

Федеральное агентство по образованию Российской Федерации
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(Национальный исследовательский университет)
Высшая школа электроники и компьютерных наук
Кафедра «Конструирование и производство радиоаппаратуры»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ.
Заведующий кафедрой
Н.И. Войтович

« »

2017 года

Пульт выпрямителя для проверки импульсных трансформаторов

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ-11.03.03.2017.382.00.00 ПЗ ВКР

Консультанты:

Л.П. Кудрин

«__» _____ 2017 года

Руководитель проекта

Л.В. Малова

«__» _____ 2017 года

Автор проекта

студент группы КЭ-439

С.В. Каширина

«__» _____ 2017 года

Нормоконтролер

А.С. Городилов

«__» _____ 2017 года

Челябинск 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	6
1.1 ОБОСНОВАНИЕ СХЕМЫ С КОНСТРУКТОРСКОЙ ПОЗИЦИИ	6
1.2 РАЗРАБОТКА ПЕЧАТНОГО УЗЛА	7
1.2.1 Расчет основных элементов проводящего рисунка.....	7
1.2.2 Монтаж элементов на ПП.....	12
1.2.3 Электромонтаж.....	13
1.2.4 Создание библиотеки топологий ЭБ в Altium.....	14
1.2.5 Расчет надежности печатного узла.....	17
1.3 МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ПУЛЬТА	27
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	31
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	32
ПРИЛОЖЕНИЕ А. ПЕРЕЧЕНЬ ЭЛЕМЕНТОВ.....	33
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. СПЕЦИФИКАЦИЯ.....	34

					<i>11.03.03.2017.382.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						3
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

ВВЕДЕНИЕ

Целью данной работы является разработка печатного узла пульта выпрямителя для проверки импульсных трансформаторов и модернизация конструкции пульта.

Пульт входит в состав стенда, используемого для проверки трансформаторов, изготавливаемых на предприятии «Радий». Индивидуально пульт не выполняет никаких функций и работает лишь в общем стенде.

Контроль трансформатора является обязательным действием на производстве. Контроль изделия предполагает соответствие его техническим характеристикам.

Импульсные трансформаторы применяют с целью преобразования тока и напряжения импульсных сигналов, имеющих минимальные искажения, от первоначальной формы импульса на выходе.

Проверяемые трансформаторы активно используются на предприятии в различных изготавливаемых устройствах.

Пульт выпрямителя многофункционален, и принимает участие в проверке следующих видов трансформаторов: ТПр 55-27-200В; ТПр 56-27-200В; ТПр 57-27-200В; ТПр 58-27-200В; ТПр 59-27-200В; ТПр 60-27-200В. Данные трансформаторы отличаются друг от друга номинальным напряжением и током нагрузки.

Система для проверки трансформаторов сложная и состоит из нескольких пультов: пульт выпрямителя, пульт преобразователя и пульт нагрузки.

На рис. 1 приведен пример схемы стенда проверки импульсных трансформаторов, в который входит рассмотренный в данной работе пульт выпрямителя. В данном случае, проверяется трансформатор вида: ТПр-55-27-200В.

					<i>11.03.03.2017.382.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						4
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

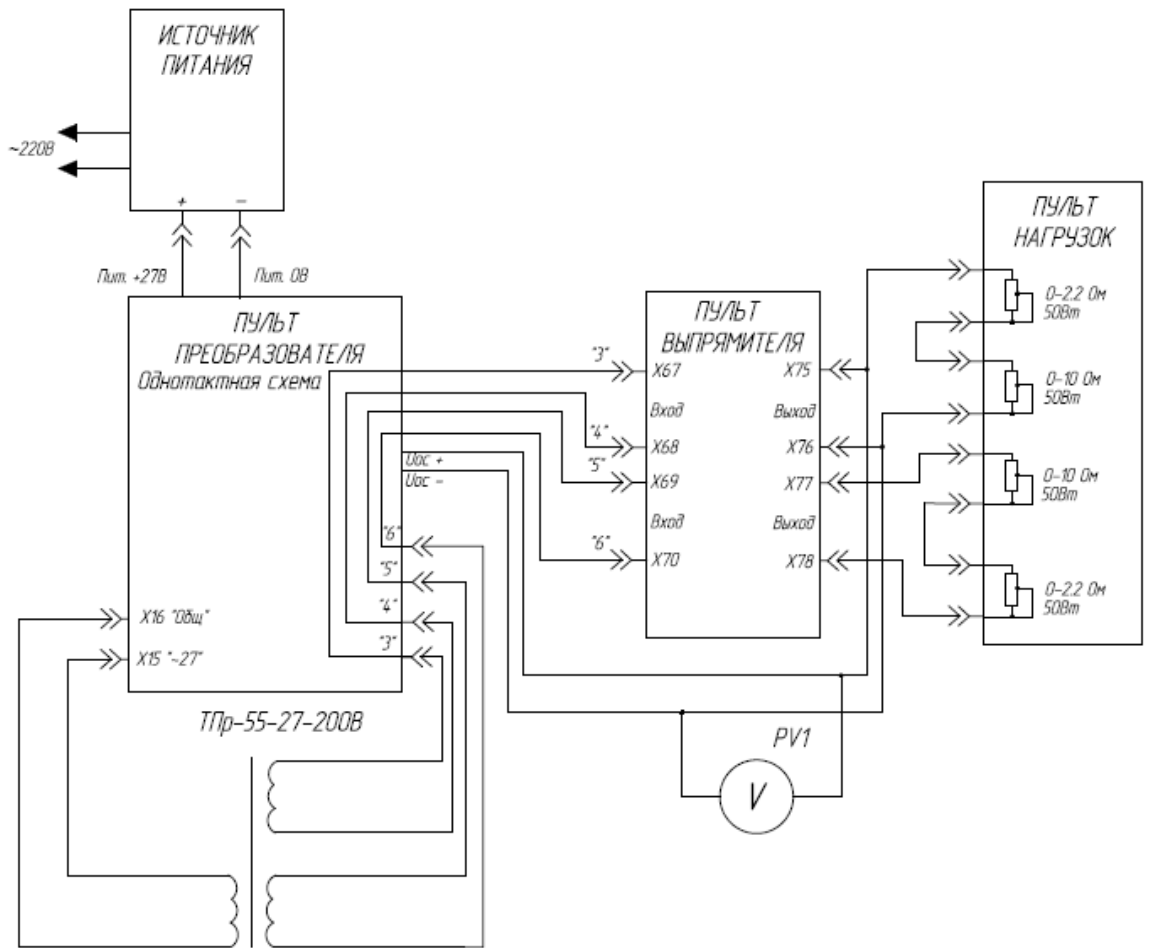


Рисунок 1 – Схема соединения пультов.

На основе данных, полученных при проведении испытаний на стенде, можно будет судить о работоспособности и правильности функционирования проверяемых трансформаторов.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

11.03.03.2017.382.00 ПЗ

Лист

5

1. КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1 Обоснование схемы с конструкторской позиции

Входными данными для работы являлись электрическая принципиальная схема и перечень элементов.

Все конструкторские документы – схемы соединений, чертежи печатных плат, перечни элементов, спецификации и т.д., разрабатываются на основе электрической принципиальной схемы.

Пульт выпрямителя предназначен для выпрямления выходного напряжения, которое подаётся с проверяемого трансформатора. Пульт разделён на несколько узлов. В зависимости от типа трансформатора выпрямительные узлы делятся на однотактные прямоходовые, однотактные обратходовые и двухтактные. Выбранное напряжение нагружается на сопротивление нагрузки. В случае, если проверяемый трансформатор не соответствует ТУ (меньшее (большее) количество витков, неверное направление намотки и т.д.), то это можно определить, при измерении напряжения на нагрузочных резисторах.

Выпрямительные узлы состоят из диодов и диодных сборок предназначенных для выпрямления входного напряжения.

На каждом выпрямительном узле есть условное обозначение максимального подаваемого напряжения и тока. Почти в каждом узле используются дроссели, которые вместе с конденсаторами образуют LC-фильтры для сглаживания выходного напряжения. Значения ёмкостей и индуктивностей подобраны исходя из особенностей магнитных характеристик каждого типа трансформатора. Значение всех составляющих элементов в узле образуют индивидуальные схемы выпрямления для каждого типа трансформатора.

					<i>11.03.03.2017.382.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						6
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

1.2 Разработка печатного узла

1.2.1 Расчет основных элементов проводящего рисунка

Двусторонняя печатная плата второго класса точности изготавливается из стеклотекстолита ILMFR4-1,5 18/18AUV комбинированным позитивным методом и имеет прямоугольную форму.

Выбор количества слоев и материала обусловлен технологическими возможностями предприятия.

Выбор второго класса точности печатной платы обусловлен технологией изготовления печатных плат на предприятии и тем, что поверхность разрабатываемой печатной платы будет иметь среднюю загруженность навесными элементами. Также данный класс точности облегчает трассировку проводников.

Монтажные отверстия, в которые устанавливаются выводы элементов, имеют круглую форму. Форма контактных площадок также выбрана круглой.

Размер печатной платы 290x230 мм и обусловлен размерами заданного стандартного корпуса пульты выпрямителя.

Рабочее напряжение платы 500 В, а значит, согласно ГОСТ 23751–86, табл. 2, толщина печатной платы будет равна 1,5 мм [3]. Такая толщина удовлетворяет механическим нагрузкам на плату и ее конструктивным особенностям.

Толщина основного металлического покрытия составляет 35 мкм.

Шаг координатной сетки был выбран 2,5 мм, исходя из того, что в основном элементы имеют шаг, кратный 2,5 мм.

Все элементы печатного узла имеют одностороннюю установку в отверстия, что было продиктовано предприятием.

					<i>11.03.03.2017.382.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						7
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Таблица 2 - Значения допустимых рабочих напряжений между элементами проводящего рисунка.

Расстояние между элементами проводящего рисунка, мм	Рабочее напряжение, В	
	Материал на основе бумаги	Материал на основе стеклоткани
От 0,05 до 0,075 включ.	-	10
Св. 0,075 » 0,1 »	-	15
» 0,1 » 0,2 »	-	25
» 0,2 » 0,3 »	-	50
» 0,3 » 0,4 »	75	150
» 0,4 » 0,5 »	150	200
» 0,5 » 0,75 »	250	350
» 0,75 » 1,5 »	350	500
» 1,5 » 2,5 »	500	650

Максимальный ток в цепях питания равен 8А.

Для минимального значения тока цепи возьмем наименьшие номинальные размеры элементов проводящего рисунка, соответствующие заданному классу точности печатной платы.

Так как печатная плата относится ко второму классу точности, то наименьшие значения размеров элементов проводящего рисунка будут равны значениям из таблицы табл. 3 [1].

Таблица 3 - наименьшие номинальные размеры элементов проводящего рисунка в зависимости от 2 класса точности.

Наименование параметра	Наименьшие номинальные значения размеров для класса точности
	2
Ширина проводника	0,45
Расстояние между проводниками, контактными площадками, проводником и контактной площадкой	0,45

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

11.03.03.2017.382.00 ПЗ

Лист

8

Продолжение таблицы 3.

Расстояние от края просверленного отверстия до края контактной площадки	0,20
Отношение диаметра металлизированного отверстия к толщине печатной платы	0,40

Для расчета диаметра металлизированного отверстия воспользуемся формулой:

$$d_{\min} = H \cdot \gamma, \quad (1)$$

где d_{\min} – диаметр металлизированного отверстия, мм;

H – толщина ПП, мм;

γ – отношение диаметра металлизированного отверстия к толщине печатной платы.

$$d_{\min} = H \cdot \gamma = 1,5 \cdot 0,40 = 0,60 \text{ мм}$$

Таким образом, нельзя будет использовать диаметры менее получившегося значения.

Для расчета минимальный диаметр металлизированного отверстия:

$$d = d_3 + (0,1 \dots 0,4), \quad (2)$$

где d_3 – максимальный диаметр вывода устанавливаемого электрорадиоэлемента.

На разрабатываемой печатной плате имеется 6 видов отверстий, минимальный диаметр металлизированного отверстия рассчитывается для каждого вида:

$$d_1 = 0,8 + 0,4 = 1,2 \text{ мм}$$

$$d_2 = 1,2 + 0,4 = 1,6 \text{ мм}$$

$$d_3 = 1 + 0,4 = 1,4 \text{ мм}$$

$$d_4 = 0,6 + 0,4 = 1 \text{ мм}$$

					<i>11.03.03.2017.382.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

Для расчета минимальной допустимой ширины проводников по постоянному току воспользуемся формулой:

$$t_{\min D} = \frac{I_{\max}}{j_{\text{доп}} \cdot h}, \quad (3)$$

где $t_{\min D}$ – минимально допустимая ширина проводника по постоянному току, мм;

I_{\max} – максимальный постоянный ток, А;

$j_{\text{доп}}$ – допустимая плотность тока, А/мм²;

h – толщина печатного проводника, мм.

Для комбинированного позитивного метода изготовления печатных плат, допустимая плотность тока медной фольги 100...250 А/мм².

Возьмем значение 100 А/мм².

$$t_{\min D} = \frac{I_{\max}}{j_{\text{доп}} \cdot h} = \frac{8}{100 \cdot 0,035} = 2,286 \text{ мм}$$

Для расчета минимального эффективного диаметра контактной площадки воспользуемся формулой:

$$D_{\min} = 2 \cdot \left(b_m + \frac{d_{\min} + \Delta d}{2} + \delta_o + \delta_6 + \delta_{\text{ш}} + \delta_9 + \frac{\delta_{\text{п}} + \delta_3}{2} \right), \quad (4)$$

где D_{\min} – минимальный эффективный диаметр контактной площадки, мм;

b_m – расстояние от края просверленного отверстия до края контактной площадки, мм;

d_{\min} – диаметр металлизированного отверстия, мм;

Δd – допуск на отверстие, мм;

δ_o – погрешность расположения отверстия относительно координатной сетки, мм;

δ_6 – погрешность базирования плат на сверлильном станке, мм;

$\delta_{\text{ш}}$ – погрешность расположения контактной площадки относительно координатной сетки, мм;

δ_9 – погрешность расположения контактной площадки при ее экспонировании, мм;

					<i>11.03.03.2017.382.00 ПЗ</i>	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$\delta_{\text{п}}$ – погрешность расположения базовых отверстий на фотошаблоне, мм;

δ_3 – погрешность расположения базовых отверстий на заготовке, мм.

Все значения погрешностей возьмем из табл. 4. Данная таблица взята из стандарта ГОСТ Р 53429-2009 [2].

Таблица 4 – Значения технологических погрешностей.

Наименование	Обозначение, величина, размерность
Погрешность расположения отверстия относительно координатной сетки, обусловленная точностью сверлильного станка	$\delta_o=0,06$ мм
Погрешность базирования плат на сверлильном станке	$\delta_6=0,02$ мм
Погрешность расположения контактных площадок на фотошаблоне	$\delta_{\text{ш}}=0,05$ мм
Погрешность расположения печатных элементов при экспонировании	$\delta_9=0,02$ мм
Погрешность расположения базовых отверстий на заготовке	$\delta_3=0,02$ мм
Погрешность расположения базовых отверстий на фотошаблоне	$\delta_{\text{п}}=0,03$ мм
Погрешность диаметра отверстия (биение и точность изготовления сверла)	$\Delta_d=0,02$ мм

$$\begin{aligned}
 D_{\min} &= 2 \cdot \left(b_m + \frac{d_{\min} + \Delta d}{2} + \delta_o + \delta_6 + \delta_{\text{ш}} + \delta_9 + \frac{\delta_{\text{п}} + \delta_3}{2} \right) = \\
 &= 2 \cdot \left(0,2 + \frac{0,6 + 0,02}{2} + 0,06 + 0,05 + 0,02 + \frac{0,03 + 0,02}{2} \right) = \\
 &= 2 \cdot (0,2 + 0,31 + 0,15 + 0,025) = 1,37 \text{ мм}
 \end{aligned}$$

Округлим значение до 1,4 мм

Для расчета наименьшего номинального расстояния между элементами проводящего рисунка воспользуемся формулой:

$$S = S_{\min D} + \Delta t_{\text{В.О}} + \frac{T1}{2}, \quad (5)$$

где $T1 = 0,1$ мм – позиционный допуск расположения печатных проводников.

$\Delta t_{\text{В.О}} = 0,1$ мм – верхнее предельное отклонение ширины проводника;

$S_{\min D} = 0,25$ мм – минимально допустимое расстояние между соседними элементами проводящего рисунка.

$$S = S_{\min D} + \Delta t_{B.O} + \frac{T1}{2} = 0,25 + 0,1 + 0,12 = 0,4 \text{ мм}$$

1.2.2 Монтаж элементов на ПП

На данном этапе подбираются варианты формовки выводов элементов и их установка на печатную плату.

В ГОСТ 29137-91 приведена таблица с вариантами установки и формовки выводов [4].

Конденсаторы К10-47 имеют цилиндрический корпус с двумя однонаправленными выводами и соответствуют типовому конструктивному исполнению под номером 18.

Конденсаторы К50-68 имеют каплевидный корпус с двумя однонаправленными выводами и соответствуют типовому конструктивному исполнению под номером 18.

Конденсатор К53-18 имеет цилиндрический корпус с двумя осевыми выводами и соответствует типовому конструктивному исполнению под номером 14.

Диодные сборки КД640ВС, КД272БС, КД269ЕС, КД272ЕС имеют прямоугольный корпус с тремя однонаправленными выводами и соответствуют типовому конструктивному исполнению под номером 19.

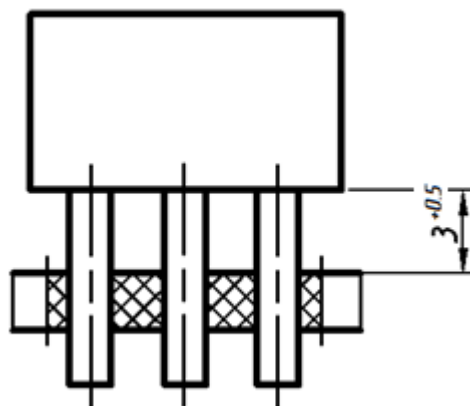


Рисунок 2 – Пример конструктивного исполнения под номером 19

Дроссели Д13 имеют прямоугольные корпуса с четырьмя однонаправленными выводами и соответствуют типовому конструктивному исполнению под номером 42.

Резисторы С2-33Н имеют цилиндрический корпус с двумя осевыми выводами и соответствуют типовому конструктивному исполнению под номером 14.

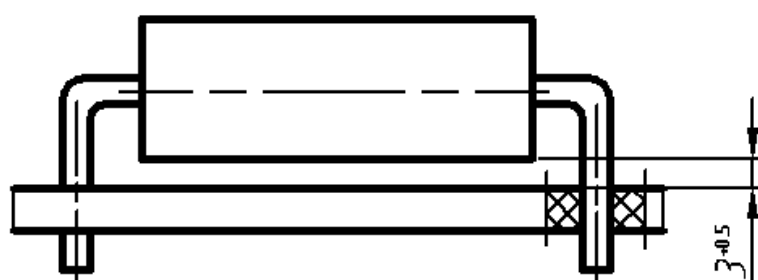


Рисунок 3 – Пример конструктивного исполнения под номером 14

Диоды КД272Г1, КД272Б1, КД272Е1, КД272Б имеют прямоугольный корпус с двумя однонаправленными выводами и соответствуют типовому конструктивному исполнению под номером 18.

Клеммы КП 1а устанавливается объемным монтажом на проводниках.

1.2.3 Электромонтаж

Для электромонтажа используются монтажные провода НВ-0,35, которые предназначены для работы под навесом и в закрытых помещениях.

Монтаж осуществляется пайкой, которая обеспечивает механически прочный и надежный электрический контакт. Провода припаиваются на плате к контактными лепесткам, а далее, согласно электрической принципиальной схеме, припаиваются к клеммам КП 1а, расположенным на крышке корпуса пульта. Технические требования к монтажу осуществляются согласно ГОСТ 23592-96 [6].

Для электрической изоляции используют термоусаживаемую трубку ТУТ 4/2 длиной 15 мм.

Электромонтажный чертеж выполняется согласно ГОСТ 2.413-72 [7]. В данной работе выполнение чертежа не предусматривается.

1.2.4 Создание библиотеки топологий ЭБ в Altium

Для оформления принципиальной электрической схемы и создания печатного узла была использована САПР Altium Designer16.

Программа является комплексом систем проектирования высокоскоростных электронных устройств и приборов, конструируемых на базе печатных плат.

Данный продукт был выбран для работы потому, что он уже был изучен мной в дисциплине «Программные средства». Опыт при выполнении практических работ в рамках этой дисциплины сильно помог мне при работе в Altium Designer16.

В программе была сформирована библиотека (*.SchLib) с условными графическими обозначениями (УГО), чтобы в дальнейшем оформить принципиальную электрическую схему (*.SchDoc). При создании УГО была использована ЕСКД.

					<i>11.03.03.2017.382.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>14</i>

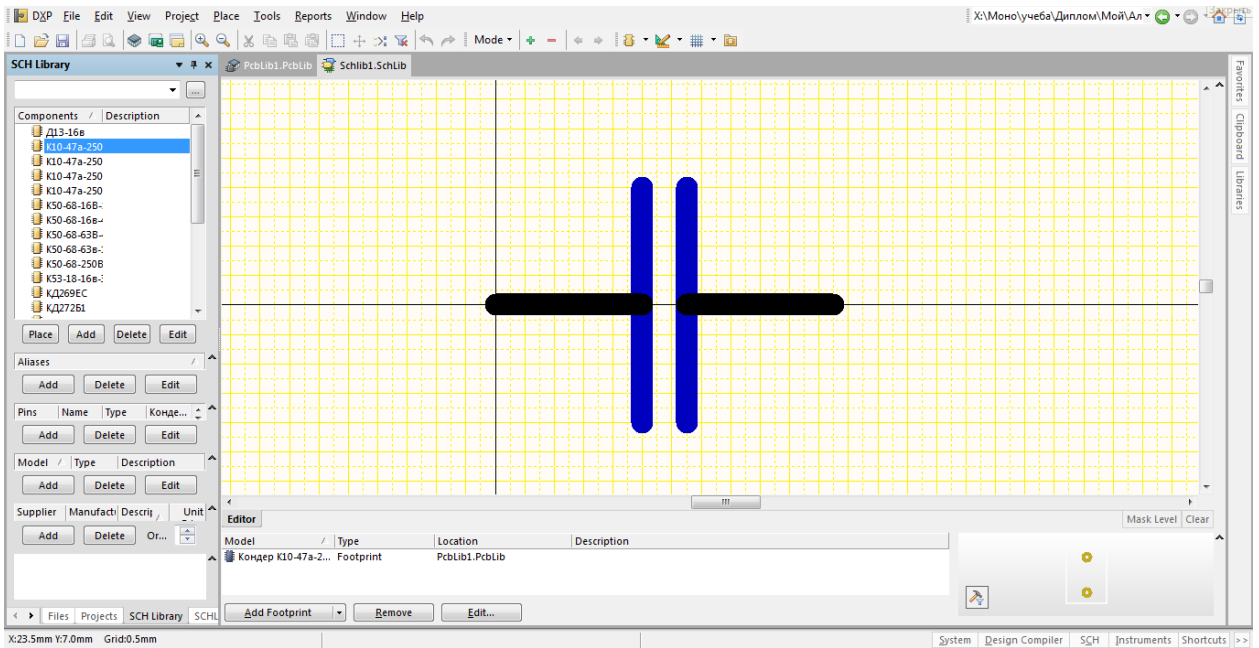


Рисунок 4 – Пример создания библиотеки с УГО в Altium Designer16

После создания библиотеки элементов, была оформлена электрическая принципиальная схема пульта. На рис. 5 изображено два выпрямительных узла из 23.

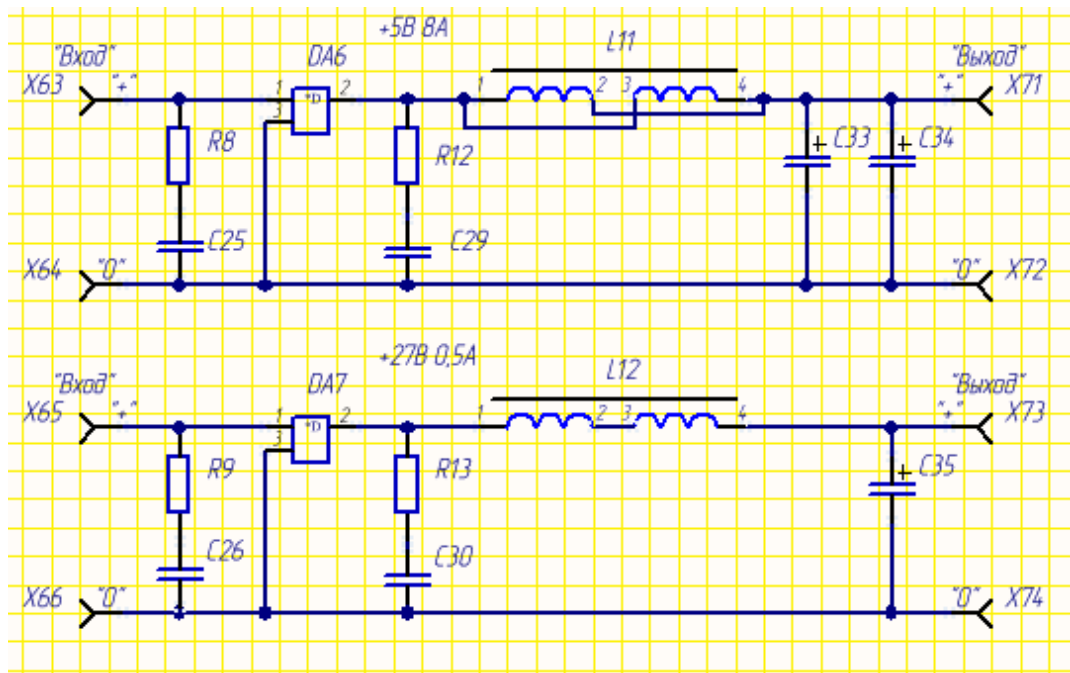


Рисунок 5 – Пример оформления электрической принципиальной схемы в Altium Designer16

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

11.03.03.2017.382.00 ПЗ

Лист

15

Для создания печатной платы, была оформлена библиотека (*.PcbLib) с посадочными местами элементов, представленных в принципиальной электрической схеме.

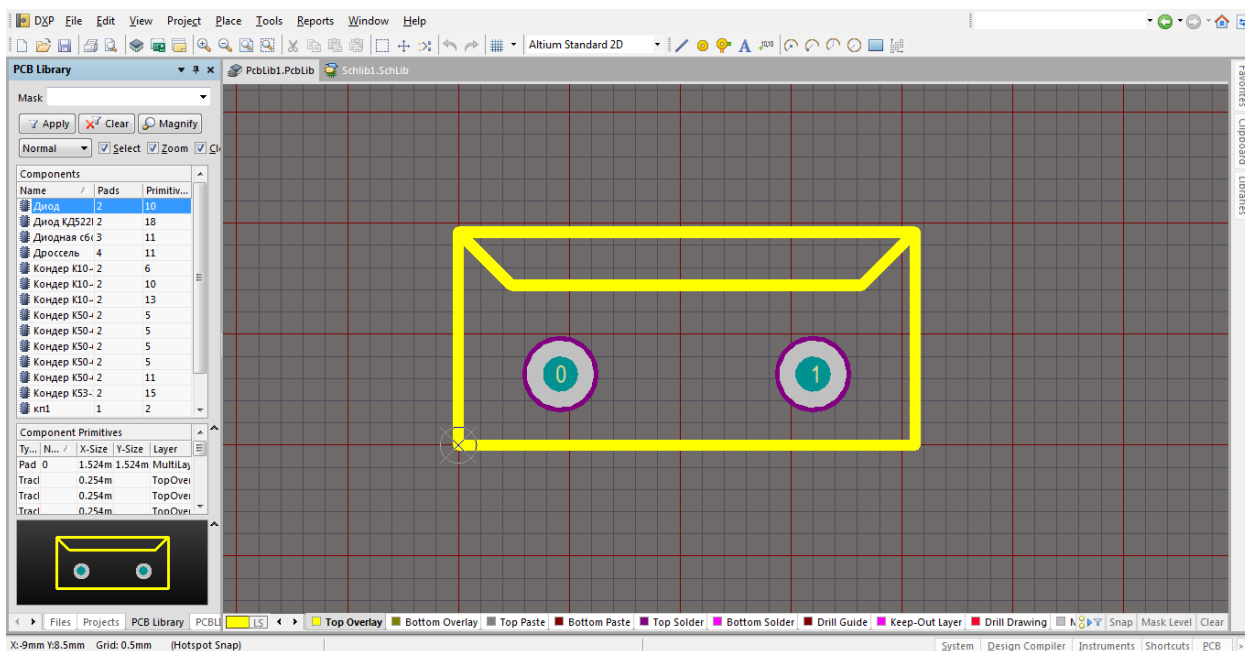


Рисунок 6 – Пример создания библиотеки с посадками элементов в Altium Designer16.

Далее компоненты были размещены на печатной плате (*.PcbDoc), согласно рассчитанным параметрам.

На рис. 7 изображена часть печатного узла, оформленного в САПР.

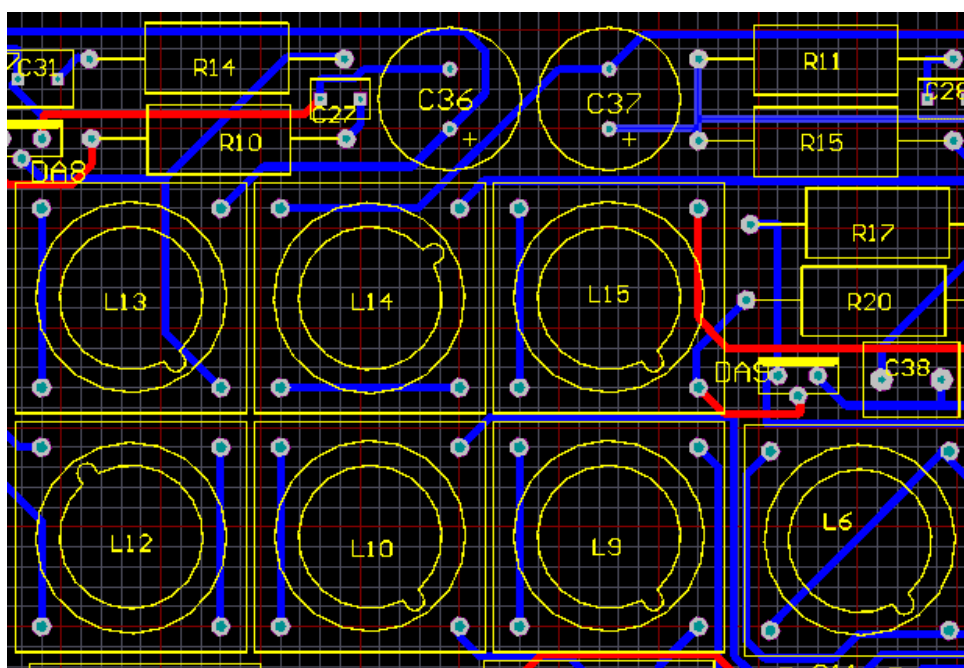


Рисунок 7 – Часть созданного печатного узла в Altium Designer16.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

11.03.03.2017.382.00 ПЗ

Лист

16

После создания библиотек, оформления принципиальной электрической схемы и создания печатного узла, получаем проект «Пульт», рис. 6.

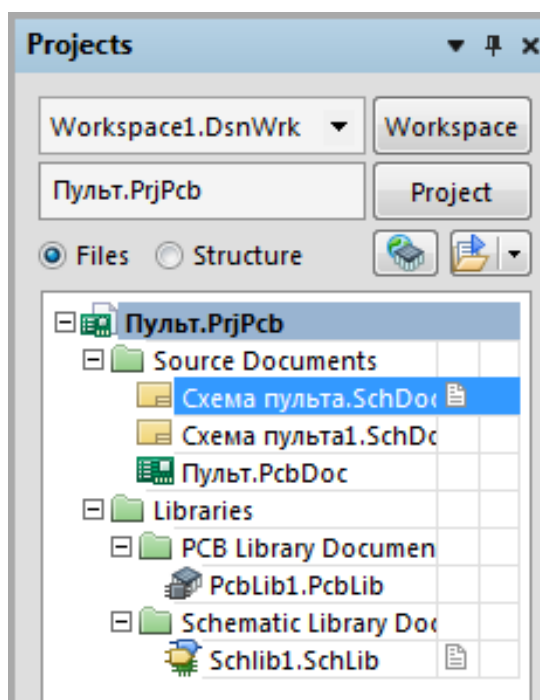


Рисунок 8 – Созданный проект в Altium Designer16.

1.3 Расчет надежности печатного узла

Для расчета надежности печатного узла используется справочник «Надежность ЭРИ» Прыткова С.Ф.[5]

Все значения параметров, необходимых для расчетов, берутся из таблиц данного справочника.

Значение коэффициента режима K_p будет определяться по таблице при температуре окружающей среды 25°C .

Значения электрической нагрузки примем:

для пассивных элементов - $K_H=0,6$;

для активных элементов - $K_H=0,8$.

Печатная плата:

$$\lambda_3 = \lambda_6 \cdot K_3 \cdot [N_1 \cdot K_c + N_2 \cdot (K_c + 13)], \quad (6)$$

где λ_3 - эксплуатационная интенсивность отказов соединителей, находящихся в режиме ожидания;

λ_6 - исходная (базовая) интенсивность отказов типа (группы) ЭРИ для усредненных режимов применения в аппаратуре группы, определяется по таблице 2, равна $0,0017 \cdot 10^{-6}$ 1/ч;

N_1 – количество сквозных отверстий, пропаянных волной, равно 0;

N_2 – количество сквозных отверстий, пропаянных ручной пайкой, равно 408;

K_3 – коэффициент жесткости условий эксплуатации для отдельных групп конденсаторов, определяется по таблице 4, равен 1;

K_c – коэффициент, зависящий от сложности (количества слоев в плате), определяется по таблице 3 и равен 1.

$$\begin{aligned} \lambda_3 &= \lambda_6 \cdot K_3 \cdot [N_1 \cdot K_c + N_2 \cdot (K_c + 13)] = \\ &= 0,0017 \cdot 10^{-6} \cdot 1 \cdot [0 \cdot 1 + 408 \cdot (1 + 13)] = 97,1 \cdot 10^{-9} 1 / \text{ч} \end{aligned}$$

					<i>11.03.03.2017.382.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

Конденсатор К50-68:

Относится к оксидно-электролитическими алюминиевыми.

Так как в справочнике есть базовое значение интенсивности отказа, то формула будет иметь вид:

$$\lambda_3 = \lambda'_6 \cdot K_p \cdot K_C \cdot K_{np} \cdot K_3, \quad (7)$$

где λ_3 - эксплуатационная интенсивность отказов соединителей;

λ'_6 - исходная (базовая) интенсивность отказов типа (группы) ЭРИ, определяется по таблице 7, равна $0,3 \cdot 10^{-6}$ 1/ч;

K_p - коэффициент режима, зависящий от электрической нагрузки и температуры окружающей среды, определяется по таблице 8, равен 0,33;

K_C - коэффициент, зависящий от величины номинальной емкости и математические модели его расчета для отдельных групп конденсаторов, определяется по таблице 10, равен 1;

K_{np} - коэффициент приемки, определяется по таблице 6, равен 1;

K_3 - коэффициент жесткости условий эксплуатации для отдельных групп конденсаторов, определяется по таблице 13, равен 1.

Рассчитаем эксплуатационную интенсивность отказов соединителей и умножим на количество элементов n:

$$\lambda_3 = n(\lambda'_6 \cdot K_p \cdot K_C \cdot K_{np} \cdot K_3) = 24 \cdot (0,3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,33 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1) = 237,6 \cdot 10^{-9} 1 / \text{ч}$$

Конденсатор К10-47:

Относится к керамическим.

Так как в справочнике есть базовое значение интенсивности отказа, то формула будет иметь вид:

$$\lambda_3 = \lambda'_6 \cdot K_p \cdot K_C \cdot K_{np} \cdot K_3, \quad (8)$$

					<i>11.03.03.2017.382.00 ПЗ</i>	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где λ_3 - эксплуатационная интенсивность отказов соединителей;

λ'_6 - исходная (базовая) интенсивность отказов типа (группы) ЭРИ, определяется по таблице 7, равна $0,03 \cdot 10^{-6}$ 1/ч;

K_p - коэффициент режима, зависящий от электрической нагрузки и температуры окружающей среды, определяется по таблице 8, равен 0,238;

K_c - коэффициент, зависящий от величины номинальной емкости и математические модели его расчета для отдельных групп конденсаторов, определяется по таблице 10, равен 1;

K_{np} - коэффициент приемки, определяется по таблице 6, равен 1;

K_3 - коэффициент жесткости условий эксплуатации для отдельных групп конденсаторов, определяется по таблице 13, равен 1.

Рассчитаем эксплуатационную интенсивность отказов соединителей и умножим на количество элементов n:

$$\lambda_3 = n(\lambda'_6 \cdot K_p \cdot K_c \cdot K_{np} \cdot K_3) = 23 \cdot (0,03 \cdot 10^{-6} \cdot 0,238 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1) = 164,2 \cdot 10^{-9} 1/ч$$

Конденсатор К53-18:

Относится к оксидно-электролитическими алюминиевыми.

Так как в справочнике есть базовое значение интенсивности отказа, то формула будет иметь вид:

$$\lambda_3 = \lambda'_6 \cdot K_p \cdot K_c \cdot K_{np} \cdot K_3, \quad (9)$$

где λ_3 - эксплуатационная интенсивность отказов соединителей;

λ'_6 - исходная (базовая) интенсивность отказов типа (группы) ЭРИ, определяется по таблице 7, равна $0,16 \cdot 10^{-6}$ 1/ч;

K_p - коэффициент режима, зависящий от электрической нагрузки и температуры окружающей среды, определяется по таблице 8, равен 0,33;

					<i>11.03.03.2017.382.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

K_c – коэффициент, зависящий от величины номинальной емкости и математические модели его расчета для отдельных групп конденсаторов, определяется по таблице 10, равен 1;

$K_{пр}$ - коэффициент приемки, определяется по таблице 6, равен 1;

K_3 – коэффициент жесткости условий эксплуатации для отдельных групп конденсаторов, определяется по таблице 13, равен 1.

Рассчитаем эксплуатационную интенсивность отказов соединителей и умножим на количество элементов n :

$$\lambda_3 = n(\lambda'_6 \cdot K_p \cdot K_C \cdot K_{пр} \cdot K_3) = 1 \cdot (0,16 \cdot 10^{-6} \cdot 0,33 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1) = 52,8 \cdot 10^{-9} 1/ч$$

Диодные сборки КД640ВС, КД272БС, КД269ЕС, КД272ЕС:

Относятся к кремниевым выпрямительным.

Так как в справочнике нет базового значения интенсивности отказа, то формула будет иметь вид:

$$\lambda_3 = \lambda'_{6.с.г} \cdot K_p \cdot K_{д.н} \cdot K_{\phi} \cdot K_{Sl} \cdot K_{пр} \cdot K_3, \quad (10)$$

где λ_3 - эксплуатационная интенсивность отказов соединителей, находящихся в режиме ожидания;

$\lambda'_{6.с.г}$ - исходная (базовая) интенсивность отказов типа (группы) ЭРИ, определяется по таблице 6, равна $0,009 \cdot 10^{-6}$ 1/ч;

K_p - коэффициент режима, зависящий от электрической нагрузки и температуры окружающей среды, определяется по таблице 8, равен 0,3552;

$K_{д.н}$ – коэффициент, зависящий от максимально допустимой, установленной в ТУ, электрической нагрузки, определяют по таблице 15, равен 0,2;

K_{ϕ} – коэффициент, зависящий от функционального назначения прибора, определяют по таблице 16, равен 1,5;

K_{s1} – коэффициент, зависящий от величины рабочего напряжения относительно максимально допустимого по ТУ, определяют по таблице 17, равен 0,75;

$K_{пр}$ - коэффициент приемки, определяется по таблице 6, равен 1;

K_3 – коэффициент жесткости условий эксплуатации для отдельных групп конденсаторов, определяется по таблице 20, равен 1.

Рассчитаем эксплуатационную интенсивность отказов соединителей и умножим на количество элементов n:

$$\begin{aligned}\lambda_3 &= n(\lambda'_{б.с.г} \cdot K_p \cdot K_{д.н} \cdot K_{ф} \cdot K_{s1} \cdot K_{пр} \cdot K_3) = \\ &= 11 \cdot (0,009 \cdot 10^{-6} \cdot 0,3552 \cdot 0,2 \cdot 1,5 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 1) = 7,91 \cdot 10^{-9} 1/ч\end{aligned}$$

Дроссель Д13:

Относится к дросселям фильтра.

Так как в справочнике есть базовое значение интенсивности отказа, то формула будет иметь вид:

$$\lambda_3 = \lambda'_6 \cdot K_p \cdot K_{пр} \cdot K_3, \quad (11)$$

где λ_3 - эксплуатационная интенсивность отказов соединителей, находящихся в режиме ожидания;

λ'_6 - исходная (базовая) интенсивность отказов типа (группы) ЭРИ, определяется по таблице 2, равна $0,0014 \cdot 10^{-6}$ 1/ч;

K_p - коэффициент режима, зависящий от электрической нагрузки и температуры окружающей среды, определяется по таблице 4, равен 0,5;

$K_{пр}$ - коэффициент приемки, определяется по таблице 2, равен 1;

K_3 – коэффициент жесткости условий эксплуатации для отдельных групп конденсаторов, определяется по таблице 6, равен 1.

Рассчитаем эксплуатационную интенсивность отказов соединителей и умножим на количество элементов n:

					<i>11.03.03.2017.382.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

$$\lambda_{\text{э}} = n(\lambda'_{\text{б}} \cdot K_{\text{р}} \cdot K_{\text{пр}} \cdot K_{\text{э}}) = 19 \cdot (0,0014 \cdot 10^{-6} \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 1) = 133 \cdot 10^{-9} 1/\text{ч}$$

Резистор С2-33Н-2:

Относится к постоянным непроволочным.

Так как в справочнике есть базовое значение интенсивности отказа, то формула будет иметь вид:

$$\lambda_{\text{э}} = \lambda'_{\text{б}} K_{\text{пр}} K_{\text{р}} K_{\text{э}} K_{\text{R}} K_{\text{M}} K_{\text{стаб}} \quad (12)$$

где $\lambda_{\text{э}}$ - эксплуатационная интенсивность отказов соединителей, находящихся в режиме ожидания;

$\lambda'_{\text{б}}$ - исходная (базовая) интенсивность отказов типа (группы) ЭРИ, определяется по таблице 6, равна $0,065 \cdot 10^{-6}$ 1/ч;

$K_{\text{пр}}$ - коэффициент приемки, определяется по таблице 5, равен 1;

$K_{\text{р}}$ - коэффициент режима, зависящий от электрической нагрузки и температуры окружающей среды, определяется по таблице 7, равен 0,65;

$K_{\text{э}}$ - коэффициент жесткости условий эксплуатации для отдельных групп конденсаторов, определяется по таблице 16, равен 1;

K_{R} - коэффициент, зависящий от величины номинального сопротивления для отдельных групп резисторов, определяется по таблице 9, равен 2;

K_{M} - коэффициент, зависящий от величины номинальной мощности для металлодиэлектрических резисторов и поглотителей, определяется по таблице 10, равен 1,5;

$K_{\text{стаб}}$ - коэффициент, зависящий от допуска, определяется по таблице 14, равен 1.

Рассчитаем эксплуатационную интенсивность отказов соединителей и умножим на количество элементов n :

$$\begin{aligned} \lambda_{\text{э}} &= n(\lambda'_{\text{б}} K_{\text{пр}} K_{\text{р}} K_{\text{э}} K_{\text{R}} K_{\text{M}} K_{\text{стаб}}) = \\ &= 24 \cdot (0,065 \cdot 10^{-6} \cdot 1 \cdot 0,65 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 1,5 \cdot 1) = 304,2 \cdot 10^{-9} 1/\text{ч} \end{aligned}$$

					<i>11.03.03.2017.382.00 ПЗ</i>	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Резистор С2-33Н-0,125:

Относится к постоянным непроволочным.

Так как в справочнике есть базовое значение интенсивности отказа, то формула будет иметь вид:

$$\lambda_{\text{э}} = \lambda'_{\text{б}} K_{\text{пр}} K_{\text{р}} K_{\text{э}} K_{\text{R}} K_{\text{M}} K_{\text{стаб}}, \quad (13)$$

где $\lambda_{\text{э}}$ - эксплуатационная интенсивность отказов соединителей, находящихся в режиме ожидания;

$\lambda'_{\text{б}}$ - исходная (базовая) интенсивность отказов типа (группы) ЭРИ, определяется по таблице 6, равна $0,065 \cdot 10^{-6}$ 1/ч;

$K_{\text{пр}}$ - коэффициент приемки, определяется по таблице 5, равен 1;

$K_{\text{р}}$ - коэффициент режима, зависящий от электрической нагрузки и температуры окружающей среды, определяется по таблице 7, равен 0,65;

$K_{\text{э}}$ - коэффициент жесткости условий эксплуатации для отдельных групп конденсаторов, определяется по таблице 16, равен 1;

K_{R} - коэффициент, зависящий от величины номинального сопротивления для отдельных групп резисторов, определяется по таблице 9, равен 2;

K_{M} - коэффициент, зависящий от величины номинальной мощности для металлодиэлектрических резисторов и поглотителей, определяется по таблице 10, равен 0,7;

$K_{\text{стаб}}$ - коэффициент, зависящий от допуска, определяется по таблице 14, равен 1.

Рассчитаем эксплуатационную интенсивность отказов соединителей и умножим на количество элементов n :

$$\begin{aligned} \lambda_{\text{э}} &= n(\lambda'_{\text{б}} K_{\text{пр}} K_{\text{р}} K_{\text{э}} K_{\text{R}} K_{\text{M}} K_{\text{стаб}}) = \\ &= 1 \cdot (0,065 \cdot 10^{-6} \cdot 1 \cdot 0,65 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 0,7 \cdot 1) = 59,15 \cdot 10^{-9} \text{ 1/ч} \end{aligned}$$

Диоды КД272Г1, КД272Б1, КД272Е1, КД272Б:

Относятся к кремниевым СВЧ.

Так как в справочнике нет базового значения интенсивности отказа, то формула будет иметь вид:

$$\lambda_{\text{э}} = \lambda'_{\text{б.с.г}} \cdot K_{\text{р}} \cdot K_{\text{д.н}} \cdot K_{\text{ф}} \cdot K_{\text{Sl}} \cdot K_{\text{пр}} \cdot K_{\text{э}}, \quad (14)$$

где $\lambda_{\text{э}}$ - эксплуатационная интенсивность отказов соединителей, находящихся в режиме ожидания;

$\lambda'_{\text{б.с.г}}$ - исходная (базовая) интенсивность отказов типа (группы) ЭРИ, определяется по таблице 6, равна $0,075 \cdot 10^{-6}$ 1/ч;

$K_{\text{р}}$ - коэффициент режима, зависящий от электрической нагрузки и температуры окружающей среды, определяется по таблице 8, равен 0,193;

$K_{\text{д.н}}$ - коэффициент, зависящий от максимально допустимой, установленной в ТУ, электрической нагрузки, определяют по таблице 15, равен 1;

$K_{\text{ф}}$ - коэффициент, зависящий от функционального назначения прибора, определяют по таблице 16, равен 1,5;

K_{Sl} - коэффициент, зависящий от величины рабочего напряжения относительно максимально допустимого по ТУ, определяют по таблице 17, равен 0,7;

$K_{\text{пр}}$ - коэффициент приемки, определяется по таблице 6, равен 1;

$K_{\text{э}}$ - коэффициент жесткости условий эксплуатации для отдельных групп конденсаторов, определяется по таблице 20, равен 1.

Рассчитаем эксплуатационную интенсивность отказов соединителей и умножим на количество элементов n :

$$\begin{aligned} \lambda_{\text{э}} &= n(\lambda'_{\text{б.с.г}} \cdot K_{\text{р}} \cdot K_{\text{д.н}} \cdot K_{\text{ф}} \cdot K_{\text{Sl}} \cdot K_{\text{пр}} \cdot K_{\text{э}}) = \\ &= 26 \cdot (0,075 \cdot 10^{-6} \cdot 0,193 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1) = 395,2 \cdot 10^{-9} 1 / \text{ч} \end{aligned}$$

					<i>11.03.03.2017.382.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

Клемма КП 1а:

Относится к малогабаритным низкочастотным цилиндрическим соединителям для объемного монтажа.

Так как в справочнике нет базового значения интенсивности отказа, то формула будет иметь вид:

$$\lambda_{\text{э}} = \lambda'_{\text{б.с.г}} K_{\text{р}} K_{\text{к.к}} K_{\text{к.с}} K_{\text{пр}} K_{\text{э}}, \quad (15)$$

где $\lambda_{\text{э}}$ - эксплуатационная интенсивность отказов, находящихся в режиме ожидания;

$\lambda'_{\text{б.с.г}}$ - исходная (базовая) интенсивность отказов типа (группы) ЭРИ, определяется по таблице 4 и равна $0,0007 \cdot 10^{-6}$ 1/ч;

$K_{\text{р}}$ - коэффициент режима, зависящий от электрической нагрузки и температуры, определяется по таблице 5, равен 0,78;

$K_{\text{к.к}}$ - коэффициент, зависящий от количества задействованных контактов, определяется по таблице 5, равен 1;

$K_{\text{к.с}}$ - коэффициент, зависящий от количества сочленений-расчленений, определяется по таблице 7, равен 0,32;

$K_{\text{э}}$ - коэффициент жесткости условий эксплуатации, определяется по таблице 10, равен 1;

$K_{\text{пр}}$ - коэффициент приемки, определяется по таблице 3, равен 1.

Рассчитаем эксплуатационную интенсивность отказов соединителей и умножим на количество элементов n:

$$\lambda_{\text{э}} = n(\lambda'_{\text{б.с.г}} K_{\text{р}} K_{\text{к.к}} K_{\text{к.с}} K_{\text{пр}} K_{\text{э}}) = 102 \cdot (0,0007 \cdot 10^{-6} \cdot 0,78 \cdot 1 \cdot 0,32 \cdot 1 \cdot 1) = 17,8 \cdot 10^{-6} 1/\text{ч}$$

					<i>11.03.03.2017.382.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

Расчет суммарной интенсивности отказа:

$$\Lambda = \sum_{i=1}^m \lambda_{\text{э}i}, \quad (16)$$

где Λ - суммарная интенсивность отказа.

$$\begin{aligned} \Lambda &= \sum_{i=1}^m \lambda_{\text{э}i} = \\ &= (97,1 + 237,6 + 164,2 + 52,8 + 7,91 + 133 + 304,2 + 59,15 + 395,2 + 17,8) \cdot 10^{-9} = \\ &= 1,57 \cdot 10^{-6} 1 / \text{ч} \end{aligned}$$

Расчет среднего времени безотказной работы:

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{\Lambda}, \quad (17)$$

где $T_{\text{ср}}$ – среднее время безотказной работы.

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{\Lambda} = \frac{1}{1,57 \cdot 10^{-6}} = 636\,943 \text{ ч}$$

					<i>11.03.03.2017.382.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						27
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

1.4 Модернизация конструкции пульта

К спроектированной печатной плате был дан прямоугольный стальной корпус настольного исполнения, стандартного типа, соответствующий правилам пожарной безопасности, установленным на заводе.

Крышка (передняя панель) корпуса представляла собой лист, отгибающийся с одной стороны, которая крепилась к основанию. Было принято решение сделать отбортовки со всех сторон, для увеличения жесткости корпуса. Недостаток был выявлен при использовании старых пультов.

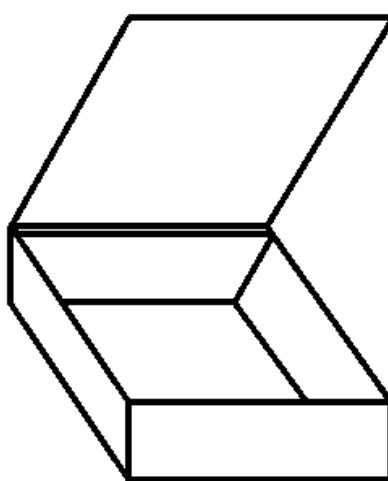


Рисунок 9 – Эскиз корпуса с крышкой без отбортовок

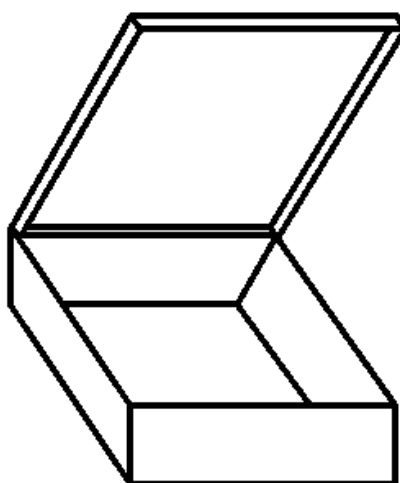


Рисунок 10 – Эскиз корпуса с крышкой с отбортовками

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

11.03.03.2017.382.00 ПЗ

Лист

28

При модернизации была введена лазерная гравировка. Исполнение гравировки таким образом является более дешевым, чем ручное исполнение.

На передней панели корпуса были сделаны отверстия под клеммы, для осуществления в дальнейшем электромонтажа.

Было решено применить удобные в использовании клеммы КП 1а, данными клеммами располагало предприятие.

Изображение клеммы представлено на рисунке 9.

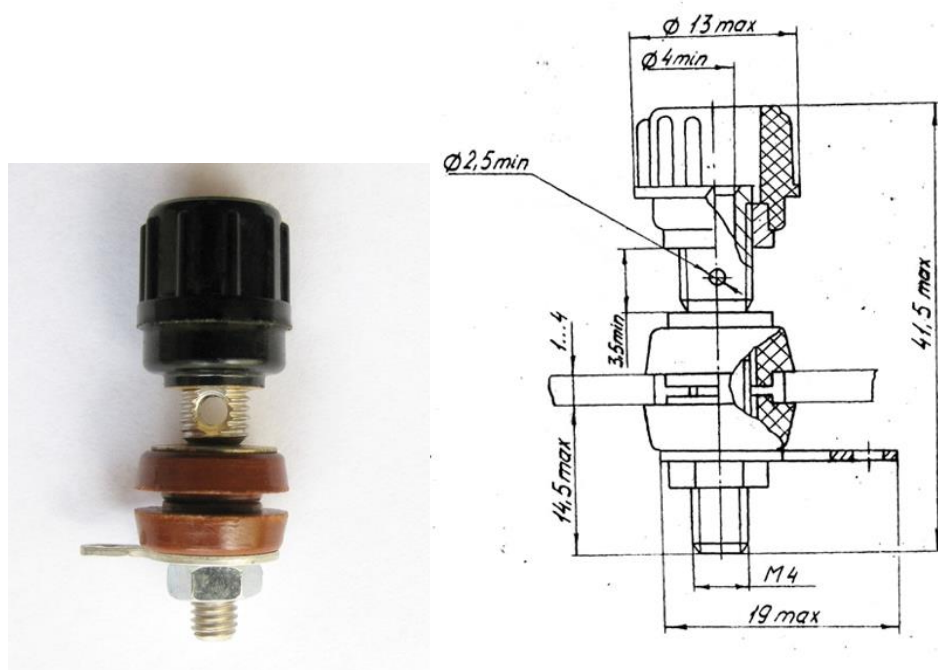


Рисунок 11 – Изображения приборной клеммы КП 1а

Соединение проводов на предприятии осуществлялось бандажом из ниток. При введении приборной клеммы были использованы монтажные провода НВ-0,35, соединенные стяжками, что сильно ускорило работу при монтаже.

Плата в корпус должна устанавливаться на специальные пластиковые стойки ШЛИГ.716621.002 изготовленные на предприятии. В основании корпуса были выполнены специальные выдавки с отверстиями, в которые защелкиваются данные стойки, а уже на них устанавливается плата.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

11.03.03.2017.382.00 ПЗ

Лист

29

Предприятием было оговорено заменить элементы крепления платы к корпусу пульта. Мной было принято решение использовать пластиковые стойки.

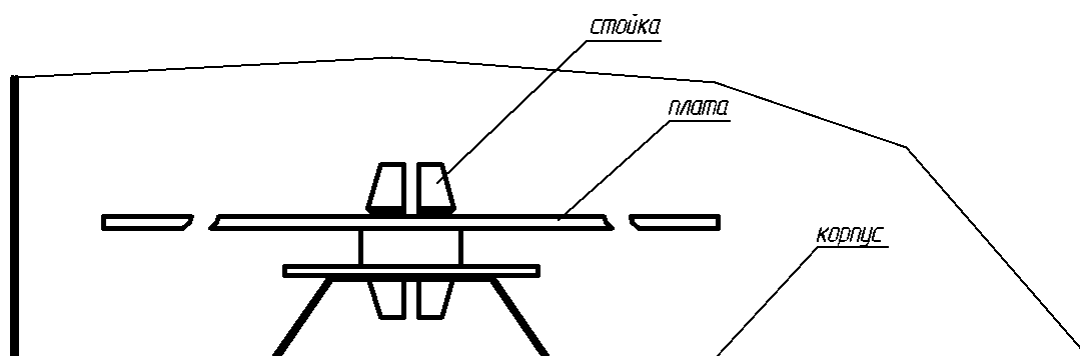


Рисунок 12 – Установка платы в корпус на пластиковых стойках.

Для изображения модели пульта была использована программа Autodesk Inventor. Я выбрала данную программу потому, что она была изучена в курсе лабораторных работ.

Все составные части конструкции пульта были созданы по-отдельности как «детали», а далее соединены в «сборку».

На рис. 13 изображено основание корпуса пульта.



Рисунок 13 – Основание корпуса, построенное в Autodesk Inventor.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выполнении выпускной квалификационной работы, был разработан печатный узел пульта выпрямителя для проверки импульсных трансформаторов, а также была модернизирована и доработана конструкция пульта.

В процессе разработки были рассчитаны необходимые параметры и расписан монтаж элементов на печатной плате.

Оформление электрической принципиальной схемы, создание библиотек элементов и печатного узла, было осуществлено в программе Altium Designer16.

Также был произведен расчет надежности печатного узла.

Внешний вид устройства был представлен в 3D виде при помощи программы Autodesk Inventor. Чертеж передней панели пульта был выполнен в программе AutoCAD 2014.

					<i>11.03.03.2017.382.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						<i>31</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пирогова Е.В. Проектирование и технология печатных плат, 2005. 260 с.
2. ГОСТ Р 53429–2009. Платы печатные. Основные параметры конструкции. – Москва Стандартинформ, 2010. – 12 с.
3. ГОСТ 23751–86. Платы печатные. Основные параметры конструкции. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1986. 14 с.
4. ГОСТ 29137–91. Формовка выводов и установка изделий электронной техники на печатные платы. Общие требования и нормы конструирования. – М.: ИПК издательство стандартов, 1991. 31 с.
5. Прытков, С.Ф. Надежность электрорадиоизделий: справочник/
С.Ф. Прытков.
6. ГОСТ 23592-96. Монтаж электрической радиоэлектронной аппаратуры и приборов. Общие требования к объемному монтажу изделий электронной техники и электротехнических, 2003. 6 с.
7. ГОСТ 2.413-72. ЕСКД. Правила выполнения конструкторской документации изделий, изготовляемых с применением электрического монтажа, 2011. 28 с.

					<i>11.03.03.2017.382.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		32