой и скрытой проводок, устанавливают их соответственно открыто на стене или утоплено в стене, в коробке. При монтаже осветительного оборудования выполняют следующие основные требования: выключатели на стенах устанавливают на высоте 1,5 м от пола; штепсельные розетки устанавливают на высоте 80 или 30 см от пола; в школах, детских садах, яслях, в помещениях для пребывания детей штепсельные розетки устанавливают на высоте 1,5 м.

Выключатели общего освещения размещают так, чтобы они не загораживались открывающейся дверью. Выключатели для санузлов и штепсельные розетки устанавливают вне этих помещений.

Переносные осветительные, нагревательные и другие электроприборы присоединяют к электросети через штепсельные соединения, состоящие из неподвижно установленной штепсельной розетки и вилки на 6, 10 и более ампер с цилиндрическими и плоскими контактами. Для заземления корпусов переносных электроприёмников устанавливают специальные штепсельные розетки и вилки, снабжённые дополнительным заземляющим защитным контактом. В целях безопасности соединение между защитными контактами розетки и вилки происходит до того, как войдут в соприкосновение токоведущие контакты. При отключении вначале разъединяются токоведущие контакты, а затем защитные.

В осветительных трёхфазных сетях с заземлённой нейтралью 380/220 B применяют однофазные и трёхфазные групповые линии. Защитные и отключающие аппараты устанавливают только в цепях линейных проводов. Исключение составляют двухпроводные цепи с нулевым рабочим проводом, прокладываемые во взрывоопасных зонах, в которых защищают от токов КЗ как линейный, так и нулевой рабочий провод. При этом для заземления прокладывают третий провод. На таких линиях плавкие предохранители устанавливают как на линейном, так и на нулевом проводе, а для одновременного отключения линейного и нулевого провода применяют двухполюсные выключатели.

В помещениях большой протяжённости (галереях, складах), имеющих два выхода, часто применяют схему включения ламп из двух мест, позволяющую включить освещение при входе и отключить его при выходе из другого конца помещения.

**4.5 Монтаж электронной аппаратуры**

Методы монтажа электронной аппаратуры полезно рассмотреть в их историческом развитии. Первыми генераторными и усилительными элементами были электронные лампы. Их устанавливали в панели, закреплённые на металлических шасси. Электролитические конденсаторы сглаживающих фильтров питающего напряжения крепили непосредственно к шасси, вставляя в отверстия и прикручивая гайками. К этим же шасси прикрепляли изоляционные колодки с лепестками. Резисторы и конденсаторы висели, припаянные выводами к этим лепесткам, а также к лепесткам ламповых панелей и электролитических конденсаторов.

Такой способ получил название навесного монтажа. В массовой электронике навесной монтаж применялся до 50–60-х годов прошлого века, впоследствии уступив место печатным платам; за навесным монтажом осталась ниша – подключение трансформаторов и аналогичных крупногабаритных изделий.

Навесной монтаж остаётся наиболее уместным способом монтажа ламповой техники как из-за конструкции ламповых панелей и крупногабаритных трансформаторов, так и из-за лучшего температурного режима отдельных компонентов, эффективной механической развязки ламп, возможности оптимального подбора сечения соединительных проводников и сокращения общего числа паяных соединений в цепи сигнала.

Для лучшей механической развязки ламп соединительные провода (а также выводы резисторов и конденсаторов, распаиваемые непосредственно к ламповым панелям) формуются с *S*-образными изгибами, избегая прямых, жёстких перемычек. В любительских конструкциях монтаж ведётся на изолированных (диэлектрических) шасси. К шасси крепятся металлические стойки, к стойкам — компоненты схемы, соединяемые непосредственно или перемычками из провода. Мелкие элементы (например резисторы) могут припаиваться прямо к большим. Микросхемы при навесном монтаже приклеивают к плате вверх выводами. Такой стиль монтажа на жаргоне радиолюбителей называется «мёртвый жук». В любительской полупроводниковой практике его применяют и сейчас для создания простых конструкций, когда травить плату невыгодно. Если в схеме есть крупные детали (потенциометры, тумблеры, большие конденсаторы и т. д.), часть элементов может закрепляться навесом на них, экономя пространство на печатной плате.

Электрические соединения при навесном монтаже выполняют отрезками медных монтажных проводов. При большом количестве соединений монтажные провода связывают в жгуты. При массовом изготовлении электронной аппаратуры для изготовления жгутов применяют специальные шаблоны. Шаблоны делают плоскими и объёмными. Раскладку проводов на шаблоне выполняют по таблицам соединений. После проверки правильности раскладки жгута ему придают круглую форму и связывают толстой ниткой, применяя специальные стягивающие узлы. Готовый жгут переносят на изделия, закрепляют и выполняют электрические соединения. Для электронной аппаратуры, работающей в условиях механических перегрузок и вибраций, жгуты изготавливают из гибких многопроволочных проводов.

С появлением транзисторов произошла миниатюризация электронных устройств, и стал широко применяться способ печатного монтажа. **Печатный монтаж** способ монтажа электронной аппаратуры, при котором соединения электро- и радиоэлементов, в том числе экранирующих, выполняют посредством тонких электропроводящих полосок с контактными площадками, расположенных на печатной плате. Под печатанием схем подразумевают такую технологию производства, при которой монтажные провода в виде полосок фольги наносятся на изоляционное основание (плату). Способы получения печатных проводников:

травление фольгированного изоляционного материала;

электрохимическое осаждение;

вакуумное или катодное распыление;

вжигание проводящих паст;

электролитическое осаждение с переносом проводящего рисунка на изоляционную плату.

В качестве основания используют гетинакс, стеклотекстолит и другие изоляционные материалы, а в качестве проводников медь, алюминий, никель и золото. Выводы деталей вставляют в металлизированные отверстия платы и запаивают. Одновременно это обеспечивает механическое крепление деталей.

Печатный монтаж имеет следующие преимущества: высокая плотность расположения проводников, малые габариты и масса, низкая стоимость в массовом производстве, хорошая повторяемость параметров, большая механическая прочность и стойкость к климатическим и тепловым воздействиям. Печатный монтаж позволяет уменьшить габариты и массу аппаратуры, широко использовать механизированное и автоматизированное оборудование и высокопроизводительные технологические процессы при её массовом выпуске. При этом значительно повышается надёжность изделий, и заметно сокращаются расход материалов и трудовые затраты.

К недостаткам печатного монтажа относятся: большая длительность цикла подготовки производства, принципиальная невозможность полного экранирования, ограничение максимальных габаритов печатных плат из-за уменьшения их жёсткости, сложность контактирования печатных плат на гибком основании, плохая ремонтопригодность (ограниченное число перепаек).

**Печатные платы.** В основе печатного монтажа лежит печатная плата, представляющая собой диэлектрическую пластину, на которую с одной или двух сторон нанесены печатные проводники в виде тонких электропроводящих полосок. При печатном монтаже обычно толщина проводников 20–50 мкм, их ширина 0,5–0,8 мм и минимальное расстояние между ними 0,3–0,5 мм. Вследствие благоприятных условий теплоотвода в печатных проводниках допускается высокая (до 30–50 А/мм2) плотность электрического тока. Контактные переходы с одной стороны платы на другую осуществляют путём металлизации стенок отверстий или установкой металлических трубок с последующей их развальцовкой и опайкой. При микроминиатюризации аппаратуры на основе многовыводных интегральных схем применяют многослойные печатные платы (склеенные между собой) и тем самым достигают существенного повышения плотности монтажа.

В практике конструирования электронной аппаратуры на печатной плате особо важное место занимает компоновка. При рациональной компоновке деталей следует добиваться минимальной длины соединительных проводников. Следует также учитывать, что любой элемент схемы (резистор, транзистор, конденсатор, катушка индуктивности и т. д.) требует для нормальной работы площади и объёма пространства гораздо больше своих геометрических размеров, поскольку электрическое, магнитное и тепловое поля работающего элемента выходят за пределы его конструкции. Непродуманная компоновка деталей на плате является главной причиной неудовлетворительной работы прибора, собранного по многократно проверенной схеме.

**Технологический процесс сборки печатной платы** состоит из следующих типовых этапов:

– подготовка выводов электронных компонентов (формовка, обрезка);

– установка компонентов (ручная, автоматическая);

– пайка (волной припоя, ручная, селективная);

– отмывка (ультразвуковая, струйная).

На некоторых предприятиях сохранилась технология, при которой из-за проблем с покрытиями выводов и хранением компонентов подготовка выводов включала в себя предварительное лужение, однако современная технология этого не предусматривает благодаря качественной упаковке и покрытию выводов современных компонентов.

**Подготовка выводов** электронных компонентовпроизводится с целью:

– выравнивания (рихтовки) выводов (если требуется);

– обеспечение необходимого монтажного расстояния между выводами;

– получения определённого зазора между платой и компонентом (если требуется);

– фиксации компонентов на плате при ручном монтаже, либо до поступления платы в установку пайки.

Зазор обычно обеспечивается приданием выводам компонентов соответствующего изгиба – т. н. «опорного зи́га» (рисунок 4.1, *а*); самофиксация элемента на плате перед групповой пайкой – особым изгибом части вывода, входящей в отверстие платы – замка́ (рисунок 4.1, *б*). Одновременное выполнение зига и замка носит название «зиг-замо́к».

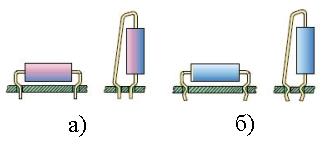


Рисунок 4.1 – Обеспечение с помощью формовки выводов: *а* – зазора между платой и компонентом; *б* – самофиксации компонента

*а*)

*б*)

Тяжёлые элементы (например трансформаторы) или элементы, подверженные механическим воздействиям (тумблеры, потенциометры, подстроечные конденсаторы), устанавливаются с помощью особых держателей. Такие держатели обеспечивают надёжное механическое крепление соответствующих элементов к печатной плате и предотвращают обрыв и поломку выводов под воздействием механических нагрузок.

Формовку круглых или ленточных выводов элементов производят с помощью ручного монтажного инструмента либо специальных полуавтоматических устройств таким образом, чтобы исключались механические нагрузки на места крепления выводов к корпусу. При формовке выводов не допускается их механическое повреждение, нарушение защитного покрытия, изгиб в местах соединения вывода и корпуса, скручивание относительно оси корпусов, растрескивание стеклянных изоляторов и пластмассовых корпусов. Устройства формовки выпускаются с механическим и электрическим приводом подачи компонентов, а также механическим либо пневматическим – самого устройства формовки. Загрузка компонентов производится из лент, трубчатых кассет, россыпи. Геометрические параметры формовки регулируются; установки оснащаются сменными формовочными матрицами. Специальная конструкция матриц формовочных устройств обеспечивает отсутствие избыточных напряжений и зазубрин на материале в месте изгиба вывода.

Примеры отформованных выводов различных компонентов приведены на рисунке 4.2.

**Установка компонентов** на печатную плату осуществляется с применением специальных монтажных автоматов, автоматизированных рабочих мест (АРМ) либо полностью вручную.

Существуют **монтажные автоматы**, осуществляющие вставку штырьковых выводов электронных компонентов с программной ленты в отверстия печатной платы, их подрезку и подгибку с обратной стороны платы с помощью монтажных, гибочных и отрезных головок. Многие монтажные автоматы одновременно обладают функцией выбора компонентов, т. е. могут работать непосредственно из первичных лент либо загрузочных бункеров без необходимости подготовки программной ленты.

В их конструкции могут быть предусмотрены: следящие приводы перемещений по координатным осям; управление с помощью персонального компьютера; загрузка питателей без остановки работы; контроль правильности подачи компонентов; одновременная сборка более чем одной печатной платы; автоматическая загрузка/выгрузка плат; коррекция погрешностей проводящего рисунка печатной платы; автоматическая смена захватных устройств.

**Ручная и полуавтоматическая** установка компонентоввыполняется на АРМах либо монтажных столах. В этих устройствах автоматизирована подача сборочной информации – места установки компонента на плату и его требуемой ориентации, а также может быть обеспечена автоматическая подача нужного лотка с компонентами устанавливаемого типономинала, механизирован процесс фиксации платы на монтажном столе. АРМы могут быть дополнительно оснащены устройствами формовки выводов компонентов. Такое оборудование дёшево, но малопроизводительно.

**Пайка** печатной платы может выполняться автоматически волной припоя и вручную. Пайка **волной припоя** – наиболее распространённый метод пайки, впервые появившийся в 50-е годы XX века. В процессе пайки платы устанавливаются на конвейер и последовательно проходят несколько рабочих зон паяльной установки: зону флюсования, предварительного нагрева, пайки.

Флюс удаляет оксидные пленки с паяемых поверхностей, улучшает смачивающую способность припоя и предотвращает окисление до начала пайки. Флюсование осуществляется одним из двух основных способов: распылением и с помощью пенообразователя. Метод распыления обладает рядом преимуществ по сравнению с пенообразованием, в частности, он более экономичен, а также позволяет точнее контролировать толщину флюса. Зона флюсования оканчивается устройством «воздушного ножа», служащего для удаления избытка флюса с поверхности платы.

Предварительный нагрев служит для предотвращения теплового удара платы и компонентов в результате контакта с волной горячего припоя, сушки (удаления растворителя) и активации флюса.

Нагрев осуществляется инфракрасными модулями с различной длиной волны, кварцевыми нагревателями и конвекционными системами.

Далее конвейер с платами проходит непосредственно зону пайки, где в ванне с помощью помпы формируется волна расплавленного припоя. Форма волны припоя может быть различной, в зависимости от применяемой модели оборудования.

Изначально использовалась симметричная волна, но впоследствии произошел переход к несимметричным (*T*-, *Z*-образная, *W*-волна и пр.), обеспечивающим лучшие результаты с точки зрения качества паяных соединений.

Подобно зоне предварительного нагрева, зона пайки также оканчивается «воздушным ножом», удаляющим излишки припоя и разрушающим перемычки.

Ряд моделей оборудования обеспечивает возможность пайки волной в среде инертного газа (азота).

Применяется подача азота непосредственно к месту пайки либо создание азотного «туннеля» над всеми зонами. Цель применения азота – уменьшить окисление припоя и флюса, получить более блестящие и яркие паяные соединения, снизить уровень образования шлама и, как следствие, исключить засорение форсунок.

**Ручная пайка** предварительно установленных компонентов на печатную плату проводится с применением аналоговых и цифровых паяльных станций. Подготовленные поверхности покрывают флюсом непосредственно перед пайкой.

Механизм действия флюса заключается в том, что оксидные плёнки металла и припоя под действием флюса растворяются, разрыхляются и всплывают на его поверхности. Вокруг очищенного металла образуется защитный слой флюса, препятствующий возникновению оксидных плёнок.

Жидкий припой замещает флюс и взаимодействует с основным металлом. Слой припоя постепенно увеличивается и при прекращении нагрева затвердевает. При проведении процесса пайки крайне важно выдерживать необходимую температуру. Подбор температуры осуществляется в зависимости от применяемого припоя, типа и размера корпуса компонента, материала и топологии платы.

Пониженная температура приводит к недостаточной жидкотекучести припоя и плохому смачиванию соединяемых поверхностей. Значительное увеличение температуры вызывает обугливание флюса до активации им поверхностей спая.

Важными характеристиками паяльной станции являются:

– быстрый нагрев жала до рабочей температуры;

– точный контроль температуры жала с максимальной частотой;

– автоматическая калибровка станции при смене жала либо паяльника;

– быстрая смена жал.

Такими возможностями обладают преимущественно цифровые паяльные станции, которые обеспечивают более точное задание, поддержание и управление температурой паяльника по сравнению с аналоговыми, а также позволяют подключать к станции несколько инструментов.

Для пайки обычно используются жидкий флюс и проволочный припой. Флюс наносится кистью в места пайки. Для пайки в труднодоступных местах, а также для ремонта применяют трубчатые припои с несколькими каналами флюса внутри. Преимущественно применяются припои со слабоактивированными низкоканифольными флюсами, не требующими отмывки, либо со среднеактивированными канифольными, для которых отмывка возможна, но не является обязательной при нормальных условиях эксплуатации изделия. Для пайки сильно окисленных поверхностей, а также поверхностей с плохой паяемостью применяются активированные канифольные флюсы, требующие последующей отмывки в деионизованной воде или органическими растворителями на спиртовой основе. Припои используются как оловянно-свинцовые (Sn-Pb, Sn-Pb-Ag), так и бессвинцовые (Sn-Cu, Sn-Ag-Cu); поставка осуществляется в катушках.

Последовательность пайки установленных в отверстия компонентов:

– очистка жала паяльника (если необходимо), его облуживание;

– установка температуры жала паяльника на станции;

– выдержка, в процессе которой происходит нагрев жала паяльника до требуемой температуры;

– приведение жала в контакт (одновременный) с контактной площадкой и выводом компонента для обеспечения их прогрева, небольшая выдержка (0,5–1 с);

– подача прутка припоя к паяному соединению с образованием связи между выводом и КП (не следует подавать припой непосредственно на жало паяльника во избежание преждевременного выгорания флюса);

– охват припоем вывода по кругу на 360°;

– одновременный отвод прутка припоя и жала паяльника (по направлению вверх вдоль вывода ЭК для образования галтели правильной формы).

Процесс пайки одного соединения должен быть по возможности кратковременным. Во избежание перегрева компонента и отслаивания контактной площадки его общее время составляет от 0,5 до 2 секунд. При пайке необходимо следить за тем, чтобы паяльник даже на короткое время не прикасался к корпусу компонента, и чтобы на него не попадали капли припоя и флюса. После работы жало паяльника необходимо облудить для увеличения срока его службы.

Существуют паяльники с одновременной подачей прутка припоя (пайка одной рукой, вторая может использоваться для удержания компонента и/или платы), а также станции автоматической непрерывной либо дискретной подачи припоя в точку пайки.

Конец вывода должен быть различим в образованном паяном соединении (не должно присутствовать избыточного количества припоя). Поверхность галтелей припоя – вогнутая, непрерывная, гладкая, глянцевая, без темных пятен и посторонних включений. Припой не должен касаться корпуса компонента. Не допускается растекание припоя за пределы контактной площадки по проводнику.

**Изготовление печатной платы вручную.** Когда схема соединений вычерчена, координаты центров контактных площадок, отверстий для крепления, а также контуры платы переносят на плату из фольгированного материала. Поверхность фольги перед этим тщательно зачищают микронной шкуркой, чтобы удалить плёнку оксида, а затем обезжиривают ацетоном. В дальнейшем следует избегать касания фольги руками.

После этого рисунок печатной платы наносят на фольгу кислотоупорной краской (нитроэмаль НЦ-25, асфальтово-битумный лак, цапонлак). Контуры контактных площадок удобно наносить стеклянным рейсфедером с надетой на него ПВХ трубкой или другим способом.

Рисунок печатных проводников можно выполнять самодельным рейсфедером, изготовленным из использованного пластмассового стержня шариковой авторучки. Конец стержня длиной 130 мм осторожно нагревают над пламенем спиртовки. Как только трубка размягчится, оттягивают её конец и обрезают лезвием. Пластмассовый стержень пишет мягче металлического или стеклянного. В процессе работы рейсфедер необходимо периодически промывать в ацетоне.

Заготовки печатных плат обычно травят в растворе хлорного железа с удельным весом 1,36, налитом в фотокювету подходящих размеров. Процесс травления длится 0,51,5 ч. Его можно ускорить покачиванием кюветы. После окончания процесса травления заготовку ополаскивают, тщательно промывают тёплой проточной водой. Лак снимают наждачной бумагой № 60, 80 или тампоном, смоченным в ацетоне. Далее в плате сверлят отверстия под выводы деталей и для элементов крепления крупных деталей, а также обрабатывают плату по контуру. После сверления со стороны, противоположной печатным проводникам, со всех отверстий аккуратно удаляют заусеницы, пользуясь сверлом, заточенным под углом 90°, и диаметром примерно вдвое большим, чем сверло, которым сверлили отверстие.

Готовую печатную плату следует для консервации покрыть тонким слоем канифольного лака или сразу же залудить хотя бы контактные площадки. Лудить проводники платы удобно следующим образом. Тщательно зачищенные проводники покрывают тонким слоем спиртоканифольного флюса. На конец тонкого деревянного стержня надевают отрезок оплетки экранированного кабеля длиной около 20 мм и закрепляют его проволочным бандажом. Свободный конец оплётки, пропитанный припоем, прижимают жалом паяльника к проводнику платы и двигают вдоль него. Слой получается тонким и ровным. Если излишки припоя замкнули соседние проводники, ещё раз проводят нагретой оплёткой, чтобы она впитала лишний припой.

**Монтаж микросхем**. Интегральные схемы располагают на печатных платах, как правило, рядами, хотя допускается их расположение в шахматном порядке. При размещении микросхем на плате учитывают лёгкость доступа к любой из них и возможность замены.

Микросхемы со штыревыми выводами при расстоянии между выводами, кратном 2,5 мм, располагают на печатной плате таким образом, чтобы их выводы совпадали с узлами координатной сетки. Если расстояние между выводами не кратно 2,5 мм, то их помещают так, чтобы один или несколько выводов совпадали с узлами координатной сетки и первый вывод совпадал с ключом. При этом микросхемы устанавливают только с одной стороны печатной платы, причем между микросхемами и платой обычно оставляют зазор. Микросхемы с планарными выводами припаивают к металлизированным контактным площадкам или впаивают выводы в металлизированных отверстиях печатной платы. При монтаже и демонтаже микросхем в металлическом корпусе удобно пользоваться небольшим магнитом с прикреплённой к нему ручкой из жести или захватом. Перед монтажом микросхем, припаиваемых в накладку, их выводы обычно формуют, т. е. изгибают так, чтобы обеспечить одновременное прилегание к плате всех выводов. Сформировать выводы можно пинцетом, плоскогубцами, но быстрее и лучше – специальным приспособлением из пуансона и матрицы.

При пайке микросхем желательно применять теплоотвод в виде медного стержня с плоским концом и углублением. Аналогичную конструкцию можно выполнить широкозахватной, рассчитанной на одновременное касание всех выводов микросхемы.

В настоящее время технология печатного монтажа уступает свои позиции более прогрессивной технологии поверхностного монтажа, в особенности, в массовом и крупносерийном производстве, бытовой электронике, вычислительной технике, телекоммуникациях, портативных устройствах и других областях, где требуется высокая технологичность, миниатюризация изделий и хорошие слабосигнальные характеристики.