

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

МОСКОВСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

**РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТОРСКОЙ
ДОКУМЕНТАЦИИ
НА ПЕЧАТНЫЙ УЗЕЛ
ЭЛЕКТРОННОГО УСТРОЙСТВА**

Методическое пособие
по курсу «Инженерная графика»

Под редакцией Е.П. Касаткиной

УДК 744
Р 177

Утверждено учебным управлением МЭИ

Подготовлено на кафедре инженерной графики

Рецензент: докт. техн. наук, проф. В.М. Матюнин

Авторы: В.Р. Пивоваров, Н.А. Бурдунина, Т.В. Давыдкина,
В.Н. Нетунаева, О.Н. Сафонова

Разработка конструкторской документации на печатный узел Р 177 электронного устройства : методическое пособие / В.Р. Пивоваров, Н.А. Бурдунина, Т.В. Давыдкина и др.; под ред. Е.П. Касаткиной. — М.: Издательский дом МЭИ, 2009. — 44 с.

Методическое пособие содержит сведения по составу и правилам оформления конструкторских документов, разрабатываемых при проектировании электронных приборов.

Данные материалы предназначены для разработки конструкторских документов на печатный узел электронного устройства.

В приложении даны наименования, изображения, условные графические обозначения и основные параметры элементов, которые наиболее часто встречаются в заданиях, предлагаемых студентам.

Предназначено для студентов первого курса МЭИ (ТУ), обучающихся на кафедре инженерной графики, и может быть использовано студентами старших курсов при курсовом и дипломном проектировании.

1. ВВЕДЕНИЕ

Создание изделий электронной техники начинается с разработки конструкторских документов, выполняемых в соответствии с требованиями государственных стандартов. При этом одним из основных является комплекс Государственных стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД), который устанавливает правила разработки, оформления и обращения конструкторской документации.

Виды изделий при разработке конструкторской документации регламентирует ГОСТ 2.101–68. Изделие – это любой предмет или совокупность предметов, подлежащих изготовлению на предприятии. Стандарт устанавливает в том числе и следующие виды изделий:

деталь – изделие из однородного материала, изготовленное без применения сборочных операций (шарик, ось, вал, пластина, печатная плата и т.д.);

сборочная единица – изделие, имеющее составные части, соединенные на предприятии-изготовителе (электромагнит, коммутатор и т.д.).

Для разработки указанных изделий создаются конструкторские документы (графические и текстовые), которые определяют состав и устройство изделия и содержат все необходимые данные для его разработки, изготовления, контроля, приемки, эксплуатации и ремонта.

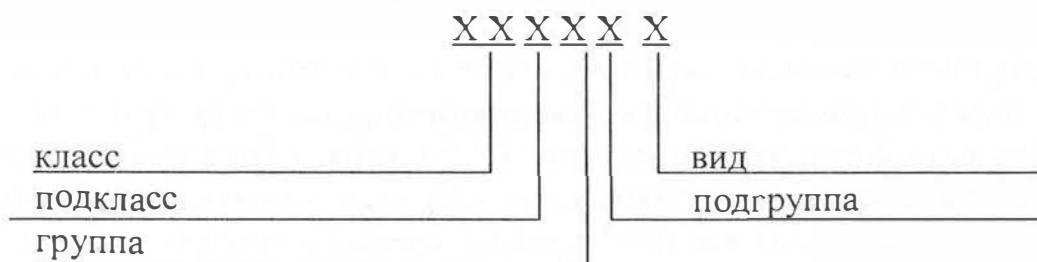
Конструкторские документы разрабатываются в определенной очередности. Стадии их разработки установлены ГОСТ 2.103–68, а виды – ГОСТ 2.102–68, 2.701–84, 2.601–68, 2.602–68. В зависимости от стадии разработки документы подразделяются на проектные и рабочие. К проектным относятся последовательно разрабатываемые техническое предложение, эскизный и технический проекты. На стадии технического проекта принимаются окончательные технические решения, дающие полное представление об устройстве разрабатываемого изделия, и выполняются чертежи его общих видов, схем и т.д. В техническом проекте в полном объеме содержатся данные для разработки рабочей конструкторской документации, в состав которой входят документы, по которым изготавливается и контролируется изделие:

- чертеж детали;
- сборочный чертеж (СБ);
- спецификация.

При оформлении конструкторских документов используют основные надписи, выполняемые по ГОСТ 2.104–68. В правой верхней графе основной надписи записывают обозначение документа, структура которого определена ГОСТ 2.201–80:



Структура кода классификационной характеристики определяется по государственному классификатору:



Порядковый регистрационный номер присваивается данному документу на изделие с данной классификационной характеристикой от 001 до 999 в пределах кода организации-разработчика.

Код документа не присваивают основным конструкторским документам. Такими документами являются чертеж детали (графический документ) и спецификация (текстовый документ). Для не основных конструкторских документов код имеет не более четырех знаков (СБ, ВО, ЭЗ и т.д.).

2. ЦЕЛЬ И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Одной из целей изучения раздела «Основы разработки конструкторской документации» (ОРКД) курса инженерной графики является ознакомление студентов с видами конструкторских документов и правилами их оформления при разработке изделий, а также приобретения студентами навыков использования соответствующей справочной литературы и государственных стандартов.

Главной отличительной особенностью данной работы является то, что она имеет комплексный характер, так как разрабатывается комплект конструкторских документов для реального электронного устройства, начиная от схемы и кончая чертежом печатного узла.

В процессе обучения моделируется реальный процесс проектирования.

Исходным материалом для разработки печатного узла электронного устройства и документации на него являются:

- задание в виде схемы электронного устройства, содержащей несколько радиоэлектронных элементов со всеми данными, определяющими их геометрические размеры;

- чертеж пластины-заготовки, на которой эти элементы должны быть размещены.

Пример задания приведен на рис. 2.1. По этому заданию студент должен разработать следующие конструкторские документы:

- 1) схему электрическую принципиальную;
- 2) теоретический чертеж;
- 3) чертеж печатной платы;
- 4) сборочный чертеж печатного узла;
- 5) спецификацию.

Схема электрическая принципиальная выполняется на чертежной бумаге формата А3. Она служит основой для разработки теоретического чертежа.

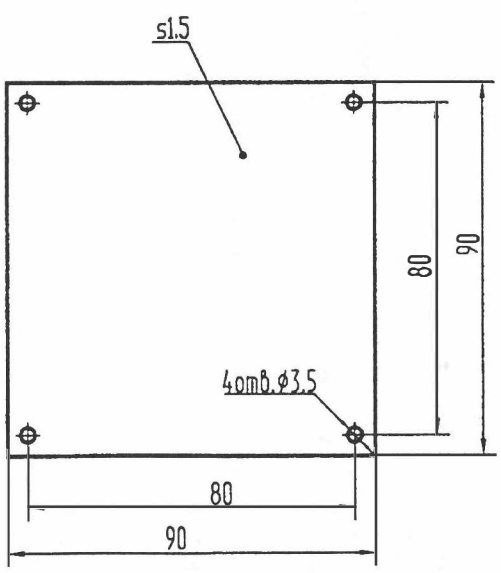
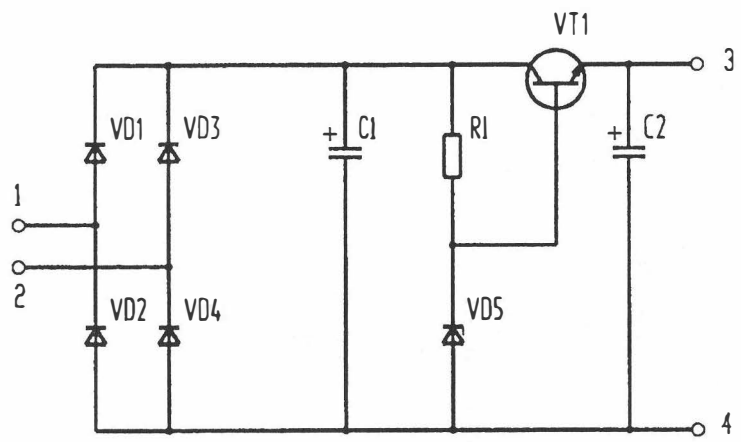
Теоретический чертеж выполняется на миллиметровой или клетчатой бумаге формата А3 и служит основой для разработки чертежа печатной платы и сборочного чертежа печатного узла.

Чертеж печатной платы и сборочный чертеж печатного узла выполняются на чертежной бумаге формата А3 каждый, спецификация – на специальном бланке.

По окончании проектирования чертежи скрепляются в скоросшивателе и оформляются титульным листом, выполненным на чертежной бумаге формата А4 в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105–79 (см. рис. 2.2).

В последующих главах дается пример выполнения работы – разработка конструкторской документации стабилизатора напряжения на основе его схемы.

МИФТ.435167.007 ГЗ



Поз. обозн.	Наименование	Кол.	Примечание
	Конденсаторы ОЖО.464.031ТУ		
C1	К50-6-15В-200мкФ	1	
C2	К50-6-10 В-100мкФ	1	
R1	Резистор МЛТ-1-20 Ом ГОСТ 7113-77	1	
	Полупроводниковые приборы		
VD1..VD4	Диод Д226 ТР3.368.045ТУ	4	
VDS	Стабилитрон КС156А СМ.362.812ТУ	1	
VT1	Транзистор КТ815 ГОСТ 11630-70	1	

				МИФТ.435167.007 ГЗ				
Изм.	Лист	И док.	Подп.	Дата	Стабилизатор напряжения Графическое задание	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.						у		—
Проб.								
Т. контр.						Лист	Листов	1
И. контр.								
Смп.						МЭИ	ИГ	

Рис. 2.1. Графическое задание

МЭИ(ТУ)

КАФЕДРА
ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКИ

КУРСОВАЯ РАБОТА

Разработка комплекта
конструкторской документации
на печатный узел электронного
устройства

Студент

Преподаватель

Итоговая оценка

2010

Рис. 2.2. Титульный лист

3. ВЫПОЛНЕНИЕ СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ

Задание в виде схемы стабилизатора напряжения представлено на рис. 2.1 (см. стр. 6).

В задании указаны буквенно-цифровые обозначения входящих в схему элементов, а также приведена таблица, содержащая их номинальные параметры. Наименования элементов схем по их условным графическим изображениям определяются по прил. 2 [9].

На основе данного задания студент должен в первую очередь выполнить схему электрическую принципиальную в соответствии с требованиями ГОСТ 2.701–84, 2.702–75, 2.710–81. Работа выполняется на формате А3 чертежной бумаги.

Схема – это графический конструкторский документ, выполненный без соблюдения масштаба, на котором показаны в виде условных графических изображений и обозначений составные части устройства и связи между ними. При этом действительное пространственное расположение элементов не учитывается, либо учитывается лишь приблизительно. Под элементом понимают составную часть схемы, имеющую самостоятельное значение и выполняющую определенную функцию.

ГОСТ 2.701–84 устанавливает виды и типы схем (табл. 1), их обозначение и общие требования к выполнению схем.

Таблица 1

Виды схем (элементы)		Типы схем (назначение)	
Электрические	– Э	Структурные	– 1
Гидравлические	– Г	Функциональные	– 2
Пневматические	– П	Принципиальные	– 3
Кинематические	– К	Соединений	– 4
Оптические	– Л	Подключения	– 5
Вакуумные	– В	Общие	– 6
Автоматизации	– А	Расположения	– 7
Энергетические	– Р	Объединенные	– 8
Комбинированные	– С		
Деления	– Е		

Код схемы состоит из обозначений вида и типа. Например, код схемы электрической принципиальной – ЭЗ.

При проектировании схемы необходимо преобразовать исходную схему-задание к виду, позволяющему выполнять печатный монтаж односторонним. Для этого схема должна содержать минимальное число узлов и изломов линий связи и не содержать их пересечения. Кроме этого, все выводы линий связи от заданной схемы к внешним устройствам необходимо расположить на одной стороне (выводы 1...4, рис. 3.1, б).

На рис. 3.1 приведен пример преобразования схемы.

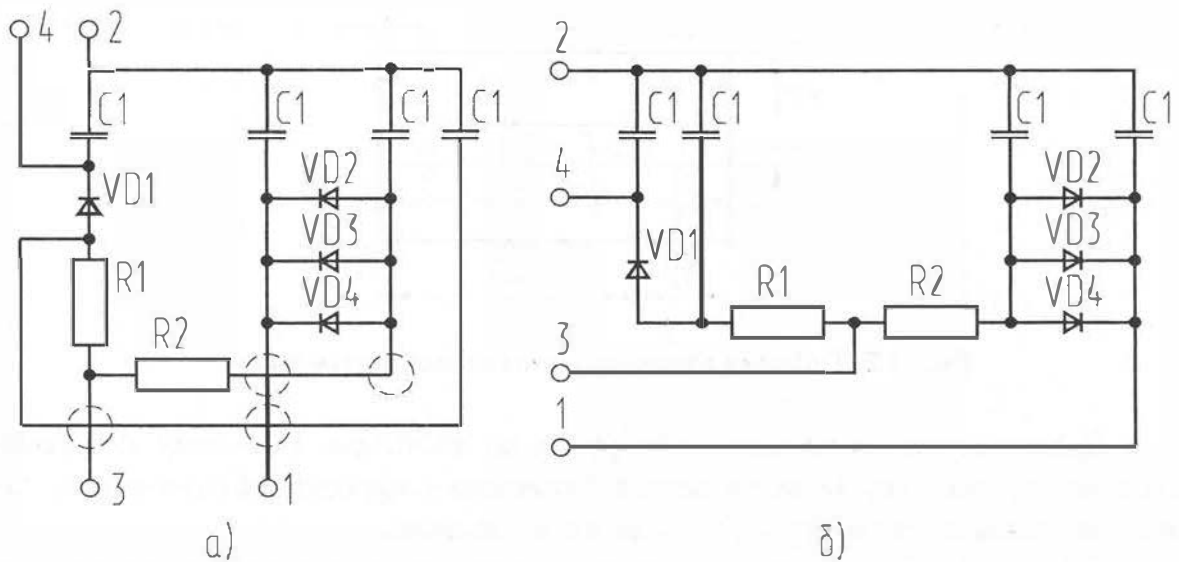


Рис. 3.1. Преобразование принципиальной электрической схемы:

а – схема-задание (отмечены пересечения проводников и изломы); *б* – приведенная схема

Общие требования по оформлению электрических схем регламентирует ГОСТ 2.702–75. Схемы вычерчивают сплошной основной линией – как элементы, так и линии связи. Графическое изображение элементов на схеме должно соответствовать стандартному, оно может быть также повернуто на угол, кратный 90°, или иметь зеркальное отображение. Схема вычерчивается для элементов, находящихся в отключенном состоянии. Расстояние между соседними элементами и линиями связи должно быть не менее 3 мм. Элементы на схеме необходимо располагать так, чтобы было наименьшее количество пересечений и изломов линий связи. Электрическое соединение линий связи (узел) обозначается точкой.

Согласно ГОСТ 2.710–81 каждый элемент принципиальной электрической схемы должен иметь буквенно-цифровое позиционное обозначение, которое выполняется шрифтом 5 и располагается над элементом или справа от него. Порядок нумерации: элементы перечисляются сверху вниз, дискретно двигаясь слева направо.

В буквенном обозначении используются прописные буквы латинского алфавита. В обозначении могут быть одна или две буквы. Первая буква обязательная – обозначает группу элементов разбитых по видам, а вторая уточняет вид элемента. Все буквенные коды элементов приведены в приложении 1.

Характеристики входных и выходных параметров цепей изделия рекомендуется записывать в таблицы (рис. 3.2) взамен условных графических обозначений входных и выходных элементов – разъемов (соединителей), гнезд, клемм и т.д. В таблице единицы измерений, представляющие имена собственные, должны быть записаны прописной буквой. Например, 1 А, 220 В, 50 Hz и т.д. Таблица имеет следующие размеры:

X1	
Конт.	Цепь
1	$\Delta f = 0,3...3 \text{ кГц}$
2	$U_{\text{вых}} = -6 \text{ В}$
3	0
15	40

Рис. 3.2. Таблица входных и выходных параметров

Допускается зеркальное отображение таблицы. Каждому соединительному устройству присваивается буквенно-цифровое обозначение, которое записывается над графой «контакт» таблицы.

Следует добавить, что при изображении на схеме реле позиционное обозначение присваивается каждой его составной части (рис. 3.5).

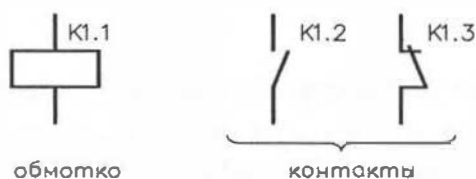


Рис. 3.3. Схема реле

Все элементы схемы должны быть записаны в таблицу перечня (рис. 3.4).

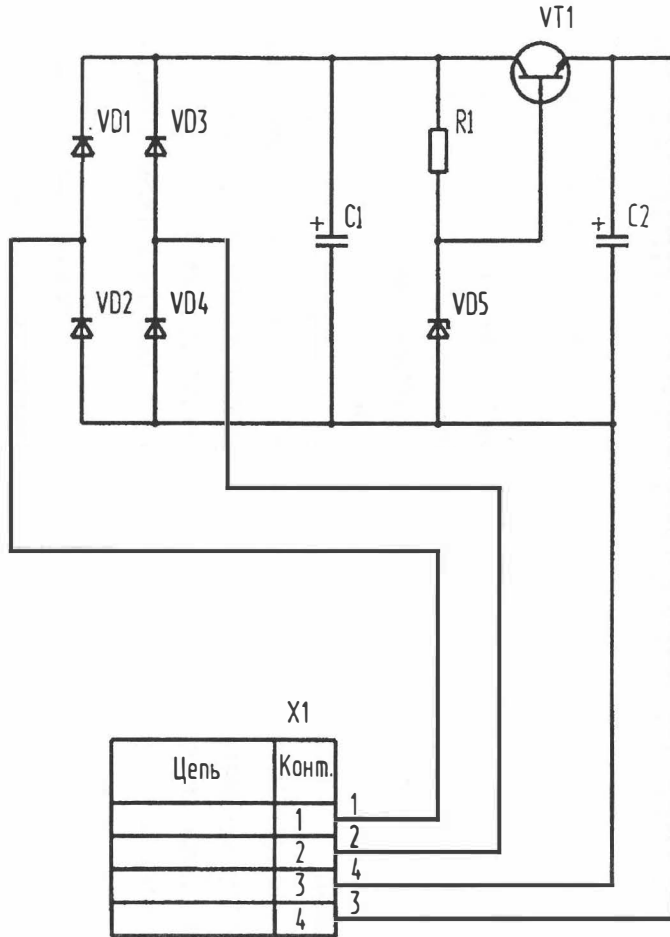
185			
Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
	Резисторы МЛТ ГОСТ 7113-77		
R1,R2	МЛТ 0,5 - 200 Ом $\pm 10\%$	2	
R3...R6	МЛТ 0,25 - 1,2 кОм $\pm 10\%$	4	
20	110	10	

Рис. 3.4. Таблица перечня элементов

Таблицу перечня элементов размещают на первом листе схемы над основной надписью на расстоянии не менее 12 мм от верхней границы листа. Таблицу можно выполнять на отдельных листах формата А4 с основной надписью по форме 2а. В этом случае шифр перечня элементов состоит из буквы П и шифра схемы, например ПЭЗ.

Таблица перечня заполняется сверху вниз в алфавитном порядке буквенно-позиционных обозначений (С, F, H, R ...) элементов. Если в схеме имеются одинаковые элементы с разными номинальными данными, то эти элементы объединяются в группы, которым дается соответствующее наименование («Конденсаторы», рис. 3.5). В пределах группы элементы рас-

МИФТ.435167.007 ЭЗ



Цепь	Конт.	X1
	1	1
	2	2
	3	4
	4	3

Поз. обозн.	Наименование	Кол.	Примечание
	Конденсаторы ОЖО.464.031ТУ		
C1	К50-6-15В-200мкФ	1	
C2	К50-6-10 В-100мкФ	1	
R1	Резистор МЛТ-1-20 Ом ГОСТ 7113-77	1	
	Полупроводниковые приборы		
VD1...VD4	Диод Д226 ТР3.368.045ТУ	4	
VD5	Стабилитрон КС156А СМ.362.812ТУ	1	
VT1	Транзистор КТ815 ГОСТ 11630-70	1	
X1	Разъем РП15 ГЕО.364.160ТУ	1	

				МИФТ.435167.007 ЭЗ				
Изм.	Лист	И докум.	Подп.	Дата	Стабилизатор напряжения	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.					Схема электрическая принципиальная	4		
Проб.								
Т. контр.								Лист 1
И. контр.								
Упр.								
						МЭИ ИГ		

Рис. 3.5. Схема электрическая принципиальная

полагают по возрастанию порядковых номеров. Элементы одного типа с одинаковыми параметрами, имеющие по схеме последовательные порядковые номера, допускается записывать в перечень элементов в одну строку (например $R1 \dots R3$).

В графе «Наименование» записывают название элементов, тип и номинальные данные элементов, а также стандарт или технические условия.

При заполнении таблицы между группами элементов и отдельными элементами различных наименований рекомендуется оставлять не менее одной свободной строчки, которые могут быть использованы при модификации схемы. После наименования группы строчку не пропускают.

Если таблица размещается на первом листе схемы над основной надписью и в ней не хватает строк для записи всех элементов, то ее можно продолжить, разместив продолжение слева от основной надписи. При этом заголовок таблицы повторяют.

В графе «Кол.» указывают количество элементов в изделии; в графе «Наименование» – дополнительные данные об элементе.

Пример оформления схемы электрической принципиальной «Стабилизатор напряжения» приведен на рис. 3.5.

4. РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

4.1. Термины и определения

Печатная плата – элемент прибора, выполняющий две функции. Во-первых, печатная плата является основанием для механического крепления элементов схемы и, во-вторых, с ее помощью осуществляется электрическое соединение элементов в соответствии со схемой электрической принципиальной.

На печатной плате устанавливаются навесные элементы: резисторы, конденсаторы, транзисторы, диоды, микросхемы и другие элементы. Полученная сборочная единица называется печатным узлом.

Термины, относящиеся к печатным платам и печатным узлам, определяет ГОСТ 20406—75.

Сущность печатного монтажа заключается в нанесении на изоляционное основание тонких электропроводящих покрытий, выполняющих функции монтажных проводов, и элементов схемы.

Печатные платы в зависимости от сложности схемы могут выполняться односторонними, двусторонними, многослойными. Основные принципы их разработки и оформления будут рассмотрены на примере односторонних плат. Ниже приводятся основные термины, которые будут использованы при изложении материала.

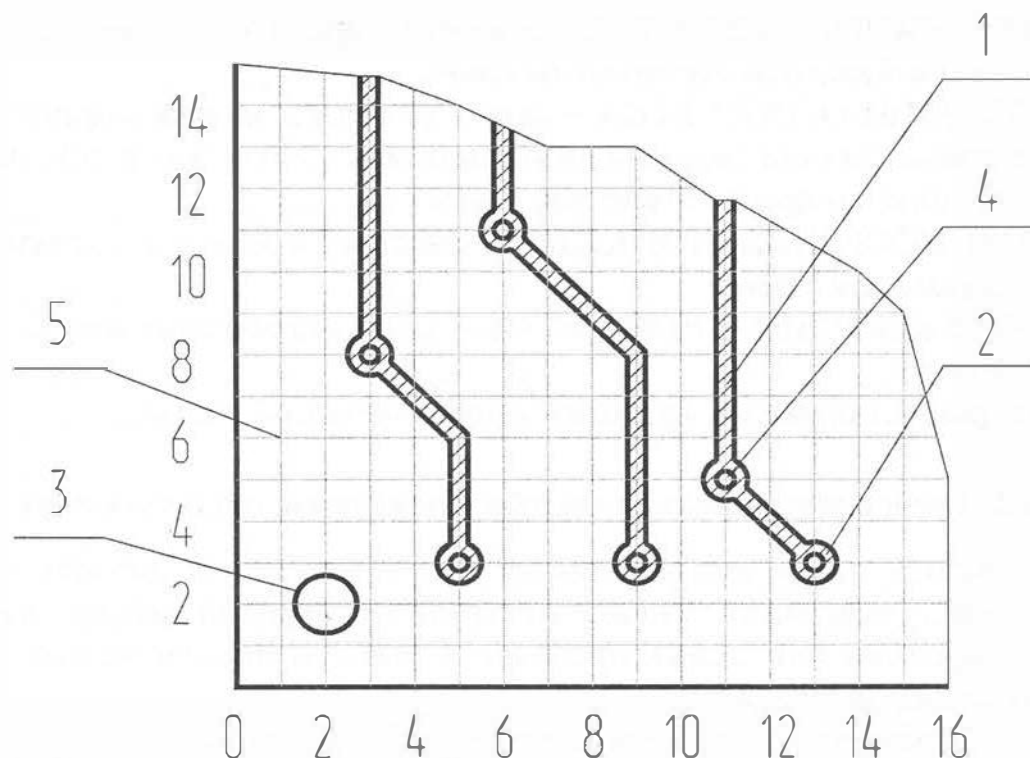


Рис. 4.1. Фрагмент чертежа печатной платы:

1 – печатный проводник; 2 – контактная площадка; 3 – крепежное отверстие (неметаллизированное); 4 – монтажное отверстие; 5 – узел координатной сетки

ПЕЧАТНАЯ ПЛАТА (ПП) – изоляционное основание с нанесенным на нем печатным монтажом.

ПЕЧАТНЫЙ ПРОВОДНИК – участок токопроводящего покрытия, нанесенный на изоляционное основание.

ПЕЧАТНЫЙ МОНТАЖ – система печатных проводников, обеспечивающих электрическое соединение элементов схемы.

ПЕЧАТНЫЙ УЗЕЛ – это печатная плата с присоединенными к ней электрическими и механическими элементами.

НАВЕСНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ – элементы, устанавливаемые на печатной плате и имеющие электрический контакт с печатным монтажом.

ЛИЦЕВАЯ СТОРОНА ПЛАТЫ – сторона платы, на которой устанавливаются навесные элементы, разъемы и т.п.

КОНТАКТНАЯ ПЛОЩАДКА – участок печатного проводника, предназначенный для электрического присоединения объемных проводников и выводов навесных элементов; при наличии монтажных отверстий этот участок окружает отверстия или примыкает к ним.

МЕТАЛЛИЗИРОВАННОЕ ОТВЕРСТИЕ – отверстие в печатной плате, на стенки которого нанесен слой металла.

МОНТАЖНОЕ ОТВЕРСТИЕ – металлизированное или неметаллизированное отверстие, предназначенное для монтажа вывода навесного элемента.

КРЕПЕЖНОЕ ОТВЕРСТИЕ – отверстие, предназначенное для крепления платы в блоке или элементов на плате.

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 линиями координатной сетки.

УЗЕЛ КООРДИНАТНОЙ СЕТКИ – точка пересечения линий координатной сетки.

На рис. 4.1 приведен фрагмент чертежа печатной платы.

4.2. Требования, предъявляемые к чертежам печатных плат

Печатная плата изготавливается путем нанесения (печатания) на изоляционное основание тонких электропроводящих покрытий, выполняющих функции монтажных проводов. Печатный монтаж можно получить несколькими способами:

- осаждением электролитической меди на изоляционное основание; при этом места платы, свободные от проводников, должны быть защищены от покрытия;
- травлением фольгированного изоляционного материала;
- переносом печатных проводников со специальной матрицы на изоляционное основание.

Печатная плата, несмотря на множество операций, необходимых для ее изготовления, является деталью, так как не требует при изготовлении сборочных операций. Поэтому чертеж печатной платы классифицируется как чертеж детали. Он должен содержать все сведения, необходимые для ее изготовления и контроля:

- изображение платы со стороны печатного монтажа;
- размеры, предельные отклонения размеров, шероховатость поверхностей и т.д.;
- необходимые для изготовления платы технические требования;
- сведения о материале.

Чертеж ПП выполняется в натуральную величину или с увеличением в масштабе 2:1; 4:1; 5:1; 10:1.

В процессе разработки ПП определяются конфигурация и габаритные размеры ПП, рациональное размещение навесных элементов на ПП; выполняется трассировка соединений.

Предпочтительной является прямоугольная форма ПП. Размеры каждой стороны ПП должны быть кратны 2,5 при длине до 100 мм; 5 при длине до 350 мм; 20 при длине более 350 мм. Максимальный размер стороны ПП – 470 мм. Соотношение размеров сторон выбирается из ряда 1:1; 1:2; 2:3; 2:5 и не должно быть более 3:1.

Толщина ПП определяется исходя из механических требований, предъявляемых к конструкции ПП, с учетом метода изготовления. Рекомендуется применять ПП толщиной 0,8; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 мм.

Процесс разработки рисунка ПП состоит из размещения навесных элементов и трассировки печатных проводников. Начинается разработка с нанесения координатной сетки. Основной шаг прямоугольной координатной сетки согласно ГОСТ 10317–79 равен 0,5 мм. В технически обоснованных случаях применяются меньшие значения шага, кратные 0,05 мм.

При необходимости можно применять шаги координатной сетки, кратные основным шагам. Предпочтительными являются следующие шаги координатной сетки:

$n \cdot 0,05$ мм, где $n = 5, 10, 15, 20, 25$;

$n \cdot 0,50$ мм, где $n = 1, 2, 5, 6, 10$.

Допускается наносить не все линии координатной сетки; при этом на поле чертежа помещают запись типа: «Линии координатной сетки нанесены через одну».

При размещении навесных элементов необходимо обеспечить минимальную длину электрических связей, по возможности равномерное распределение масс навесных элементов по поверхности платы с установкой элементов с большей массой вблизи мест механического крепления платы.

Навесные элементы следует располагать правильными рядами параллельно один другому на той стороне платы, где отсутствуют печатные проводники.

На рис. 4.2 приведен пример размещения навесных элементов на печатной плате.

Навесные элементы крепятся на плате путем пропускания их выводов в монтажные отверстия с последующей пайкой. В монтажном отверстии не рекомендуется размещать два и более выводов.

Для обеспечения электрического соединения выводов навесных элементов с печатным монтажом предусматриваются контактные площадки, которые чаще всего имеют кольцевую форму. Центр контактной площадки совпадает с центром монтажного отверстия.

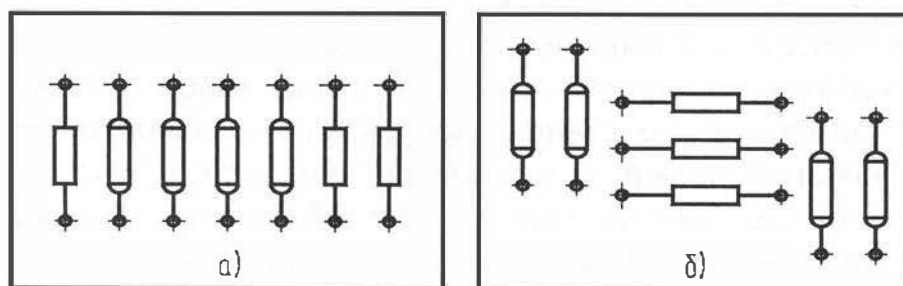


Рис. 4.2. Размещение навесных элементов на печатной плате:
а – рекомендуемое; *б* – допускаемое

Центры всех отверстий на печатной плате располагаются в узлах координатной сетки. Если из-за конструктивных особенностей элемента этого сделать нельзя, то в узле координатной сетки располагают одно отверстие, принятое за основное. Остальные отверстия располагают в соответствии с чертежом на данный элемент по возможности на горизонтальных и вертикальных линиях координатной сетки.

Диаметры отверстий выбираются в зависимости от диаметров выводов навесных элементов (см. прил. 2).

Печатные проводники изображаются в виде отрезков линий, совпадающих с линиями координатной сетки или проходящих под углом кратным 15° к ним. Если проводник имеет вид ломаной линии, то точки перегиба совмещают с узлами координатной сетки. Допускается округление перегибов проводников.

При одинаковом расположении элементов печатные проводники можно расположить различным образом. Прокладка проводников с наименьшим количеством ответвлений является предпочтительной. На рис. 4.3 изображены варианты выполнения печатных проводников.

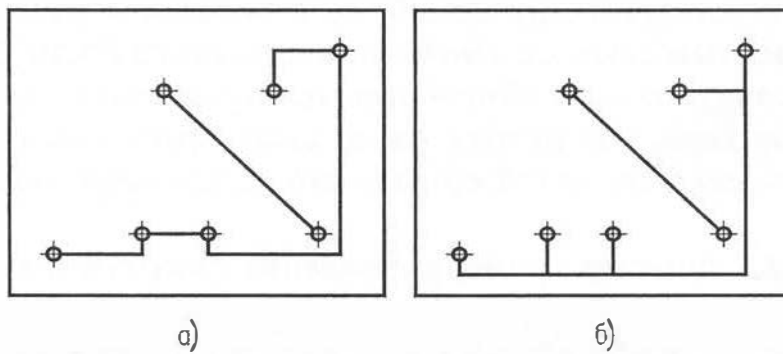


Рис. 4.3. Трассировка печатных проводников:

а – правильная, *б* – допускаемая

Печатные проводники выполняют сплошной толстой основной линией одинаковой ширины на всем их протяжении. Распределение проводников по площади ГПП должно быть равномерным.

Концы печатных проводников, предназначенные для подключения к разъему или переходному элементу для внешнего соединения, рекомендуется располагать с одной стороны ГПП (рис. 4.4).

При изображении проводников, монтажных отверстий и контактных площадок применяют упрощения. Допускается изображать проводники сплошной основной линией, а сведения о ширине проводников помещать в технических требованиях на поле чертежа. Монтажные отверстия с контактными площадками изображаются условно в виде окружности с зачерненным сектором (прил. 2), а на поле чертежа приводится таблица, в которой указывают диаметры отверстий и контактных площадок, соответствующие данному условному изображению. На рис. 4.5 приведена форма таблицы отверстий.

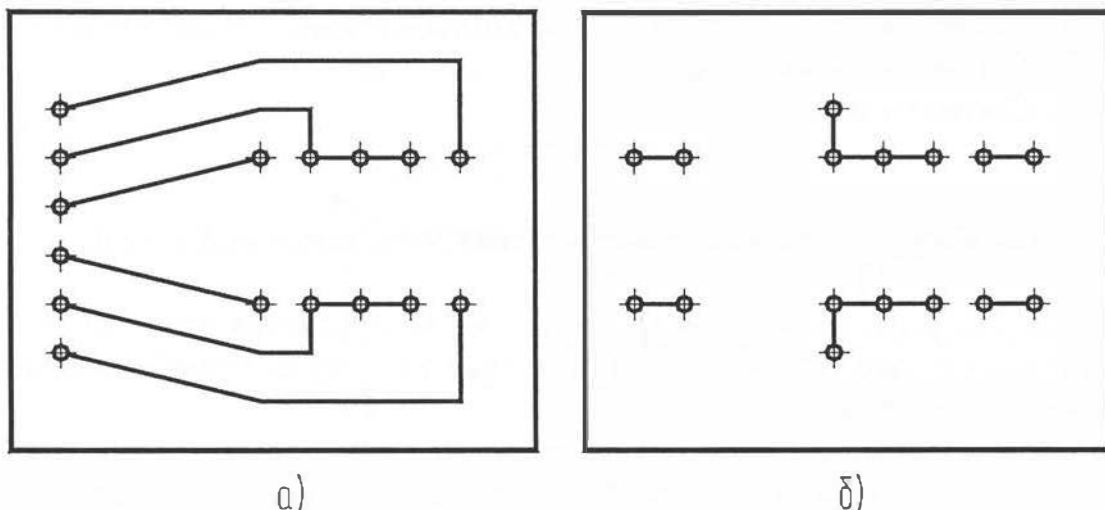


Рис. 4.4. Изображение выводов печатных проводников:
а — правильное, *б* — неправильное

185					
30	30	35	35	35	
Условное обозначение отверстий	Диаметр отверстий, мм	Диаметр зенковок, мм	Диаметр контактных площадок, мм	Наличие металла	Количество

Рис. 4.5. Таблица отверстий

* Зенкование — это способ обработки конических фасок отверстий

Размеры ПП, расположение отверстий, контактных площадок и проводников задаются на чертеже одним из следующих способов:

- а) в соответствии с требованиями ГОСТ 2.307—68 с помощью размерных и выносных линий;
- б) нанесением координатной сетки;
- в) комбинированным способом (при помощи размерных и выносных линий и координатной сетки);
- г) с помощью таблиц.

При нанесении размеров с помощью координатной сетки линии сетки нумеруются. За начало в прямоугольной системе координат на главном виде ПП принимается левый нижний угол платы (см. рис. 4.1).

Над основной надписью чертежа ПП помещают технические требования. Их излагают в следующей последовательности:

1. Метод изготовления ПП.
2. Соответствие платы ГОСТ, ОСТ.
3. Шаг координатной сетки.
4. Конфигурация и размеры проводников.
5. Конфигурация и размеры контактных площадок.

6. Сведения о расположении проводников и контактных площадок.
7. Сведения о маркировке.
8. Сведения о покрытии.

4.3. Компоновка навесных элементов на печатной плате

Как уже упоминалось выше, печатная плата является основанием для механического закрепления на ней навесных элементов разрабатываемого электронного устройства.

Все навесные элементы закрепляются на плате при помощи выводов, которые, при необходимости, изгибают, вставляют в монтажные отверстия с зазором между платой и элементом и припаивают (рис. 4.6). Не следует в монтажное отверстие размещать два и более выводов. Навесные элементы с гибкими выводами могут быть размещены на плате различными способами в зависимости от расстояния между отверстиями, предназначенными для выводов элемента. На рис. 4.6 представлены варианты формовки выводов резисторов, конденсаторов, диодов и других элементов с круглыми проволочными выводами.

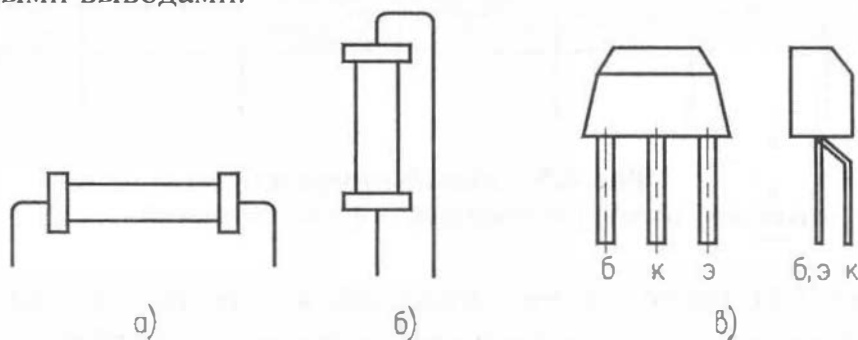


Рис. 4.6. Примеры установки резисторов:

а — горизонтальная установка с большим расстоянием между выводами; *б* — вертикальная установка с близким расстоянием между выводами; *в* — вариант формовки выводов транзисторов

В соответствии с ГОСТ 29137–91 предъявляются следующие требования к формовке выводов и установке изделий электронной техники на печатные платы:

При горизонтальном расположении элемента, расположенном на рис. 4.7 установочный размер l_y рассчитывается по формуле

$$l_y = L + 2 l_0 + 2R + d,$$

где L — максимальная длина корпуса, мм; l_0 — минимальный размер до места изгиба вывода, мм; R — минимальный внутренний радиус изгиба вывода, мм; d — номинальный диаметр вывода элемента, мм.

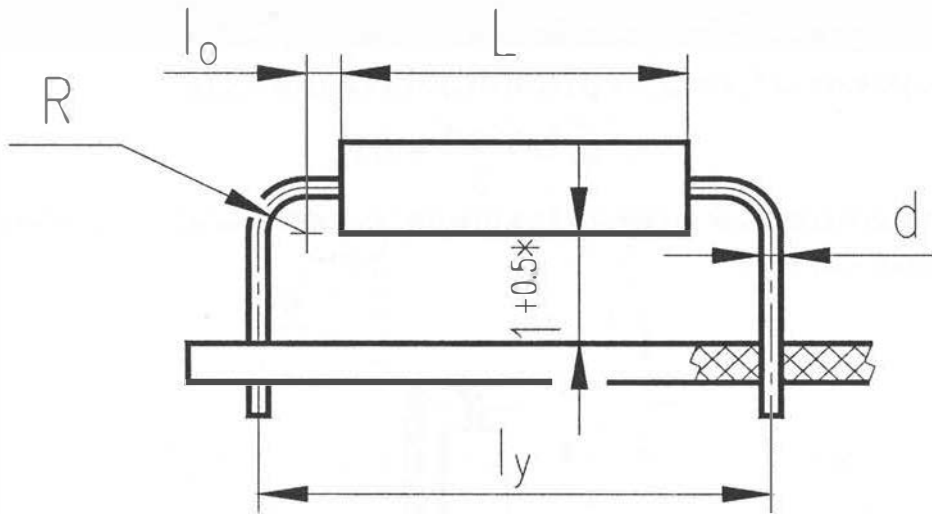


Рис. 4.7. Горизонтальное расположение элемента
 (* для транзисторов – $3^{+0.5}$)

Установочные размеры l_y в зависимости от длины корпуса элемента приведены в табл. 1.

Таблица 1

Размеры, мм

резистора, конденса- тора	Длина корпуса l		Установоч- ный размер l_y при шаге сет- ки 2.5 мм
	полупроводникового прибора	дресселя	
До 6,0 вкл.	До 3,0 вкл.	–	10,0
Св. 6,0 до 8,5 вкл.	Св. 3,0 до 4,0 вкл.	–	12,5
» 8,5 » 11,0 »	» 4,0 » 6,5 »	–	15,0
» 11,0 » 13,5 »	» 6,5 » 9,0 »	–	17,5
» 13,5 » 16,0 »	» 9,0 » 11,5 »	До 10,0 вкл.	20,0
» 16,0 » 18,5 »	» 11,5 » 14,0 »	Св. 10,0 до 12,5 вкл.	22,5
» 18,5 » 21,0 »	» 14,0 » 16,5 »	» 12,5 » 15,0 »	25,0
» 21,0 » 23,5 »	» 16,5 » 19,0 »	» 15,0 » 17,5 »	27,5
» 23,5 » 26,0 »	» 19,0 » 21,5 »	» 17,5 » 20,0 »	30,0
» 26,0 » 28,5 »	» 21,5 » 24,0 »	» 20,0 » 22,5 »	32,5
» 28,5 » 31,0 »	» 24,0 » 26,5 »	» 22,5 » 25,0 »	35,0
» 31,0 » 33,5 »	» 26,5 » 29,0 »	» 25,0 » 27,5 »	37,5
» 33,5 » 36,0 »	» 29,0 » 31,5 »	» 27,5 » 30,0 »	40,0
» 36,0 » 38,5 »	» 31,5 » 34,0 »	» 30,0 » 32,5 »	42,5
» 38,5 » 41,0 »	» 34,0 » 36,5 »	» 32,5 » 35,0 »	45,0
» 41,0 » 43,5 »	» 36,5 » 39,0 »	» 35,0 » 37,5 »	47,5
» 43,5 » 46,0 »	» 39,0 » 41,5 »	» 37,5 » 40,0 »	50,0
» 46,0 » 48,5 »	» 41,5 » 44,0 »	» 40,0 » 42,5 »	52,5
» 48,5 » 51,0 »	» 44,0 » 46,5 »	» 42,5 » 45,0 »	55,0
» 51,0 » 53,5 »	» 46,5 » 49,0 »	» 45,0 » 47,5 »	57,5
» 53,5 » 56,0 »	» 49,0 » 51,5 »	» 47,5 » 50,0 »	60,0

При вертикальном расположении (см. рис. 4.8) минимальные установочные размеры l_y следует рассчитывать по формуле:

$$l_y = \frac{D+d}{2} + 0,5,$$

где D – максимальный диаметр (толщина) корпуса, мм; d – максимальный диаметр вывода, мм.

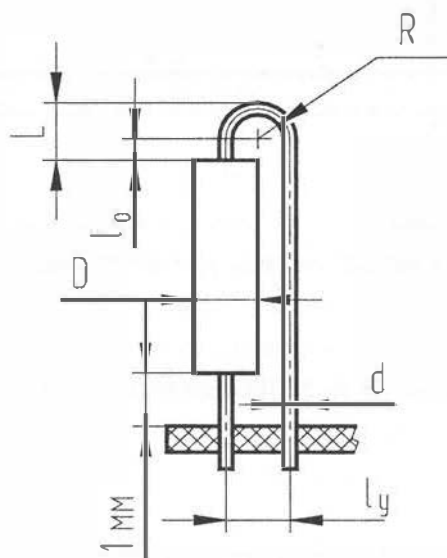


Рис. 4.8. Вертикальное расположение элемента

$$l = l_0 + R + \frac{d}{2},$$

где l_0 – минимальный размер до места изгиба вывода, мм; R – минимальный внутренний радиус изгиба вывода, мм; d – номинальный диаметр вывода ЭУ, мм.

Установочные размеры l_y в зависимости от диаметра (толщины корпуса) приведены в табл. 2.

Таблица 2

Диаметр (толщина) корпуса D	Установочный размер, l_y	Формовочный размер l_k		
		резистора, конденсатора	полупроводникового прибора	дрроселя
До 3,0 вкл.	2,50			
Св. 3,0 до 5,5 вкл.	3,75			
» 5,5 » 8,0 »	5,00			
» 8,0 » 10,5 »	6,25	2,0	4,0	5,0
» 10,5 » 13,0 »	7,50			
» 13,0 » 15,5 »	8,75			
» 15,5 » 18,0 »	10,00			

Электролитические конденсаторы К-50-6 устанавливают, как показано на рис. 4.9.

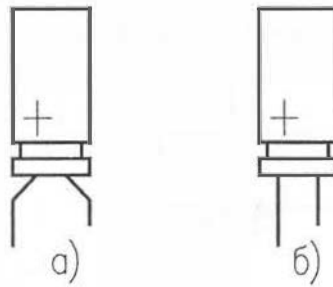


Рис. 4.9. Установка электролитического конденсатора

Поскольку электролитические конденсаторы работают лишь при однополярном напряжении, то при их установке на плату необходимо учитывать полярность (знак плюс на корпусе конденсатора).

Установка транзисторов может осуществляться различными способами (рис. 4.10).

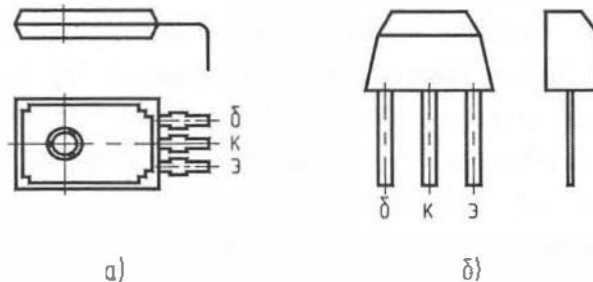


Рис. 4.10. Установка транзисторов:
а – с наклоном на 90°; б – без наклона

Навесные элементы соединяют с платой при помощи пайки. При пайке детали соединяют специальный материал – припой, который заполняет зазор между выводом и монтажным отверстием (рис. 4.11).

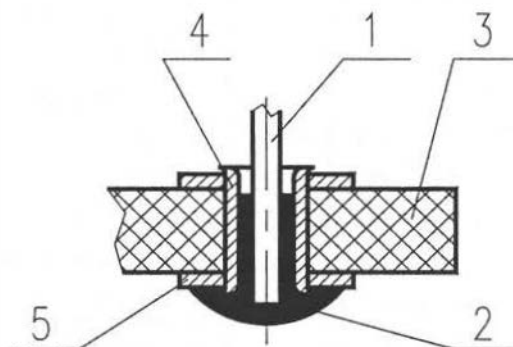


Рис. 4.11. Паяное соединение:
1 – вывод элемента; 2 – припой; 3 – плата; 4 – металлизированное отверстие; 5 – контактная площадка

Паяные соединения изображают и обозначают в соответствии с ГОСТ 2.313–82. Паяное соединение изображают линией толщиной $2S$, где S – толщина сплошной основной линии, и обозначают линией-выноской со стрелкой и знаком пайки в виде полудуги (рис. 4.12).

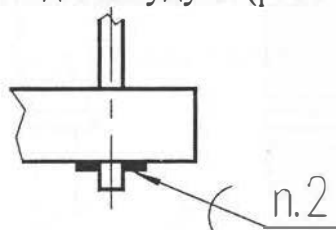


Рис. 4.12. Обозначение паяного соединения

Если пайка производится по периметру какого-либо контура, то линия-выноска заканчивается окружностью диаметром 3-4 мм, от которой проводят полочку. На полке указывают номер пункта технических требований, в котором указана марка припоя.

4.4. Создание теоретического чертежа

Теоретический чертеж – это конструкторский документ, определяющий форму изделия и координаты составных частей. Он создает возможность разработки чертежа печатной платы в соответствии с разработанной принципиальной электрической схемой устройства.

Теоретический чертеж выполняется на миллиметровой бумаге формата А3 и должен включать в себя следующие данные:

- рисунок заданной печатной платы в масштабе 2:1;
- таблицу перечня элементов;
- рисунок размещения элементов на плате;
- рисунок печатного монтажа.

Примерная компоновка теоретического чертежа приведена на рис. 4.13.

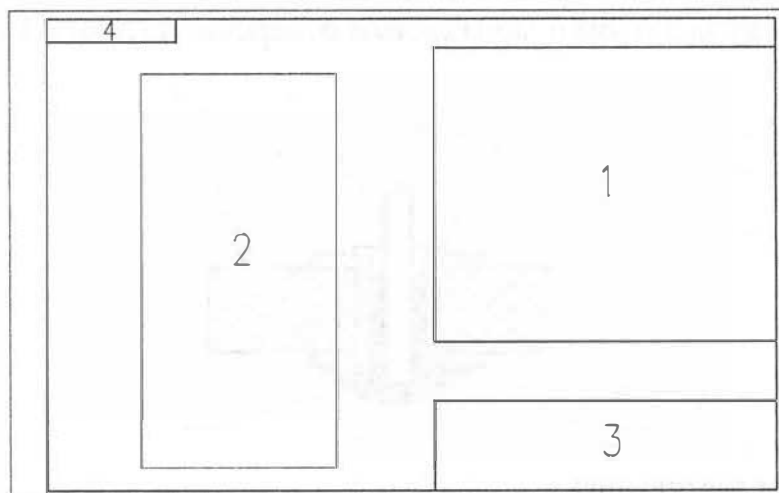


Рис. 4.13. Компоновка теоретического чертежа

1 – таблица элементов; 2 – план размещения элементов на плате и рисунок печатного монтажа; 3 – основная надпись; 4 – дополнительная графа

Разработка печатной платы состоит из двух этапов: размещение навесных элементов и трассировка печатных проводников.

В настоящей работе предлагается разработать одностороннюю печатную плату. В этом случае навесные элементы располагаются на лицевой стороне платы, где нет печатных проводников.

Компоновку элементов на печатной плате выполняют в соответствии с приведенной принципиальной электрической схемой (см. рис. 3.1, б).

Таблица элементов содержит сведения, необходимые для вычерчивания элементов, размещения их на плане, для подготовки отверстий в плате и выполнения спецификации. Размеры таблицы приведены на рис. 4.14.

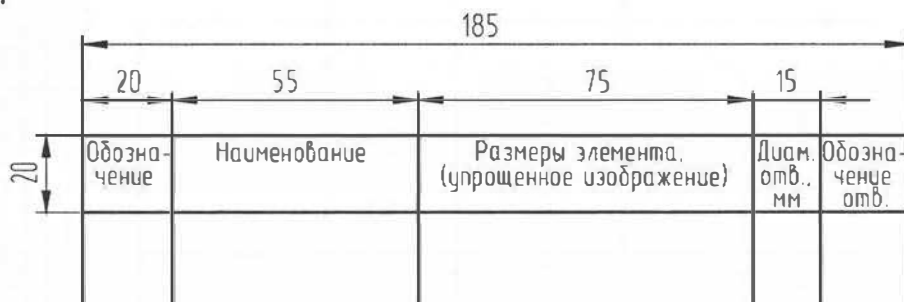


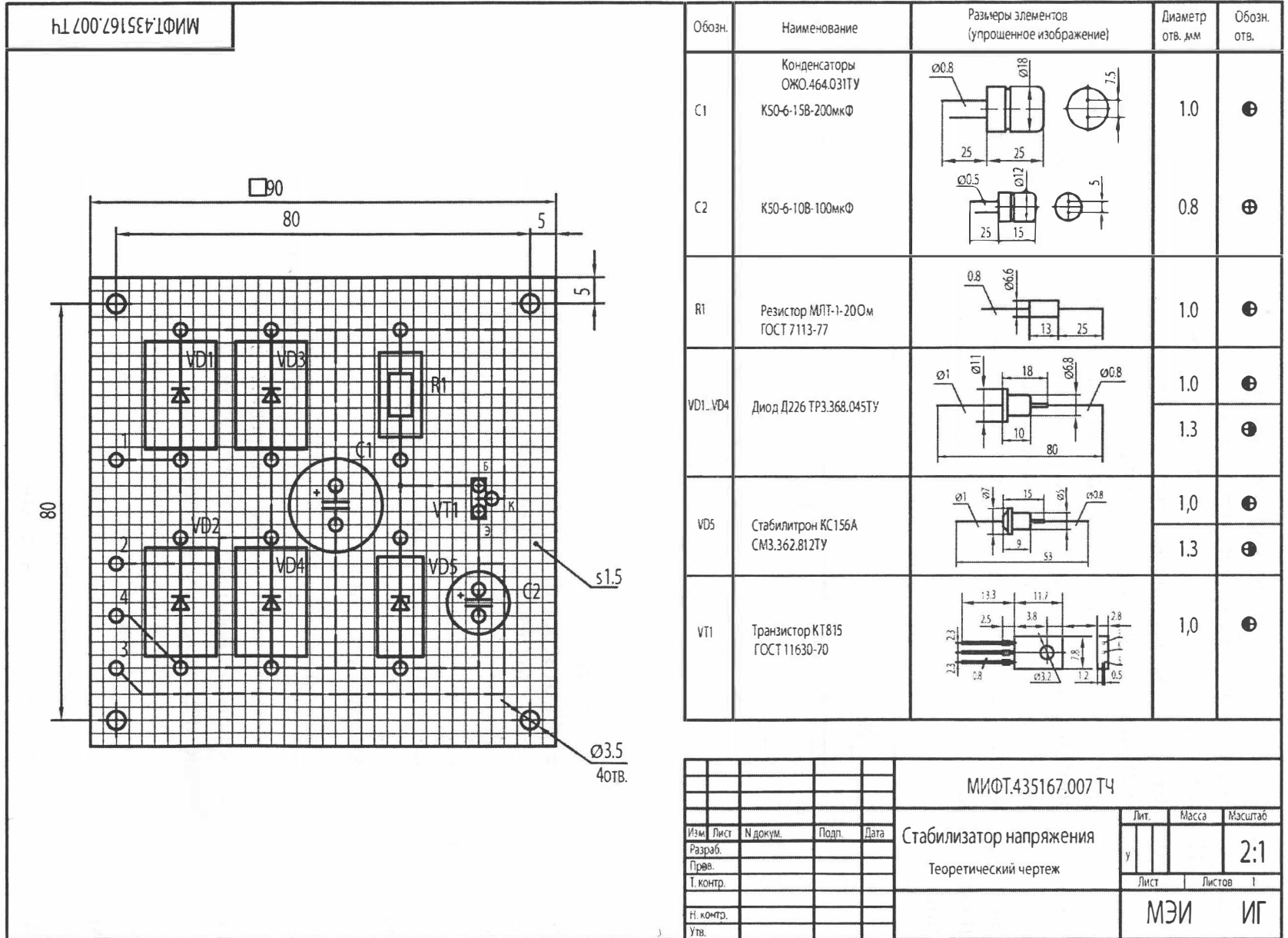
Рис. 4.14. Таблица элементов

Размеры элементов и их упрощенные изображения приведены в прил. 1. Диаметры отверстий в плате зависят от размеров выводов элементов и выбираются по прил. 2. Там же приведены диаметры контактных площадок и графические обозначения отверстий различных диаметров.

Навесные элементы располагаются на лицевой стороне печатной платы. Для планировки размещения навесных элементов на теоретическом чертеже на миллиметровой бумаге вычерчивается прямоугольник, равный заданному размеру печатной платы в масштабе 2:1. Шаг координатной сетки принимается равным 2,5 мм. Таким образом, утолщенные линии миллиметровой бумаги совпадут с линиями координатной сетки. На рисунке выполняются 4 крепежных отверстия диаметром 3,5 мм (по заданию). На оставшемся свободном поле внутри прямоугольника размещаются упрощенные изображения навесных элементов в соответствии с приведенной схемой и учетом их габаритных размеров по таблице элементов. Центры крепежных и монтажных отверстий для выводов навесных элементов должны располагаться в узлах координатной сетки.

Рисунок печатного монтажа (линия электрической связи в соответствии с приведенной схемой) выполняются штриховыми линиями, так как печатный монтаж является невидимым со стороны размещения навесных элементов. Линии печатного монтажа должны совпадать с линиями координатной сетки или располагаться под углом кратным 15° к ним. В случае необходимости и возможности допускается линии связи проводить между

Рис. 4.15. Теоретический чертёж



МИФТ.435167.007 ТЧ

Стабилизатор напряжения
Теоретический чертёж

Лит.	Масса	Масштаб
у		2:1
Лист	Листов	1
МЭИ	ИГ	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.				
Пров.				
Т. контр.				
Н. контр.				
Утв.				

выводами элемента со стороны печатного монтажа. На чертеже указываются габаритные размеры платы, установочные размеры, диаметры крепежных отверстий. Пример оформления теоретического чертежа печатной платы приведен на рис. 4.15.

5. ВЫПОЛНЕНИЕ ЧЕРТЕЖА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

Чертеж печатной платы выполняется в соответствии с требованиями ГОСТ 2.119–68 и ГОСТ 2.417–78. Чертеж печатной платы включает собственно чертеж платы, таблицу отверстий, технические требования и основную надпись.

Плата изображается со стороны печатного монтажа в масштабе 2:1. На контур платы наносится координатная сетка с шагом 2,5 мм (с учетом масштаба). Линии координатной сетки должны быть пронумерованы, начиная с левого нижнего угла. Нумерация производится подряд или через определенные интервалы. На координатную сетку наносятся крепежные и монтажные отверстия согласно теоретическому чертежу. Необходимо обратить внимание, что изображение печатной платы является зеркальным относительно изображения ее на теоретическом чертеже. Крепежные отверстия и контактные площадки вычерчиваются в соответствии с масштабом изображения, а монтажные условно, диаметром 3 мм. Монтажные отверстия обозначаются графически в соответствии с прил. 2. Далее наносится система печатных проводников. В свободных местах ширина проводников должна быть не менее 1 мм, в узких местах – 0,3 мм. Расстояние между проводниками в свободных местах 1, в узких – 0,6 мм.

Каждому элементу должно быть присвоено буквенно-цифровое обозначение в соответствии с приведенной схемой. Маркировка наносится между выводами элемента. Вблизи монтажных отверстий полупроводниковых приборов указываются условные обозначения их выводов (К, Э, Б – для транзистора и др.). Все надписи выполняют прямым шрифтом 5.

Важным вопросом надежной работы аппаратуры с полупроводниковыми приборами является эффективная отдача ими тепла в окружающее пространство. Диоды, транзисторы и тиристоры большой мощности должны устанавливаться на теплоотводящих радиаторах – металлических пластинах или конструкциях иной формы, способствующих отдаче тепла в окружающую среду. Площадь радиатора определяется в результате теплового расчета. Простейшим радиатором может служить плоская пластина П-образной формы (рис. 5.1).

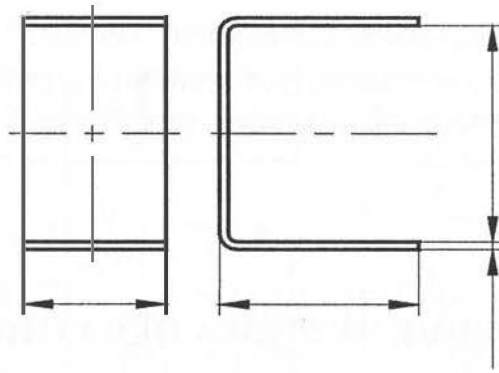


Рис. 5.1. Чертеж П-образной пластины

На чертеже печатной платы приводятся следующие размеры: габаритные, установочные, присоединительные (диаметры крепежных отверстий). Толщина печатной платы равна 1,5 мм.

Таблица отверстий заполняется на основании таблицы элементов теоретического чертежа. Размеры таблицы отверстий приведены на рис. 4.5.

На чертеже ПП должны быть приведены технические требования, выполнена основная надпись. Основная надпись выполняется согласно ГОСТ 2.104—68.

Платы изготавливают из фольгированного стеклотекстолита марки СФ-1 по ГОСТ 10316–70. Сведения о материале записывают в соответствующую графу основной надписи.

Пример выполнения чертежа печатной платы «Стабилизатор напряжения» приведен на рис. 5.2.

6. СПЕЦИФИКАЦИЯ

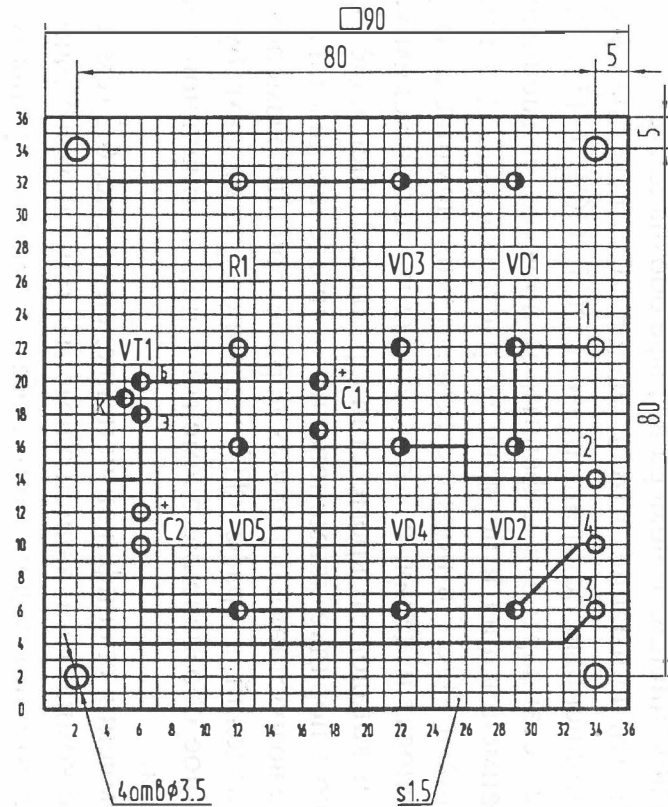
Спецификация – это основной текстовый конструкторский документ, содержащий перечень составных частей изделия, а также конструкторских документов, относящихся к этому изделию.

Спецификация выполняется в соответствии с требованиями ГОСТ 2.108–68 и оформляется в виде таблицы по форме, представленной на рис. 6.1.

В общем виде спецификация содержит разделы, записываемые в следующей последовательности: «Документация», «Комплексы», «Сборочные единицы», «Детали», «Стандартные изделия», «Прочие изделия», «Материалы», «Комплекты».

Наличие тех или иных разделов определяется составом сборочной единицы. Наименование каждого раздела указывают в виде заголовка в графе «Наименование» и подчеркивают. В раздел «Документация» записывают сборочный чертеж специфицируемого изделия СБ, теоретический чертеж ТЧ, схему электрическую принципиальную ЭЗ, а также документы, относящиеся к данному изделию, например, паспорт, технические условия и т.п.

МИФ.758715.007



Условное обозначение отверстия	Диаметр отверстий, мм	Диаметр зенковок, мм	Диаметр контактных площадок, мм	Наличие металлизации отверстий	Кол-во отв.
⊕	0.8	Нет	2.2	Нет	12
⊙	1.0	Нет	2.5	Нет	6
⊖	1.3	Нет	3.0	Нет	5

- 1.*Размер для справок.
- 2.Плата должна соответствовать ГОСТ 23752-79.
- 3.Шаг координатной сетки 2.5мм.
- 4.Конфигурацию проводников выдерживать по координатной сетке.
- 5.Проводники, условно обозначенные сплошными линиями, выполнять шириной $1,5 \pm 0,3$ мм.
- 6.Маркировку выполнять травлением шрифтом 2,5 по ГОСТ 2.304-81.
- 7.Проводники покрыть сплавом "Розе".

Рис. 5.2. Чертеж печатной платы

				МИФ.758715.007				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Плата печатная	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.						4		2:1
Проб.						Лист	Листов	1
Т. копира.								
Н. копира.					Стеклотекстолит			
Утв.					СФ-1-1,5 ГОСТ 10316-78	МЭИ		ИГ

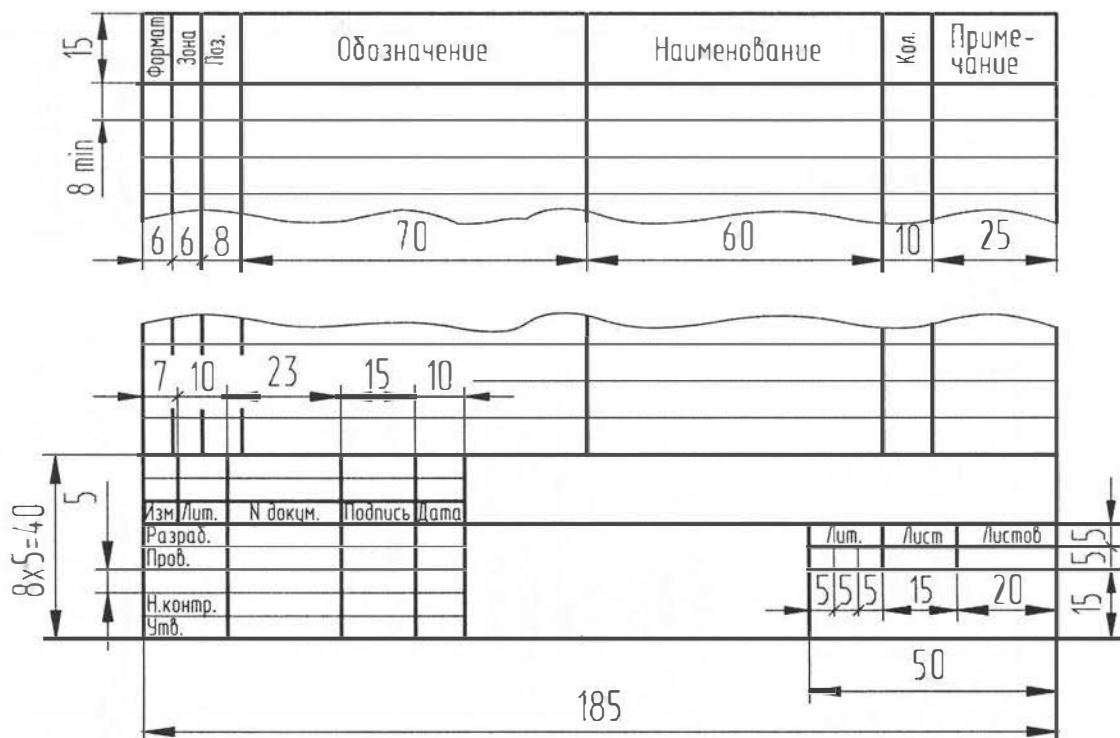


Рис. 6.1. Форма спецификации

Раздел «Сборочные единицы» и «Детали» записывают в порядке возрастания классификационного номера в графе обозначение.

Следует обратить внимание, что в раздел «Стандартные изделия» вносят изделия, выполненные по стандартам (ГОСТ, ОСТ, СТП). Записывают их по группам стандартов в алфавитном порядке наименований; в пределах одного наименования в порядке возрастания ГОСТ; в пределах одного наименования и ГОСТ в порядке возрастания номинала. В раздел «Прочие изделия» вносят изделия, изготовленные по техническим условиям, прейскурантам и каталогам, кроме стандартных. Запись изделий производят в алфавитном порядке наименований, в пределах каждого наименования – в порядке возрастания основных параметров или размеров.

При записи изделий в графе «Примечание» указывают буквенно-цифровое позиционное обозначение элемента в принципиальной электрической схеме задания.

Пример оформления спецификации приведен на рис. 6.2 (см. с. 29).

В целях более компактной записи элементы одинакового наименования, изготовленные по одному документу, объединяют в группы (см. рис. 6.2, поз. 4, 5).

Номера позиций составных частей должны иметь сквозную нумерацию.

7. СБОРОЧНЫЙ ЧЕРТЕЖ

Печатная плата вместе с припаянными к ней электрическими элементами (печатный узел) представляет собой сборочную единицу. Для изготовления и контроля такого изделия необходима разработка конструкторского документа «Сборочный чертеж».

Форм. Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечан.
			<u>Документация</u>		
А3		МИФТ.435167.107 СБ	Сборочный чертеж		
А3		МИФТ.435167.007 ТЧ	Теоретический чертеж		
А3		МИФТ.435167.007 ЗЗ	Схема электрическая принципиальная		
			<u>Детали</u>		
А3	1	МИФТ.758715.007	Плата печатная	1	
			<u>Стандартные изделия</u>		
	2		Резистор ММ1-1-20 Ом-10% ГОСТ 7113-77	1	R1
	3		Транзистор КТ815 ГОСТ 11630-70	1	V11
			<u>Прочие изделия</u>		
	4		Диод Д226 ТР3.368.045ТУ Конденсаторы ОЖО.466.107ТУ	4	VD1...VD4
	5		КСО-6-10В-100мкФ	1	C2
	6		КСО-6-15В-200мкФ	1	C1
	7		Стабилитрон КС156А СМЗ.362.812 ТУ	1	VDS
МИФТ.435167.107					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.					
Проб.					
Н.контр.					
Утв.					
			Стабилизатор напряжения		
			Лит.	Лист	Листов
			МЭИ	ИГ	1

Рис. 6.2. Спецификация

Сборочный чертеж печатного узла выполняется в соответствии с требованиями ГОСТ 2.109–68 и содержит все сведения, необходимые для разработки, контроля, изготовления и ремонта печатного узла. Плата на сборочном чертеже изображается со стороны навесных элементов в соответствии с теоретическим чертежом. Кроме главного изображения дается вид слева с навесными элементами. Рисунок печатного монтажа и координатной сетки на изображение платы не наносятся. На сборочном чертеже необходимо указать способ соединения навесных элементов с платой, т.е. пайку. Паяные соединения изображаются в соответствии с требованиями ГОСТ 2.313–82.

На сборочном чертеже указывают габаритные и присоединительные размеры, которые для данного чертежа являются справочными.

Номера позиций сборочных единиц и деталей в соответствии с номерами позиций, указанными в спецификации, наносят на полках линий-выносок, проведенных от каждой составной части печатного узла. Таким образом, номера позиций на чертеже оказываются расположенными вразбивку. Полки должны быть одинаковыми (10 мм) и располагаться строго по вертикали или горизонтали. Линии-выноски не должны пересекаться между собой и с размерными и выносными линиями. Номера составных частей проставляются после разработки спецификации.

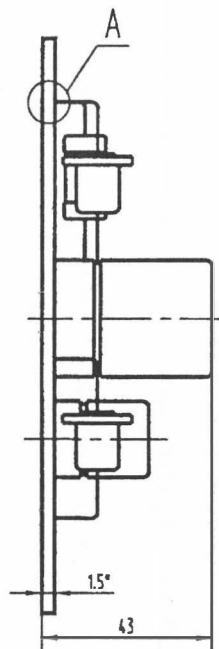
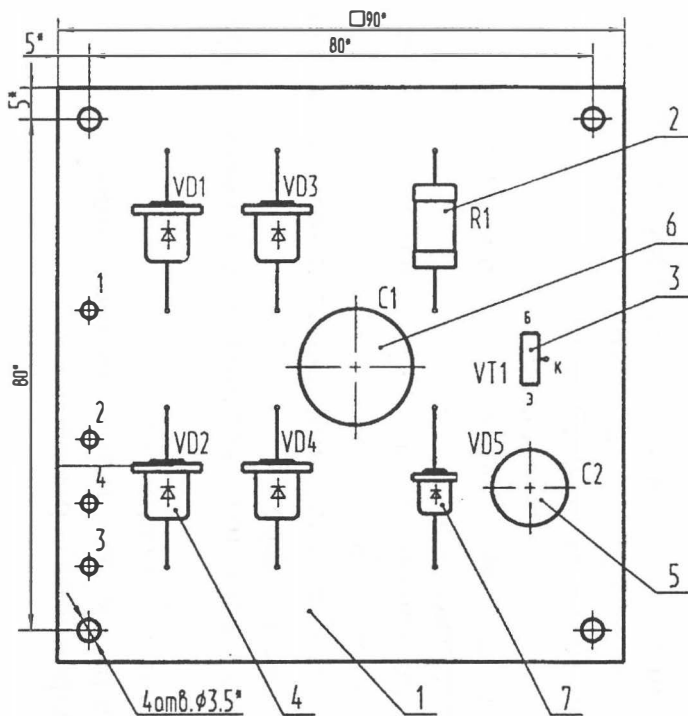
При оформлении сборочного чертежа при наличии одинаковых элементов, расположенных в разных местах, проводят линию-выноску только от одного из них (см. рис. 7.1 поз. 3).

На поле сборочного чертежа должны быть записаны технические требования, в которых отражается технология изготовления изделия, способ соединения навесных элементов с платой, указания о маркировании.

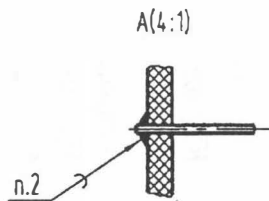
Пример выполнения сборочного чертежа приведен на рис. 7.1.

Технический рисунок разработанного печатного узла «Стабилизатор напряжения» приведен в прил. 4.

МИФТ.435167.107 СБ



- 1.* Размеры для справок.
2. Паять припоем ПОС-61 ГОСТ 21931-76.
3. Электромонтаж выполнять по схеме электрической принципиальной МИФТ.435167.007 Э3.
4. Места расположения маркировки элементов показаны условно. Маркировать шрифтом 2,5 по ГОСТ 2.304-81.
5. Плату после сборки покрыть лаком НЦ-132, бесцветный, ГОСТ 6631-74. Отверстия 1...4 от покрытия лаком предохранить.



				МИФТ.435167.107 СБ				
Изм.	Лист	И док.	Подп.	Дата	Стабилизатор напряжения	Лист	Масса	Масштаб
					Сборочный чертеж	у		2:1
						Лист	Листов	
						МЭИ ИГ		

Рис. 7.1. Сборочный чертеж

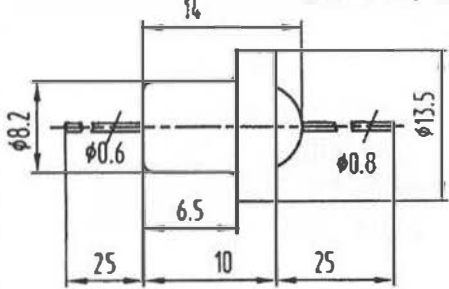
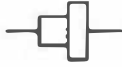
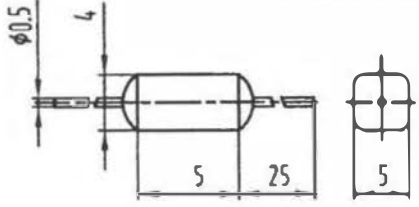

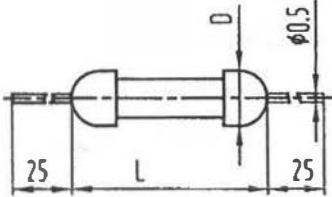

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

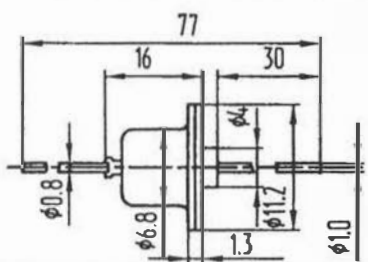

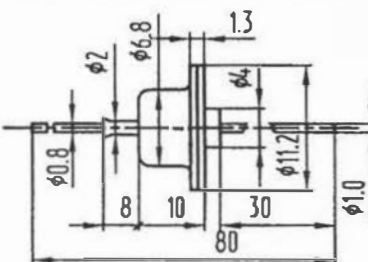

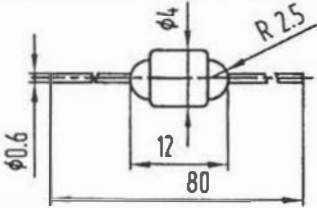

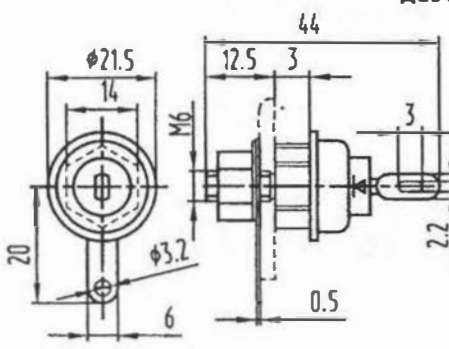
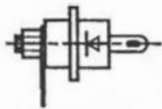
1. Определение схемы.
2. Классификация схем по видам.
3. Классификация схем по типам.
4. Определение схемы электрической принципиальной.
5. Состав конструкторского документа «Схема электрическая принципиальная».
6. Какое изделие называется печатной платой, печатным узлом?
7. Где применяются печатные платы?
8. Какая конструкторская документация разрабатывается для выполнения печатных плат?
9. Что такое печатный проводник?
10. Каково назначение печатного монтажа?
11. Каким образом навесные элементы закрепляются на печатной плате?
12. Монтажное отверстие, крепежное отверстие. Их назначение и выполнение.
13. Как закрепляется вывод навесного элемента в отверстии?
14. Можно ли в одно отверстие помещать выводы двух и более навесных элементов?
15. Что такое координатная сетка, шаг, узлы координатной сетки?
16. Как располагаются отверстия для выводов навесных элементов по отношению к узлам координатной сетки?
17. Содержание чертежа печатной платы.
18. Как размещаются навесные элементы на поле печатной платы?
19. Назначение контактной площадки.
20. Какие упрощения допускаются при изображении печатных проводников, контактных площадок?
21. Упрощения при изображении монтажных и крепежных отверстий.
22. Назначение таблицы отверстий.
23. Какие возможные варианты установки навесных элементов на плате?
24. Обозначение паяного соединения.
25. Назначение и порядок заполнения спецификации.
26. Содержание сборочного чертежа.

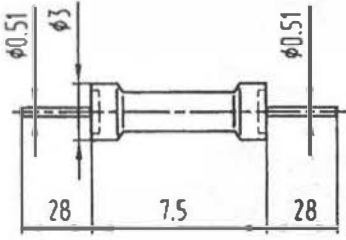

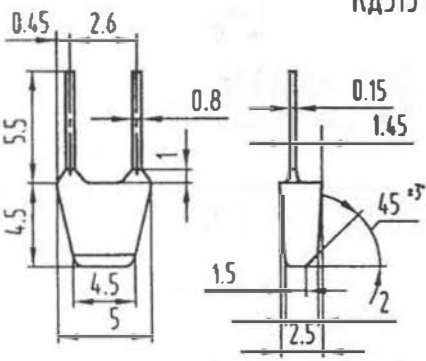

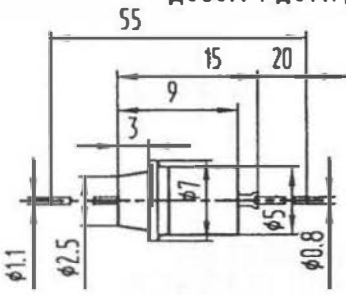
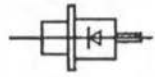
ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1.1

Электротехнические изделия																																																				
Изображение		Упрощенное изображение																																																		
Конденсаторы																																																				
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="width: 30%;"> </div> <div style="width: 30%; text-align: center;"> <p>KM-6N90 ОЖО.460.061ТУ</p> </div> <div style="width: 30%;"> <p>Пример записи конденсатора ёмкостью 0,05 мкФ в КД : Конденсатор KM-6N90-0,05 ОЖО.460.061ТУ</p> </div> </div>																																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Ном. ёмк. мкФ</th> <th colspan="4">Размеры , мм</th> <th rowspan="2">Ном. ёмк. мкФ</th> <th colspan="4">Размеры , мм</th> </tr> <tr> <th>L</th> <th>H</th> <th>B</th> <th>A</th> <th>L</th> <th>H</th> <th>B</th> <th>A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,05</td> <td>7,5</td> <td>7,5</td> <td>6</td> <td>5</td> <td>0,5</td> <td>14</td> <td>14</td> <td>6</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>0,1</td> <td>9,5</td> <td>9,5</td> <td>6</td> <td>7,5</td> <td>1,0</td> <td>14</td> <td>13,5</td> <td>10</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>0,25</td> <td>12</td> <td>12</td> <td>6</td> <td>7,5</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					Ном. ёмк. мкФ	Размеры , мм				Ном. ёмк. мкФ	Размеры , мм				L	H	B	A	L	H	B	A	0,05	7,5	7,5	6	5	0,5	14	14	6	10	0,1	9,5	9,5	6	7,5	1,0	14	13,5	10	10	0,25	12	12	6	7,5					
Ном. ёмк. мкФ	Размеры , мм					Ном. ёмк. мкФ	Размеры , мм																																													
	L	H	B	A	L		H	B	A																																											
0,05	7,5	7,5	6	5	0,5	14	14	6	10																																											
0,1	9,5	9,5	6	7,5	1,0	14	13,5	10	10																																											
0,25	12	12	6	7,5																																																
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="width: 30%;"> </div> <div style="width: 30%; text-align: center;"> <p>K50-6 ОЖО.464.031ТУ</p> </div> <div style="width: 30%;"> <p>Пример записи конденсатора ёмкостью 20 мкФ в КД : Конденсатор K50-6-5B-20 ОЖО.464.031ТУ</p> </div> </div>																																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Номин. ёмк</th> <th rowspan="2">Номин. напр</th> <th colspan="3">Габаритные размеры</th> </tr> <tr> <th>Ø мм</th> <th>L мм</th> <th>A мм</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>B</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>15</td> <td>18</td> <td>16</td> <td>7,5</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>10</td> <td>12</td> <td>15</td> <td>5,0</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>6,3</td> <td>7,5</td> <td>13</td> <td>2,5</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>5</td> <td>7,5</td> <td>13</td> <td>2,5</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>5</td> <td>6,0</td> <td>13</td> <td>2,5</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>13</td> <td>2,0</td> </tr> </tbody> </table>					Номин. ёмк	Номин. напр	Габаритные размеры			Ø мм	L мм	A мм		B				200	15	18	16	7,5	100	10	12	15	5,0	50	6,3	7,5	13	2,5	20	5	7,5	13	2,5	10	5	6,0	13	2,5	5	3	4	13	2,0					
Номин. ёмк	Номин. напр	Габаритные размеры																																																		
		Ø мм	L мм	A мм																																																
	B																																																			
200	15	18	16	7,5																																																
100	10	12	15	5,0																																																
50	6,3	7,5	13	2,5																																																
20	5	7,5	13	2,5																																																
10	5	6,0	13	2,5																																																
5	3	4	13	2,0																																																

Изображение	Упрощенное изображение												
Конденсаторы													
ЭТО-1-70В ОЖО.464.036ТУ													
	 <p>Пример записи кода конденсатора емкостью 15 мкФ в КД: Конденсатор ЭТО-1-70В-15мкФ±20% ОЖО.464.036ТУ</p>												
КЛС-1-А ОЖО.460.020ТУ													
	 <p>Пример записи конденсатора емкостью 47 пФ в КД: Конденсатор КЛС-1-А-М75-47пФ±10% ОЖО.460.020ТУ</p>												
Резисторы													
МЛТ-0.5 ГОСТ 7113-77													
	 <p>Пример записи резистора мощности рассеяния 0.5Вт, сопротивлением 20 кОм; Резистор МЛТ-0,5-20кОм ±10% ГОСТ 7113-77</p>												
<table border="1" data-bbox="509 1539 1041 1725"> <thead> <tr> <th>ТИП</th> <th>D мм</th> <th>L мм</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>МЛТ-1</td> <td>6,6</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>МЛТ-0,5</td> <td>4,2</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>МЛТ-0,25</td> <td>3</td> <td>7</td> </tr> </tbody> </table>		ТИП	D мм	L мм	МЛТ-1	6,6	13	МЛТ-0,5	4,2	11	МЛТ-0,25	3	7
ТИП	D мм	L мм											
МЛТ-1	6,6	13											
МЛТ-0,5	4,2	11											
МЛТ-0,25	3	7											

Изображение	Упрощенное изображение
Диоды	
	<p data-bbox="666 476 958 519">D206 -D211TP3.362.012TY</p>  <p data-bbox="786 622 1033 709">Пример записи в КД : Диод D206TP3.362.012TY</p>
	<p data-bbox="666 764 1055 808">D226, D226A, D226ETP3.368.045TY</p>  <p data-bbox="786 906 1041 993">Пример записи в КД : Диод D226TP3.368.045TY</p>
	<p data-bbox="669 1048 1011 1092">D223A, D223B ГОСТ 14343-72</p>  <p data-bbox="793 1201 1077 1288">Пример записи в КД : Диод D223A ГОСТ 14343-72</p>
	<p data-bbox="677 1321 997 1365">D231-D234B ГОСТ 14343-72</p>  <p data-bbox="793 1616 1062 1703">Пример записи в КД : Диод D231 ГОСТ 14343-72</p>

Изображение	Упрощенное изображение
Конденсаторы	
 <p style="text-align: center;">КД503ТТ3.362.088ТУ</p>	 <p>Пример записи в КД : Диод КД503ТТ3.362.088ТУ</p>
<p style="text-align: center;"><i>Диод</i></p>  <p style="text-align: center;">КД513 ДР3.362.010ТУ</p>	 <p>Пример записи в КД : Диод КД513 ДР3.362.010ТУ</p>
Стабилитрон	
<p style="text-align: center;">Д808А ÷ Д814Г, Д818А ÷ Д818Г ГОСТ 14913-72</p> 	 <p>Пример записи в КД : Стабилитрон Д808А ГОСТ 14913-72</p>

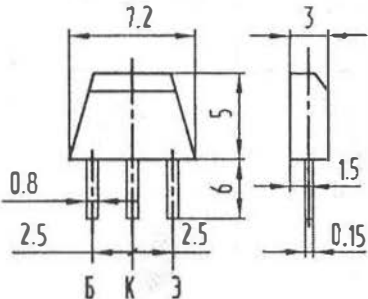

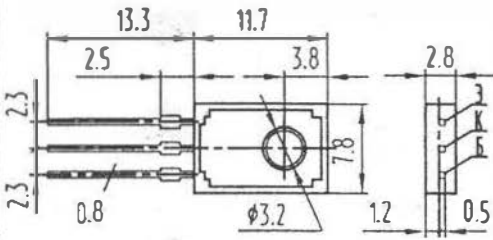
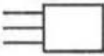
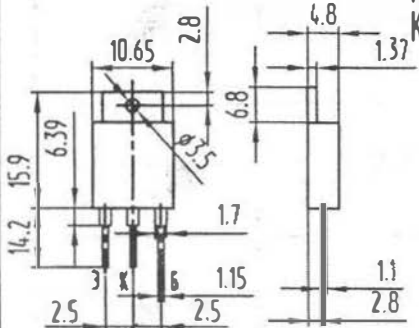
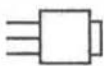
Изображение	Упрощенное изображение
Транзисторы	
 <p>KT361FY0.336.201TY KT315JK3.365.200TY</p>	 <p>Пример записи в КД : Транзистор KT361FY0.336.201TY</p>
 <p>KT815 ГОСТ 11630-70 (n -p -n) KT814 ГОСТ 11630-70 (p -n -p)</p>	 <p>Пример записи в КД : Транзистор KT815 ГОСТ 11630-70</p>
 <p>KT818 ГОСТ 11630-70 (p -n -p) KT819 ГОСТ 11630-70 (n -p -n)</p>	 <p>Пример записи в КД : Транзистор KT818 ГОСТ 11630-70</p>

Таблица отверстий			
Диаметр выводов элемента, мм	Диаметр отверстий в плате, мм	Диаметр контактной площади	Условное обозначение отверстий
0,5 -0,6	0,8	2,2	
0,7 -0,8	1,0	2,5	
0,9 -1,0	1,3	3,0	
1,1 -1,3	1,5	3,5	
1,4 -1,5	1,8	4,0	
1,6 -1,7	2,0	4,5	
1,8 -1,9	2,2	5,0	
2,0 -2,2	2,5	5,5	
2,3 -2,4	2,8	6,0	

ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ «РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКТА КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА ПЕЧАТНЫЙ УЗЕЛ ЭЛЕКТРОННОГО УСТРОЙСТВА»

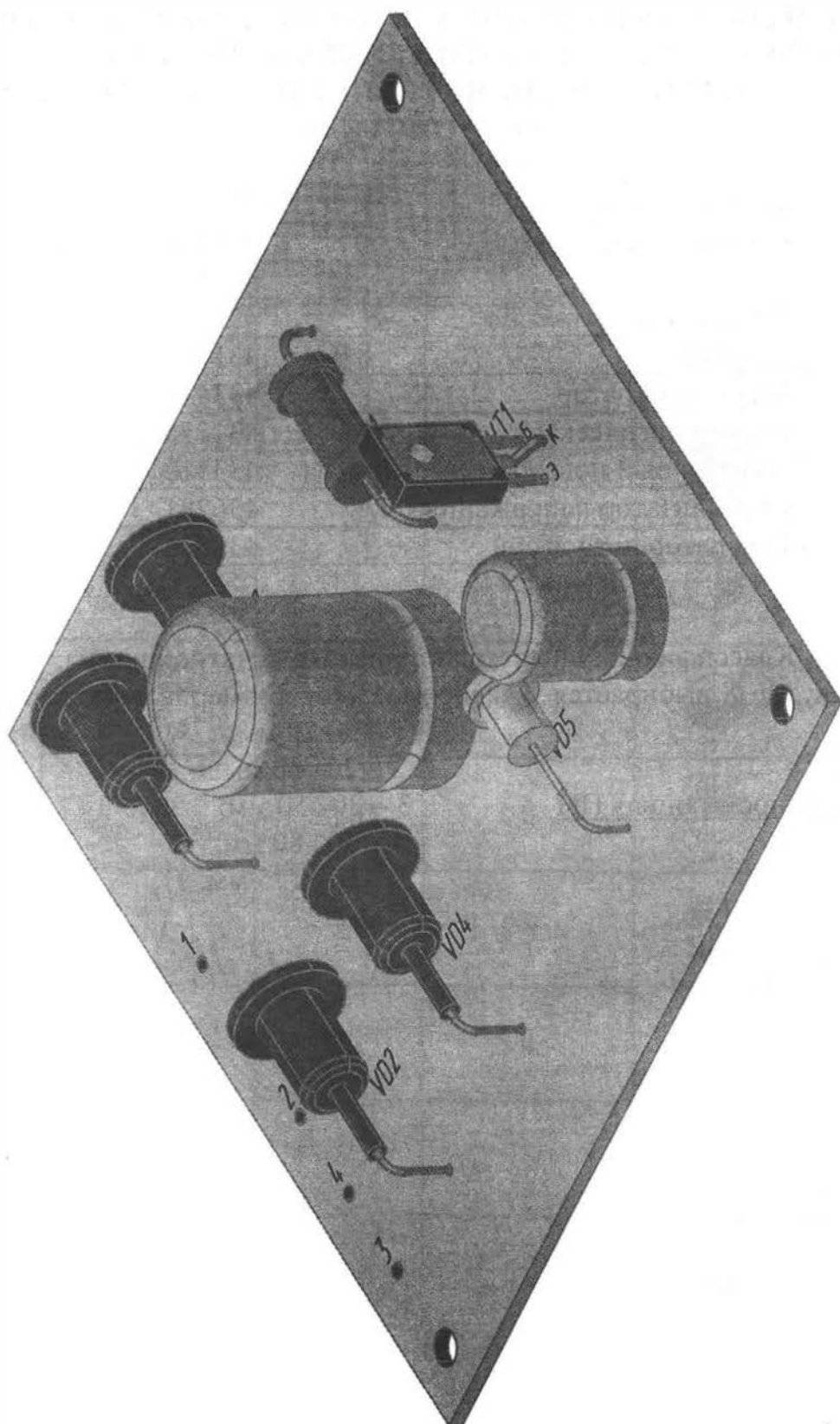
Блок питания	435111
Фазоинвертор	435121
Усилитель	435124
Делитель напряжения	435154
Триггер	431254
Мультивибратор	433416
Ячейка логическая	431275
Эмиттерный повторитель	433416
Стабилизатор напряжения	436231
Генератор импульсов	433526

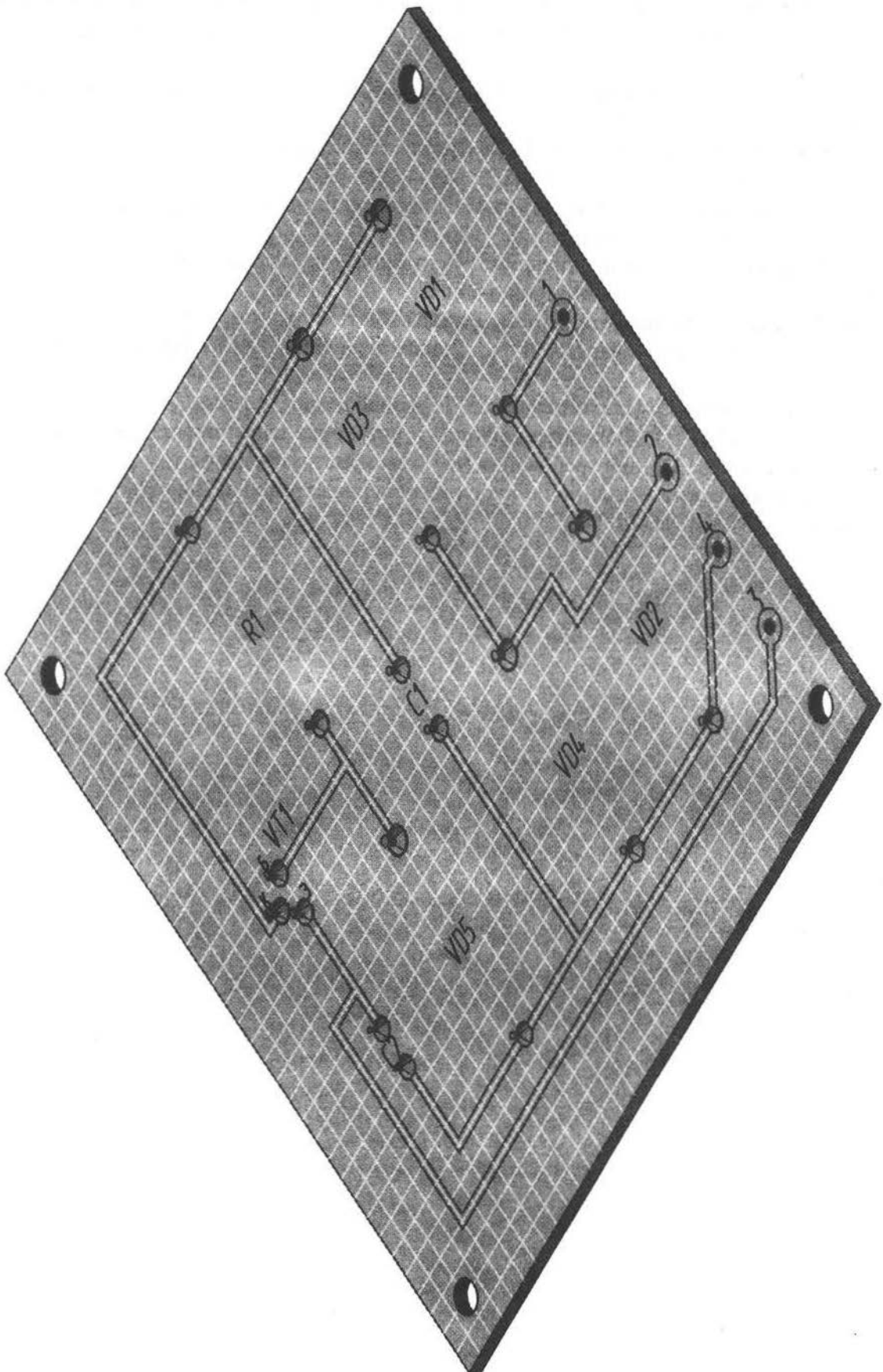
Классификационная характеристика печатной платы:

75871 X, где X выбирается в зависимости от размеров печатной платы:

односторонняя III

- 1 – до 20 мм;
- 2 – 20 ÷ 30 мм;
- 3 – 30 ÷ 50 мм;
- 4 – 50 ÷ 80 мм;
- 5 – 80 ÷ 125 мм.





ЛИТЕРАТУРА

1. **Электротехнический справочник**: В 3 т. Общие вопросы. Электротехнические материалы / под общ. ред. В.Г. Герасимова. — 7-е изд., испр. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1985. 488 с.
2. **Электротехнические чертежи и схемы** / К.К. Александров, Е.Г. Кузьмина. — М.: Издательство МЭИ, 2004.
3. **Сапаров В.Е., Максимов Н.А.** Система стандартов в электросвязи и радиоэлектронике. — М.: Радио и связь, 1985, 230 с.
4. **Митрайкин Н.А., Озерский А.И.** Конструирование аппаратуры автоматики и телемеханики. — М.: Машиностроение, 1975. 178 с.
5. **Разработка и оформление конструкторской документации РЭА**: Справочник / под ред. Э.Т. Романычевой. — М.: Радио и связь, 1989. 448 с.
6. **Государственные стандарты**. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения чертежей различных изделий. — М.: Изд-во стандартов, 1984. 264 с.: ил.
7. ГОСТ 20406–75. Платы печатные. Термины и определения.
8. ГОСТ 29137–91. Формовка выводов и установка изделий электронной техники на печатные платы. Общие требования и нормы конструирования.
9. **Методические указания по курсу инженерная графика**. Выполнение электрических схем. — М.: МЭИ, 1989.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение.....	3
2. Цель и содержание работы.....	4
3. Выполнение схемы электрической принципиальной.....	8
4. Разработка чертежа печатной платы.....	12
4.1. Термины и определения.....	12
4.2. Требования, предъявляемые к чертежам печатных плат.....	14
4.3. Компоновка навесных элементов на печатной плате.....	18
4.4. Создание теоретического чертежа.....	22
5. Выполнение чертежа печатной платы.....	25
6. Спецификация.....	26
7. Сборочный чертеж.....	29
Контрольные вопросы.....	32
Приложение 1.....	33
Приложение 2.....	38
Приложение 3.....	39
Приложение 4.....	40
Литература.....	42

Пивоваров В.Р.
Бурдунина Н.А.
Давыдкина Т.В.
Нетунаева В.Н.
Сафонова О.Н.

**РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ
НА ПЕЧАТНЫЙ УЗЕЛ ЭЛЕКТРОННОГО УСТРОЙСТВА**

**Методическое пособие
по курсу «Инженерная графика»**

Редактор издательства В.В. Сомова

Темплан издания МЭИ 2009, метод.

Печать офсетная

Тираж 1000 экз.

Формат 60×84/8

Изд. № 38

Подписано в печать 28.09.09

Физ. печ.л. 5,5

Заказ № 374т

ЗАО «Издательский дом МЭИ», 111250, Москва, Красноказарменная ул., д. 14

Отпечатано в типографии ФКП «НИИ «Геодезия», 141292, Московская обл.,

г. Красноармейск, просп. Испытателей, д. 14