

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Московский Государственный Институт Электроники и Математики
(МИЭМ)

Кафедра радиоэлектронные и телекоммуникационные устройства и системы

Конструкторский практикум по дисциплине:
«Основы проектирования радиоэлектронных средств»

на тему:

«Проектирование источника вторичного электропитания (ИВЭП)»

Выполнил студент: _____
Группа _____

Москва 200__

Содержание:

1. Исходные данные.	3
Схемотехнические требования	3
Требования технического задания на ИВЭП	3
Перечень элементов электрической схемы ИВЭП	4
Конструкторско-технологические требования	5
2. Анализ схемы электрической принципиальной.	6
Характеристика элементной базы ИВЭП	6
3. Конструкторская часть.	7
Конструктивная компоновка	7
Обеспечение межсоединений	7
Определение вариантов установки элементов на плате	8
Конструкция платы и методика ее изготовления	12
4. Расчёт параметров печатных проводников.	13
Расчет ширины проводников	13
Расчет контактных площадок	14
Расчёт узких мест	15
5. Приложения	16
Схема электрическая принципиальная	16
Сборочный чертеж изделия	17
Чертеж печатной платы	18
Спецификация (Схема электрическая принципиальная)	19
Спецификация (Сборочный чертеж)	20
6. Литература.	22

1. Исходные данные

Схемотехнические требования

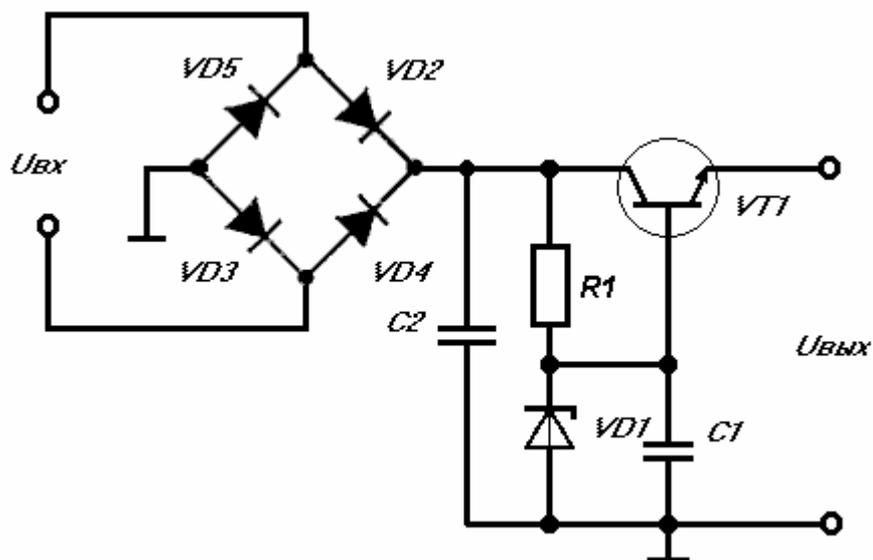


Схема электрическая принципиальная (рис.1).

Требования технического задания на ИВЭП

Таблица 1.1

№	Наименование характеристики	Обозначение	Значение
1	Выходное напряжение	$U_{вых}$	12,0 В
2	Максимальный выходной ток	I_{max}	100 мА
3	Минимальный выходной ток	I_{min}	60 мА
4	Нестабильность выходного напряжения	$DU_{вых}$	$\pm 2\%$
5	Нестабильность входного напряжения	$DU_{вх}$	$\pm 10\%$
6	Температурный диапазон	$T_{min} \dots T_{max}$	-50...50 °С

Перечень элементов электрической схемы ИВЭП

Таблица 1.2.

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
	Конденсаторы		
<i>C1</i>	<i>K50-6-100мкФ-25В</i>	<i>1</i>	
<i>C2</i>	<i>K50-6-500мкФ-25В</i>	<i>1</i>	
	Резисторы		
<i>R1</i>	<i>ОМЛТ-0,125-200 Ом ± 10%</i>	<i>1</i>	
	Диоды		
<i>VD2, VD3</i>			
<i>VD4, VD5</i>	<i>КД522Б</i>	<i>4</i>	
	Стабилитроны		
<i>VD1</i>	<i>Д814Д</i>	<i>1</i>	
	Транзисторы		
<i>VT1</i>	<i>КТ815БМ</i>	<i>1</i>	

Конструкторско-технологические требования

Узел должен быть реализован на печатной плате. Для коммутации узла следует предусмотреть установку соединителя. Для защиты от воздействия климатических факторов внешней среды предусмотреть влагозащитное покрытие.

Печатная плата должна соответствовать

- ГОСТ Р 50621-93.(МЭК 326-4-80). Платы печатные одно- и двусторонние с неметаллизированными отверстиями. Общие технические требования.
- ГОСТ 23751-86. Платы печатные. Параметры конструкции.
- ГОСТ 10317-79. Платы печатные. Основные размеры.

Тип производства – массовое.

2. Анализ схемы электрической принципиальной

Анализ ведем на основании описания работы схемы, данного в методических указаниях к курсовому проектированию по курсу «Автоматизация проектирования РЭС», требований технического задания на ИВЭП (табл.1.1) и синтеза схемы, проведенного в предыдущей работе.

Данная схема является низковольтной ($U_{\text{макс}} \approx 15 \text{ В}$), не высокочастотной ($f_{\text{макс}} \approx 50 \text{ Гц}$). Возможность возникновения в схеме паразитных связей и наводок невелика.

Основные компоненты схемы заданы в исходных данных к курсовой работе (см. табл.1.2).

Перечень используемых ЭРЭ, их основные размеры и эксплуатационные характеристики приведены в табл. 2.1. Из эксплуатационных характеристик представлен только температурный диапазон, т.к. остальные требования эксплуатации не заданы.

Характеристика элементной базы ИВЭП

Таблица 2.1.

Наименование	Кол-во, шт	Конструкционные параметры, мм	Диапазон температур, °С
Конденсаторы:			
К50-60-100мкФ-25В	1	DxHxAxd: 16x18x7.5x0.8	-10...+70
К50-60-500мкФ-25В	1	DxHxAxd: 18x45x7.5x0.8	-10...+70
Резисторы:			
ОМЛТ-0,125	1	DxLxd: 2.2x6x0.6	-60...+125
Диоды:			
КД522Б	4	DxLxd: 1.9x3.8x0.588	-55...+85
Стабилитроны:			
Д814Д	1	DxLxd(d1): 7x15x0.95(0.6)	-55...+100
Транзисторы:			
КТ815БМ	1	HxLxBx(hxb): 11.1x7.8x2.8x(0.88x0.5)	-60...+100

3. Конструкторская часть

Конструктивная компоновка

Компоновку будем проводить исходя из следующих соображений:

1. Элементы схемы должны располагаться таким образом, чтобы электрические связи между ними были минимальными.
2. Для легкости понимания схемы при ремонте и с целью уменьшения длины связей элементы схемы по возможности располагать на плате в порядке их размещения на схеме электрической.
3. Должна быть по возможности обеспечена равномерность распределения массы по поверхности узла
4. Элементы должны располагаться так, чтобы полупроводниковые приборы и конденсаторы не подогревались другими элементами, выделяющими тепло.
5. Все элементы должны быть установлены так, чтобы была обеспечена возможность их замены без демонтажа других деталей.

Узел реализуем на печатной плате (определено в задании к курсовой работе). Все элементы будем располагать с одной стороны платы, с другой стороны платы будем проводить печатный монтаж.

Обеспечение межсоединений

Все соединения на плате будем проводить печатным монтажом. Тип платы - ОПП.

Способом получения электрических соединений для печатного монтажа является пайка. Способ обеспечивает минимальную массу, высокую плотность монтажа, использование многожильного провода, возможность автоматизации.

Выбор припоя производят в зависимости от соединяемых металлов или сплавов, от способа пайки, температурных ограничений, размера деталей требуемой механической прочности и коррозионной стойкости и др.

Исходя из максимально допустимой температуры пайки выбран материал припоя: ПОС-61 (температура плавления 183°C, температура пайки 220°C). Данный припой имеет широкое распространение для пайки аналогичных узлов и компонентов и рекомендован для пайки радиоэлементов и микросхем, монтажных проводов в полихлорвиниловой изоляции, а также пайки в тех случаях, когда требуется повышенная механическая прочность и электропроводность, недопустим высокий нагрев в зоне пайки.

Флюс выбирают в зависимости от соединяемых пайкой металлов или сплавов и применяемого припоя, также от характера сборочно-монтажных работ.

При монтаже электро- и радиоаппаратуры наиболее широко применяются канифоль и флюсы, приготовляемые на ее основе с добавлением неактивных веществ - спирта, скипидара, глицерина. Остаток канифоли негигроскопичен и является хорошим диэлектриком.

Выбираем бескислотный флюс марки КЭ (содержание канифоли 10-40%, спирт этиловый 90-60%), рекомендованный при пайке легкоплавкими припоями.

Внешняя коммутация узла будет осуществлена посредством соединителя. В качестве соединителя принимаем малогабаритный разъем типа МРН: Вилка МРН-4-1 ОЮ0.364.003.ТУ.

Основные характеристики разъема МРН-4-1:

- число контактов - 4;
- габаритные размеры 7x29 мм;
- напряжение коммутации – 200 В;
- ток коммутации - 0,5 А;
- температура окружающей среды - -60...+125 °С.

Основные характеристики разъема МРН-4-1 удовлетворяют требованиям исходных данных к курсовой работе.

Определение вариантов установки элементов на плате

Варианты установки элементов на плате определяются по ОСТ4 Г0.010.030-81 "Установка навесных элементов на печатные платы".

Так как механические воздействия на узел не заданы, исходим из того, что эти воздействия минимальны, поэтому дополнительное крепление элементов не требуется, кроме конденсаторов К50-6, которые имеют значительные размеры.

Также из данного ОСТа определяем размеры монтажных отверстий и установочные размеры.

С1: Конденсатор К50-6-100мкФ-25В.

Вариант установки - IXб.

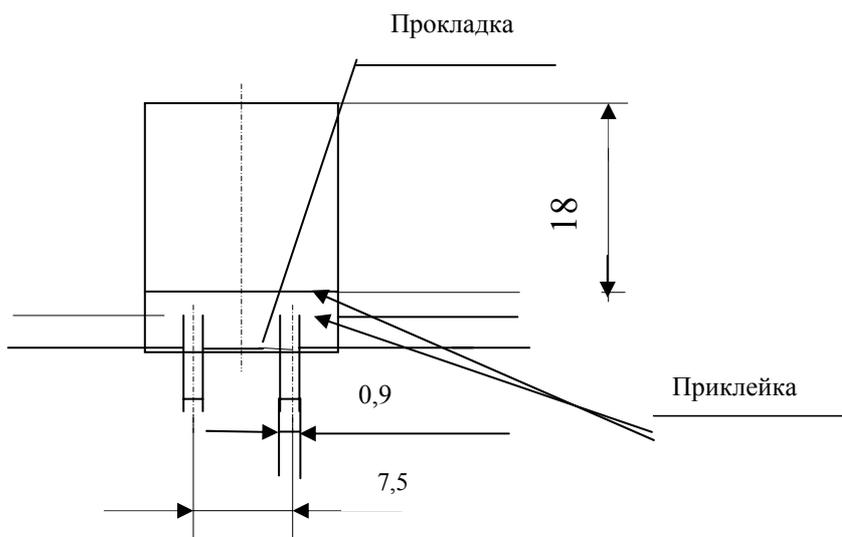


Рис. 3.1. Эскиз установки конденсатора С1

C2: Конденсатор К50-6-500мкФ-25В.
Вариант установки - IXб.

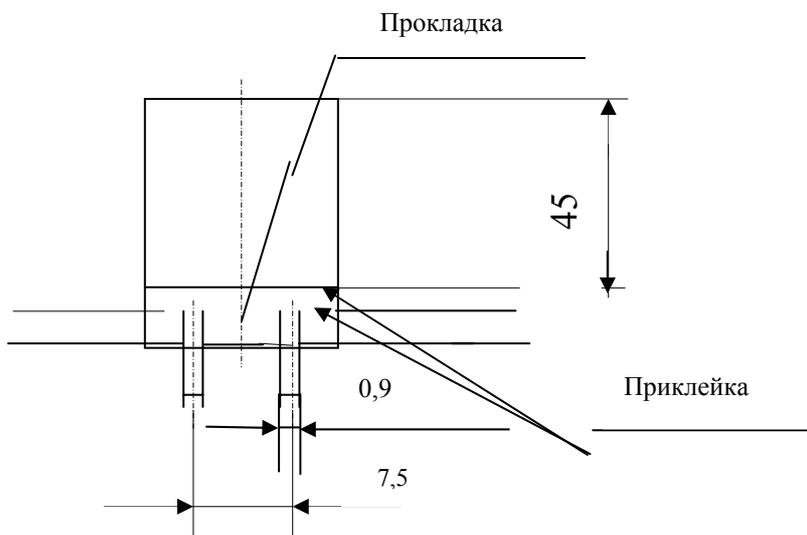


Рис. 3.2 Установка конденсатора C2.

R1: Резистор ОМЛТ - 0,125 - 200 Ом $\pm 10\%$
Вариант установки: Па.

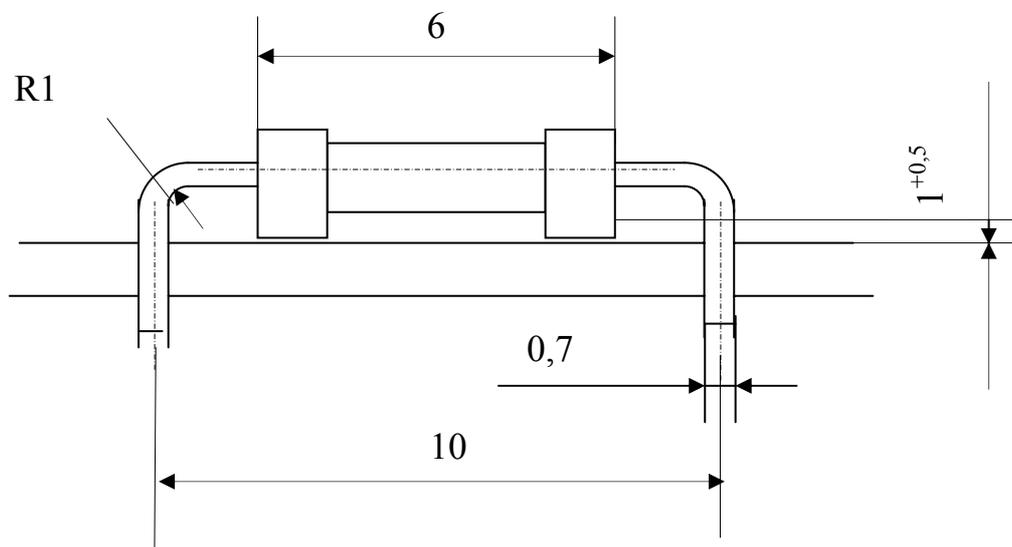


Рис.3.3 Эскиз установки резистора R1

VD2-VD5: Диод КД522Б
Вариант установки: Па.

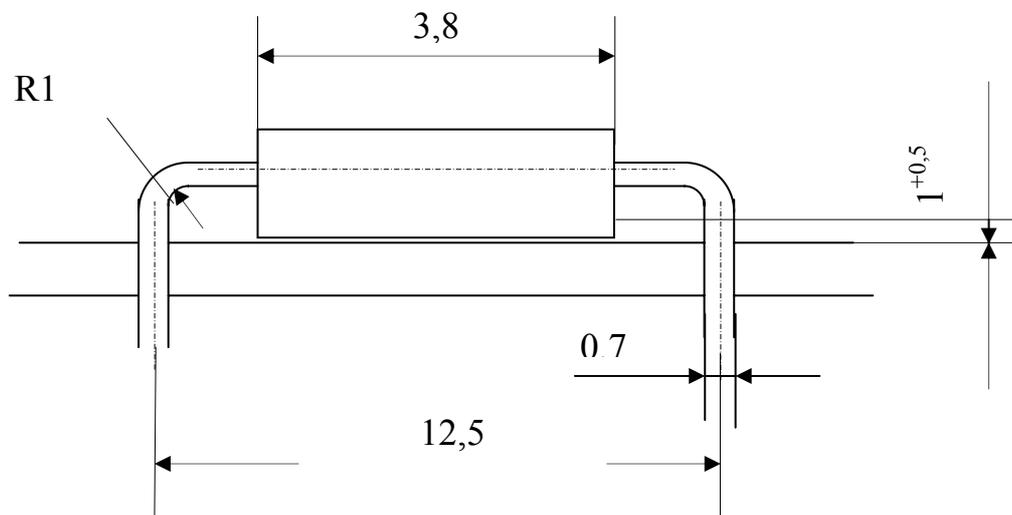


Рис.3.4 Эскиз установки диодов VD2-VD5

VD1: Стабилитрон Д814Д
Вариант: Па.

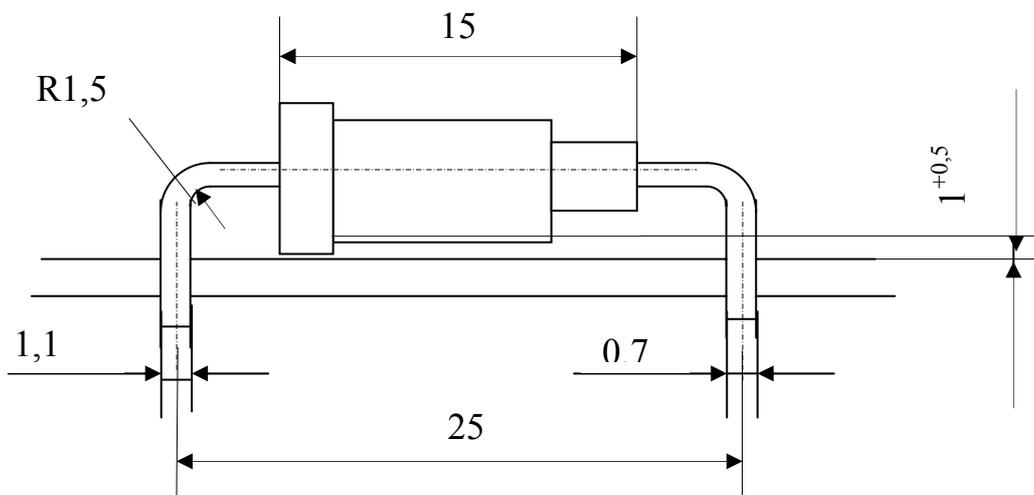


Рис.3.5 Эскиз установки стабилитрона VD1

VT1: Транзистор КТ815БМ
Вариант установки: Пв.

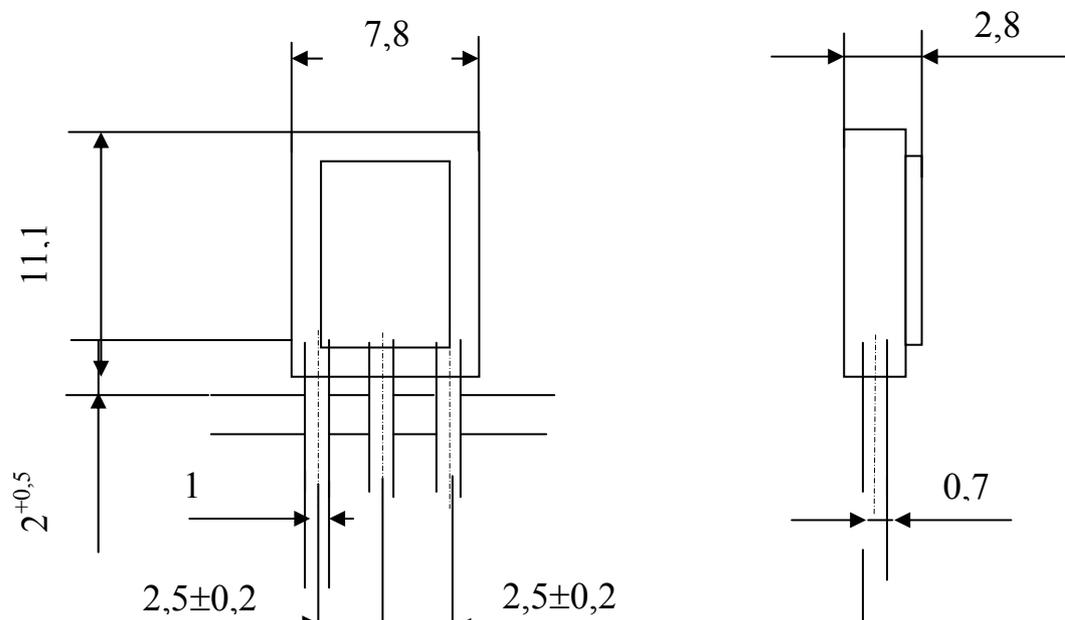


Рис. 3.6 Эскиз установки транзистора VT1

XP1: Вилка МРН-4-1

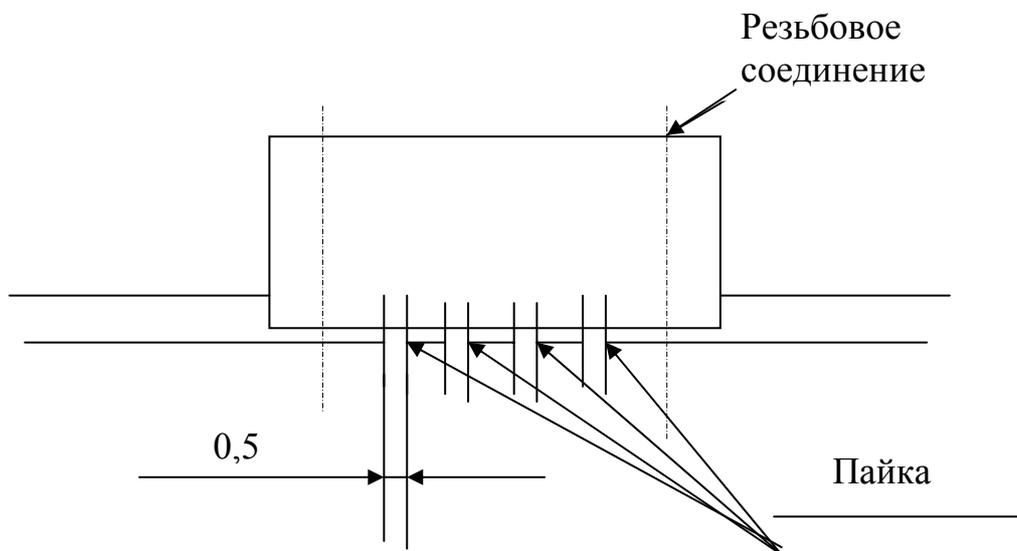


Рис. 3.7. Эскиз установки вилки XP1

Выводы ЭРЭ соединяются с платой посредством пайки.

Конструкция платы и методика ее изготовления

Плата: ОПП (односторонняя печатная плата).

Наличие металлизации в отверстиях: нет.

Проведем выбор технологии получения проводящего рисунка.

Для плат ОПП с неметаллизированными отверстиями и массовом типе производства рекомендован сеткографический метод - печатание кислотостойкой краской позитивного изображения печатного монтажа через сетчатый трафарет на фольгированный диэлектрик. Метод обладает максимальной производительностью по сравнению с другими методами, применяется в крупносерийном и массовом производстве при малой номенклатуре несложных печатных плат.

Исходя из метода получения печатного рисунка и условий эксплуатации выбираем материал платы и ее характеристики.

Материал платы: стеклотекстолит одностороннефольгированный, с толщиной фольги 35 мкм (СФ-1-35-1,50 ГОСТ 10316-78). Материал обладает высокой механической прочностью, хорошими электроизоляционными свойствами, низким водопоглощением, имеет широкое распространение.

Метод получения проводящего рисунка накладывает определенные ограничения на топологию платы. Данный метод требует по возможности максимального заполнения поверхности платы медью.

Исходя из условий эксплуатации и в соответствии с рекомендациями ГОСТ Р 50621-93, ГОСТ 23751-86 и ГОСТ 10317-79, ОСТ 4.010.022-85 принимаем:

- класс точности платы - 3;
- группа жесткости - 3.

Размеры платы: плата представляет собой прямоугольную пластину 65h12x45h12 и толщиной $1,5 \pm 0,2$ мм. Габариты рациональной компоновкой на плате ЭРЭ, составляющих функционально узел ИНВ и требованиями ГОСТ 10317-79.

Варианты установки ЭРЭ на плате представлены в разделе "Определение вариантов установки элементов на плате" пояснительной записки.

В качестве ЛКП для защиты от воздействия климатических факторов используется полиуретановый лак УР-231 (светло-коричневый). Получаемое покрытие твердое, прочное, выдерживает температуру от -60 до $+120^{\circ}\text{C}$. Покрытие обладает хорошими электроизоляционными и механическими свойствами.

4. Расчёт параметров печатных проводников.

Расчет ведем по [4, с.134-138; 19; 20].

Проведём расчёт параметров печатного монтажа плат при следующих условиях:

- плата односторонняя
- плата изготавливается сеткографическим методом
- класс точности: 3

Исходные данные для расчёта:

- максимальный ток через проводник $I_{\max} = 0,1$ А
- максимальная длина проводника $l_{\max} = 0,15$ м
- размер платы 45x65 мм

Расчет ширины проводников

Рассчитаем минимальную ширину проводника по постоянному току для цепей питания и земли:

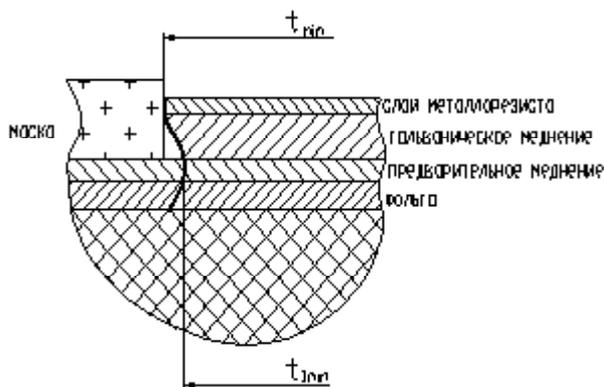


Рис. 4.1. Сечение печатного проводника

Максимальную плотность тока для печатных проводников примем равной 20 А/мм². Максимальный ток $I_{\max} = 0,1$ А. Суммарная толщина проводника $\delta = 35$ мкм = 0,035 мм. Ширину проводника можно найти из формулы:

$$t_{\min} = \frac{I_{\max}}{j \cdot \delta} = \frac{0,1}{20 \cdot 0,035} = 0,143 \text{ мм}$$

Определяем минимальную ширину печатного проводника из допустимого падения напряжения:

$$t_{\min} = \frac{\rho \cdot I_{\max} \cdot l_{\max}}{U_d \cdot \delta} = \frac{0,05 \cdot 0,1 \cdot 0,15}{0,75 \cdot 0,035} = 0,03 \text{ мм}$$

где ρ - удельное объёмное сопротивление проводника.

Ud - допустимое падение напряжения; принимаем 5% от Uвх = 15В - Ud = 0,75В

Определяем ширину проводников:

$$t_{\min} = t_{\min 1} + 1.5 \cdot h_{\phi},$$

где $t_{\min 1} = 0,18$ мм - минимальная эффективная ширина проводника для плат 3-го класса точности; $h_{\phi} = 35$ мкм - толщина фольги.

$$t_{\min} = 0.18 + 1.5 \cdot 0.035 = 0.235 \text{ мм}$$

Принимаем $t_{\min} = 0.25$ мм.

Расчет контактных площадок

Определяем минимальный диаметр контактных площадок

$$D_{\min \phi} = D_{1\min} + 1.5 \cdot h_{\phi}$$

$$D_{1\min} = 2 \cdot \left(b + \frac{d}{2} + \delta_{\text{отв}} + \delta_{\text{кп}} \right) - \text{минимальный эффективный диаметр}$$

площадки,

где b – минимально допустимый поясок ; для третьего класса точности $b = 0,2$ мм;

$\delta_{\text{отв}}$ – смещение центра отверстия относительно узла координатной сетки; $\delta_{\text{отв}} = 0,1$ мм;

$\delta_{\text{кп}}$ – смещение центра контактной площадки относительно узла координатной сетки; $\delta_{\text{кп}} = 0,1$ мм.

Таблица 4.1. Расчет диаметров контактных площадок.

d = 0.5 мм	d = 0.7 мм	d = 0.9 мм
$D_{1\min} = 2 \cdot \left(0.2 + \frac{0.5}{2} + 0.1 + 0.1 \right) = 1.3 \text{ мм}$	$D_{1\min} = 2 \cdot \left(0.2 + \frac{0.7}{2} + 0.1 + 0.1 \right) = 1.4 \text{ мм}$	$D_{1\min} = 2 \cdot \left(0.2 + \frac{0.9}{2} + 0.1 + 0.1 \right) = 1.7 \text{ мм}$
$D_{\min \phi} = 1.3 + 1.5 \cdot 0.035 = 1.35 \text{ мм}$	$D_{\min \phi} = 1.4 + 1.5 \cdot 0.035 = 1.45 \text{ мм}$	$D_{\min \phi} = 1.7 + 1.5 \cdot 0.035 = 1.75 \text{ мм}$
$D_{\min} = 1.35 + 0.03 = 1.38 \text{ мм}$	$D_{\min} = 1.45 + 0.03 = 1.48 \text{ мм}$	$D_{\min} = 1.75 + 0.03 = 1.78 \text{ мм}$
$D_{\max} = 1.35 + 0.04 = 1.39 \text{ мм}$	$D_{\max} = 1.45 + 0.04 = 1.49 \text{ мм}$	$D_{\max} = 1.75 + 0.04 = 1.79 \text{ мм}$
Принимаем $D_{\text{ном}} = 1.4 \text{ мм}$	Принимаем $D_{\text{ном}} = 1,5 \text{ мм}$	Принимаем $D_{\text{ном}} = 1,8 \text{ мм}$

d = 1.0 мм	d = 1.1 мм	
$D_{1\min} = 2 \cdot (0.2 + \frac{1.0}{2} + 0.1 + 0.1) = 1.8\text{мм}$	$D_{1\min} = 2 \cdot (0.2 + \frac{1.1}{2} + 0.1 + 0.1) = 1.9\text{мм}$	
$D_{\min e} = 1.8 + 1.5 \cdot 0.035 = 1.85\text{мм}$	$D_{\min e} = 1.9 + 1.5 \cdot 0.035 = 1.95\text{мм}$	
$D_{\min} = 1.85 + 0.03 = 1.88\text{мм}$	$D_{\min} = 1.95 + 0.03 = 1.98\text{мм}$	
$D_{\max} = 1.85 + 0.04 = 1.89\text{мм}$	$D_{\max} = 1.95 + 0.04 = 1.99\text{мм}$	
Принимаем $D_{\text{НОМ}} = 2\text{мм}$	Принимаем $D_{\text{НОМ}} = 2\text{мм}$	

Расчёт узких мест

Минимальное расстояние между проводником и контактной площадкой:

$$S_{1\min} = L_0 - \left(\frac{D_{\max}}{2} + \delta_{\text{кн}} + \frac{t_{\min}}{2} + \delta_1 \right) = 2.5 - \left(\frac{2}{2} + 0.1 + \frac{0.25}{2} + 0.1 \right) = 1.175\text{мм}$$

где L_0 – расстояние между центрами рассматриваемых элементов,
 δ_l – допуск на расположение элементов.

Минимальное расстояние между двумя контактными площадками:

$$S_{1\min} = L_0 - (D_{\max} + 2 \cdot \delta_{\text{кн}}) = 2.5 - (2 + 2 \cdot 0.1) = 0.3\text{мм}$$

Минимальное расстояние между двумя проводниками:

$$S_{1\min} = L_0 - (D_{\max} + 2 \cdot \delta_{\text{кн}}) = 2.5 - (2 + 2 \cdot 0.1) = 0.3\text{мм}$$

Расчёт узкого места “проводник между двумя контактными площадками”:

$$S_{\min} = \frac{L_0 - (D_{\max} + 2 \cdot \delta_{\text{кн}}) - t_{\min}}{2} = \frac{2.5 - (2 + 2 \cdot 0.1) - 0.25}{2} = 1.275\text{мм}$$

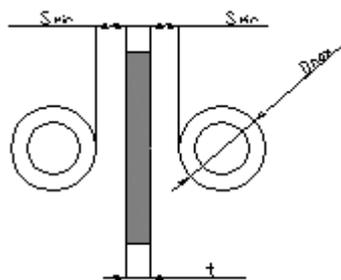
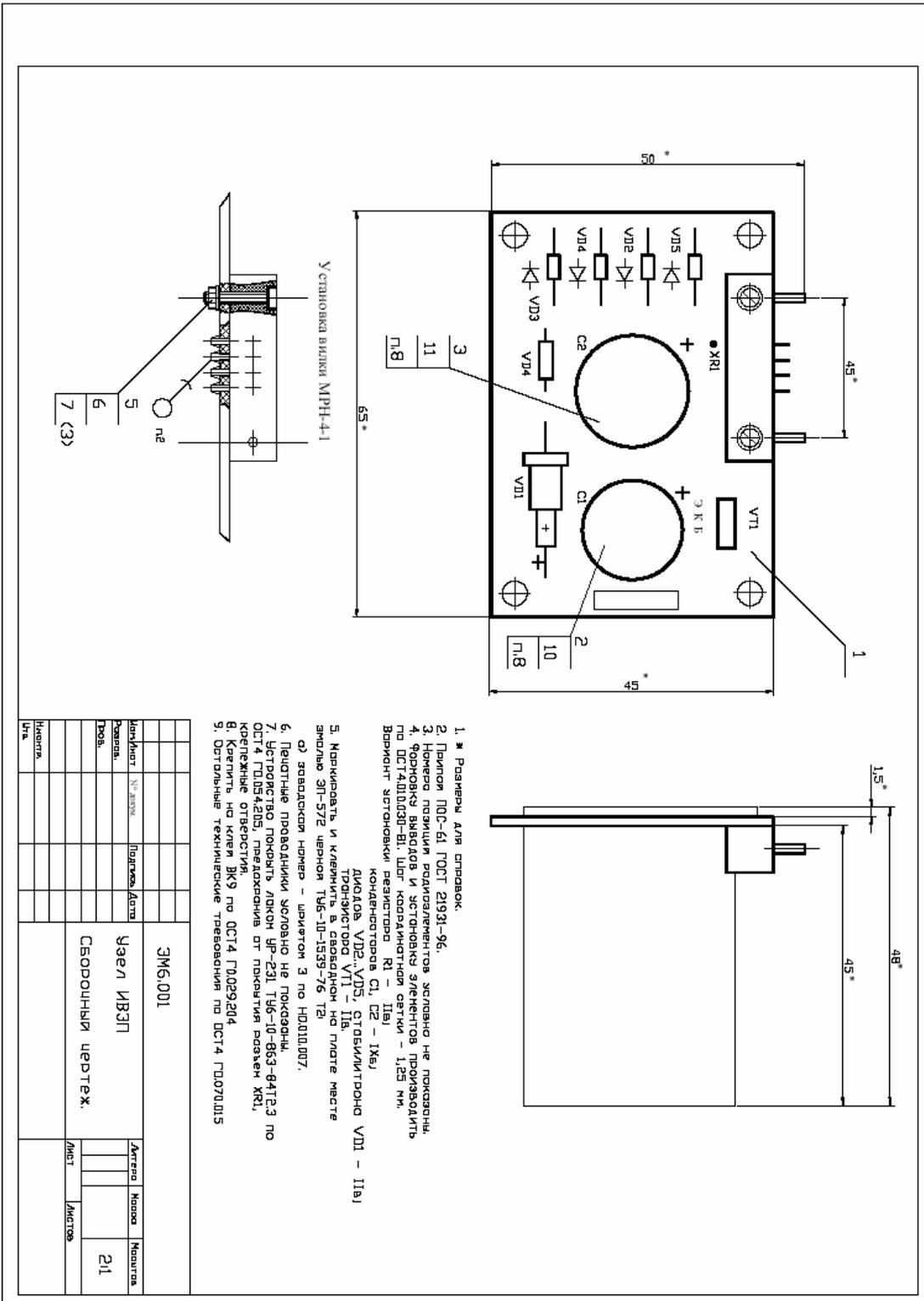


Рис.4.2 Узкое место “проводник между двумя контактными площадками”

Вывод: были рассчитаны параметры элементов печатного монтажа, удовлетворяющие схеме электрической принципиальной и технологическим возможностям.

Сборочный чертеж изделия



Чертеж печатной платы

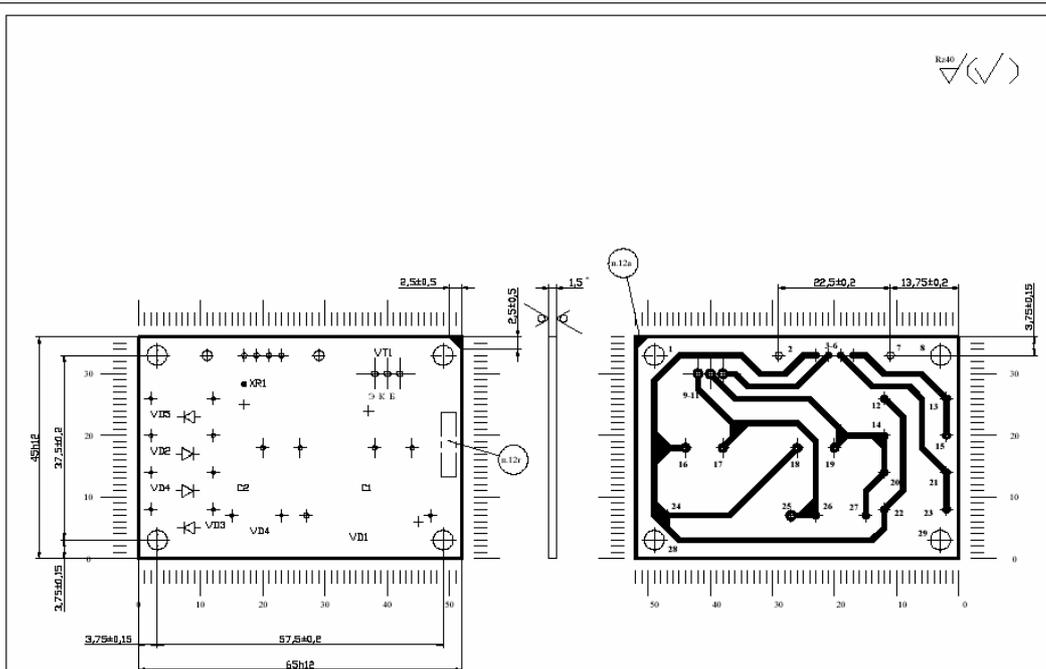


Таблица 1

Номера отверстий	Виды и размеры элементов	Диаметр отъ, мм	Наличие металлизации	Назначение отверстий	Количество отверстий
3-6	Ø1,4 ^{±0,2}	0,5 ^{±0,1}	нет	монтажное	4
12-15, 20-23 24, 26-27	Ø1,5 ^{±0,2}	0,7 ^{±0,1}	нет	монтажное	11
16-19	Ø1,9 ^{±0,3}	0,9 ^{±0,12}	нет	монтажное	4
25	Ø2,0 ^{±0,3}	1,1 ^{±0,12}	нет	монтажное	1
9-11	Ø1,0 ^{±0,2}	1x0,7	нет	монтажное	3
1,2,28,29	Ø4,2	4x1,2	нет	испечение платы	4
2,7	Ø1,2	2x1,2	нет	испечение разъема	2

Таблица 2

Параметры элементов проводящего рисунка	Размеры, мм
Минимальная ширина проводника	0,25
Минимальное расстояние между проводниками, контактными площадками, проводником и контактной площадкой	0,3 1,2

- * Размер для справок.
- Платы изготовить сеткографическим методом. Плата ОПП.
- Шаг координатной сетки 1,25 мм.
- Параметры элементов печатной платы приведены в табл. 1 и 2. Номера отверстий показаны условно. Ширина проводников показана условно.
- Допускается скругление прямоугольных проводников.
- Допускается притупление острых краев отверстий.
- Покрытие 0-С по ОСТ4 ГО.054.223.
- Площадь металлизации 91,3 см².
- Неуказанные предельные отклонения размеров между осями любых двух отверстий ±0,1 мм.
- Предельные отклонения размеров между осями любых контактных площадок ±0,1 мм.
- Неуказанные предельные отклонения остальных размеров по IT14/2
- Маркировать эмалью ЭП-572 черная ТУ6-10-1539-76.Т2 по ОСТ4 ГО.054.205:
 - ключ с двух сторон платы
 - позиционные обозначения элементов, знак "+"
 - конденсаторов С1, С2, стабилитрона VDI.
 - первый контакт разъема ХР1 - знаком "••"
 - номер изделия - штрихом 3.
- Плата должна соответствовать ГОСТ 23752-79. Группа жесткости 3

ЭМБ.001.001						
Имя	Авт.	№ докум.	Разрешен	Дата	Литера	Итого
Разработчик						2/1
Проверен					Авт.	Доктор
Систематический ОП-1-0.35-1.3						
Исполнитель	ГОСТ 10316-78					
Иск.						

Спецификация (Сборочный чертеж)

Ф-г	Поз	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
			Документация		
		ЭМ6. 001	Сборочный чертеж.		
			Детали		
	1	ЭМ6.001.001	Плата	1	
	2		Прокладка	1	
	3		Прокладка	1	
			Стандартные изделия		
	5		Винт М2-6g 8.36.023 ГОСТ 17473-80	2	
	6		Гайка М2-6Н.5.023 ГОСТ 5927-70	2	
	7		Шайба С2.04.026 ГОСТ 10450-78	6	
			Прочие изделия		
			Конденсаторы:		
			К50-6-25В-100мкФ		
			ОЖО.464.031ТУ		

					ЭМ6.001.Э3			
И	Лис	№	Подп.	Дата				
Разраб.					Узел ИВЭП. Сборочный чертеж	Лит.	Лис т	Листов
Пров.						1	2	
Утв.								

6. Литература.

1. Преснухин Л. Н., Воробьев Н.В., Шишкевия А. А. Расчет элементов цифровых устройств. Учеб. пособие. Под ред. Преснухина Л. Н., М., ВШ, 1982
2. Преснухин Л.Н., Шахнов В.А. Конструирование электронных вычислительных машин и систем. М.: ВШ, 1986
3. Справочник конструктора РЭА. Общие принципы конструирования. Под ред. Р.Г.Варламова. М.: Советское радио, 1980
4. Парфенов Е.М., Камышная Э.Н., Усачев В.П. Проектирование конструкций РЭА. М.: Радио и связь, 1989
5. Краткий справочник конструктора РЭА. Под ред. Р.Г.Варламова. М.: Советское радио, 1972
6. Токарев М.Ф., Талицкий Е.Н., Фролов В.А. Механические воздействия и защита РЭА. – М.: Радио и связь, 1984
7. Виноградов Ю. В. Основы электронной и полупроводниковой техники. –М.: Энергия, 1972.
8. Гриднев В. Н., Малов А. Н., Яншин А. А., Технология элементов ЭВА. – М.: ВШ, 1972
9. Гусев В.П. Технология радиоаппаратостроения. - М.: ВШ., 1972.
10. Еланцев А.В., Маркелов В.В., Шерстнев В.В. Правила оформления конструкторской документации электронной аппаратуры: Метод, указания: Ч. 1,2. -М.: МГТУ, 1994.
11. Незнайко А. П., Геликман Б. Ю. Конденсаторы и резисторы. – М.: Энергия, 1974
12. Павловский В.В., Васильев В.И., Гутман Т.И. Проектирование технологических процессов изготовления РЭА. -М.: Радио и связь, 1982.
13. Пестряков В. Б., Аболтинь-Аболинь Г. Я., Гаврилов Б. Г., Резисторы: Справочник/ В. В. Дубровский, Д. М. Иванов, Н. Я. Пратусевич и др.; Под ред. И.И.Четверткова. - 2-е изд., перераб. и доп. -М.: Радио и связь, 1991.
14. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя, в 3-х томах. – М.: Машиностроение, 1992
15. Технология ЭВА, оборудование и автоматизация/ Алексеев В.Г., Гриднев В.Н., Нестеров Ю.И. - М.: ВШ., 1984.
16. Методические указания к курсовому проектированию по курсу «Автоматизация проектирования РЭС».
17. Методические указания по выполнения практикума.
18. ГОСТ Р 50621-93
19. ГОСТ 23751-86