

1.18. РАЗРАБОТКА ПАКЕТА ДОКУМЕНТАЦИИ НА КОММУТАЦИОННЫЕ СТРУКТУРЫ

Цель лекции: *изучение структуры и состава пакета документации на коммутационные структуры. Изучение требований к документации.*

1.18.1. ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НА КОММУТАЦИОННЫМ СТРУКТУРЫ

Технические условия на коммутационные структуры определяются конкретными требованиями проекта.

Исходя из технических условий необходимо выбирать завод-изготовитель коммутационных структур, обращая внимание на технологические возможности производства, используемые на производстве базовые материалы и доступные технологии. Технологические возможности производства ООО «Резонит» можно посмотреть по ссылке <https://www.rezonit.ru/directory/tekhnologicheskie-osobennosti-proizvodstva/>.

1.18.2. ДОКУМЕНТАЦИЯ НА КОММУТАЦИОННЫЕ СТРУКТУРЫ И ЕЕ КОМПЛЕКТНОСТЬ

Документация на коммутационные структуры электронных средств включает в себя схему электрическую структурную (Э1), схему электрическую принципиальную (Э3), чертеж печатной платы, сборочный чертеж электронной ячейки, спецификацию к сборочному чертежу, маршрутно-операционную карту операций, схему сборки.

Схема электрическая принципиальная (см. примеры рис. 1.36– 1.339) – документ, определяющий полный состав элементов и взаимосвязи между ними и, как правило, дающий полное (детальное) представление о принципах работы изделия. Схема может быть выполнена как на одном, так и на нескольких листах.

Компоненты на схеме указывают при помощи условных графических обозначений (УГО), которые нормируются ГОСТ. Например, ГОСТ 2.728-74 устанавливает УГО резисторов и конденсаторов на схеме. При размещении элементов на схемах применяют совмещенный и разнесенный методы компоновки схем. В первом случае УГО элементов изображают рядом, во втором случае УГО располагают без учета их размещения в конструкции, а лишь с учетом наглядного изображения передачи и обработки потоков информации. Можно рекомендовать размещение УГО в соответствии с функциональным назначением в горизонтальные и вертикальные ряды.

Компоненты должны иметь буквенно-цифровую маркировку (позиционное обозначение) согласно ГОСТ 2.710-81 «Обозначения буквенно-

цифровые в электрических схемах». Цифровое обозначение (порядковый номер) присваивают элементам в пределах группы с одинаковым буквенным обозначением, начиная с единицы согласно последовательности элементов на схеме сверху вниз и слева направо. Примеры позиционных обозначений элементов: конденсаторы — C_1, C_2, \dots, C_n ; резисторы — R_1, R_2, \dots, R_m ; транзисторы — VT_1, VT_2, \dots, VT_k . Позиционные обозначения указывают рядом с УГО по возможности с правой стороны или над ним.

Линии связи (проводники) изображают в виде горизонтальных и вертикальных отрезков, имеющих минимальное число изломов и пересечений.

На схеме изображают электрические соединители, клеммы и другие элементы, которыми заканчиваются входные и выходные цепи, указывают характеристики входных и выходных цепей изделия, параметры, подлежащие измерению на контрольных контактах, гнездах.

Сборочный чертеж содержит изображение сборочной единицы и другую информацию, необходимую для ее сборки (изготовления) и контроля. Спецификация к сборочному чертежу определяет полный состав сборочной единицы. Сборочный чертеж – схема расположения элементов, на нем изображают составные части изделия, при необходимости жгуты, провода, кабели и конструкцию, на которой это все расположено. Составные части изделия дают упрощенными внешними очертаниями; провода, жгуты и кабели — отдельными линиями или упрощенными внешними очертаниями.

Государством, предприятиями и организациями страны разработаны стандарты разных уровней по установке элементов на платы (например, ОСТ 4ГО.010.030). Ссылка на эти стандарты производится в технических требованиях на чертеж. Если в приводимом ссылочном документе элемент схемы отсутствует (например, это уникальный компонент или он недавно разработан), то на него дается вид или сечение с необходимыми размерами, которые и приводятся на сборочном чертеже.

Чертеж печатной платы (рис. 1.140 – рис. 1.142) показывает топологический рисунок проводников, контактных площадок, отверстий, а также основные конструктивные размеры печатной платы.

При необходимости электромонтажа изделия может быть выполнен электромонтажный чертеж. Если монтаж несложный и содержит мало соединений, возможно нанесение электромонтажной схемы на сборочный чертеж и на принципиальную схему.

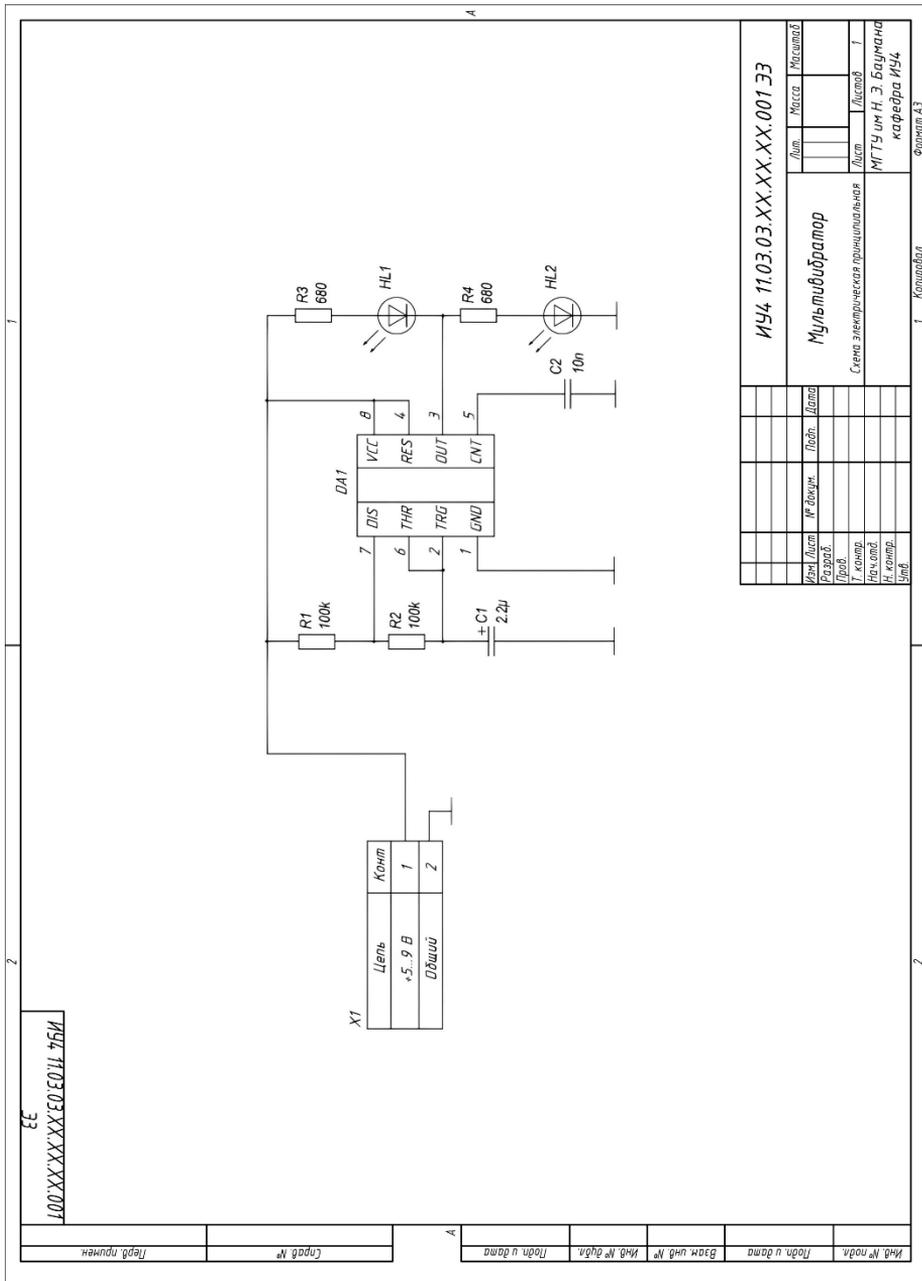


Рис. 1. 136. Схема электрическая принципиальная (Э3) мультивибратора

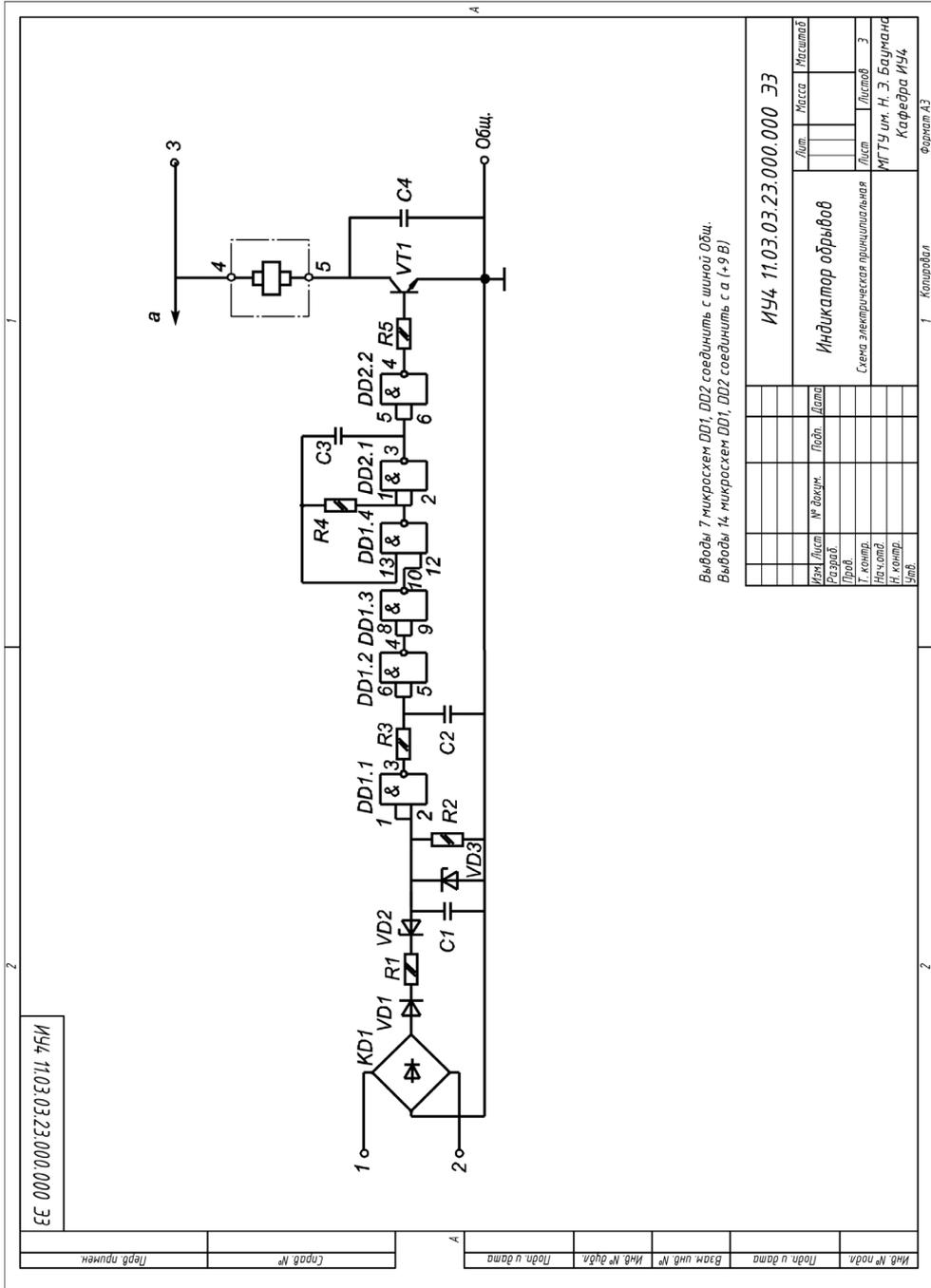


Рис. 1. 139. Схема электрическая принципиальная индикатора обрывов, лист 3

1.18.3. ЧЕРТЕЖИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Выделим основные термины, использующиеся при описании документации. Дополнительно рекомендуется ознакомиться с ГОСТ Р 53386-2009 «Платы печатные. Термины и определения».

Печатный монтаж – процесс формирования системы электропроводящих покрытий заданной формы и размеров в объеме или на поверхности диэлектрического основания.

Печатная плата – изделие, представляющее собой диэлектрическое основание с нанесенным на него печатным монтажом. Печатный монтаж может состоять из одного или двух проводящих рисунков, расположенных на поверхности основания, или из системы проводящих рисунков, расположенных в объеме и на поверхности основания.

Функция печатной платы – обеспечивать электрическое соединение элементов схемы.

Печатный проводник – участок токопроводящего покрытия, нанесенного на изоляционное основание, выполняющий функции обычного монтажного провода.

Навесные элементы – объемные электро- и радиоэлементы, установленные и закрепленные на печатной плате и имеющие электрический контакт с печатными проводниками.

Контактная площадка – часть проводящего рисунка печатной платы, используемая для электрического подсоединения устанавливаемых изделий. Контактная площадка имеет электрический контакт с печатным проводником и обеспечивающий электрическое соединение навесных элементов схемы с печатным монтажом.

Монтажное отверстие – отверстие в печатной плате, предназначенное для закрепления выводов навесных элементов и электрического соединения их с печатными проводниками.

Координатная сетка – сетка, наносимая на изображение платы и служащая для определения положения монтажных отверстий, печатных проводников и других элементов платы.

Шаг координатной сетки – расстояние между соседними параллельными линиями координатной сетки. Шаг координатной сетки выбирается согласно ГОСТ Р 51040-97 «Платы печатные. Шаги координатной сетки» и должен быть кратным основным шагам координатной сетки – 0,05 мм и 0,5 мм (0,25; 0,50; 0,75; 1,00; 2,50 и т.д.).

Узел координатной сетки – точка пересечения двух линий координатной сетки.

Узкие места – участки печатной платы, где при размещении проводников их ширина и расстояния между ними и контактными площадками выполняются меньше рекомендуемых (вплоть до минимально допустимых).

Конструкторская документация на печатные платы и блоки оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 2.109-2023, ГОСТ 2.417-91 и действующими нормативно-техническими документами. Чертеж печатной платы односторонней или двусторонней классифицируется как чертеж детали и может быть выполнен как на одном, так и на двух листах. При выполнении чертежа МПП необходимы сборочный чертеж печатной платы, спецификация и чертежи топологии каждого слоя печатной платы.

Чертеж печатной платы должен содержать все сведения, необходимые для ее изготовления и контроля: изображение печатной платы со стороны печатного монтажа; габаритные и присоединительные размеры, предельные отклонения и шероховатость поверхностей печатной платы и всех ее элементов (отверстий, проводников), а также размеры расстояний между ними; необходимые технические требования; сведения о материале.

Размеры каждой стороны печатной платы должны быть кратными 2,5 при длине до 100 мм, 5 при длине до 350 мм, 20 при длине более 350 мм. Соотношение линейных размеров сторон печатной платы должно быть не более 3:1 и выбирается из ряда 1:1; 1:2; 2:3; 2:5. Толщину плат определяют исходя из механических требований, предъявляемых к конструкции печатного блока, с учетом метода изготовления. Рекомендуются платы толщиной 0,8; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 мм.

Разработку чертежа печатной платы начинают с нанесения координатной сетки. Ее использование позволяет не наносить размеры конструктивных элементов платы, расположенных в узлах и на линиях координатной сетки, и упростить разводку печатного монтажа, проводя трассы по линиям координатной сетки. Центры всех отверстий на плате, в том числе крепежных, должны располагаться в узлах координатной сетки. Если из-за конструктивных особенностей элемента этого сделать нельзя, то центр отверстий располагают согласно указаниям чертежа на этот элемент. Такое расположение центров отверстий используют для ламповых панелей, малогабаритных реле, разъемов и других элементов. При этом должны соблюдаться следующие требования: центр одного отверстий, принятого за основное, должен быть расположен в узле координатной сетки; центры остальных отверстий нужно возможности располагать на вертикальных или горизонтальных линиях координатной сетки.

Диаметры монтажных и переходных металлизированных и неметаллизированных отверстий выбирают из ряда (0,2); 0,4; (0,5); 0,6; (0,7); 0,8; (0,9); 1; (1,2); 1,3; 1,5; 1,8; 2,0; 2,2; (2,4); (2,6); (2,8); (3,0). Диаметры, не взятые в скобки, являются предпочтительными. Не рекомендуется на одной печатной плате иметь более трех различных диаметров отверстий. Диаметры металлизированных отверстий выбирают в зависимости от диаметров выводов навесных элементов и толщины платы, а диаметры неметаллизированных отверстий – в зависимости от диаметров выводов навесных элементов, устанавливаемых в эти отверстия. Разница между диаметром металлизированно-

го отверстия и диаметром вывода должна быть не более 0,4 мм для выводов диаметром от 0,4 до 0,8 мм и 0,6 мм для выводов диаметром свыше 0,8 мм.

Шероховатость поверхности монтажных неметаллизированных отверстий и торцов печатных плат должна быть R_z меньше либо равно 80. Шероховатость поверхности монтажных переходных металлизированных отверстий – R_z меньше либо равно 40.

Для упрощения изображения платы отверстия допускается показывать окружностями одинакового диаметра с условным цветовым обозначением (табл. 1.28). При выполнении отверстий таким способом на поле чертежа помещают таблицу отверстий. Размеры, количество граф и форма таблицы ГОСТом не устанавливаются.

Таблица 1.28

Условное обозначение отверстий на печатных платах

Диаметр отверстия, мм	0,6	0,8	1,0	1,3	1,5	1,8	2,0	5,0
Условное обозначение								

Все монтажные отверстия должны иметь контактные площадки. Форма контактной площадки может быть произвольной, круглой, прямоугольной или близкой к ним. Центр контактной площадки симметричной формы должен совпадать с центром монтажного отверстия, для контактных площадок прямоугольной и овальной форм центр монтажного отверстия может быть смещены. Круглые контактные площадки изображают одной окружностью, диаметр которой должен соответствовать минимальному размеру контактной площадки. Рекомендуется делать плавный переход контактной площадки в проводник. Расстояние от края проводника и контактной площадки неметаллизированного отверстия до края платы должно быть не менее толщины платы. Печатные проводники следует изображать в виде отрезков линий, совпадающих с линиями координатной сетки или под углом, кратным 15° . Допускаются выполнение проводников произвольной конфигурации и округление перегибов проводников.

Печатные проводники следует выполнять одинаковой ширины на всем протяжении. В узких местах сужают проводники до минимально допустимых значений. Взаимное расположение проводников не регламентируется.

При прокладке печатных проводников следует по возможности избегать ответвлений проводников концы печатных проводников, предна значенные для подключения печатной схемы, рекомендуется располагать, учетом удобства применения переходных элементов.

Габаритные размеры печатной платы, диаметры и координаты отверстий, контактных площадок и их относительное расположение показывают на чертеже одним из следующих способов:

а) в соответствии с требованиями ГОСТ 2.307-2024 с помощью размерных и выносных линий;

б) нанесением координатной сетки;

в) комбинированным способом с помощью размерных и выносных линий и координатной сетки;

При задании размеров нанесением координатной сетки линии сетки должны нумероваться. Шаг нумерации определяют конструктивно с учетом насыщенности и масштаба изображения. Допускается наносить не все линии координатной сетки, при этом на поле чертежа помещают запись типа «Линии координатной сетки нанесены через одну». За нуль в прямоугольной системе координат на главном виде платы принимают центр крайнего левого или правого нижнего отверстия, левый или правый нижний угол платы, левую или правую нижнюю точку, образованную построениями, например, продолжением линии контура платы, углы которого срезаны.

На чертеже печатной платы указывают габаритные размеры платы, проводников, имеющих строго определенную или переменную ширину (при этом расчетную ширину следует указывать на каждом участке между двумя соседними контактными площадками, переходными или монтажными отверстиями), диаметры и координаты крепежных, технологических и других отверстий, не связанных с печатным монтажом.

На поле чертежа указывают метод изготовления платы, технические условия, жесткость печатной платы, шаг координатной сетки, класс точности печатной платы, ширину проводников и расстояния между ними, расстояния между контактными площадками, между контактной площадкой и проводником, допуски на выполнение проводников, контактных площадок, отверстий и расстояний между ними, особенности конструкции, технологии и другие параметры печатных плат.

Технические требования располагают над основной надписью:

1. Размеры для справок.
2. Общие допуски (ГОСТ).
3. Общие допуски формы и расположения (ГОСТ).
4. Шаг координатной сетки.
5. Плату изготовить ... методом.
6. Класс точности печатной платы по ГОСТ
 - минимальная номинальная ширина проводника
 - минимальное номинальное расстояние между элементами проводящего рисунка.
7. Параметры отверстий платы приведены в таблице отверстий.
8. Плата должна соответствовать (ГОСТ). Группа жесткости
9. Часть платы закрыть защитной маской. Цвет маски.
10. Финишное покрытие, толщина покрытия.
11. Маркировать: шрифт, цвет маркировки, ГОСТ.
12. Остальные технические требования (ГОСТ или ссылка на стандарт).

К числу особенностей печатного монтажа относятся: плоское расположение печатных проводников, что не позволяет осуществлять переход с одной платы на другую без перемычек, переходных колодок или разъемов; установка навесных элементов и крепление выводов только путем пропускания их в отверстия; одновременная пайка всех элементов, установленных на печатной плате.

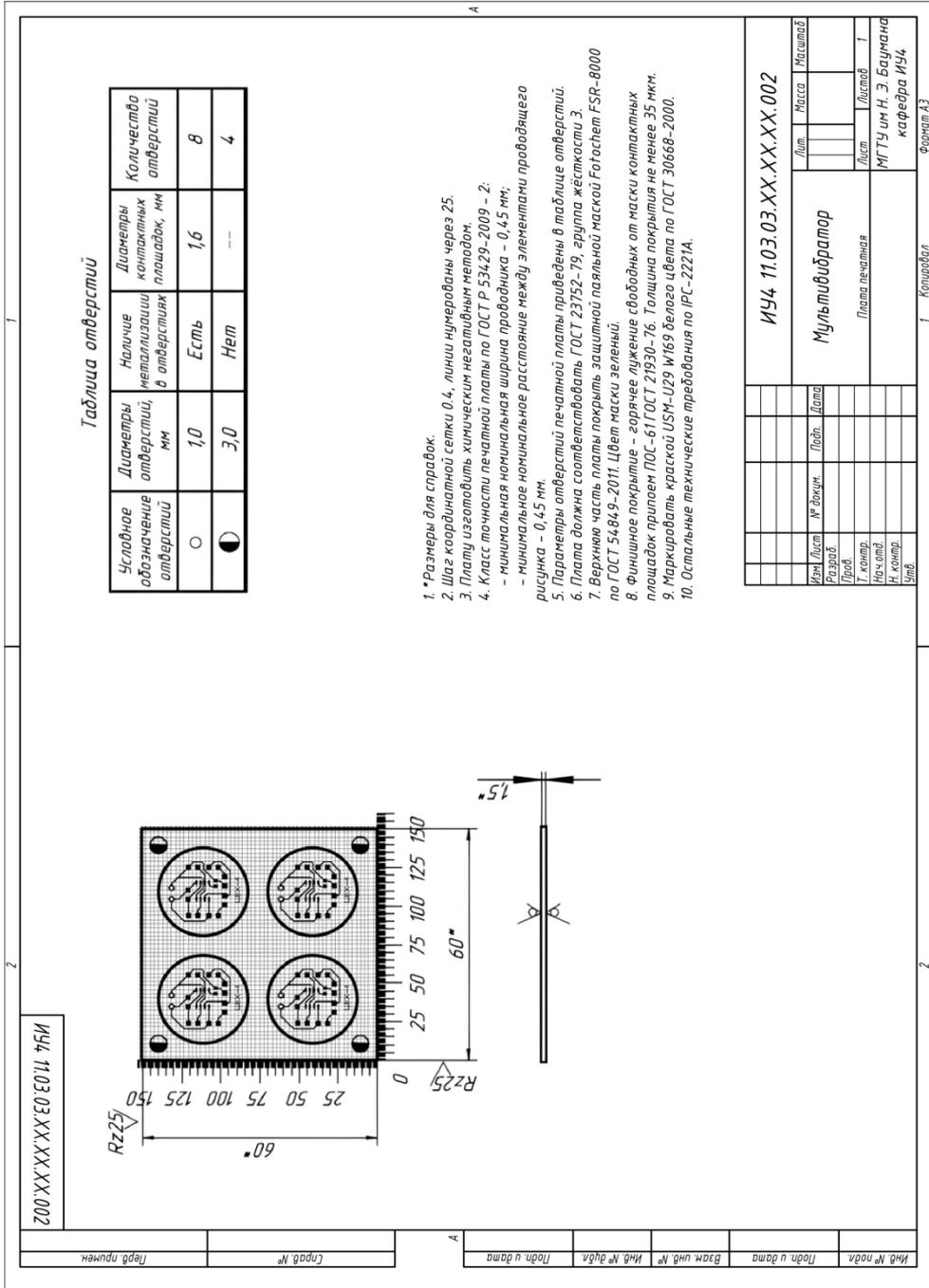
Навесные элементы следует размещать правильными рядами, параллельно один другому, на той стороне платы, где отсутствуют печатные проводники. Такое размещение позволяет устанавливать и закреплять навесные элементы на автоматических линиях и выполнять пайку погружением или волной, исключая воздействие припоя на навесные элементы.

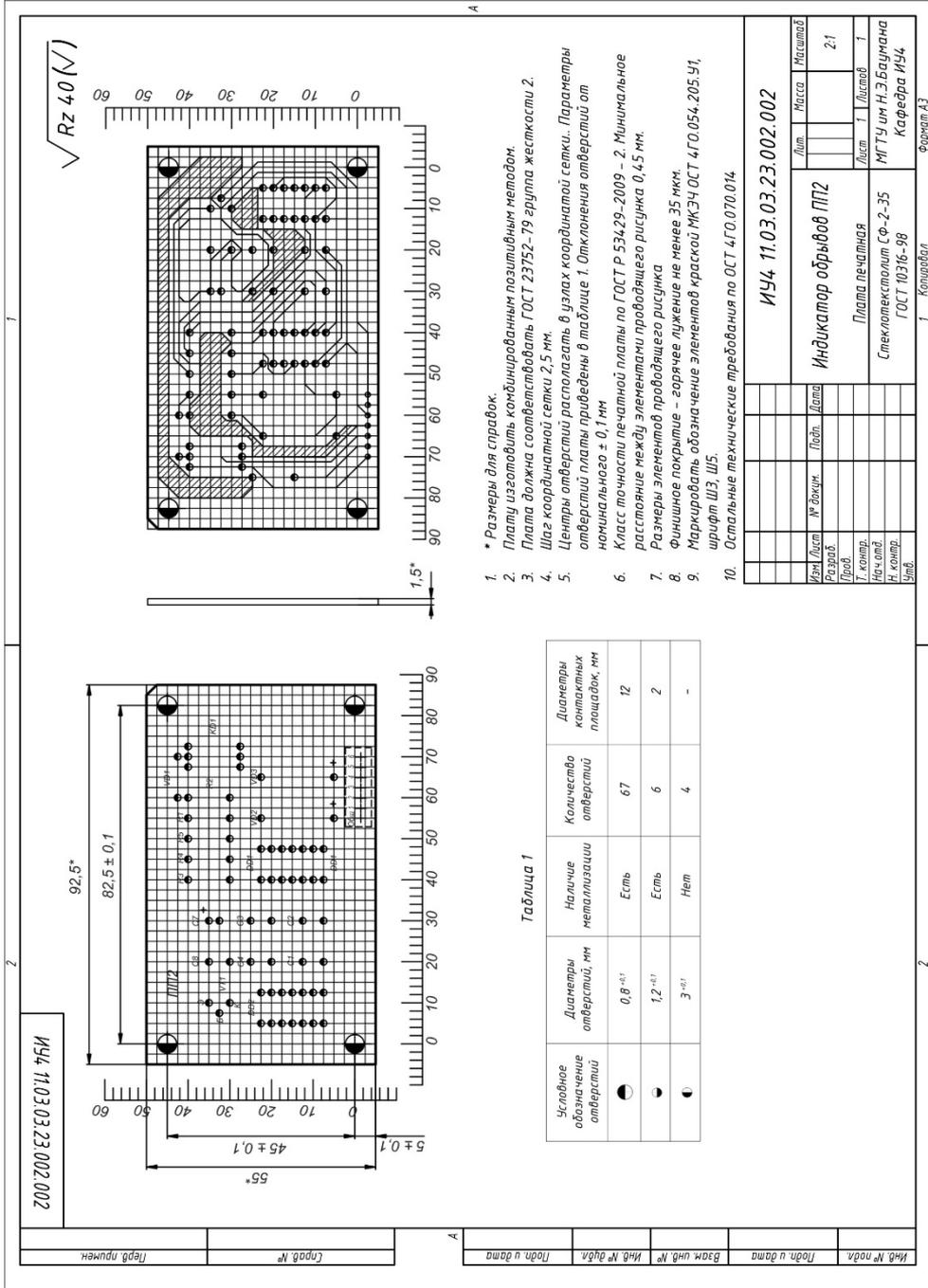
Все навесные элементы крепятся на плате с помощью выводов, которые вставляют в монтажные отверстия и подгибают. Не рекомендуется в монтажном отверстии размещать два и более выводов. Некоторые элементы, например, маломощные транзисторы, крепят клеем.

Сборочный чертеж печатной платы при минимальном количестве изображений должен давать полное представление о расположении и выполнении всех печатных и навесных элементов и деталей. Сборочный чертеж выполняют в соответствии с требованиями ГОСТ 2.109-2023 учетом требований ГОСТ 2.702-2024 «Правила выполнения электрических схем». Конструкции навесных элементов вычерчиваются в виде упрощенных изображений, им присваивается буквенно-цифровое позиционное обозначение в соответствии с электрической принципиальной схемой (схема ЭЗ согласно ГОСТ 2.701-2008 «Схемы. Виды и типы. Требования к выполнению»), по которой выполняют электрический монтаж платы. На сборочном чертеже печатной платы должны быть указаны номера позиций всех составных частей, габаритные и присоединительные размеры, и сведения о способах присоединения навесных элементов к печатной плате.

В технических требованиях сборочного чертежа должны быть ссылки на документы (ГОСТы и другие стандарты), устанавливающие правила подготовки и закрепления навесных элементов, сведения о припое и др.

Основным конструкторским документом сборочного чертежа печатной платы является спецификация. При записи в спецификацию составных частей, являющихся элементами электрической принципиальной схемы, в графе «Примечание» указывают буквенно-цифровые позиционные обозначения этих элементов.





ИУ4 11.03.03.23.002.002

$\sqrt{Rz\ 40\ (N)}$

1. * Размеры для справок.
2. Плату изготовить кандинированным позиционным методом.
3. Плата должна соответствовать ГОСТ 23752-79 группа жесткости 2.
4. Шаг координатной сетки 2,5 мм.
5. Центры отверстий располагать в узлах координатной сетки. Параметры отверстий платы приведены в таблице 1. Отклонения отверстий от номинального $\pm 0,1$ мм
6. Класс точности печатной платы по ГОСТ Р 53429-2009 - 2. Минимальное расстояние между элементами проводящего рисунка
7. Размеры элементов проводящего рисунка
8. Финишное покрытие - горячее лужение не менее 35 мкм.
9. Маркировать обозначение элементов краской МКЭЧ ГОСТ 4ГО.054.205.У1, шрифт ШЗ, Ш5.
10. Остальные технические требования по ОСТ 4ГО.070.014

Таблица 1

Числовые обозначения отверстий	Диаметры отверстий, мм	Наличие металлизации	Количество отверстий	Диаметры контактных площадок, мм
●	$0,8^{+0,1}$	Есть	67	12
○	$1,2^{+0,1}$	Есть	6	2
●	$3^{+0,1}$	Нет	4	-

ИУ4 11.03.03.23.002.002		Лист	Листов
Индикатор обрывов ПП2		Лист	Листов
Плата печатная		Лист	Листов
Стеклоэпоксид. Со-2-35		МГТУ им Н.Э.Баумана	
ГОСТ 10316-98		Кафедра ИУ4	
Имя Лист		Формат А3	
Разраб.		1	
Дроб.		1	
Т. конпр.		1	
Н. конпр.		1	
Умб.		1	

Рис. 1. 142. Чертеж платы печатной индикатора обрывов ПП2

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
A4			ИУ4 11.03.03.23.000.000 Э1	Схема электрическая структурная	1	
A4			ИУ4 11.03.03.23.000.000 Э3	Схема электрическая принципиальная	1	
A3			ИУ4 11.03.03.23.000.000 СБ	Сборочный чертеж	1	
A3			ИУ4 11.03.03.23.000.000 МЭ	Электромонтажный чертеж	1	
			ИУ4 11.03.03.23.000.000 ПЭЭ	Перечень элементов		
			ИУ4 11.03.03.23.000.000 ПД	Плакат демонстрационный		
				<u>Сборочные единицы</u>		
A3		1	ИУ4 11.03.03.23.001.000 СБ	Плата ПП1	1	
A3		2	ИУ4 11.03.03.23.002.000 СБ	Плата ПП2	1	
A3		3	ИУ4 11.03.03.23.003.000 СБ	Микроплата контроля питания	1	
				<u>Детали</u>		
A3		11	ИУ4 11.03.03.23.000.002	Крышка батареи	1	
A3		4	ИУ4 11.03.03.23.000.003	Крышка корпуса	1	
A3		5	ИУ4 11.03.03.23.000.001	Основание	1	
A3		9	ИУ4 11.03.03.23.000.004	Переключатель клавишный	1	
A4		10	ИУ4 11.03.03.23.000.005	Электроустановочное изделие	1	
A4		12	ИУ4 11.03.03.23.000.006	Фланец	1	
A4		20	ИУ4 11.03.03.23.000.007	Прокладка фетровая	4	
ИУ4 11.03.03.23.000.000 СП						
		Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата
Инв. № подл.	Разраб.					
	Пров.					
	Нач. отд.					
	Н. контр.					
	Утв.					
Индикатор обрывов				Литера	Лист	Листов
					1	2
				МГТУ им. Н.Э. Баумана Кафедра ИУ4		

Копировал

Формат А4

Рис. 1. 145. Спецификация к сборочному и электромонтажному чертежу индикатора обрывов, лист 1

1.18.4. ЧЕРТЕЖИ ЖГУТОВ И КАБЕЛЕЙ, ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫЙ ЧЕРТЕЖ

Жгут — изделие, состоящее из двух и более изолированных проводников (проводов, кабелей), скрепляемых сплетением, связыванием или каким-либо другим способом, и других составных частей (соединительных устройств, наконечников и т.п.). Кабель представляет собой изделие, состоящее из одного кабеля или провода и каких-либо других составных частей (соединительных устройств). Исходя из этого, чертежи жгутов и кабелей следует рассматривать как сборочные чертежи.

Маркировка жгутов, кабелей и других соединителей обозначается согласно ГОСТ Р 59820-2021.

Чертеж жгута (кабеля) должен содержать изображение изделия, дающее представление о расположении и связи его составных частей (проводов, разъемов, наконечников, бирок и т.л.); габаритные и присоединительные размеры, а также размеры и предельные отклонения длин всех участков жгута; номера позиций составных частей, входящих в жгут (кабель); технические требования к изготовлению и контролю жгута (кабеля). Основным конструкторским документом чертежа жгута является спецификация, выполняемая на отдельных листах формата А4 по правилам, установленным ГОСТ Р 2.106-2019 (ГОСТ на текстовые документы).

При выполнении чертежа жгута изображают: проводники и их соединения, запасные проводники, переходные контакты, соединительные устройства (разъемы, наконечники), маркировочные бирки, которыми производится маркировка кабелей, жгутов, отдельных ветвей, размеры длин всех участков жгута с указанием допустимых отклонений (размеры радиусов изгиба допускается не указывать), указания о присоединении проводников.

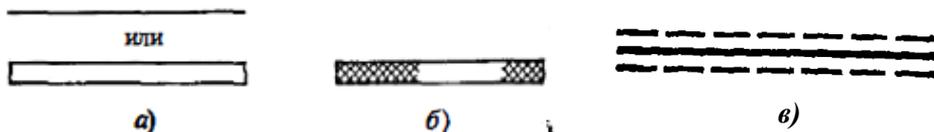


Рис. 1.147 - Изображение проводников:
 а – неэкранированных, б – экранированных
 в – УГО экранированной линии связи

Ленту, нитки и другой подобный материал, которым должен быть обмотан жгут или кабель, на чертеже не изображают. Данные об этих материалах указывают в спецификации, а об их применении – в технических требованиях чертежа.

Чертеж жгута может быть выполнен упрощенно или условно. Упрощенное выполнение чертежа предполагает изображение всех составных частей внешними очертаниями. При этом неэкранированные проводники показывают одной или двумя линиями, экранированные выделяют штриховкой. Электрические соединители (штепсельные разъемы), наконечники и т.п. изображают внешними очертаниями. На чертеже жгута, выполненном условно, проводники показывают одной линией, штепсельные разъемы, наконечники – прямоугольником.

На чертеже жгута (кабеля) должны быть помещены сведения о присоединении проводников. Поэтому для каждого проводника указывают цифровое обозначение, присвоенное ему на чертеже для электромонтажа или на электрической схеме. Обозначение проводника наносят около обоих концов изображения проводника и, при необходимости, у мест разветвления.

Указания о присоединении проводов можно приводить в таблице, помещаемой около изображения соединительного устройства или на свободном поле чертежа. В таблице указываются контакт разъема, номер проводника или адрес присоединения вторых концов проводов. В последнем случае обозначения проводников не наносят.

Таблица 1.29

Таблица присоединений

<i>Проводник</i>	<i>Поз.</i>	<i>Присоединения</i>	<i>Длина</i>	<i>Примечание</i>

В некоторых случаях сведения о присоединении удобно помещать в таблице, приведенной на поле сборочного чертежа, или оформлять последующими листами сборочного чертежа. Таблицу присоединений выполняют по форме табл. 1.29. В графах таблицы указывают:

- в графе «Проводников» - обозначение проводника;
- в графе «Поз.» - номер позиции материала провода жгута по спецификации;
- в графе «Присоединения» - адреса присоединений обоих концов проводника. Когда конец проводника снабжается наконечником или остается свободным, следует давать ссылку на номер позиции. При этом допускается ссылаться на обозначение, присвоенное группе проводников, например «А. поз...»;
- в графе «Длина» - длину провода жгута, если она не указана на изображении.

На сборочном чертеже изображение жгута выполняется условно. Проводники обозначаются арабскими цифрами в пределах жгута. Сведения о присоединении проводников приведены в таблицах колодок ХТ1...ХТп, размещенных на свободном поле чертежа; данные проводника (марка, сечение) указаны в спецификации; длина отдельных проводников и сведения о

присоединениях даны в таблице присоединений, оформленной на последующих листах сборочного чертежа.

Для жгутов и кабелей, применяемых в радиоэлектронной промышленности, сведения о присоединениях проводов удобно указывать на схеме соединений, выполненной на поле чертежа. Оформление схемы соединений должно соответствовать ГОСТ 2.702-2024 (Правила выполнения электрических схем), при этом должны быть изображены все незадействованные контакты, на которые заведены запасные провода. Расстояния между линиями, изображающими электрические связи, выбираются в пределах 8 ... 10 мм. Разъемы, одинаковые наконечники и т.п. изображают разнесенным способом: контакты соединяют сплошной тонкой линией, на концах которой указывают буквенно-цифровые позиционные обозначения соединительных устройств, присвоенные им на принципиальной схеме. Располагать разъемы рекомендуется по возрастанию порядковых номеров позиционных обозначений сверху вниз. Запасные провода и свободные контакты разъемов следует изображать упрощенно в конце схемы в правой ее части. Обозначение контактов соединительных устройств наносят у точки, обозначающей присоединение. При выполнении отдельных цепей жгута проводами различных марок и сечений на линиях электрической связи указывают номера позиций этих проводов по спецификации жгута. Указания о марках и сечениях проводов, которыми выполнена большая часть соединений, помещают в технических требованиях чертежа.

Переход от одной цепи к нескольким цепям или от проводов одного сечения к проводам другого сечения в кабеле необходимо производить с помощью переходных контактов. Место установки переходных контактов определяется конструктором и указывается на чертеже.

На чертеже жгута (кабеля) должны быть помещены технические требования к их изготовлению и контролю. Первым пунктом технических требований является ссылка на ГОСТ, устанавливающий правила выполнения внешнего электро монтажа кабельных изделий.

В следующих пунктах технических требований помещают указания о технологических особенностях выполнения жгута или кабеля, данные по дополнительным испытаниям с учетом специфики данного жгута или кабеля, сведения о применении наружной изоляции и другие указания, уточняющие конструкцию.

Электро монтаж - соединение составных частей с помощью электрических проводников. В электротехнике значительная группа изделий изготавливается с применением электро монтажа, например, электрорадио приборы, электроустановки и т.п. Конструкторскую документацию на такие изделия выполняют с учетом требований ГОСТ 2.702-2024 (Правила выполнения электрических схем) и ГОСТ 2.709-89 (Обозначения условные проводов и контактных соединений электрических элементов и участков цепей в электрических схемах).

Электромонтажный чертёж представляет собой сборочный чертёж, на котором изображены изделия электроники, жгуты, провода, кабели, а также приведены данные, необходимые для электромонтажа. Все конструктивные элементы на чертеже изображаются условно в виде контурных очертаний без графических подробностей при условии сохранения приближенного сходства. Так как чертежи изделий с применением электромонтажа относятся к сборочным, они содержат как минимум два документа - спецификацию и сборочный чертёж.

В состав чертежа с применением электромонтажа, как правило, входят элементы электрической принципиальной схемы или схемы соединений: трансформаторы, резисторы, конденсаторы и др. Таким элементам должны быть присвоены буквенно-цифровые позиционные обозначения по соответствующей схеме.

Для удобства чтения чертежа допускается смешать изображения составных частей, при этом от смешанного изображения проводят линию-выноску, на полке которой наносят надпись «Смещено», или указывают в технических требованиях чертежа «Изображения . . . смещены». В тех же целях допускается условно изменять (укорачивать, удлинять и т.д. очертания составных частей, если изображения закрывают друг друга. При этом искажения очертаний не должны нарушать ясности чертежа.

Разветвления, изломы, слияния проводников и кабелей изображают отрезками под углом 45° (рис. 1.148, а). Пересечения проводников показывают в соответствии с рис. 1.48, б. Обрывы проводников изображают по общим правилам, указывая номер проводника арабскими цифрами и обозначение листа или вида, на котором содержится продолжение проводника.

Линию, изображающую два и более проводников, у мест обрыва обозначают одним порядковым номером римскими цифрами или указывают у мест обрыва линии обозначения всех проводников, изображаемых этой линией.

Каждый проводник (провод, кабель, жгут, шину) обозначают в соответствии со схемой соединений. При отсутствии схемы соединений проводнику на чертеже присваивают шифр, состоящий из цифрового обозначения соответствующей цепи в электрической принципиальной схеме, знака дефис и порядкового номера проводника в цепи: например, 2-1, 2-2 следует читать как 1-й и 2-й проводники цепи 2.

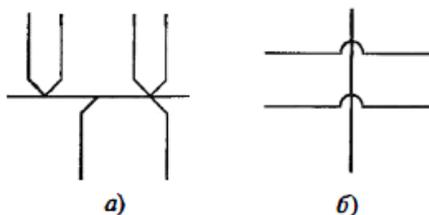


Рис. 1.148—Изображение проводников:

а – разветвление проводников, б – пересечение проводников

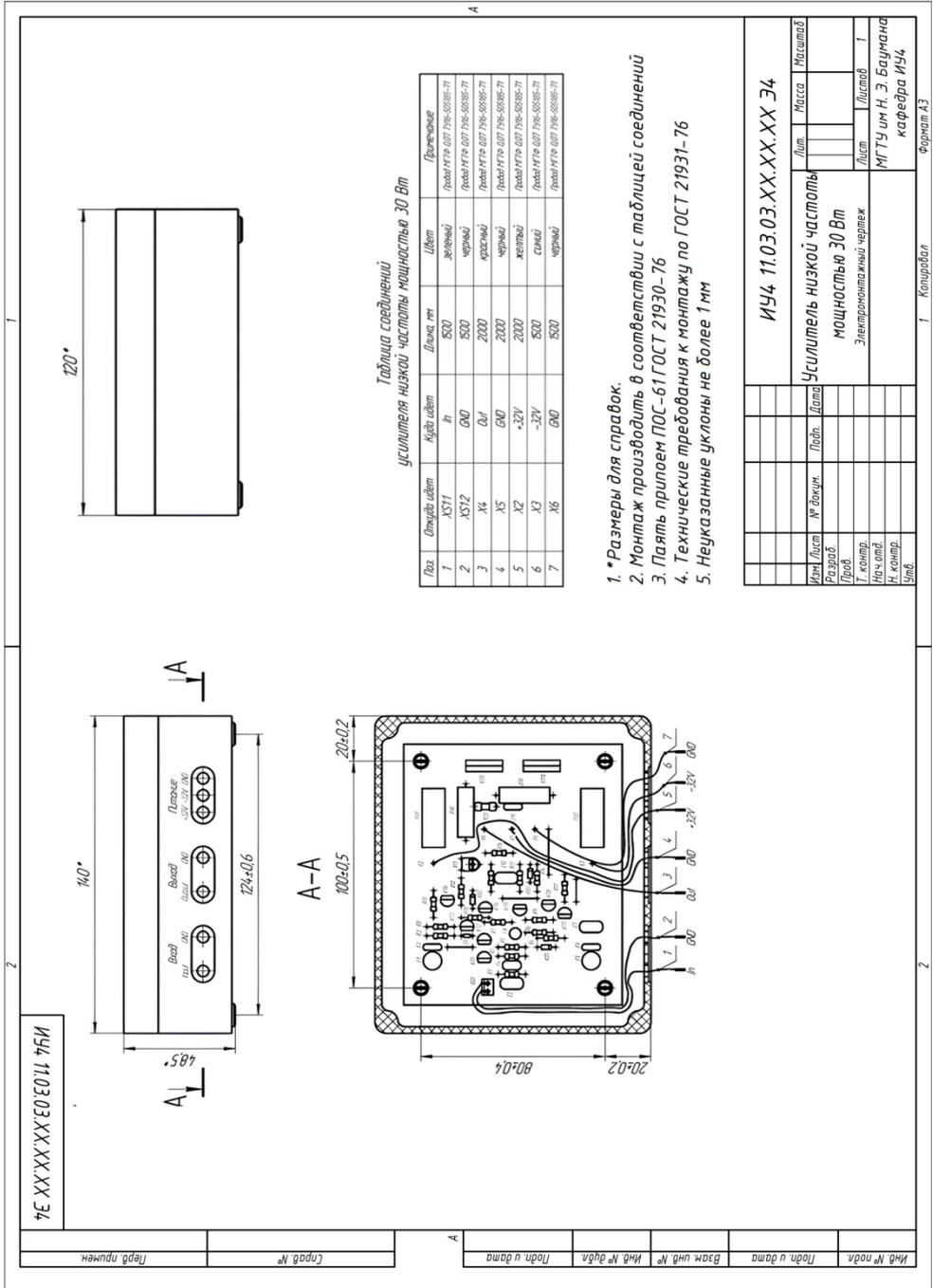


Рис. 1. 150. Электромонтажный чертеж (Э4) усилителя низкой частоты мощностью 30 Вт

При отсутствии обозначений в схемах проводники обозначают на чертежах одним из следующих способов:

а) нумеруют арабскими цифрами одиночные провода и жилы кабелей, записанные в спецификацию как материал, - в пределах чертежа, жилы кабеля, оформленного самостоятельным документом, - в пределах кабеля, провода жгутов - в пределах жгута;

б) нумеруют арабскими цифрами цепи в пределах чертежа и проводники в пределах цепи; обозначения проводников составляют из номера цепи, дефиса и номера проводника в пределах цепи.

Обозначение короткого проводника, изображение которого отчетливо просматривается на чертеже, допускается проставлять на чертеже один раз - посередине изображения, а у длинных проводников - около обоих их концов. Проводники, идущие рядом, допускаете изображать в виде одной линии; жгуты, кабели и их проводники изображат одной линией не разрешается.

На чертеже для электромонтажа должны быть однозначно определены все соединения между составными частями. При этом линии, изображающие проводники, присоединяемые к многоконтактному изделию, допускается не проводить до изображения контактов заканчивать у линии, показывающие внешние очертания изделия. Указания о присоединении проводников к контактам приводят следующими способами: обозначения проводников указывают около обозначени контакта или обозначения проводников приводят в таблице. Если контакты изделия, к которому должны быть присоединены проводники, не имеют обозначений, то на чертеже им присваивают обозначения поясняют их схемой соединений или указанием в технических требованиях чертежа.

Электрическое соединение, осуществляемое пайкой или сваркой, изображают точкой диаметром от $1,5S$ до $2S$, где S - толщина сплошной основной линии данного чертежа. Обозначение соединений производят по общепринятым правилам. В технических требованиях чертежа указывают припой и другие данные о соединениях.

Связь чертежа для изделий с применением электромонтажа со спецификацией осуществляется через позиционные обозначения. Допускается не наносить на чертеже номера позиций, под которыми в спецификации записаны элементы электрической принципиальной схемы в разделах «Стандартные изделия» и «Прочие изделия» и провода и кабели в разделе «Материалы».

На чертеже для электромонтажа указывают следующие технические требования:

- технические требования к электромонтажу: паять припоем... гост...;
- технические требования на жгуты (гост);
- технические требования к конструкциям разделки проводов и креплению их жил;

- технические требования к монтажу навесных элементов;
- изображения плат/разъемов ... смещены;
- места распайки проводов на платах залить клеем ... гост ... ;
- после настройки прибора места распайки проводов покрыть лаком...;
- на выводы разъемов надеть трубку поз. ...;
- конденсаторы, резисторы, дроссели, диоды ставить на клей ...;
- маркировка элементов показана условно;
- проводники имеют обозначения для монтажа по схеме...;

На электромонтажном чертеже может быть выполнена схема соединений, размещаемая на первом листе или оформляемая последующими листами. Таблица соединений разрабатывается согласно схеме электрической принципиальной в том случае, когда на чертеже не указаны адреса присоединения проводников. Таблицу соединений рекомендуется выполнять по форме, приведенной на табл 1.30. Размеры граф таблицы стандартом не регламентированы.

Таблица 1.30

Форма таблицы соединений

<i>Проводник</i>	<i>Поз.</i>	<i>Откуда поступает</i>	<i>Куда поступает</i>	<i>Длина</i>	<i>Примечание</i>

В таблице соединений проводники перечисляют по возрастанию номеров в следующем порядке: провода жгутов; жилы кабелей, записанных в спецификацию как материал; одиночные провода.

В графе «Проводник» указывают номер проводника (одиночного провода, жилы кабеля, провода жгута).

В графе «Поз.» указывают номер позиции, под которым соответствующий жгут, кабель или отдельный проводник записан в спецификации. В строках таблицы соединений, в которых записаны жилы кабелей и провода жгутов, оформленных самостоятельными документами, графу «Поз.» не заполняют.

В графе «Откуда идет» указывают наименования разделов, например, «Жгуты», «Кабели», «Провода»; наименование и обозначение соответствующих изделий, например, «Жгут ХХХХ.ХХХХХХ.010» «Кабель ХХХХ.ХХХХХ.Х.020», и адреса присоединения проводников или жил кабеля.

В графе «Откуда поступает» - адреса присоединения проводников.

Графа «Длина» заполняется только для изделий, записанных в разделе «Материалы» спецификации, т.е. для тех изделий, на которые не оформляются самостоятельные чертежи. Длина провода указывается в миллиметрах.

Если при электромонтаже используется одна и та же марка провода одинакового сечения и расцветки, то необходимые данные о проводах ука-

зываются в технических требованиях на чертеж. В противном случае в таблицу вводятся три новые графы: «Марка провода», «Сечение», «Расцветка».

В зависимости от объема, сложности и характера производства чертежи изделий с применением электромонтажа выполняют одним из следующих вариантов:

1. Механическая сборка и электромонтаж изделия производятся по одному и тому же чертежу. В этом случае разрабатывают сборочный чертеж с учетом требований ГОСТ 2.109-2023 и ГОСТ 2.702-2024 и спецификацию с учетом ГОСТ 2.106-2019. На сборочном чертеже изображают составные части и для механической сборки, и для электромонтажа. При заполнении спецификации к этому чертежу составные части, являющиеся элементами электрической принципиальной схемы, записывают в разделы «Стандартные изделия» или «Прочие изделия» в начале соответствующего раздела группами в порядке расположения буквенных позиционных обозначений. Внутри группы составные части записывают в графе «Примечание» спецификации. Допускается буквенно-цифровые обозначения элементов не указывать, если им присвоены позиционные обозначения по спецификации.

2. Электромонтаж изделия производят по самостоятельному чертежу. При этом разрабатывают четыре конструкторских документа: сборочный чертеж и спецификацию для механической сборки с учетом требования ГОСТ 2.109-2023 и ГОСТ 2.106-2019, сборочный чертеж и спецификацию для электромонтажа с учетом ГОСТ 2.702-2024 и ГОСТ 2.709-89. На электромонтажном сборочном чертеже (выполняется после сборочного чертежа механической части) составные части, входящие в изделие механической сборки, изображают упрощенно сплошными тонкими линиями. Если составные части изделия расположены на стенках, находящихся в разных плоскостях, допускается изображать стенки развернутыми в плоскость чертежа. Такое изображение должно сопровождаться надписью: «Стенка развернута». При выполнении спецификации чертежа с электромонтажом в раздел «Сборочные единицы» включают запись изделия механической сборки первой позицией. Составные части, являющиеся элементами электрической принципиальной схемы, записывают в спецификацию в раздел «Стандартные изделия» и «Прочие изделия». Провода и кабели, которыми производится монтаж изделия, записывают в раздел «Материалы», при этом в графе «Примечание» указывают «Устанавливают при электромонтаже».

3. Электромонтаж изделий производят по электромонтажному чертежу (шифр МЭ). При этом разрабатывают три конструкторских документа: сборочный чертеж со спецификацией для механической сборки и электромонтажный чертеж (МЭ) по ГОСТ 2.702-2024. Составные части, устанавливаемые по электромонтажному чертежу, вносят в спецификацию сборочного чертежа для механической сборки в дополнительные разделы. Электромонтажный чертеж выполняют в том же масштабе, что и сборочный чертеж изделия. При необходимости отдельные изделия допускается выполнять в том

же масштабе. Все изделия, устанавливаемые до электромонтажа, изображают тонкими линиями упрощенно – в виде контурных очертаний без графических подробностей, составные части, устанавливаемые при электромонтаже, и места присоединения проводников – сплошными основными линиями. Для удобства изображения составных частей допускается разворачивать стенки и совмещать с плоскостью чертежа, поворачивать составные части, сопровождая такие изображения соответствующими надписями. Составные части, устанавливаемые при электромонтаже, записывают в спецификацию сборочного чертежа для механической сборки в дополнительные разделы: «Сборочные единицы», «Детали», «Стандартные изделия», «Прочие изделия», «Материалы». Дополнительные разделы размещают, начиная с нового листа, под общим заголовком «Устанавливают по XXXX.XXXXXX.XXX МЭ».

4. Электромонтаж изделия производят по другим документам. При этом разрабатывают два конструкторских документа: сборочный чертеж и спецификацию для механической сборки. В технических требованиях сборочного чертежа указывают документ, по которому производят электромонтажсхему электрическую принципиальную (ЭЗ), схему электрическую соединений (Э4) или таблицу соединений (ТБ) в зависимости от характера производства. Составные части, устанавливаемые при электропонтаже, записывают в спецификацию сборочного чертежа в дополнительных разделах. Это могут быть схемы электрические (принципиальная или соединений) или таблица соединений, выполненная самостоятельным документом. В спецификацию сборочного чертежа вносят составные части, устанавливаемые при электромонтаже, в дополнительные разделы.

В стандартный комплект документации обычно включают маршрутно-операционную карту. Она используется для планирования и контроля производственных процессов, помогает организовать и стандартизировать операции. Формат маршрутно-операционной карты определен ГОСТ 3.1118-82 (рис. 1.151).

											3
В	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции						
Г	Обозначение документа										
Д	Код, наименование оборудования										
Е	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт
Л/М	Наименование детали, сб. единицы или материала										
Н/М	Обозначение, код										
О	01	по варианту									
В	02	10	1	50	54 - 20						
Г	03	ИОТ 1243 - 89 ТПМ									
Д	04	УСПП									
Е	05	239	3	1	20	мин		20			
О	06	Сушить плату с приклеенными ЭРЭ									
Т	07	Тара технологическая									
Р	08	Температура (25 ± 10) °С, время сушки 2 ч,									
Р	09	затем температура (70 ± 5) °С, время сушки 5 ч									
10											
В	11	10	1	65	84 - 00						
Г	12	ИОТ 1243 - 89 ТПМ									
Д	13	СРМ									
Е	14	126	3	1	1	мин		20	5,34		
О	15	1. Установить ЭРЭ на плату									
О	16	2. Отогнуть выводы ЭРЭ									
Т	17	Набор инструментов монтажника									
Т	18	Тара технологическая									
19											
В	20	10	1	65	84 - 00						
Г	21	ИОТ 1243 - 89 ТПМ									
Д	22	СКМ									
Е	23	068	3	1	1	мин		20	1,18		
О	24	Проверить установку ЭРЭ на печатной плате									
					Разработал						
					Проверил						
					Утвердил						
					Н. контр.						

Рис. 1.151. Маршрутно-операционная карта на примере операций сушки приклеенных ЭРЭ и установки их на плату

В — номер цеха, участка, рабочего места, где выполняется операция, номер операции, код или наименование операции; Г — обозначение документов, применяемых при выполнении операции; Д — код или наименование оборудования; Е — информация по трудозатратам (Проф — код профессии; Р — разряд исполнителей; КР — количество исполнителей; КОИД — количество одновременно обрабатываемых деталей; ЕН — единица нормирования; ОП — объем производственной партии; Тпз — норма подготовительно-заключительного времени; Тшт — норма штучного времени); О — содержание операции (перехода); Т — информация о применяемой технологической оснастке; Л/М —

наименование применяемых материалов; Н/М — нормы расхода материалов; Р — режим обработки.

Тесты к лекции 1.18

1. Из чего состоит чертеж печатной платы?
 - а) Чертежи топологии всех слоев печатной платы, показывающие расположения печатных проводников, контактных площадок и отверстий, таблица отверстий, технические требования (указывают способ изготовления, шаг координантной сетки, класс точности, группу жесткости, материалы финишных покрытий);
 - б) Чертежи топологии всех слоев печатной платы, показывающие расположения печатных проводников, контактных площадок и отверстий, габаритные и присоединительные размеры, указание вариантов присоединения изделий электронной техники, монтируемых на плату, в том числе тех, монтаж которых не указан в ГОСТах;
 - в) Чертеж электронной ячейки, габаритные размеры, присоединительные размеры, технические требования, таблица соединений для электро монтажа.

2. Что должен содержать в себе сборочный чертеж печатной платы?
 - а) Изображение электронной ячейки, номера позиций всех составных частей, габаритные и присоединительные размеры, сведения о способах присоединения элементов к печатной плате, технические требования к способам присоединения элементов;
 - б) Чертежи топологии всех слоев печатной платы, показывающие расположения печатных проводников, контактных площадок и отверстий, таблица отверстий, технические требования;
 - в) Сведения о присоединении проводников, данные проводника (марка, сечение), длину отдельных проводников и сведения о присоединениях.

3. Что НЕ указывается на чертеже печатной платы?
 - а) Электро- и радиоэлементы, устанавливаемые на печатную плату, способы установки элементов;
 - б) Способ изготовления печатной платы;
 - в) Сведения об отверстиях в печатной плате: диаметр, отклонения, количество отверстий, наличие металлизации, диаметр контактной площадки.

4. Что НЕ указывается в технических требованиях к сборочному чертежу?

- а) Указания к способам очистки печатной платы после монтажа, указания к методу контроля паяных соединений;
- б) Варианты установки изделий электронной техники, устанавливаемых на печатную плату;
- в) Ссылку на документ (таблицу), согласно которому выполняется электромонтаж изделий электронной техники.

5. Как называется чертеж, отображающий соединения жгутов, кабелей, проводов?

- а) Электромонтажный чертеж (или схема соединений на сборочном чертеже);
- б) Схема электрическая принципиальная;
- в) Чертеж платы печатной.