

Министерство образования и науки Российской Федерации
Муромский институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
**«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(МИ (филиал) ВлГУ)**

КОНСТРУИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО РАДИОАППАРАТУРЫ

Методические указания по выполнению лабораторных работ

для студентов образовательной программы
11.02.01 *Радиоаппаратостроение*

Текстовое электронное издание

Учебно-методический центр МИ (филиала) ВлГУ
Муром 2018

- © Федосеева Е.В.,
составление, 2018
- © Муромский институт (филиал) ФГБОУ ВПО
«Владимирский гос. ун-т», 2018

УДК 537.8
ББК 22.313+32.841

Составитель:

Федосеева Е.В., д.т.н., профессор кафедры радиотехники МИ (филиала) ВлГУ.

Ответственный за выпуск:

заведующий кафедрой радиотехники,

доктор технических наук, профессор Ромашов Владимир Викторович

Конструирование и производство радиоаппаратуры: Методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов образовательной программы 11.02.01 Радиоаппаратостроение /сост. Федосеева Е.В. [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые дан. (1,2 Мб). - Муром.: МИ (филиал) ВлГУ, 2018. - 1 электрон. опт. диск (CD-R). – Систем. требования: процессор x86 с тактовой частотой 500 МГц и выше; 512 Мб ОЗУ; Windows XP/7/8; видеокарта SVGA 1280x1024 High Color (32 bit); привод CD-ROM. - Загл. с экрана.

Методические указания содержат сведения, необходимые для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Основы конструирования и производства радиоаппаратуры» для студентов образовательной программы 11.02.01 Радиоаппаратостроение. Тематика работ направлена на приобретение студентами знаний и навыков, необходимых для освоения общепрофессиональных и специальных дисциплин.

Текстовое электронное издание

Минимальные системные требования:

Компьютер: процессор x86 с тактовой частотой 500 МГц и выше; ОЗУ 512 Мб;
10 Мб на жестком диске; видеокарта SVGA 1280x1024 High Color (32 bit);
привод CD-ROM

Операционная система: Windows XP/7/8

Программное обеспечение: Adobe Acrobat Reader версии 6 и старше.

© Федосеева Е.В., составление, 2018

© Муромский институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Владимирский гос. ун-т», 2018

Оглавление

Лабораторная работа №1 АНАЛИЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ УЗЛА РЭС, ПОДБОР ЭЛЕМЕНТОВ, СОСТАВЛЕНИЕ СПЕЦИФИКАЦИЙ УЗЛА РЭС	4
1.1 Цель работы	4
1.2 Основные теоретические сведения	4
1.3 Порядок выполнения работы	12
1.4 Содержание отчета	12
Лабораторная работа №2 РАЗРАБОТКА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ	13
2.1 Цель работы	13
2.2 Основные теоретические сведения	13
2.3 Порядок выполнения работы	22
2.4 Содержание отчета	23
Лабораторная работа №3 РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ПЕЧАТНОГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО УЗЛА МЭА. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ГИБРИДНО-ИНТЕГРАЛЬНОГО УЗЛА МЭА	24
3.1 Цель работы	24
3.2 Основные теоретические сведения	24
3.3 Порядок выполнения работы	30
3.4 Содержание отчета	30
Лабораторная работа №4 ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ ГЕРМЕТИЗАЦИИ УЗЛОВ РЭС	32
4.1 Цель работы	32
4.2 Основные теоретические сведения	32
4.3 Порядок выполнения работы	35
4.4 Содержание отчета	35
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	36

Лабораторная работа №1

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ УЗЛА РЭС, ПОДБОР ЭЛЕМЕНТОВ, СОСТАВЛЕНИЕ СПЕЦИФИКАЦИЙ УЗЛА РЭС

1.1 Цель работы

Изучение принципов и последовательности анализа технического задания и схемы электрической принципиальной при конструкторском проектировании РЭС, привитие навыков работы с нормативно-технической документацией, регламентирующей проектирование РЭС на основе печатного монтажа.

1.2 Основные теоретические сведения

Основными данными для конструирования любой радиоэлектронной аппаратуры (РЭС) являются техническое задание (ТЗ) и схема электрическая принципиальная (ЭЗ). Общие методические указания [1] по конструированию РЭС, начиная с ранних стадий анализа, нацелены на реализацию системного подхода к конструированию. В настоящих указаниях раскрыта методика конструкторского анализа технического задания и схемы электрической принципиальной. В результате анализа ТЗ уточняются и конкретизируются технические требования к конструкции изделия.

Конструкторский анализ исходных данных – начало творческой работы конструктора. На данном этапе конструктор должен представить себе первоначальный образ конструкции разрабатываемого изделия. Анализ рекомендуется выполнять в такой последовательности:

- произвести анализ требований ТЗ;
- выполнить анализ схем ЭЗ, уяснить принцип работы изделия;
- произвести анализ элементной базы;
- изучить конструкторские аналоги.

В результате анализа требований ТЗ должно быть конкретно установлено следующее:

- назначение изделия;
- место установки и условия эксплуатации;
- способы сочленения разрабатываемого изделия с объектом установки;
- требования к габаритам, массе, форме изделия;
- требования защиты от климатических воздействий,
- требования защиты от механических воздействий;
- требования обеспечения электромагнитной и тепловой совместимости;
- требования обеспечения ремонтпригодности;
- требования по обеспечению технологичности конструкции;
- требования обеспечения электрической прочности и техники безопасности;
- требования технической эстетики и эргономики;

экономические требования;
остальные требования, учитывающие конструктивные особенности изделия.

Анализ схемы электрической принципиальной. Его целесообразно проводить на уровне функциональной схемы. При этом удастся выделить функциональные узлы и устройства, которым в последующем можно придать конструктивную обособленность. При анализе ЭЗ целесообразно установить рабочие частоты, определить элементы и узлы, чувствительные к паразитным наводкам, которые, в свою очередь, могут являться источниками помех, а также сделать выводы о целесообразности экранирования. Необходимо уяснить, какие органы управления и индикации должны быть вынесены на лицевую панель, какие из элементов и приборов являются наиболее тяжелыми и требуют специального крепления, какие элементы являются теплонагруженными. Следует также определить, какими элементами внешней электрической связи изделие соединено с другими устройствами, установить наличие высоковольтных цепей, с тем чтобы, с одной стороны, обеспечить Электрическую прочность, а с другой – безопасность работы оператора. На основании выполненного анализа необходимо уяснить принцип работы конструируемого изделия.

Цель анализа элементной базы. Состоит в том, чтобы установить, соответствует ли элементная база заданным характеристикам конструируемого изделия при предусмотренных ТЗ условиях эксплуатации и, в случае несоответствия, предложить конструктивные методы обеспечения нормального функционирования изделия. При таком анализе производится также оценка схемной надежности. Сопоставление данных, полученных на основе анализа условий эксплуатации, с характеристиками ЭРЭ позволяет конструктору сделать обоснованные выводы.

Анализ конструкторских аналогов. В качестве конструкторских аналогов, в соответствии с ГОСТ 2.116-81, следует выбирать изделия, имеющие то же функциональное назначение, что и разрабатываемое. Как правило, конструкторские аналоги по параметрам должны соответствовать лучшим отечественным и зарубежным образцам.

Цель выполнения анализа конструктивных решений аналогов состоит в том, чтобы конструктор мог представить себе образ будущего изделия. Помимо этого, при выполнении такого анализа конструктор изучает наиболее удачные решения элементов и узлов, конструкции и технологию их изготовления с тем, чтобы использовать их в разрабатываемом изделии, обеспечивая тем самым преемственность конструкторской разработки. При изучении конструкций РЭС аналогичного назначения необходимо оценить внешнюю компоновку изделия с точки зрения обеспечения удобства работы оператора и выполнения требований технической эстетики. Следует изучить способы обеспечения ремонтпригодности, влагозащиты, в том числе методы защиты конструкционных материалов от коррозии, обеспечения теплового режима, установить особенности внутренней компоновки, крепления конструктивно-функциональных узлов на несущей конструкции, способы выполнения электрического монтажа, конструктивные методы обеспечения электромагнитной совместимости, защиты от механических воздействий.

В настоящее время актуальным является применение сквозных САПР, поэтому с ранних стадий анализа ТЗ можно приступать к автоматизации конструирования. Для автоматизации анализа ТЗ и дальнейшего конструирования РЭС с применением ЭВМ следует упорядочить и формализовать данные о назначении, конструктивно технических ограничениях и условиях эксплуатации изделия. Как справочные данные об аналогичных и стандартных конструкциях, так и данные для анализа, представляемые в ЭВМ в виде банков данных, должны быть с так называемым открытым доступом. Такая форма представления ТЗ и банков данных позволяет иметь гибкую систему автоматизированного конструирования в условиях быстро изменяющейся номенклатуры комплектующих элементов, новой элементной базы и т. п.

Обращение к банкам данных позволяет широкому кругу разработчиков конструкций РЭС пользоваться справочными или другими источниками информации.

Диалоговый режим работы конструктора, начатый на этапе анализа ТЗ, может быть продолжен на этапе синтеза конструктивных решений при обращении к проверочным программным модулям (оценки теплового режима, конструктивной надежности и т. п.). Завершающим звеном сквозной САПР могут быть автоматизированные рабочие места (АРМ) для выпуска конструкторской и технологической документации.

Анализ назначения изделия в целом интересует конструктора с точки зрения ограничений электрического, механического и информационного сопряжения с другими объектами и человеком. Уточняются и расширяются ограничения, которые должны обеспечить заданное функционирование изделия. Конструктивно-технологические ограничения на конструирование изделия могут быть заданы в соответствии со стандартами (например, ГОСТ 20504-81 и СТ СЭВ 3266-81), размерами аналогичной конструкции или специальными индивидуальными ограничениями. Если в ТЗ на конструкцию изделия ограничения указаны в соответствии со стандартами или аналогичной конструкцией, то набор возможных габаритных размеров для изделия может храниться в банке данных автоматизированной системы конструирования. Причем типоразмер модуля связан с определенными показателями качества, число которых можно ограничить и в самом простейшем случае свести к одному – главному или обобщенному. Окончательный выбор типоразмера модуля связан с решением оптимизационной задачи синтеза.

На стадии анализа ТЗ на основе уточненных данных о назначении конструкции изделия следует расширить сведения о механических, климатических и радиационных факторах внешней среды в соответствии с ГОСТ 21552-84, ГОСТ 15484-81, ГОСТ 18298-79, ГОСТ 14254-80.

Последующая стадия анализа предполагает условное разбиение изделия на подсистемы в соответствии с принятой конструктивной иерархией (рис. 1). Исходные данные на конструирование для каждого рассматриваемого уровня конструктивной иерархии РЭС определяются в соответствии с результатами разработки более высокого уровня. Причем, назначение, конструктивно-технологические ограничения и условия эксплуатации отдельных подсистем должны соответствовать требованиям ТЗ на конструкцию изделия в целом.

Используя модульный принцип, выполнить разбиение несложно. Однако правильность выполненного разбиения следует проверить на соответствие ТЗ. Следующий этап конструирования РЭС принято называть синтезом. Он выполняется методом агрегатирования подсистем (т. е. объединением) и оптимизацией конструктивных решений элементов конструкции.

Проверка конструктивного решения изделия начинается с согласования размеров подсистем. Размеры корпусов элементной базы известны из предыдущей стадии анализа. С учетом этих данных оценивают размеры платы, затем блока и изделия в целом. Для оценки размеров плат и блоков можно использовать рекомендации ОСТ 4ГО.010.009 1... 5, которые дают обобщенную информацию о размерах, электрических и механических связях между элементами на плате и в блоке. Дальнейшее согласование требований и конструктивных решений элементов выполняется в соответствии с показателями качества, технологичности, микроминиатюризации, конструктивной надежности, теплового режима, механических воздействий и т. п.

Каждое свойство изделия РЭС, его функциональный показатель имеют свой материальный эквивалент в виде массы, объема, площади, стоимости и т. д. [2]. Символически это можно выразить относительными показателями качества, например, по критерию массы $k_m = m / \Phi$, по критерию объема $k_V = V / \Phi$, по критерию площади $k_S = S / \Phi$, по критерию стоимости $k_C = C / \Phi$ и т. п., где m – масса, кг; V – объем, м³; S – площадь, м²; C – стоимость в руб.; Φ – функциональный показатель (быстродействие, разрядность и т. п.).

В технических требованиях к конструкции указывают в различной форме показатели качества. Часто масса изделия является критичной величиной, и в техническом задании указывают предельное ее значение или оговаривают, что $k_m \leq k_{m \text{ пред}}$.

Технологические показатели задаются в ТЗ. Например по ГОСТ 20397-82 для технических средств малых ЭВМ коэффициент применяемости $K_{ГР}$ должен быть не менее 40%. Причем конструируемые изделия в большинстве случаев должны соответствовать агрегатному принципу построения.

Изделия должны удовлетворять требованиям эргономики и технической эстетики. Рекомендуется использовать ГОСТ 24750-81, ГОСТ 12.2.032-78 и ГОСТ 12.3.033-84. Размеры шрифта надписей, наносимых на панели управления и сигнализации изделий, должны соответствовать ГОСТ 2930-62 или ГОСТ 26.020-80.

В требованиях на конструирование изделия РЭС указываются ограничения по устойчивости к внешним воздействующим факторам в соответствии с ГОСТ 15150-69, ГОСТ 17785-72, ГОСТ 17786-72, ГОСТ 16962-71, ГОСТ 21552-84. Требования к надежности на изделия конкретного вида указывают в соответствии с ГОСТ 20397-82.

Особого внимания в ТЗ на конструирование микроминиатюрной РЭС заслуживает показатель микроминиатюризации. Следует отметить, что показатель плотности упаковки (как отношение количества элементов к объему изделия) слабо характеризует качество конструктивной проработки устройства и оп-

ределяется в основном степенью интеграции использованных покупных элементов (ИМС, резисторов, конденсаторов и т. п.).

Целесообразно использовать два показателя плотности упаковки [3]:

отношение количества радиоэлементов $N_{ЭРЭ}$ к полезному объему V_{II} , в котором реализуются функции изделия, т. е. объем корпусов элементов схемы электрической принципиальной (ЭЗ):

$$k_1 = \frac{N_{ЭРЭ}}{V_{II}}, \quad (1.1)$$

отношение количества элементов к общему объему V_Y :

$$k_2 = \frac{N_{ЭРЭ}}{V_Y}. \quad (1.2)$$

Отношения (1.1) и (1.2) показывают, во сколько раз ухудшается показатель плотности упаковки из-за зазоров конструкций, плат, электрических соединителей и т. п.:

$$k_3 = \frac{k_1}{k_2} = \frac{V_{II}}{V_Y}. \quad (1.3)$$

Таким образом, коэффициент k_3 характеризует как бы меру дезинтеграции устройства, его называют коэффициентом заполнения объема радиоэлектронного устройства. Обратная ему величина

$$k_4 = \frac{1}{k_3} = \frac{V_Y}{V_{II}} \quad (1.4)$$

характеризует меру интеграции.

Если интегральные микросхемы (ИМС) и другие электрорадиоэлементы (ЭРЭ) являются 1-м конструктивным уровнем, а плата, кассета и т. п. – 2-м уровнем, то коэффициент заполнения объема для модуля 1-го уровня $k_{31} = 1$, а для 2-го уровня

$$k_{32} = \frac{\left(\sum_1^n N_q V_q \right)}{V_2}, \quad (1.5)$$

где N_q , – число корпусов элементов q -го типа в модуле 2-го уровня; V_q – объем корпуса элемента q -го типа ($q = 1, 2, \dots$, – номер типа корпуса); V_2 – объем модуля 2-го уровня.

Коэффициент заполнения объема для 3-го конструктивного уровня, состоящего из однотипных модулей (БНК или ТНК):

$$k_{33} = \frac{(n * V_2)}{V_3}, \quad (1.6)$$

где n – число модулей уровня 2, V_3 – объем модуля уровня 3.

Если модули различны по объему, то

$$k_{33} = \frac{\left(\sum_1^n V_2 \right)}{V_3}. \quad (1.7)$$

Коэффициент заполнения объема всего изделия РЭС определяется произведением

$$k_{3И} = \prod_N k_{3N}, \quad (1.8)$$

где N число конструктивных элементов различного уровня, входящих в изделие.

Величина k_3 лежит в пределах $0 \leq k_3 \leq 1$ и показывает, какую часть от общего объема прибора (стойки) составляет объем элементов, необходимых для изделия РЭС.

Значение критерия его можно выражать в процентах

$$k_{3И}(\%) = k_{3И} \times 100. \quad (1.9)$$

Из формулы (1.9) видно, что коэффициент заполнения объема радиоэлектронного устройства уменьшается с увеличением числа конструктивных уровней РЭС.

Уровень микроминиатюризации изделий целесообразно оценивать коэффициентами

$$k_V = \frac{(V_A - V_{И})}{V_A}, \quad k_m = \frac{(m_A - m_{И})}{m_A}, \quad (1.10)$$

где $V_{И}$ и $m_{И}$ – объем и масса проектируемого устройства; V_A и m_A – объем и масса аналога.

Или в процентах

$$k_V(\%) = k_V \times 100, \quad k_m(\%) = k_m \times 100. \quad (1.11)$$

В качестве аналога выбирается ближайший прототип того же функционального назначения в обычном (не в микроминиатюрном) исполнении.

Значения этих коэффициентов лежат в пределах

$$\begin{aligned} 0 \leq k_V \leq 1; \quad 0 \leq k_V(\%) \leq 100\%; \\ 0 \leq k_m \leq 1; \quad 0 \leq k_m(\%) \leq 100\%. \end{aligned} \quad (1.12)$$

При повышении качества устройства эти коэффициенты приближаются к единице (100%).

Анализ схемы электрической принципиальной. Одним из основных конструкторских документов на функциональный узел (ФУ) устройства РЭС является схема электрическая принципиальная (ЭЗ). Схема электрическая принципиальная определяет полный состав радиоэлементов ФУ и связи между ними. Она позволяет иметь полное представление о принципе работы ее и служит основанием для разработки других конструкторских документов (сборочный чертеж, чертеж для электромонтажа, схем соединений, чертежей печатных плат и т. д.). Эти схемы также используются для изучения принципов работы изделий при их наладке, контроле и ремонте.

На принципиальной схеме изображаются все устройства, необходимые для осуществления и контроля в изделии заданных электрических процессов, и все электрические связи между ними, а также электрические элементы (разъемы, зажимы и т. п.), которыми заканчиваются входные и выходные цепи.

При выборе ЭРЭ – конденсаторов, резисторов и др. прежде всего необходимо исходить из требований схемы и условий эксплуатации этих элементов. Для повышения надежности изделия ЭРЭ желательно ставить в режимы, обеспечивающие достаточный запас по рассеиваемой мощности и по напряжению не менее 50%.

Условия использования ЭРЭ в аппаратуре должны соответствовать техническим условиям на выбранный элемент. Относительно применения комплектующих ЭРЭ, установочных и др. деталей, следует придерживаться таких рекомендаций:

- применять ЭРЭ только серийного и массового производства, нормализованные или унифицированные;

- количество типонаименований ЭРЭ сводить к минимуму;

- не применять ЭРЭ, полупроводниковые приборы, микросхемы в условиях и режимах, превышающих установленные в ТУ.

При выборе ЭРЭ надо помнить о таких характеристиках, как надежность, стабильность, точность и стоимость.

Анализ схемы электрической принципиальной обязательно должен предшествовать компоновочным работам и рекомендуется проводить в следующей последовательности:

- уяснение назначения и функционирования схемы,

- сопоставление условий эксплуатации и технических условий на использование элементов базы,

- выделение наиболее критичных элементов по электромагнитной совместимости и тепловому режиму,

- анализ органов управления, индикации и присоединения,

- выделение модулей согласно функционально-узловому принципу, анализ связей между модулями,

- выявление установочных и присоединительных размеров элементной базы

Анализ назначения электрической принципиальной схемы конкретизирует электрические и технические параметры изделия, изучение особенностей функционирования ЭЗ, поясняет особенности связи проектируемого изделия с другими устройствами, модулями и человеком-оператором.

Сравнение условий эксплуатации изделия и технических условий на использование элементной базы начинается с конкретизации технических условий эксплуатации и ограничении их конструирования РЭС с заданными элементами по справочной литературе, например [3, 4]. Сравнение условий эксплуатации изделия и технических условий на использование элементной базы должно отразить основные направления конструирования РЭС в плане обеспечения нормальной работы ЭЗ. На этом этапе анализа необходимо указать возможные конструктивные решения по защите от климатических внешних воздействий.

Если техническими требованиями на проектируемое изделие задан температурный интервал работы устройства ($-50...+60$)°С, то без дополнительных мероприятий нельзя использовать элементы, способные удовлетворительно работать по своим техническим условиям в диапазоне температур ($-40...+70$)°С или ($-60...+50$) С. Более того, неправильным будет также использование элемента, который может эксплуатироваться в том же самом диапазоне температур ($-50...+60$)°С

Анализ ЭЗ и элементной базы с точки зрения обеспечения теплового режима выполняется в соответствии с исходными данными:

для блока – рассеиваемая мощность, допустимый перегрев нагретой зоны, удельная мощность нагретой зоны, давление окружающей среды;

для индивидуального элемента – рассеиваемая мощность, удельная мощность нагретой зоны, допустимая температура окружающей среды, максимально допустимое значение гидравлического сопротивления, требования к теплоносителю: удельное объемное сопротивление, тангенс угла диэлектрических потерь

Задача проектировщика на данном этапе анализа ЭЗ выявить наиболее критичные по электромагнитной совместимости (ЭМС) электромонтажные связи и определить элементы, которые могут быть источниками значительного количества тепла или обладать большой чувствительностью к перегреву

Анализ ЭЗ на ЭМС рекомендуется выполнять исходя из:

быстродействия или частоты полезного сигнала;

формы, вида сигнала;

числа связей, которые должны располагаться параллельно (например, в числе данных);

параметров возможных генераторов и приемников помех в ЭЗ;

возможных длин связей в пределах конструируемого изделия и вне его.

Такой анализ ЭЗ позволяет при конструировании электромонтажа рассчитать допустимые параметры электрических длинных и коротких линий. Пример анализа ЭЗ приведен в приложении.

Анализ органов управления, индикации и присоединения ЭЗ позволяет уточнить требования к конструкции РЭС в соответствии с основным назначением изделия [4]. При анализе органов управления и индикации следует изучить возможность применения новейших перспективных элементов управления и отображения. В последние годы достигнуты значительные успехи в результате использования в качестве устройств отображения алфавитно-цифровой и графической информации, применяемых в приборах индивидуального, группового и коллективного пользования, жидкокристаллических, полупроводниковых, газоразрядных, вакуумных, люминесцентных индикаторов.

В соответствии с ТЗ может возникнуть необходимость сравнить заданную надежность со схемной надежностью принципиальной схемы.

В проверочном расчете схемной надежности учитывается только количество и тип применяемых ЭРЭ.

1.3 Порядок выполнения работы

В процессе выполнения лабораторной работы необходимо осуществить анализ ТЗ и схемы электрической принципиальной в соответствии с индивидуальным заданием. Анализ выполняется в следующей последовательности:

- анализ требований ТЗ;
- анализ схем ЭЗ изделия;
- анализ элементной базы;
- изучение конструкторских аналогов.

1.4 Содержание отчета

В отчете по лабораторной работе должны содержаться выводы, следующие из результата анализа требований ТЗ и схемы электрической принципиальной на изделие:

- назначение изделия;
- место установки и условия эксплуатации;
- способы сочленения разрабатываемого изделия с объектом установки;
- требования к габаритам, массе, форме изделия;
- требования защиты от климатических воздействий,
- требования защиты от механических воздействий;
- требования обеспечения электромагнитной и тепловой совместимости;
- требования обеспечения ремонтпригодности;
- требования по обеспечению технологичности конструкции;
- требования обеспечения электрической прочности и техники безопасности;
- требования технической эстетики и эргономики;
- экономические требования;
- остальные требования, учитывающие конструктивные особенности изделия.

Лабораторная работа №2 РАЗРАБОТКА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

2.1 Цель работы

Изучение основных методов разработки конструкций печатных плат, привитие навыков работы с нормативно-технической документацией, регламентирующей проектирование и конструирование РЭС на основе печатного монтажа.

2.2 Основные теоретические сведения

2.2.1 Термины и определения

Плата печатная (ПП) является несущим элементом конструкции функционального узла и типового элемента замены (ТЭЗ), на которой размещаются дискретные электрорадиоэлементы (ЭРЭ), интегральные микросхемы (ИМС), разъемы и другие элементы конструкции.

Основные термины и определения по ПП и узлам, содержащими ПП с навесными элементами, устанавливаются ГОСТом 20406-75.

Печатная плата (ПП) - изоляционное основание с нанесенными на его поверхность плоскими печатными проводниками.

Односторонняя печатная плата (ОПП) - печатная плата, проводящий рисунок которой выполнен на одной стороне.

Двухсторонняя печатная плата (ДПП) - плата с печатными проводниками и элементами, расположенными с обеих сторон изоляционного основания.

Многослойная печатная плата (МПП) - плата, выполненная в виде изоляционного основания, на которое нанесены система печатных проводников, расположенных в несколько слоев и разделенных промежуточными изоляционными пленками.

Гибкая печатная плата (ГПП) - печатная плата, имеющая гибкое основание.

Печатный узел - печатная плата с закрепленными на ней ЭРЭ.

Печатный монтаж - система печатных проводников, обеспечивающих электрическое соединение элементов схемы или экранирование:

контактная площадка - токопроводящий участок, предназначенный для присоединения объемных проводников или выводов навесных элементов, при наличии монтажных отверстий это площадка, окружающая отверстие или прилегающая к ним, при отсутствии отверстия - площадка на конце проводника;

контактный переход (контактное отверстие) - токопроводящий участок, обеспечивающий электрический контакт между проводниками, находящимися на разных сторонах двухсторонней печатной платы или в разных слоях многослойной печатной платы;

монтажное отверстие - отверстие, предназначенное для закрепления выводов навесных элементов;

крепежное отверстие - отверстие; предназначенное для крепления платы в блоке или элементов на плате;

концевой контакт - контакт на краю платы, предназначенный для штекерного соединения с ответной частью соединителя (разъема);

координатная сетка - сетка определяющая положение контактных и монтажных отверстий, а так же печатных проводников и других элементов на изображении платы в прямоугольной или полярной системе координат;

шаг координатной сетки - постоянная величина определяющая расстояние между соседними линиями координатной сетки и кратность расстояний между монтажными отверстиями:

- для сетки в прямоугольной системе координат - линейный шаг, одинаковый по вертикали и горизонтали;

- для сетки в полярной системе координат - линейный шаг концентрических окружностей и угловой шаг радиальных линий;

- узел координатной сетки - точка пересечения линий координатной сетки.

Односторонние ПП характеризуются: повышенной точностью выполнения проводящего рисунка; отсутствием металлизированных отверстий; установкой ЭРЭ на поверхности ПП со стороны, противоположной стороне пайки, без дополнительного изоляционного покрытия; низкой стоимостью.

Двусторонние ПП без металлизации монтажных и переходных отверстий характеризуются: высокой точностью выполнения проводящего рисунка, использованием объемных металлических элементов конструкции (штыри, отрезки проволоки, арматура переходов и т.п.) для соединения элементов проводящего рисунка, расположенных на противоположных сторонах ПП, низкой стоимостью.

Двусторонние ПП с металлизированными монтажными и переходными отверстиями характеризуются: широкими коммутационными возможностями; повышенной прочностью сцепления выводов навесных ЭРЭ с проводящим рисунком платы; повышенной стоимостью по сравнению с ПП без гальванического соединения слоев.

Многослойные ПП с металлизацией сквозных отверстий характеризуются: хорошими коммутационными свойствами; наличием межслойных соединений, осуществляемых с помощью сквозных металлизированных отверстий, а в особых случаях с помощью переходных отверстий, соединяющих только внутренние слои; обязательным наличием контактных площадок на любом проводящем слое имеющим соединение с переходными отверстиями; низкой ремонтпригодностью; высокой помехозащищенностью электрических цепей; высокой стоимостью конструкции.

Гибкий печатный кабель характеризуется: высокой гибкостью; малыми толщинами; возможностью подключения к ПП без использования соединителей; использованием одно и двухсторонних тонких фольгированных диэлектриков на лавсановой и полиамидной основах.

2.2.2 Методы изготовления печатных плат

Различают два вида технологических процесса получения печатных проводников: субтрактивный и аддитивный. Субтрактивный процесс заключается в избирательном удалении участков проводящей фольги. Аддитивный процесс заключается в избирательном осаждении проводникового материала на нефольгированный материал основания.

Комбинированный метод изготовления основан на химико-гальваническом наращивании проводникового слоя на диэлектрической подложке с последующим химическим удалением ненужных участков. Различают два принципиально отличающихся способа: негативный и позитивный.

В негативном методе создаваемый защитный рельеф предохраняет фольгу при травлении, а в позитивном - при гальваническом осаждении.

При разработке новых изделий РЭА следует применять следующие методы изготовления печатных плат и ГПК:

- химический - для односторонних печатных плат и ГПК;
- комбинированный позитивный - для односторонних и двухсторонних ПП;
- электрохимический (полуаддитивный) - для двухсторонних печатных плат.

Типовые технологические процессы изготовления ПП и ГПК приведены в ОСТ 4.ГО.054.223.

2.2.3 Рекомендации по разработке конструкций печатных функциональных узлов

Разработка конструкции печатной платы, согласно ОСТ 4.010.022-85, рекомендуется проводить по следующим этапам:

1) Изучение технического задания на изделие, в состав которого входит разрабатываемый печатный узел (печатная плата). На этом этапе изучаются условия эксплуатации, транспортировки и хранения изделия. На основании чего определяется группа жесткости согласно ГОСТ 23752-79, которая предъявляет соответствующие требования к конструкции печатной платы, к используемому материалу основания и необходимости применения дополнительной защиты.

2) Выбор типа печатной платы (ОПП, ДПП, МПП) и класса точности печатной платы. При выборе типа печатной платы следует учитывать:

- возможность выполнения всех коммутационных соединений;
- техничко-экономические показатели;
- стоимость основного материала;
- возможность автоматизации процессов изготовления;
- контроля, диагностики, установки навесных изделий электронной техники (ИЭТ).

Класс точности печатной платы согласно ГОСТ 23751-86 (или приложение 1 к ОСТ 4.010.022-86) обеспечивается применением определенных средств технического оснащения (технологического оборудования определенной точности) и вспомогательных материалов.

Печатные платы 1 и 2 классов точности наиболее просты в изготовлении, надежны в эксплуатации и имеют минимальную стоимость; 3 класс - требуют использования высококачественных материалов, более точного инструмента и

оборудования; 4 и 5 классов - специальных материалов прецизионного оборудования, особых условий для изготовления.

Область применения классов точности:

1 и 2 классы - для печатных плат (ПП) с дискретными ЭРЭ при малой и средней насыщенности поверхности ПП навесными элементами;

3 класс - для ПП с микросборками и микросхемами, имеющими штыревые и планарные выводы, а так же с безвыводными ЭРЭ при средней и высокой насыщенности поверхности ПП навесными элементами;

4 класс - для ПП с микросхемами, имеющими штыревые и планарные выводы, а так же с безвыводными ЭРЭ при высокой насыщенности поверхности ПП навесными элементами.

Платы всех размеров рекомендуется выполнять с плотностью проводящего рисунка, соответствующей 1 классу.

Плотность проводящего рисунка, соответствующую 2 классу, допускается использовать на платах с размерами до 170x240 мм.

Плотность проводящего рисунка, соответствующую 3 классу, допускается использовать на платах с размерами до 170x150 мм.

В технически обоснованных случаях на платах большего размера допускается использование плотности проводящего рисунка, соответствующего 2 и 3 классам.

Плотность проводящего рисунка ГПК определяется шагом расположения печатных проводников, который рекомендуется выбирать равным 1,25 и 2,50 мм.

3) Выбор размеров, конфигурации и мест крепления печатной платы. Размеры сторон печатной платы должны соответствовать ГОСТ 10317-79. Рекомендуется разрабатывать печатные платы прямоугольной конфигурации, другая конфигурация должна применяться в технически обоснованных случаях. Места крепления (расположение крепежных отверстий) определяются местом установки печатной платы.

Определение размеров печатной платы производится, исходя из необходимой площади для размещения навесных элементов или из площади необходимой для размещения печатных проводников. Если при выбранной односторонней печатной плате, площадь необходимая для размещения навесных элементов значительно меньше площади необходимой для размещения печатных проводников, то необходимо перейти к двухстороннему или многослойному печатному монтажу.

Толщина основания печатной платы определяется в зависимости от механических нагрузок на печатную плату и ее конструктивных особенностей. Выбор толщины печатных плат необходимо увязывать с диаметром применяемых металлизированных отверстий, так, чтобы отношение диаметра отверстия и толщина печатной платы была в пределах требований ГОСТ 23751-86.

4) Выбор материала основания печатной платы проводят с учетом обеспечения физико-механических и электрических параметров печатных плат, стойкости к действию механических нагрузок, климатических факторов и химических агрессивных сред. Материалы для печатных плат выбирают по ГОСТ 10316-78. Марки материалов отсутствующие в ГОСТ 10316-78 и рекомендуе-

мые для изготовления печатных плат приведены в Приложении 1 и ОСТ 4.010.022-85.

Для печатных плат, предназначенных для эксплуатации в условиях 1 и 2 групп жесткости по ГОСТ 23752-79, рекомендуется применять материалы на основе бумаги (гетинаксы), для 3 и 4 групп жесткости - на основе стеклоткани (стеклотекстолиты).

5) Выбор конструктивного покрытия. Для защиты печатной платы от внешних воздействий применяют металлические покрытия печатных проводников (по ОСТ 4 ГО.014.000) и защиты поверхности печатной платы и проводников от воздействия припоя используют покрытия на основе эпоксидных смол, лаков и т.п.

6) Размещение навесных изделий электронной техники (ИЭТ) должно обеспечивать их взаимное рациональное расположение, обеспечивающие наиболее простую трассировку и исключаящее взаимное влияние на электрические параметры; обеспечивающие технологические требования (по сборке, пайке, установке); обеспечивающее высокую надежность, малые габаритные размеры, массу, теплоотвод, ремонтпригодность.

Вариант установки навесных ИЭТ при их размещении выбирают в соответствии с ОСТ 4. ГО.010.030-81, ОСТ 4.ГО.010.009.84 и ОСТ 4.091.124-79.

7) Выбор, размещение и расчет элементов конструкции (печатных проводников, контактных площадок, экранов отверстий и др.) печатной платы необходимо проводить в соответствии с ОСТ 4.010.022.85 (Можно пользоваться рекомендациями ОСТ 4.010.019-81, ОСТ 4 ГО.010.209-77).

2.2..4 Габаритные размеры, размеры и расположение отверстий

Размеры ПП следует выбирать по ГОСТ 10317-79. Максимальные размеры ГПК не должны быть более 150x400 мм. В зависимости от механических требований и метода изготовления номинальный размер толщины ПП следует выбирать равным 0,8; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0. Толщина ГПП выбирается в пределах от 0,1 до 0,5 мм, а ГПК в пределах от 0,06 до 0,30 мм.

Центры монтажных отверстий должны располагаться в узлах координатной сетки. Центры отверстий под неформуемые выводы многовыводных навесных элементов, расположенные с шагом не кратным шагу координатной сетки, располагают по следующим правилам:

- если в конструкции навесного элемента имеются два и более выводов, расстояние между которыми кратны шагу координатной сетки, то центры отверстий под эти выводы обязательно располагать в узлах сетки, а центры отверстий под остальные выводы располагать согласно чертежу на данный элемент;

- если в конструкции элемента не имеется выводов, расстояние между которыми кратны шагу координатной сетки, то в узле сетки следует располагать центр одного из отверстий, принятого за основное, а центры остальных отверстий располагать на вертикальных или горизонтальных линиях координатной сетки, если это допускает расположение выводов элемента.

Центры крепежных и других конструктивных отверстий рекомендуется располагать в узлах координатной сетки.

Диаметры монтажных и переходных металлизированных и неметаллизированных отверстий следует выбирать в соответствии с Табл.2.1.

Применение отверстий различных диаметров на одной ПП следует ограничивать. Не рекомендуется применять более трех диаметров металлизированных монтажных и переходных отверстий. При этом допускается установка выводов навесных элементов в отверстия большего диаметра. Разница между диаметром вывода и диаметром металлизированного отверстия рекомендуется не более: 0,4 мм - для выводов диаметром 0,4; 0,6; 0,8 мм 0,6 мм - для выводов диаметром 1,0; 1,2; 1,7 мм и более.

Отверстия на плате должны располагаться таким образом, чтобы расстояние между их краями (без учета зенковки) было не менее толщины платы, но не менее 1 мм для плат толщиной менее 1 мм и для ГПК.

Таблица 2.1

Диаметры монтажных и переходных отверстий

Диаметр вывода навесного элемента	–	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	1,7
Номинальный диаметр монтажного неметаллизированного отверстия	–	0,7	0,9	1,1	1,4	1,6	1,9	2,1
Номинальный диаметр металлизированного отверстия с учетом металлизации	0,4	0,6	0,8	1,0	1,3	1,5	1,8	2,0

2.2.5 Размеры и расположение проводников

Минимально допустимые значения проводников и расстояний между ними приведены в Таблице 2.2.

Таблица 2.2

Минимальные значения основных параметров печатных плат и ГПК

Конструктивные параметры элемента печатной платы и номинальный размер для класса точности	1 класс	2 класс	3 класс	4 класс
Минимальная ширина проводников, t, мм	0,6	0,45	0,25	0,15
Минимальное расстояние между проводниками, S, мм	0,6	0,45	0,25	0,15
Гарантированная ширина пояска в наружном слое, b, мм	0,3	0,2	0,1	0,05
Гарантированная ширина пояска во внутреннем слое g, мм	0,15	0,10	0,05	0,03
Отношение диаметра металлизированного отверстия к толщине платы, k	0,5	0,5	0,33	0,33

Печатные проводники рекомендуется выполнять одинаковой ширины на всем их протяжении. Для прохождения узкого места следует сужать проводник до минимально допустимых значений его ширины на возможно меньшей длине. В свободных местах не рекомендуется применять минимальную ширину проводников.

Взаимное расположение проводников не регламентируется, но при этом рекомендуется:

- равномерно распределять проводники по ПП;
- размещать проводники на соседних и противоположных слоях платы во взаимно перпендикулярных направлениях;
- не размещать проводники на минимально допустимом расстоянии для других печатных элементов, если это расстояние может быть увеличено;
- в узком месте выбирать направление прокладки проводника перпендикулярным оси, соединяющей центры двух отверстий, определяющих узкое место.

Элементы проводящего рисунка следует располагать от края платы, неметаллизированного отверстия, паза и т.п. на расстоянии, равном номинальной толщине платы, для плат толщиной менее 1 мм и для ГПК - на расстоянии не менее 1 мм.

Печатные проводники рекомендуется располагать параллельно или под углом кратным 15° к линиям координатной сетки. Оси печатных проводников рекомендуется совмещать с линиями координатной сетки.

Проводники шириной более 3 мм выполнять по правилам выполнения экранов. Экраны наружных и внутренних слоев следует выполнять с вырезами. Площадь вырезов в экранах внутренних слоев МПП не должна составлять менее 50 % общей площади слоя. Вырезы в экранах могут иметь щелевидную или прямоугольную форму, форму овала, круга или сетки. Для внутренних экранов предпочтительной является форма сетки. На экранах наружных или внутренних слоев при попадании в зону экрана отверстия, электрически с ним не связанного, следует сделать вокруг него кольцевой или прямоугольный вырез.

1.6 Рекомендации по оформлению конструкторской документации на печатные платы и сборочные чертежи

Оформление конструкторской документации проводят в соответствии с ГОСТ 2.109-73; ГОСТ 2.302-69; ГОСТ 2.417-78, ОСТ 4.ГО.010.209 и требований других стандартов ЕСКД.

Чертеж ОПП и ДПП имеет наименование "Плата печатная" ему присваивается класс XX7.102... Чертеж ГПК имеет наименование "Кабель печатный гибкий" ему присваивается класс XX6...

Чертеж МПП имеет наименование "Плата многослойная. Сборочный чертеж", ему присваивается класс XX6...

Оформление чертежей на ПП проводят в соответствии с ГОСТ 2.417-78. Чертежи ПП выполняют в масштабе 4:1; 2:1; 1:1, на нем изображают основные проекции с печатными проводниками и отверстиями. Допускается приводить дополнительные виды с частичным изображением рисунка. Чертеж слоя МПП помещают на отдельном листе и проставляют габаритные размеры. Рекомендуемые масштабы 1:1; 2:1; 4:1; 5:1; 10:1.

Выполнение сборочных чертежей разрабатываемых функциональных узлов производится в соответствии с ГОСТ 2.414-72. Сборочный чертеж именуется, например, "Усилитель ВЧ. Сборочный чертеж". Рекомендуемый состав и последовательность записи технических требований сборочного чертежа приведены в ОСТ 4 ГО.010.030.

На чертеже ПП наносят координатную сетку линиями толщиной 0,2... 0,5 мм в соответствии с выбранным шагом и масштабом. Линии координатной сетки относительно нулевой нумеруются через один или несколько шагов (но не более пяти) цифрами. Допускается простановка номеров линий по четырем сторонам чертежа платы. Шаг координатной сетки в прямоугольной системе координат по ГОСТ 10317-79 основной - 2,50 мм, дополнительный - 1,25 и 0,625 мм. За ноль в прямоугольной системе координат на главном виде ПП следует принимать:

- центр крайнего левого нижнего отверстия, находящегося на поле платы, в том числе и технологического;
- левый нижний угол ПП;
- левую нижнюю точку, образованную линиями построения сторон ПП.

Размеры на чертеже ПП должны указываться одним из следующих способов:

- в соответствии с требованиями ГОСТ 2.307-68;
- нанесением координатной сетки в прямоугольной системе координат;
- нанесением координатной сетки в полярной системе координат;
- комбинированным способом с помощью размерных и выносных линий и координатной сетки в прямоугольной или полярной системе координат.

Проводники на чертеже должны изображаться одной линией, являющейся осью симметрии проводника.

Проводники, ширина которых на чертеже менее 2 мм, изображаются сплошной линией, равной двум толщинам контурных линий. Проводники, экраны и другие элементы, ширина которых более 2 мм необходимо штриховать под углом 45°. Проводники шириной более 2,5 мм могут изображаться двумя линиями, если они совпадают с линиями координатной сетки. При изображении проводников рекомендуется по возможности избегать острых углов около контактных площадок.

Контактную площадку под первый вывод многовыводного элемента следует выполнять отличной от остальных.

Те участки на ПП, которые не допускаются занимать проводниками и контактными площадками необходимо обводить штрих пунктирной утолщенной линией. Размеры участков определяются по координатной сетке и должны быть проставлены на чертеже.

Отверстия, близкие по диаметру (например, 0,6 и 0,8 мм или 1,3 и 1,5 мм), рекомендуется изображать окружностью одного диаметра с обязательным показом условного обозначения диаметра отверстия. Рекомендуемые условные обозначения диаметров отверстий приведены в Таблице 2.3. Допускаются другие формы условных обозначений.

Таблица 2.3

Условные обозначения диаметров отверстий

Диаметр, мм	0,4	0,6	0,8	1,0	1,3	1,5	1,8	2,0
Условное обозначение отверстий								

Диаметр отверстий, его условное обозначение, диаметр контактной площадки, наличие металлизации, количество отверстий рекомендуется объединять в таблицу (см. Таблицу 2.4).

На свободном месте платы следует наносить маркировку (условный шифр или обозначение платы), дату изготовления, штамп ОТК и другие обозначения.

Таблица 2.4

Характеристики отверстий на плате

Условное обозначение отверстия	Диаметр отверстия, мм	Номинальный диаметр контактной площадки, мм	Наличие металлизации в отверстии	Количество отверстий
	0,6 ^{+0,1}	1,2 ^{-0,1}	Есть	20
	1,0 ^{+0,12}	1,6 ^{-0,1}	Есть	130
	5,2A ₅	-	-	4

При маркировке плат руководствуются следующими правилами:

- обозначение номеров и шифров плат, обозначение отверстий или схемных элементов выполнять в соответствии с ГОСТ 2.710-75 шрифтом по НО.010.007;
- маркировать краской по ОСТ 4 ГО.014.002 или краской, устойчивой к воздействию спиртобензиновой смеси или других растворителей. Допускается расположение маркировки, выполняемой краской, на печатных проводниках;
- при выполнении маркировки способом, которым выполняется проводящий рисунок, допускается применение упрощенного шрифта. При этом в технических требованиях чертежа способ маркировки не указывается;
- изобразить на плате знак, являющийся ключом платы; им может быть: расположение десятичного номера платы в определенном месте, срезанный угол платы, пропилен в плате и т.д.

Первым пунктом технических требований чертежа указывают способ изготовления ПП. Остальные технические требования группируют и записывают в последовательности, соответствующей указанной в ГОСТ 2.316-68 и ГОСТ 2.417-68.

Пример записи технических требований:

1. Плату изготовить методом ... (указать метод).
2. Плата должна соответствовать ... (указать технические условия).
- 3* размеры для справок.
4. Шаг координатной сетки ... (указать шаг сетки).
5. Неуказанные предельные отклонения размеров между осями двух любых отверстий +/-...(указать величину).

6. Конфигурацию проводников выдерживать по чертежу с отклонением +/- ... мм (указать величину отклонения) с учетом обеспечения необходимых зазоров в узких местах.

7. Места, обведенные штрих пунктирной линией, проводящим рисунком не занимать.

Покрытие (указать покрытие проводящего рисунка).

Маркировать ... (указать вид маркировки), шрифт ...(указать размер шрифта) по НО.010.007.

Электрический контроль платы производить по табл.ХХХ.ХХХ.

Площадь металлизации

Остальные технические требования выполнять в соответствии с ОСТ 4.ГО.070.014.

Таблица 2.5

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Наименование материала	Марка	Толщина		Рабочая температура °С	Область применения
		Фольги, мкм	Материала с фольгой, мм		
Гетинакс фольгированный ГОСТ10316-70	ГФ-1-35	35	1,5;2,0;2,5;3,0	-60	ОПП и ДПП
	ГФ-2-35	35	1,0;1,5;2,0;2,5;3,0	+85	
Стеклотекстолит лит фольгированный ГОСТ 10316-70	СФ-1-35	35	0,8;1,0;1,5;	-60 +120	ОПП и ДПП
	СФ-2-35	50	2,0;2,5;3,0		
	СФ-1-50	50	0,5;1,0;1,5;		
	СФ-2-50	50	2,0;2,5;3,0		
	СФ-1Н-50	50	0,8;1,0;1,5;		
СФ-2Н-50	50	2,0;2,5;3,0			
Стеклотекстолит фольгированный гальваностойкий и теплостойкий ТУ16-503.091-71	СФГ-200-1	35,	0,8;1,0;1,5; 2,0	-60... +200	ОПП и ДПП с повышенной нагревостойкостью
	СФГ-200-2	50			
	СФГ-200-1				
	СФГ-200-2				
Стеклотекстолит фольгир. повышенной нагревостойкости ТУ6-05-1776-76	СФПН-1-50 СФПН-2-50	50	0,5;1,0;1,5; 2,0;2,5;3,0	-60... +160	ОПП и ДПП с повышенной нагревостойкос

2.3 Порядок выполнения работы

В соответствии с вариантом индивидуального задания и заданных преподавателем технических требований необходимо:

- вычертить схему электрическую принципиальную заданного функционального узла в соответствии с ГОСТ 2.702-78, ГОСТ 2.710-81, ГОСТ2.728-74 и ГОСТ 2.730-73;

- осуществить выбор электрорадиоэлементов (ЭРЭ) в соответствии с заданными техническими требованиями;

- выполнить перечень элементов к схеме электрической принципиальной в соответствии с ГОСТ 2.702-78;

- выбрать в соответствии с ОСТ 4 ГО.010.030 вариант установки и установочные размеры выбранных ЭРЭ;

- выполнить эскиз компоновки навесных элементов на плоскости платы, определить ее габариты и привести их в соответствие с требованиями ГОСТ 10317-79;

- выполнить эскиз трассировки проводящего рисунка, проверить на соответствие заданной электрической принципиальной схеме;

- оформить чертеж печатной платы в соответствии с ГОСТ 2.417-78;

- выполнить спецификацию и сборочный чертеж ПП в соответствии с ГОСТ 2.414-72 и ГОСТ 2.108-79.

Отчет должен быть выполнен в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105-95.

2.4 Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать

- титульный лист;

- чертеж схемы электрической принципиальной (ЭЗ);

- перечень элементов к схеме ЭЗ;

- чертеж печатной платы;

- спецификацию и сборочный чертеж..

Лабораторная работа №3

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ПЕЧАТНОГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО УЗЛА МЭА. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ГИБРИДНО- ИНТЕГРАЛЬНОГО УЗЛА МЭА

3.1 Цель работы

Привитие навыков разработки конструкций гибридно-интегральных и печатных функциональных узлов МЭА.

3.2 Основные теоретические сведения

3.2.1. Основные определения

Гибридные интегральные микросхемы, микросборки, гибридные интегральные функциональные узлы (ГИФУ), печатные узлы-все это микроэлектронные изделия входят в состав МЭА. Их изготавливают с применением интегральной (тонкопленочной или толстопленочной) или печатной технологии.

Гибридные интегральные схемы (ГИС) проектируются и изготавливаются серийно как ИС общего применения. В корпусированном варианте ГИС входят в состав микросборок. Бескорпусные ГИС входят в состав микросборок или ГИФУ.

Микросборка-это микроэлектронное изделие типа ГИС, т.е. выполняемое по интегральной технологии и состоящее из корпусированных или бескорпусированных ИС, элементов и компонентов. Микросборки разрабатываются и изготавливаются разработчиком.

МЭА для улучшения показателей ее микро миниатюризации и выполнение специальных функций, не обеспечиваемых серийными микроэлектронными изделиями (БИС, БГИС).

Гибридно-интегральные функциональные узлы - это функционально и конструктивно более сложные, по сравнению с микросборками, микроэлектронные изделия, которые в отличие от микросборок, могут содержать не одну, а несколько коммутационных плат с элементами, компонентами и ИС, причем это коммутационные платы электрически и конструктивно связанные между собой.

Печатный функциональный узел выполняется методом печатного монтажа с использованием печатных и корпусированных элементов, ИС и т.п.

Микросборки, ГИФУ и печатные функциональные узлы не могут быть использованы для самостоятельного применения вне той аппаратуры, для которой они созданы. Этим они функционально и конструктивно отличаются от радиоэлектронных ячеек.

Для обозначения микросборок, ГИФУ и печатных функциональных узлов в настоящее время, согласно ГОСТ 26632-85, предложен термин "РАДИОЭЛЕКТРОННЫЙ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ УЗЕЛ" (РЭФУ). РЭФУ - это радиоэлектронное устройство, представляющее собой функционально закончен-

ную сборочную единицу, выполненную на несущей конструкции, реализующее функции преобразования сигнала и не имеющее самостоятельного эксплуатационного применения.

3.2.2. Рекомендации по разработке конструкций печатных функциональных узлов

Разработка конструкции печатной платы, согласно ОСТ4.010.022-85, рекомендуется проводить по следующим этапам:

1) Изучение технического задания на изделие, в состав которого входит конструируемый печатный узел (печатная плата). На этом этапе изучаются условия эксплуатации, транспортировки и хранения изделия. На основании чего определяется группа жесткости согласно ГОСТ 23752-79, к которой предъявляются соответствующие требования к конструкции печатной платы, к используемому материалу основания и необходимости применения дополнительной защиты.

2) Выбор типа печатной платы (ОПП, ДПП, МПП) и класса точности печатной платы. При выборе типа печатной платы следует учитывать:

возможность выполнения всех коммутационных соединений

техничко-экономические показатели

стоимость основного материала

возможность автоматизации процессов изготовления, контроля, диагностики, установки навесных изделий электронной техники (ИЭТ).

Класс точности печатной платы согласно ГОСТ 23751-86 (или приложение 1 к ОСТ4.010.022-86) обеспечивается применением определенных средств технического оснащения технологического оборудования определенной точности и вспомогательных материалов.

Печатные платы 1 и 2 классов точности наиболее просты в изготовлении, надежны в эксплуатации и имеют минимальную стоимость. Третий класс - требует использования высококачественных материалов, более точного инструмента и оборудования. Четвертый и пятый классы - специальных материалов прецизионного оборудования, особых условий для изготовления.

3) Выбор размеров, конфигурации и мест крепления печатной платы. Размеры сторон печатной платы должны соответствовать ГОСТ 10317-79. Рекомендуется разрабатывать печатные платы прямоугольной конфигурации, другая конфигурация должна применяться в технически обоснованных случаях. Места крепления (расположение крепежных отверстий) определяются местом установки печатной платы.

Определение размеров печатной платы производится исходя из необходимой площади для размещения навесных элементов или из площади необходимой для размещения печатных проводников. Если при выбранной односторонней плате, площадь необходимая для размещения навесных элементов значительно меньше площади необходимой для размещения печатных проводников, то необходимо перейти к двухстороннему или многослойному печатному монтажу.

Толщина основания печатной платы определяется в зависимости от механических нагрузок на печатную плату и ее конструктивных особенностей. Вы-

бор толщины печатных плат необходимо увязывать с диаметром применяемых металлизированных отверстий, так чтобы отношение диаметра отверстия и толщина печатной платы была в пределах требований ГОСТ 23751-86.

4) Выбор материала основания печатной платы проводят с учетом обеспечения физико-механических и электрических параметров печатных плат, стойкости к действию механических нагрузок, климатических факторов и химически агрессивных сред. Материалы для печатных плат выбирают по ГОСТ 10316-78. Марки материалов отсутствующие в ГОСТ 10316-78 и рекомендуемые для изготовления печатных плат приведены в ПРИЛОЖЕНИИ 2 и ОСТ4.010.022-85.

Для печатных плат предназначенных для эксплуатации в условиях 1 и 2 групп жесткости по ГОСТ23752-79, рекомендуется применять материалы на основе бумаги (гетинаксы), для 3 и 4 групп жесткости - на основе стеклоткани (стеклотекстолиты).

5) Выбор конструктивного покрытия. Для защиты печатной платы от внешних воздействий применяют металлические покрытия печатных проводников (по ОСТ 4ГО.014.000) и защиты поверхности печатной платы и проводников от воздействия припоя используют покрытия на основе эпоксидных смол, лаков и т.п.

6) Размещение навесных изделий электронной техники (ИЭТ) должна обеспечивать их рациональное расположение, обеспечивающие наиболее простую трассировку и исключаящее взаимное влияние на электрические параметры, обеспечивающие технологические требования (по сборке, пайке, установке) обеспечивающие высокую надежность, малые габаритные размеры, массу, теплоотвод, ремонтпригодность.

Вариант установки навесных ИЭТ при их размещении выбирают в соответствии с ОСТ4.010.030-81, ОСТ4.ГО.010.009.84 и ОСТ 4.091.124-79.

7) Выбор, размещение и расчет элементов конструкции (печатных проводников, контактных площадок, экранов отверстий и др.) печатной платы необходимо проводить в соответствии с ОСТ 4.010.022.85 (можно использовать рекомендации ОСТ 4.010.019-81, ОСТ 4 ГО.010.209-77).

3.2.3 Рекомендации по оформлению чертежей печатных плат и сборочных чертежей разрабатываемых функциональных узлов

Оформление чертежей печатных плат проводят в соответствии с ГОСТ 2.417-78 и требования других стандартов ЕСКД. Чертежи ОПП И ДПП имеющие "Плата печатная". Рекомендуется состав и последовательность записи технических требований чертежа приведем в ОСТ 4.010.022-85. Выполнение сборочных чертежей разрабатываемых функциональных узлов производится в соответствии с ГОСТ 2.414-72. Сборочный чертеж именуется, например, "усилить сборочный чертеж". Рекомендуемый состав и последовательность записи технических требований сборочного чертежа приведены в ОСТ 4.010.030.

3.2.4. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ГИБРИДНО-ИНТЕГРАЛЬНОГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО УЗЛА (ГИФУ)

После выбора элементной базы и вида технологического процесса изготовления ГИФУ производится разработка его топологии.

Разработка топологии ГИФУ

Топологический чертеж ГИФУ является конструкторским документом, устанавливающим число тонкопленочных слоев, наносимых на подложку, конфигурацию, размеры и взаимное расположение тонкопленочных элементов каждого слоя, а также взаимное расположение элементов различных слоев. Элементы топологии: тонкопленочные резисторы, конденсаторы, проводники и контактные площадки размещаются на подложке с учетом конфигурации, размеров, места установки и способов монтажа навесных компонентов МСБ. При этом должны быть исключены паразитные связи между соседними элементами и компонентами схемы, предусмотрено рациональное расположение периферийных контактных площадок, к которым подводятся питающие напряжения, сигналы входа-выхода и т.д. от выводов корпуса.

Этапы разработки топологии:

Расчет тонкопленочных и толстопленочных резисторов и конденсаторов.

Составление коммутационной схемы ГИФУ и выбор типоразмера подложки.

Составление и оптимизация топологии ГИФУ. Основой проводимых работ является принятая ранее технология изготовления МСБ.

Расчет тонкопленочных и толстопленочных резисторов и конденсаторов приведен в приложении 2.

Составление коммутационной схемы ГИФУ и выбор типоразмера подложки.

Коммутационную схему ГИФУ получают преобразованием заданной принципиальной электрической схемы, в которой все дискретные компоненты, а также электрические соединения по "входу-выходу" занимают соответствующими контактными площадками.

В качестве материалов подложки МЗУ, работающих на низких и высоких частотах, используют ситалл СТ-1, СТ-1 ОСТ 11.110.094.022-75. В обозначениях марки ситалла указана величина ТК линейного расширения, равная 50.10 1\град и 32.10 1\град.

В табл. 3.1.приведены рекомендуемые размеры подложек, полученные кратным делением базового размера 48 × 60 мм. Для изделий частного применения допускается использование размеров подложек, не указанных в табл. 3.1.

Таблица 3.1

длина, мм	48,30,24	60,30,20	48,30	16,12
допустимое отклонение	±0,15	±0,15	±0,15	±0,1
ширина	30,24,20	16	12	10
допустимое отклонение	±0,15	±0,1	±0,1	±0,1

Толщина подложек 0,5 (+0,1) мм. Чистота обработки по контуру Не перпендикулярность сторон подложки по табл.2.2. необходимо рассчитать суммарную площадь, занимаемую резисторами, конденсаторами, а также площадь, приходящуюся на все навесные компоненты по данным, полученным при выполнении п.п. 2.1.2, 2.2.1.

Рассчитывается общая площадь всех контактных площадок, к которым пайкой или сваркой присоединяются выводы компонентов и проволочные перемычки. Периферийные контактные площадки выполняются с размерами 1x1мм и более. Размеры внутренних контактных площадок обуславливается видом монтажного соединения (пайка, сварка, соединение контактором), типом применяемого для монтажа инструмента, видом вывода компонента (металлизированная поверхность, гибкий или жесткий вывод и т.п.). При сварке гибких выводов средние минимальные размеры площадки 0.3x0.3мм, при пайке 0,6 × 0,6 мм. Контактные площадки под пайку конденсатора типов К10-9, К10-17, К22-4 устанавливаются согласно ОСТ 4ГО.010.214.

Расчетная величина площадки подложки МСБ определяется по формуле $S = (0,5...2,5) (S + S + S +)$, после чего из табл. 3.1 подбирается типоразмер, имеющий площадь, примерно равную полученной величине. Может быть также выбран нестандартный размер подложки, отвечающий требованиям установки в стандартный корпус.

3.1.3. Составление и оптимизация топологии ГИФУ. Составление и оптимизация топологии базируется на выполнении комплекса противоречивых схемотехнических и конструкторско-технологических требований к размещению всех тонкопленочных и дискретных радиоэлементов МСБ, соединительных проводников и контактных площадок. Оптимизация топологии в курсовом проекте связана с выбором рациональной последовательности напыления отдельных слоев, рациональным размещением радиоэлементов и трассировкой соединительных проводников, обеспечивающих равномерное "заполнение" минимально возможной площадки на подложке. При этом должны быть исключены паразитные связи и наводки.

Типовая последовательность формирования слоев МСБ с тонкопленочными резисторами и конденсаторами следующая:

Резисторы.

Проводники и контактные площадки, нижние обкладки конденсаторов.

Диэлектрик конденсаторов.

Проводники, контактные площадки, верхние обкладки конденсаторов.

Защитный (технологический) слой диэлектрика. Последовательность слоев оформляется в виде таблицы. Следует иметь в виду, что для улучшения адгезии под пленочные проводники, контактные площадки, нижние обкладки конденсаторов из золота (Зл. 999,9 ГОСТ 6.835-72), меди (МВ ТУИ, Яе0.021.040-72), алюминия (А99 ГОСТ 11069-74) наносится подслой. Подслой толщиной 200...500 выполняется из хрома (ЭРХ ЧМТУ 5-30-70) или нихрома (Х200Н80 ГОСТ 12766-67) с использованием тех же масок (фотошаблонов), что при формировании проводникового слоя. Для технологической защиты нанесенных на подложку слоев применяют двуокись кремния (ГОСТ 6880-73), фоторезистр не-

гитивный (ФН-II ТУ 6-14-631-71). Указанные материалы используются также для межслойной изоляции.

При разработке топологии следует исходить из следующих основных конструктивно-технологических ограничений (указывающихся, если оговорено особо, минимально допустимые размеры, в том числе для масочного (М) и фотолитографического (Ф) методов изготовления):

- расстояние от края пленочного элемента для края подложки 0,2 мм (ф); 0,5 мм (м);

- расстояние между краями пленочных элементов одного слоя и в фазных слоях 0,1 мм (ф); 0,2 мм (м);

- ширина пленочного проводника 0.05 мм (ф); 0,2 мм (м);

- контактные площадки для присоединения выводов компонентов следует располагать так, чтобы исключились резкие изгибы выводов; не допускается перегиб выводов через компонент;

- максимальная длина гибкого вывода компонента до точки контактирования 3 мм, при длине до 4,5 мм должно проводиться промежуточное крепление вывода одной каплей клея, при длине до 8 мм - двумя каплями клея;

- допускается установка навесных компонентов на тонкопленочные проводники и резисторы, защищенные диэлектриком;

- расстояние между соседними контактными площадками 0,2 мм - при контактировании выводов сваркой и 0,3 мм - пайкой;

- расстояние между соседними навесными компонентами 0,3...1 мм;

- расстояние компонента до края подложки 0;2 мм.

Правила установки навесных компонентов на подложку регламентируются ОСТ 4ГО.010.043.

Периферийные контактные площадки должны располагаться по краям подложки в один ряд напротив соответствующих выводов корпуса. Таким образом, при составлении топологии нужно учитывать предполагаемую конструкцию корпуса и шаг, с которым следуют выводы корпуса (как правило 2,5 мм). Допускается расположение тонкопленочных проводников, защищенных слоем диэлектрика, между краем подложки и периферийной контактной площадкой.

Топология МСБ изображается в масштабе 10:1 или 20:1. Форма всех тонкопленочных элементов должна иметь прямоугольные очертания. Вершины фигур элементов (изломы под прямым углом линий очертания элементов) должны располагаться в точках пересечения координатной сетки в прямоугольной системе координат. Шаг координатной сетки 0,1 мм, допускается применение шага 0,05 мм или 0,01 мм. При оформлении топологии вычерчивание линий координатной сетки не обязательно, однако на чертеже должны быть указаны в виде цифр (0, 1, 2... или 0,5, 10...) номера линий сетки, отсчитываемые от левого нижнего угла подложки. В технических требованиях чертежа следует приводить сведения по типу 3. Шаг координатной сетки 0,1 мм.

Помимо топологического чертежа МСБ, совмещенного на одном виде все напыляемые на подложку слои, в комплект конструкторских документов на МСБ входят послойные топологии с указанием таблиц координат для фигур элементов каждого слоя. Фактически это чертежи масок (фотошаблонов).

Таблица 3.2

Условное обозначение слоя	Наименование слоя	Материалы слоя		Толщина слоя о А	Примечание
		наименование, марка	ГОСТ, ТУ		
	Резисторы	Сплав РС-3710	ГОСТ22 025-76	1000	
	Проводники, контактные площадки, нижняя обкладка конденсаторов	Алюминий А99	ГОСТ11 069-74	3000	Подслой хрома ЭРХ, толщина о 300А
	Диэлектрик	Моноокись кремния	БКО.02 8. 004 ТУ	10000	
	Проводники, верхняя обкладка конденсатора	Алюминий А99	ГОСТ11 069-74	3000	
	Защитный слой	Фоторезист ФН-11	ТУ6-14-631-71	2 мкм	Кроме контактных площадок 1-11

3.3 Порядок выполнения работы

На основе индивидуального технического задания и результатов анализа схемы электрической принципиальной микроэлектронного узла и выбора элементной базы этого узла (см. лабораторную работу N 4) провести разработку конструкции печатного (гибридно-интегрального) функционального узла, а именно:

1) Компоновку навесных элементов и трассировку печатной платы печатного узла (Расчет пленочных элементов и разработку топологии интегрального узла);

2) Разработку сборочного чертежа печатного (гибридно-интегрального) функционального узла.

3.4 Содержание отчета

Отчет лабораторной работы должен содержать:

1. Анализ и обоснование выбора типа печатной платы (под ложки), материала печатной платы (подложки) и т.п.
2. Необходимые расчеты геометрических размеров печатных (пленочных) проводников, пленочных элементов и т.п.
3. Чертеж печатной платы (топологии пленочной схемы).
4. Сборочный чертеж печатного (гибридно-интегрального) функционального узла.
5. Выводы по работе.

Лабораторная работа №4

ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ ГЕРМЕТИЗАЦИИ УЗЛОВ РЭС

4.1 Цель работы

Ознакомление с основными способами герметизации узлов и блоков РЭС и приобретение навыков при выборе способа герметизации узла (блока) ЭС для конкретных условий эксплуатации.

4.2 Основные теоретические сведения

4.2.1 Виды герметизации

Герметизация - обеспечение практической непроницаемости емкости узла (блока) или корпуса РЭС в целом для жидкостей и газов с целью защиты элементов и компонентов от влаги, плесневых грибков, пыли, песка, грязи и механических повреждений.

Различают индивидуальную и общую, частичную и полную герметизацию.

Индивидуальная герметизация допускает замену компонентов РЭА при выходе их из строя и ремонт изделий. Общая - герметизация проще и дешевле индивидуальной, и при использовании общей герметизации замене компонентов и ремонт возможен только при монтаже гермокорпуса, что не всегда возможно. По мере повышения степени интеграции МЭА наблюдается постоянный переход от индивидуальной герметизации к общей герметизации, т. е. в пределах одного корпуса ИС, БИС, микросборки сосредотачивается все больше количество элементов, а количество индивидуальных корпусов в составе РЭС уменьшается. Выбор между индивидуальной или общей герметизацией РЭС зависит от срока службы РЭС (если он мал и отсутствует необходимость в техническом обслуживании, то целесообразно герметизировать все изделие), от способа обеспечения теплового режима (так, например, при обеспечении теплового режима путем естественной вентиляции через перфорацию корпуса, возможно применение только индивидуальной герметизации).

Частичная герметизация, подразумевающая использование либо полимерных гермокорпусов, либо разъемных металлических корпусов, с использованием уплотнения, не обеспечивает герметичность в течении длительного времени. Частичная герметизация, использующая способы пропитки, обволакивания, заливки и опрессовки как компонентов, так и узлов является неразъемной, т. е. герметизирование таким способом элементы, узлы не ремонтпригодны. Частичная герметизация с использованием металлических корпусов является ремонтпригодной.

Полная (вакуумная) герметизация, подразумевает размещение компонента, узла (блока) РЭС в металлостеклянном, металлокерамическом, стеклянном, керамическом корпусе, герметичность которого обеспечивается пайкой

или сваркой. Узел, блок герметизированные таким образом являются ремонтно-пригодными. Исключением является конструкция специально паяного шва, который может до пяти раз вскрываться и снова запаиваться [13].

Выбор между частичной или полной герметизации определяется в первую очередь сроком службы РЭА, ее надежностью, условиями эксплуатации и т. п.

Конструкторско-технологические способы герметизации подразделяются на герметизацию в монолитный корпус и герметизацию в полый корпус.

Герметизация в монолитный корпус может быть как индивидуальной так и общей, но всегда является частичной. К способам герметизации в монолитный корпус относятся: пропитка, обволакивание, заливка и опрессовка.

Герметизация в полый корпус может быть как индивидуальная (герметизированный конденсатор) так и общая (гермокорпус РЭА в целом), как частичная (разъемная герметизация с использованием герметизирующих прокладок) так и полная (гермокорпус с паяным или сварным швом.).

Важным фактором повышения эффективности герметизации является лакокрасочные, гальванические и химические покрытия, которые могут использоваться и как основные средства защиты компонента, узла (блока) РЭА от влаги и др. факторов, и как средства повышающие эффективность пропитывающих, обволакивающих и заливочных материалов, металлических и др.» видов гермокорпусов.

4.2.2. Рекомендации по использованию различных способов герметизации

Пропитка

Пропитка - процесс заполнения изоляционным пленкообразующим материалом пор и малых зазоров в компонентах и узлах РЭА с целью увеличения их электрической и механической прочности, влаги, нагревом и химической стойкости.

Пропитке подвергаются моточные изделия (трансформаторы, дроссели, катушки) детали из волокнистых и пористых материалов и т. п.

При выборе материалов для пропиток необходимо учитывать нейтральность к материалам элементов (деталей) пропитываемого изделия, нетоксичность, влаго- и нагревостойкости. Паяное значение при выборе пропиточных материалов имеют их электрические характеристики (относительная диэлектрическая проницаемость, электрическая прочность, тангенс угла диэлектрических потерь) и технологические параметры (вязкость, продолжительность высыхания, температура сушки и др.). Выбор конкретного пропиточного материала можно произвести с помощью диаграмм [13, стр.336-337].

Обволакивание и заливка

Обволакивание и процесс образования покровных оболочек на поверхности герметизируемого элемента (узла) РЭА, предназначенных для кратковременной работы в условиях воздействия влаги. Обволакиванию может предшествовать пропитка.

Заливка - процесс заполнения изоляционным материалов свободного пространства между узлом и стенкой защитного корпуса. Изделие без корпуса

заливают в специальных формах. Заливка кроме защиты от метеорологических факторов позволяет повысить механическую прочность узла. Заливка по степени обеспечения защиты от влаги превосходит обволакивание, но имеет больший расход заливочного материала.

Примеры областей использования пропитки обволакивания и заливки приведены на диаграмме [13, стр.338]. Для целей обволакивания и заливки используются эпоксидные компаунды, герметики на каучуковой основе и др. Основные характеристики и рекомендации по применению компаундов и герметиков приведены в [14, стр. 340+ 342].

Разъемная герметизация в полных корпусах

Разъемная герметизация в полных корпусах применяется для защиты узлов (блоков) РЭА, требующих замены компонентов при ремонте, регулировке или настройке.

Герметичность разъемного корпуса достигается уплотнением частей корпуса (корпуса и крышки, корпуса и кожуха) при помощи уплотнительных прокладок. В качестве уплотнительных прокладок используются металлические и эластичные прокладки (резиновые, реже пластмассовые).

В качестве металлических уплотнительных прокладок используются прокладки с различной формой сечения (рис. 4.1) из алюминия, меди, индия, свинца, реже из жести, железа, серебра. Металлические прокладки обеспечивают уплотнение за счет сжатия материала прокладки, поэтому он должен иметь твердость ниже, чем твердость материала гермокорпуса.

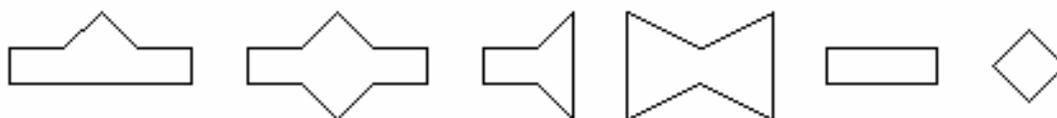


Рис.4.1 Сечение металлических уплотнительных прокладок.

Эластичные уплотнительные прокладки в основном изготавливаются из различных видов резины [см. таблицу 13, стр. 346] и могут иметь различную форму поперечного сечения (рис. 2). При разработке конструкций элементов герметизации корпусов, проводят определенные ширины фланца уплотнения, размеры канавки и прокладки [14. стр.137-138].



Рис.4.2. Сечение эластичных уплотнительных прокладок.

Неразъемная герметизация в полых корпусах

При осуществлении неразъемной герметизации РЭА помещается во влагонепроницаемый корпус, в котором поддерживается неизменное давление. Для соединения частей корпуса между собой используется пайка или сварка (вакуумплотная герметизация). Рекомендуемые схемы сварных и полых швов, а также изоляторов, при использовании металлических корпусов приведены в [13,стр.352 –355].

При разработке ремонтпригодной конструкции гермокорпуса с использованием полых швов необходимо руководствоваться рекомендациями [14,стр.138].

Материалы для металлических гермокорпусов и рекомендуемые для них покрытия приведены в [14,стр.139].

4.3 Порядок выполнения работы

В лабораторной работе необходимо выбрать способ герметизации печатного узла, разработанного в процессе выполнения предыдущей части лабораторной работы. Для выполнения задания необходимо знать:

- 1) условия эксплуатации РЭС (климатическая зона и категория размещения);
- 2) характеристики способа охлаждения РЭС, в состав которой входит герметизируемый узел;
- 3) вид производства (программу выпуска изделия);
- 4) требования к массогабаритным характеристикам герметизируемого узла

4.4 Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- 1) дополнительные требования по герметизации узла;
- 2) анализ выбора метода и способа герметизации;
- 3) при необходимости расчеты элементов герметизации;
- 4) сборочный чертеж герметизированного узла;
- 5) выводы по работе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Уваров А.С. PCAD 2000, Accel Eda. Конструирование печатных плат [Электронный ресурс] / А.С. Уваров. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Профобразование, 2017. — 314 с. — 978-5-4488-0067-2. — <http://www.iprbookshop.ru/63593.html>
2. Использование системы КОМПАС-3D для конструирования сборочных чертежей узлов [Электронный ресурс] : учебное пособие / . — Электрон. текстовые данные. — Воронеж: Воронежский Государственный Аграрный Университет им. Императора Петра Первого, 2016. — 39 с. — 2227-8397. — <http://www.iprbookshop.ru/72827.html>
3. Справочник конструктора РЭС: общие принципы конструирования /Под ред. Р. Г. Варламова. — М.: Сов. радио, 1980. — 480 с.
4. Справочник по интегральным схемам /Под ред. Б. В. Тарабрина. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1985. — 816 с.
5. Разработка и оформление конструкторской документации радиоэлектронной аппаратуры: Справочник / Э.Т.Романычева, А.К.Иванова, А.С.Куликов и др.; Под ред. Э.Т.Романычевой.- 2-е изд., переработ. и доп.-М.: Радио и связь, 1989-448с.
6. ГОСТ 2.702-78. Правила выполнения электрических схем.
7. ГОСТ 2.710-81. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах.
8. ГОСТ 2.417-78. Правила выполнения чертежей печатных плат.
9. ГОСТ 10317-79.т Платы печатные. Основные размеры.
- 10.ГОСТ 23751-86. Платы печатные. Требования и методы конструирования.
- 11.ГОСТ 23752-79. Платы печатные. Общие технические условия.
- 12.ОСТ 4.ГО.010.030. Установка навесных элементов на печатные платы.
- 13.Справочник конструктора РЭА: Общие принципы конструирования/ Под ред. Р. Г. Варламова. - .: Сов. радио, л 960.
- 14.2. ОСТ 4ГО.000.009. Блоки и ячейки на микросборках и микросхемах. Конструирование.