**Московский авиационный институт**

**(национальный исследовательский университет)**

Кафедра 404

Пояснительная записка

к курсовой работе

по дисциплине

“Основы конструирования и технология производства аппаратуры подвижной связи”

**“***Вольтметр постоянного тока* с автоматическим выбором пределов измерения**”**

Разработал:

Студент группы 40-402C Рыжов И. О.

Проверил: Борисов В. Ф.

Москва

2015

Содержание

Введение 3

1. Анализ схемы электрической принципиальной 4

2. Техническое задание на разработку конструкции вольтметра 9

3. Разработка конструкции вольтметра 14

4. Обоснование конструкторско-технологического варианта изготовления вольтметра 16

5. Выбор компоновочной схемы вольтметра 18

6. Разработка конструкции функциональной ячейки вольтметра 19

7. Разработка конструкции корпуса вольтметра 31

8. Расчет надежности 33

9. Расчет вибропрочности вольтметра 35

10. Оценка технологичности конструкции вольтметра 37

11. Разработка технологии изготовления вольтметра 40

12. Разработка стендов контроля параметров вольтметра 42

Литература

Приложения

Введение

Электронным вольтметром называется прибор, показания которого вызываются током электронных приборов, т. е. энергией источника питания вольтметра. Измеряемое напряжение управляет током электронных приборов, благодаря чему входное сопротивление электронных вольтметров достигает весьма больших значений и они допускают значительные перегрузки.

Электронные вольтметры делятся на аналоговые и дискретные. В аналоговых вольтметрах измеряемое напряжение преобразуется в пропорциональное значение постоянного тока, измеряемое магнитоэлектрическим микроамперметром, шкала которого градуируется в единицах напряжения (вольты, милливольты, микровольты). В дискретных вольтметрах измеряемое напряжение подвергается ряду преобразований, в результате которых аналоговая измеряемая величина преобразуется в дискретный сигнал, значение которого отображается на индикаторном устройстве в виде светящихся цифр. Аналоговые и дискретные вольтметры часто называют стрелочными и цифровыми соответственно.

По роду тока электронные вольтметры делятся на вольтметры постоянного напряжения, переменного напряжения, универсальные и импульсные. Кроме того, имеются вольтметры с частотно-избирательными свойствами — селективные. При разработке электронных вольтметров учитываются следующие основные технические требования: высокая чувствительность; широкие пределы измеряемого напряжения; широкий диапазон рабочих частот; большое входное сопротивление и малая входная емкость; малая погрешность; известная зависимость показаний от формы кривой измеряемого напряжения. Перечисленные требования нельзя удовлетворить в одном приборе, поэтому выпускаются вольтметры с разными структурными схемами.

В настоящее время цифровые вольтметры строятся чаще на основе кодоимпульсного и времяимпульсного преобразования.

1. Анализ схемы электрической принципиальной
   1. Описание принципа работы изделия.

Схема электрическая принципиальная представлена на рисунке 1.

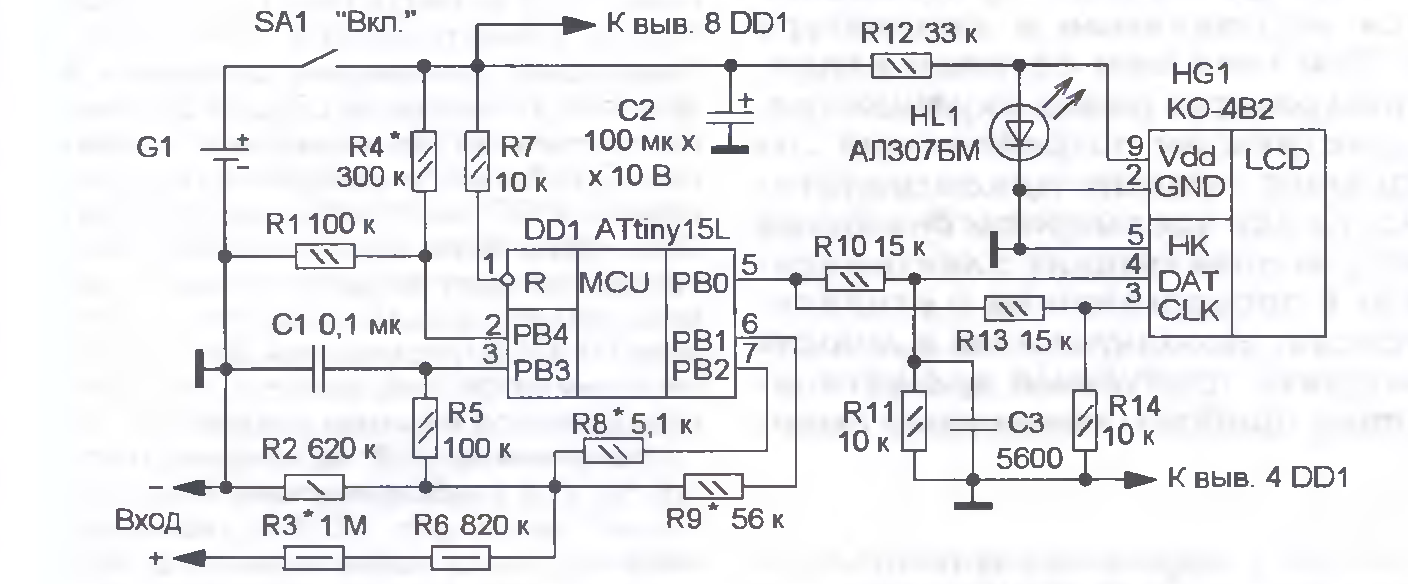


Рисунок 1

Основа вольтметра - микроконтроллер DD1.

Измеряемое напряжение поступает на вход встроенного в микроконтроллер АЦП (вывод 3) через резистивные делители напряжения и фильтр НЧ C1R5, подавляющий высокочастотные помехи. В качестве образцового напряжения для АЦП использован встроенный в микроконтроллер источник напряжения 2,56 В. При входном напряжении менее 10 В линии порта PBI и РВ2 (выводы 6 и 7) микроконтроллера DD1 находятся в состоянии высокого сопротивления. В этом случае коэффициент деления входного делителя напряжения АЦП равен 4 (верхнее плечо делителя - R3 и R6, нижнее - R2) и входное напряжение измеряется с точностью до сотых долей вольта.

Если входное напряжение превысит 10 В, с помощью линии порта РВ1 микроконтроллер DD1 подключит параллельно резистору R2 резистор R9, увеличивая коэффициент деления входного напряжения до 40. В этом случае верхний предел измерения составит 999 В. Когда на этом пределе напряжение станет менее 10 В, линии порта РВ1 и РВ2 (выводы 6 и 7) микроконтроллера DD1 переключатся в состояние высокого сопротивления и коэффициент деления входного делителя вновь уменьшится до 4. Если же входное напряжение достигнет 100 В и более, с помощью линии порта РВ2 микроконтроллер DD1 дополнительно подключит параллельно резистору R2 резистор R8, При этом коэффициент деления входного напряжения возрастет до 400, а верхний предел измерения составит 999 В. Когда входное напряжение превысит значение 999 В (перегрузка), в первом и втором (крайние правые) разрядах отображаются символы "- -".

В устройстве также предусмотрено измерение напряжения аккумулятора G1 с точностью до сотых долей вольта. Для этого напряжение, пропорциональное напряжению аккумулятора, с резистивного делителя R1R4 поступает на вход РВ4, который программно сконфигурирован как еще один вход встроенного АЦП. Вся информация отображается на десяти разрядном ЖК индикаторе HG1. В левой его части - напряжение аккумулятора, а в правой - измеряемого напряжения.

Разделение целых и десятых долей вольта осуществляется пустым знакоместом. В связи с ограниченным числом портов ввода-вывода микроконтроллера данные передаются по одной линии РВ5 (вывод 5) с времяимпульсным кодированием (время передачи 1 примерно в десять раз больше 0, а пауза между ними равна длительности 1). При малой длительности сигнала конденсатор С3 не успевает зарядиться, а во время паузы полностью разряжается, поэтому при малой длительности импульса во время его спада на линии данных DAT (вывод 4 индикатора HG1) присутствует низкий уровень и контроллер ЖК индикатора воспринимает это как 0. При большой длительности импульса к моменту спада импульса конденсатор С3 успевает зарядиться до высокого уровня и контроллер ЖК индикатора фиксирует это как 1.

* 1. Анализ элементной базы изделия.

Анализ элементной базы выполняется с целью определения массогабаритных характеристик элементной базы, через которую могут быть рассчитаны ориентировочные значения массогабаритных параметров изделия.

Массогабаритные характеристики радиокомпонентов, обозначенных на схеме электрической принципиальной, приведены в таблице 1.

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Порядковый номер | Тип радиокомпонентов | Количество | Вариант установки | Масса, г | Установочный объем, см3 | Установочная площадь, см2 | Допустимая рабочая температура, оС |
| 1 | DD1 ATtiny15L | 1 | VIIIa | 1 | 1,76 | 3,52 | 85 |
| 2 | К50-35 | 1 | IIв | 0,8 | 0,1936 | 0,88 | 85 |
| 3 | К10-17 | 2 | IIв | 1 | 0,077 | 0,3864 | 125 |
| 4 | HL1 АЛ307БМ | 1 | Vв | 1,4 | 0,22 | 0,3922 | 100 |
| 5 | HG1  KO-4B2 | 1 | Vб | 6,75 | 19,504 | 23,76 | 85 |
| 6 | SA1 | 1 | Vв | 2 | 0,23 | 0,9 | 100 |
| 7 | МЛТ | 12 | IIa | 0,15 | 0,04356 | 0,198 | 70 |
| 8 | С2-23 | 2 | IIa | 1 | 0,2835 | 0,63 | 125 |

В результате анализа данных таблицы 1 определены:

- суммарная масса радиокомпонентов mэ =17,565 г

- суммарная установочная площадь Sуст. =32,225 см2

- суммарный установочный объем Vуст. =22,387 см3

Найденные значения массогабаритных показателей элементной базы будут использованы для расчета оценочных значений массогабаритных показателей изделия.

* 1. Расчет оценочных значений массогабаритных показателей изделия.

Цель расчета: определение ожидаемых значений масс и объема изделия, а также необходимой площади печатной платы.

Масса изделия определяется по формуле:

mk = qm\*mэл+ mаккумулятор,

где qm = qm1\* qm2 – коэффициент дезинтеграции массы

mэл – суммарная масса элементов; mаккумулятор = 20,545 г – масса аккумулятора от сотового телефона

qm1 = 5,6 – коэффициент дезинтеграции массы для ФЯ

qm2 = 1,3 – коэффициент дезинтеграции массы для изделия

Таким образом, масса конструкции mk = 5,6\*1,3\*17,565+26.545 = 154,4 г

Объем изделия определяется по формуле:

Vk = qv\*Vуст+ Vаккумулятор,

где qv = qv1\* qv2 – коэффициент дезинтеграции объема

Vуст – суммарный установочный объем; Vаккумулятор = 15,75 см3 – объем аккумулятора от сотового телефона

qv1 = 20,3 – коэффициент дезинтеграции объема для ФЯ

qv2 = 1,2 – коэффициент дезинтеграции объема для изделия

Таким образом, объем конструкции Vk = 20,3\*1,2\*22,387+15,75 = 545,34 см3

Площадь изделия определяется по формуле:

Sk = qs\*Sуст,

где qs = 6,5 – коэффициент дезинтеграции площади

Sуст – суммарная установочная площадь

Таким образом, площадь конструкции Sk = 6,5\*32,225 = 209 см2

* 1. Показатели назначения изделия.

В заданных условиях эксплуатации изделие должно обеспечивать следующие значения функциональных параметров и источников электропитания при параметрах источника питания:

- напряжение питания не более, В: 4,2

- входное напряжение не более, В: 999

**-** потребляемый ток не более, мА: 5

- точность измерения интервалов: с точностью до сотых 10-ти разрядного индикатора

1.5. Прикидочный расчет показателей надежности.

Показатели надежности – вероятность безотказной работы за время t и среднее время наработки до отказа – определяется для последовательной модели надежности в предположении, что интенсивность отказа каждого радиокомпонента составляет λ=10-6 1/час, и экспоненциальное распределение отказов.

Суммарное значение интенсивности отказов при количестве радиокомпонентов в изделии n = 21 равно:

λΣ = n\*λ = 0,21\*10-4 1/час

Вероятность безотказной работы за время t = 4 ч (среднее время использования устройства на лабораторной работе):

= 0,996

Среднее время наработки до отказа равно (в часах):

1.6. Условие применения и эксплуатации

Для категории размещения изделия УХЛ 4.2. характерны следующие уровни климатических и механических воздействий:

- температурный диапазон эксплуатации изделия: от -10о С до +35о С

- относительная влажность - 80%

- пониженное атмосферное давление – 61 кПа

- синусоидальные вибрации в диапазоне: 10-30 Гц

- прочность при транспортировании (в упакованном виде):

- ускорение – 15g

- длительность ударного импульса – 11 мс

- число ударов – не менее 1000

- виброускорение – 19,6 м/с2

2. Техническое задание на разработку конструкции вольтметра.

2.1. Наименование и области применения.

*Вольтметр постоянного тока* с автоматическим выбором пределов измерения. Применение: предлагаемый вольтметр применяется для измерения только постоянного напряжения, экономичен, имеет автоматический выбор пределов измерения и небольшие габаритные размеры.

* 1. Основание для разработки.

Основанием для разработки служит задание на курсовое проектирование, выданное кафедрой 404 13 февраля 2015 года.

2.3. Цель и задачи разработки.

Цель разработки – комплект конструкторско-технологической документации на изготовление изделия **“***Вольтметр постоянного тока* с автоматическим выбором пределов измерения**”**

Задачи разработки:

а) анализ схемы электрической принципиальной

б) разработка конструкторского изделия

в) разработка технической изготовки изделия

г) оформление конструкторско-технологической документации

2.4. Источники разработки.

2.4.1. Литературные источники.

При разработке изделия рекомендуется использовать следующие литературные источники:

- М. Озолин, «*Вольтметр постоянного тока* с автоматическим выбором пределов измерения», журнал «Радио» №1 2010г.

- В.Ф. Борисов, А.А. Мухин, А.С. Назаров, Г.Т. Сергеев, Ю.В. Чайка, В.А. Шаров, Б.Д. Шурыгин., Методические указания по курсовому и дипломному проектированию "Конструирование и технология РЭС", Москва, издательство МАИ 1991 г.

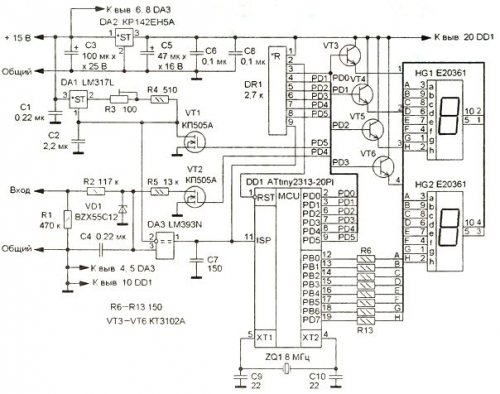
- В.Ф. Борисов, Ю.В. Каширин, М.Ф. Митюшин, А.А. Мухин, М.Н. Ушкар, Ю.В. Чайка., "Основы конструирования и технологии РЭС. Учебное пособие к лабораторным работам". Москва, издательство МАИ, 2006 г.

2.4.2. Конструкторские аналоги.

1. Беляев С., “Вольтметр на микроконтроллере ATtiny2313“, журнал “Радио” №2 2010г.
2. Озолин М., “Вольтметр постоянного тока с матричным индикатором на светодиодах“, журнал “Радио” №4 2010г.

Для сравнения был взят вольтметр, представленный С. Беляевым, с кратким описанием работы и схемой электрической принципиальной:

Вольтметр предназначен для измерения напряжения до 0-99,99 в, этот интервал разбит на два участка – 0-9,999в и 10-99,99 в. Переключение с одного диапазона на другой –автоматическое. Входное сопротивление на первом участке – 470 кОм, на втором – около 100 кОм, абсолютная погрешность измерения на первом участке составляет ±3мв, напряжение питания – 15-20 в, потребляемый ток – 60мА(зависит от примененного семи сегментного индикатора). Период повторения измерения – 100мс, максимальное время одного цикла преобразования при входном напряжении 9,999 в – 10мс. При превышении измеряемым напряжением 99,99 в на индикаторе отображается число «9999», которое мигает с частотой 2Гц. Полярность входного напряжения — положительная.  
Принцип работы вольтметра основан на методе преобразования измеряемого напряжения в частоту с помощью однократного интегрирования. Это позволяет по сравнению с микроконтроллерами, получить большую разрешающую способность в широком интервале измеряемого напряжения. Подсчет частоты, переключение пределов и вывод результатов измерения на светодиодный индикатор осуществляет микроконтроллер. Принципиальная схема прибора:



2.5. Технические требования.

2.5.1. Состав изделия и требования к конструкции.

Конструктивно изделие должно представлять собой моноблок, выполненный с применением технологии печатного монтажа на поверхность (традиционного монтажа) печатной платы с радиокомпонентами, помещающимися в пластмассовый корпус.

Органы управления и индикации должны быть размещены на передней панели изделия.

Элементы внешних электрических соединений должны быть установлены на боковых стенках корпуса.

Габаритные размеры изделия не более 120\*100\*46 мм, масса изделия не более 0,154 кг.

2.5.2. Показатели назначения.

В условиях эксплуатации, оговоренных в пункте 1.5.7. ТЗ, изделие должно обеспечивать следующие значения функциональных параметров:

- напряжение питания не более, В: 4,2

- входное напряжение не более, В: 999

**-** потребляемый ток не более, мА: 5

- точность измерения интервалов: с точностью до сотых 10-ти разрядного индикатора

2.5.3. Требования к надежности.

В заданных условиях эксплуатации вероятность безотказной работы изделия за 4 ч. должна быть не менее 0,996. Среднее время наработки до отказа должно быть не менее 30000 ч.

Принимается допущение, что каждый радиокомпонент электрической принципиальной схемы имеет интенсивность отказов λ=10-6 1/час.

2.5.4. Требования к уровню унификации и стандартизации.

В изделии должны быть преимущественно использованы унифицированные и стандартные изделия. Уровни унификации и стандартизации, оцениваемые соответствующими коэффициентами, должны быть не ниже 0,7.

2.5.5. Требования к безопасности.

Изделие должно быть электробезопасным при производстве, эксплуатации и обслуживании.

2.5.6. Эстетически и эргономические требования.

Изделие должно быть компактным, удобным в использовании. По общим требованиям технической эстетики и эргономики изделие должно удовлетворять требованиям ГОСТ 20.39.108-85.

2.5.7. Условие эксплуатации.

Исходя из назначения вольтметра, он должен эксплуатироваться в закрытом отапливаемом помещении. Следовательно, категория размещения прибора УХЛ 4.2., для которой факторы внешних воздействий имеют следующие значения:

- диапазон рабочих температур: от -10о С до +35о С

- относительная влажность: 80%

- пониженное атмосферное давление: 61 кПа

- диапазон частот вибрационного воздействия: 10-30 Гц

- виброперегрузка: -

- параметры ударных воздействий:

прочность при транспортировании (в упакованном виде):

- ускорение – 15g

- длительность ударного импульса – 11 мс

- число ударов – не менее 1000

2.5.8. Требования к транспортировке и хранению.

Транспортировка изделия может производиться всеми видами транспорта без ограничения расстояния в заводской упаковке, защищающей изделие от воздействий, обусловленных условиями транспортировки.

Хранение изделия может осуществляться в капитальных отапливаемых помещениях на стеллажах в заводской упаковке.

2.5.9. Дополнительные требования.

В разработке изделия должны быть использованы преимущественно отечественные радиокомпоненты; допускаются к применению в разработке зарубежных аналогов отечественных радиокомпонентов.

2.6. Стадии разработки.

Разработка должна быть произведена в соответствии с календарным планом, приведенным в таблице 2.

Таблица 2.

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование разработки | Срок выполнения |
| Анализ схемы электрической принципиальной | До 27.02.2015 |
| ТЗ | До 27.02.2015 |
| Выбор способа охлаждения | До 27.02.2015 |
| Выбор конструкторско-технологического варианта изготовления изделия | До 06.03.2015 |
| Выбор компоновочной схемы изделия | До 13.03.2015 |
| Разработка конструкции ФЯ | До 14.04.2015 |
| Разработка конструкции блока | До 20.04.2015 |
| Расчет надежности изделия | До 1.05.2015 |
| Расчет виброудара прочности изделия | До 7.05.2015 |
| Оценка технологичности изделия | До 10.05.2015 |
| Разработка технологии изготовления | До 17.05.2015 |
| Разработка стенда контроля параметров изделия | До 25.05.2015 |

2.7. Комплектность документации.

Комплект документации должен содержать:

- пояснительную записку

- схему электрическую принципиальную изделия

- сборочный чертеж изделия

- сборочный чертеж функциональной ячейки

- чертежи деталей корпуса

- технологическую документацию

3. Разработка конструкции вольтметра.

3.1.Выбор способа охлаждения

Исходными данными для решения задачи являются:

1) Размеры корпуса 120х100х46 мм, которые удовлетворяют полученным значениям объема конструкции Vk и площади конструкции Sk .

2)Значение потребляемой от источника электропитания мощности Pп:

Pп = 0,21 Вт

3)Максимальная температура окружающей среды tсmax = +35о С

4)Пониженное атмосферное давление Hmin = 61 кПа

5)Допустимая рабочая температура наименее теплостойкого компонента:

tэл.min = +65о С

Выбор способа охлаждения производится в координатах Δtдоп (допустимый перегрев). Способы охлаждения показаны на рисунке 2.

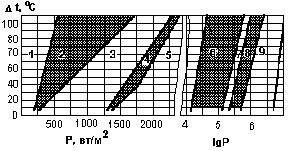


рисунок 2

Пронумерованные зоны диаграммы относятся к следующим способам охлаждения:  
1 - естественное воздушное, 3 - принудительное воздушное, 5 - принудительное жидкостное, 9 - принудительное испарительное. Заштри­хованным зонам соответствует два или более способов охлаждения: 2 - ес­тественное и принудительное воздушное, 4 - принудительное воздушное и жидкостное, 6 - принудительное жидкостное и естественное испаритель­ное, 7 - принудительное жидкостное, принудительное и естественное испа­рительное, 8 - естественное и принудительное испарительное.

Таким образом, для выбора способа охлаждения нужно определить:

1) Pos – поверхностная плотность теплового потока [Вт/м2]

2) Δtдоп- температура допустимого перегрева

Расчет:

1)Sкк = 2\*(Lx\*Ly+ Lx\* Lz+ Ly\* Lz) – площадь поверхности корпуса изделия,

где Lx = 100 мм, Ly = 46 мм, Lz = 120 мм

Sкк = 2\*(100\*46+100\*120+46\*120) = 44240 мм2, или 0,044240 м2

2)Pтп = 0,9\*Pп = 0,0189 Вт – мощность теплового потока

3)Kн = 1/ – поправочный коэффициент на давление окружающей среды,

где – нормальное давление окружающей среды (100 кПа)

Kн = 0,78

4)Pos = Kн\* Pтп/ Sкк = 3,72 Вт/м2

5)Δtдоп = tэл.min- tсmax = 30о С

В соответствии с полученными данными допустимого перегрева, поверхностной плотности теплового потока и диаграммой, можно сделать вывод о том, что проектируемой конструкции требуется ес­тественное воздушное охлаждение.Соответственно дополнительные охлаждающие устройства не желательны.

4. Обоснование конструкторско-технологического варианта изготовления вольтметра.

Конструкторско-технологический вариант изготовления изделия характеризуется составом элементной базы, конструкцией коммутационных оснований и технологией выполняемых монтажно-сборочных работ.

В настоящее время в разработках изделий радиоэлектроники применяются следующие радиокомпоненты:

- транзисторы

- корпусированные микросхемы

- бескорпусные микросхемы

- пассивные дискретные радиокомпоненты (резисторы, конденсаторы и другие)

Вполне естественно применять в разработках комбинаций перечисленных радиокомпонентов.

В качестве коммутационных оснований в настоящее время преимущественно используются печатные платы односторонние, двухсторонние и многослойные.

Технологии выполняемых монтажно-сборочных работ в большинстве своем связаны с особенностями конструкций радиокомпонентов.

Радиокомпоненты традиционного монтажа выводами устанавливаются в монтажные отверстия контактных площадок, после чего производится пайка выводов.

Радиокомпоненты для монтажа на поверхности устанавливаются на контактные площадки. Следующим признаком конструкторско-технологического варианта изготовления изделия является применение автоматизированных методов установки радиокомпонентов на плату и групповых методов пайки.

Для установки радиокомпонентов используются автоматы для набивки плат с традиционным монтажом и автоматы для установки радиокомпонентов на поверхности.

Традиционный монтаж радиокомпонентов характерен для мелкосерийного, серийного и крупносерийного производства. Монтаж на поверхности из-за высокой стоимости оборудования окупается только при серийном, крупносерийном и массовом производстве.

Пайка радиокомпонентов традиционного монтажа выполняется методом погружения волной припоя и двойной волной припоя.

Пайка радиокомпонентов поверхностного монтажа осуществляется с помощью конвективного или инфракрасного разогрева паяльной пасты в соответствующих печах.

Исходя из перечисленных признаков конструкторско-технологического варианта, в разработке данного изделия – вольтметра *постоянного тока* с автоматическим выбором пределов измерения – будет использована комбинация радиокомпонентов, которая включает в себя корпусированные микросхемы, транзисторы, диоды и дискретные пассивные радиокомпоненты.

В качестве коммутационного основания ФЯ целесообразно использовать одностороннюю печатную плату с металлическими монтажными отверстиями контактных площадок.

Использование радиокомпонентов традиционного монтажа позволит применить групповую пайку радиокомпонентов с помощью волны припоя.

5. Выбор компоновочной схемы вольтметра.

На основании анализа схемы электрической принципиальной был выбран следующий вариант компоновки изделия (рисунок 3,4):

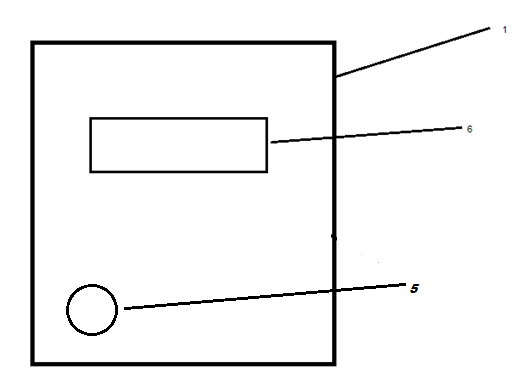


Рисунок 3 ( вид спереди)

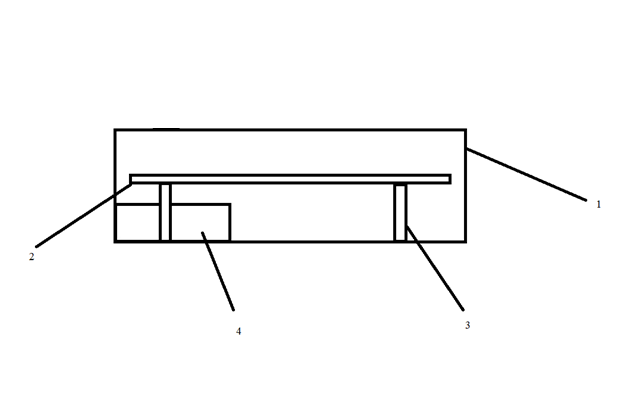


Рисунок 4 ( вид сбоку в разрезе)

1 – корпус изделия;

2 – печатная плата;

3 – стойка для печатной платы

4 – батарейный отсек

5 – кнопки управления

6 – место под дисплей

6. Разработка конструкции функциональной ячейки.

Конструкция функциональной ячейки должна соответствовать выбранному типу конструкции блока.

Разработка конструкции ФЯ включает решение следующих задач:

1)определение размеров ПП

2)выбор класса точности ПП

3)расчет числа слоев ПП

4)выбор материала и технологии изготовления ПП

5)размещение РК на плате

6)расчет массогабаритных показателей ФЯ

7)описание конструкции ФЯ

6.1. Выбор печатной платы.

ФЯ представляет собой изделие 1-го структурного уровня.

Исходя из пункта 4., конструкция ФЯ будет выполнена для блока книжного типа с бескаркасным исполнением и с односторонним расположением радиоэлементов.

Кроме того, данная ФЯ относится к аналогово-цифровым ФЯ.

На рисунке 5 представлены размеры для односторонней печатной платы.

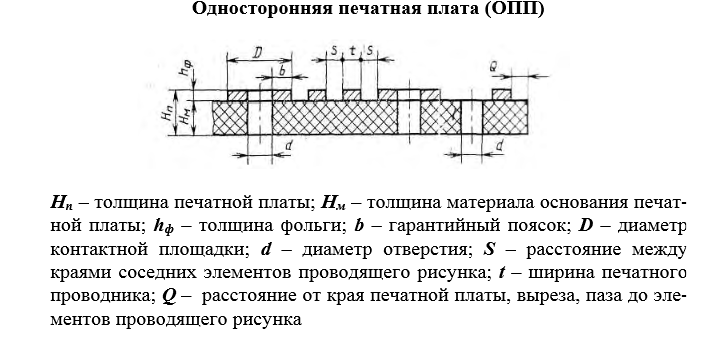
****

Рисунок 5

Исходными данными для определения размеров ФЯ служит площадь печатной платы (подпункт 1.3.), так как на данной плате произвольное размещение радиокомпонентов.

Из подпункта 1.3. следует, что линейные размеры, удовлетворяющие условию lхпп\* lупп ≥ Sk (lхпп – ширина печатной платы, lупп –длина печатной платы), будут соответственно равны 100х120 мм.

6.2. Выбор класса точности печатной платы по результатам расчета показателей.

Класс точности печатной платы определяется номинальными значениями и точностью выполнения элементов печатной платы. Современная технология позволяет получать платы семи классов точности.

Исходными данными для расчета показателей класса точности (КТ) печатной платы (ПП) являются:

- число РК, размещаемых на ПП;

- количество выводов каждого РК;

- размеры ПП.

Определяем количество трасс (проводников), которые необходимо разместить на поверхности платы:

Nтр = ,

где n  – количество РК, размещаемых на плате (n = 21);

Nтр = 59

Выбор КТ ПП в 1-ом приближении: по критериям выбора КТ и по предыдущим результатам выбираем 1-ый КТ, так как этому классу удовлетворяет малая насыщенность поверхностных РК (для данного изделия их нет) и интегральные микросхемы (ИС) малой степени интеграции.

Для 1-ого КТ имеем следующие величины:

- ширина проводника t = 0,75 мм;

- расстояние между проводниками s = 0,75 мм;

- ширина гарантированного пояска контактной площадки наружного слоя

bн = 0,3 мм;

- КДТ = 0,4 (т.е. толщина диэлектрика ПП δпп будет равна 1,5 мм).

Определяем среднюю длину проводников на ПП:

lср = (lхпп + lупп)/3 = (100+120)/3 = 73 мм

Находим площадь, занимаемую одной трассой:

Sтр = (t + s)\* lср = (0,75 + 0,75)\*73 = 110 мм2, или 1,1 см2

Площадь ПП во 2-ом приближении будет:

Sпп = Sтр\* Nтр = 1,1\*59 = 70,8 см2

Далее снова выполняется проверка выполнения условия lхпп\* lупп ≥ Sпп.

Для дополнительной проверки проверяем условие: lхпп\* lупп - Sуст. ≥ Sпп

Как видно, оба условия выполняются.

На этом шаге размеры платы могут быть уточнены до значений lхпп′, lупп′.

Так как второе условие выполняется с небольшой разницей, то значения можно оставить такими же:

lхпп′ = 100 мм, lупп′ = 120 мм.

Минимальная ширина проводника на ПП:

tminпр = = (3\*120\*100)/(2\*(120+100)\*59) = 1 мм

По найденному значению минимальной ширины проводника ПП производится уточнения КТ: остается 1-ый КТ.

6.3. Выбор класса жесткости печатной платы.

По ГОСТ 23752-79 предусматривается 4 группы жесткости.

С учетом исходных данных и назначения изделия (вольтметр постоянного тока с автоматическим выбором переделов) выбирается 1-ая группа жесткости:

- температура окружающей среды: -25…+55о С

- относительная влажность: 75% при 35о С

- термоудар: -25…+55о С

- пониженное атмосферное давление: 760 мм рт. ст.

6.4. Шаг координатной сетки.

Основной шаг координатной сетки – 0,5 мм

Дополнительный шаг координатной сетки – 0,05 мм

Предпочтительно брать значения:

- для основного: s = 0,5\*n, где n = 1;2;5;6;10

- для дополнительного: s = 0,05\*n, где n = 5;10;15;20;25

При использовании импортных РК используются шаги, кратные 2,54 мм.

6.5. Конструкторско-технологический расчет элементов печатной платы.

Цель решения данной задачи – определение диаметров переходных и монтажных отверстий платы и внесение поправки в размер контактных площадок, ширину проводников и расстояние между проводниками.

Необходимость корректировки размеров обусловлено тем, что в процессе травления меди ширина проводника на плате уменьшается, поскольку химический процесс травления ведут в вертикальном и горизонтальном направлении.

6.5.1. Расчет переходных и монтажных отверстий.

Диаметр переходного отверстия (ПО) определяется по формуле:

dпо ≥ КДТ \* δпп = 0,4\*2 = 0,8 мм,

где K д т - отношение диаметра металлизированного отверстия к толщине

платы; δпп - толщина печатной платы.

Минимальный диаметр монтажного отверстия d м о :

dмо ≥ dв + 2\*hг + Δ + δд ,

где hг = (0,05…0,06) мм – толщина осажденной меди в монтажном отверстии (МО); Δ = (0,4…0,6) мм - зазор между поверхностью вывода и поверхностью отверстия; δд = 0,12 мм - погрешность диаметра отверстия; dв – диаметр вывода РК. Диаметры выводов РК и диаметры МО приведены в таблице 3.

Таблица 3.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Номер | Тип РК | Диаметр выводов, мм | Диаметр МО, мм |
| 1 | SWT-9 | 0,7 | 1,42 |
| 2 | HL1 АЛ307БМ; HG1  KO-4B2 | 0,5 | 1,22 |
| 3 | Остальные | 0,6 | 1,32 |

dмо(1) ≥ dв + 2\*hг + Δ + δд = 0,7+2\*0,05+0,5+0,12 = 1,42 мм

dмо(2) ≥ dв + 2\*hг + Δ + δд = 0,5+2\*0,05+0,5+0,12 = 1,22 мм

dмо(3) ≥ dв + 2\*hг + Δ + δд = 0,6+2\*0,05+0,5+0,12 = 1,32 мм

Диаметры МО и ПО выбираются из ряда: 0,4…1,8 мм с шагом 0,1 мм.

6.5.2. Расчет минимальных размеров элементов печатной платы.

1)Минимальный диаметр контактной площадки (КП):

dкп = 2\*( bн + (dмо/2)+ δ0 + δкп )+ δфф +1,5\*hф,

где δ0 = 0,07 мм – погрешность расположения отверстия; δкп = 0,15 мм – погрешность расположения КП; bн = 0,3 мм – ширина пояска КП в наружном слое; δфф = 0,06 мм – погрешность фотокопии и фотошаблона; hф = 35 мкм – толщина фольги для диэлектрика.

dкп = 2\*( 0,3 + (1,42/2)+ 0,07+ 0,15)+ 0,06+1,5\*0,035 = 2,5725 мм

dкп = 2\*( 0,3 + (1,22/2)+ 0,07+ 0,15)+ 0,06+1,5\*0,035 = 2,3725 мм

dкп = 2\*( 0,3 + (1,32/2)+ 0,07+ 0,15)+ 0,06+1,5\*0,035 = 2,4725 мм

2)Минимальная ширина проводника:

bпр = t + δфф +1,5\*hф,

где t – ширина проводника для выбранного КТ

bпр = 0,75 + 0,06+1,5\*0,035 = 0,8625 мм

3)Минимальное расстояние между 2 проводниками:

s = lол – (bпр + 2\*δсп),

где δсп = 0,05 мм – погрешность смещения проводника; lол = 1,5 мм –расстояние между осевыми линиями соседних проводников для выбранного КТ.

s = 1,5 – (0,8625+ 2\*0,05) = 0,5375 мм

Полученные значения минимальной ширины проводника, минимального расстояния между проводниками, диаметр КП и расстояние между проводником и МО с КП используются при изготовлении фотошаблона.

На выходе технологического процесса изготовления ПП мы получим значения размеров элементов, соответствующих выбранному КТ.

6.6. Расчет проводников питания «земли» по постоянному току.

Известно, что на проводнике питания «земли» при протекании тока I падает напряжение U = ρ\*I\*l/(hф\* bпр), где ρ = 0,017 Ом\*мм2/м (для медной фольги) – удельное сопротивление материала проводника; l = 153 мм – длина проводника.

U = 0,017\*0,05\*153/(0,035\*0,8625) = 4,3080 В

Расчет проводников питания «земли» по постоянному току выполняется, исходя из допустимой величины падения напряжения на проводнике при протекании тока. Падение напряжения на проводнике эквивалентно уменьшению напряжения на вводах питания ИС, которые, согласно ТУ, лежит в пределах +/- 5%. Поэтому площадь поперечного сечения проводника питания «земли» будет равна:

Sпз = ρ\*I\*l/(0,01…0,02)\* Uп,

где Uп – напряжение питания ИС

Sпз = 0,017\*0,05\*153/0,015\*4,5 = 1,926 мм2

6.7. Технология изготовления печатной платы.

Определяется используемым для изготовления платы материалом, количеством слоев платы, наличием металлизированных ПО и МО и КТ ПП.

Так как была выбрана односторонняя ПП, то подходит технология субтрактивная.

Эта технология заключается в использовании фольгированного диэлектрика и травления медной фольги с пробельных участков платы. В результате на плате остаются проводники, с помощью которых соединяются РК.

6.8. Расчет числа слоев печатной платы.

Выбор количества слоев ПП производится через сравнение площади ПП, отводимой для размещения проводников, и площади трасс, которые нужно проложить на плате. Исходя из принципа наихудшего случая, площадь платы для прокладки трасс:

Sптр = Sпп – Sуст = 120 – 32,225 = 87,775 см2

При условии, что Sптр > Sтр, плата может быть односторонней. Данное условие выполняется

Таким образом, ФЯ, разрабатываемого изделия, будет разрабатываться на ОПП, подтверждая выбор в пункте 4.

6.9. Выбор материала и технология изготовления печатной платы.

Современные технологии изготовления ПП базируются на использовании фольгированных диэлектриков.

Как было показано выше, изделие будет разрабатываться на ОПП.

По этой причине выбор материала будет производиться из односторонних фольгированных диэлектриков. Для выбора возьмем СФ, СТФ и НДФ.

Сравнение названных материалов будет производиться по диэлектрической проницаемости ε, тангенсу угла диэлектрических потерь , коэффициенту теплопроводности λ, плотности материала ρм, модулю упругости материала E. Эти данные приведены в таблице 4.

Таблица 4.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Материал | ε | \*104 | λ, Вт/(м\*К) | ρм, г/см3 | E\*10-9, Н/м2 |
| СФ | 6,0 | 25 | 0,2 | 1,85 | 30,2 |
| СТФ | - | - | 0,25 | 2,47 | 32 |
| Фторопласт-4 | 2,0 | 1,5 | 0,25 | 2,25 | 0,5 |

Выбор лучшей марки материала производится по комплексной оценке качества:

Q = \*,

где - весовой коэффициент (определяется с помощью метода экспертных оценок: , где ); \*- нормированные значения показателей \*=max).

Возьмем тенденцию максимума λ, ρм, E. Получим следующую таблицу:

Таблица 5

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Материал |  | \*104 | λ, Вт/(м\*К) | ρм, г/см3 | E\*10-9, Н/м2 |
| СФ | 0,167 | 25 | 0,2 | 1,85 | 30,2 |
| СТФ | - | - | 0,25 | 2,47 | 32 |
| Фторопласт-4 | 0,5 | 0,67 | 0,25 | 2,25 | 0,5 |

Далее проведем нормирование значений и запишем их в следующую таблицу:

Таблица 6

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Материал |  | \*104 | λ, Вт/(м\*К) | ρм, г/см3 | E\*10-9, Н/м2 |
| СФ | 0,334 | 0,06 | 0,8 | 0,75 | 0,944 |
| СТФ | - | - | 1 | 1 | 1 |
| Фторопласт-4 | 1 | 1 | 1 | 0,91 | 0,0156 |

Выбор весовых коэффициентов произведем в 10-бальной системе. С учетом выбранной тенденции выбираем следующие весовые коэффициенты:

1=1

2=1

3=2

4=2

5=4

Произведем расчет комплексных показателей качества для каждой из ячеек:

5.8824

Согласно принятой тенденции лучшему варианту конструкции соответствует максимальное значение Q. Поэтому, для изготовления печатной платы будет использован СТФ.

6.10. Размещение радиокомпонентов на плате.

При размещении РК используются следующие критерии:

- минимизации длины проводников на ПП

- минимизация длин параллельных участков проводников

- результат анализа связности РК в схеме электрической принципиальной.

С учетом толщины ПП, равной 2,0 мм, будут взяты следующие размеры краевых полей:

x1=x2=7,5 мм

y1=y2=7,5 мм (так как на ПП не используется вилка, колодка)

Размещение РК на ПП приведено на приложении 1.

6.11. Расчет массогабаритных показателей функциональной ячейки.

1) Масса ФЯ определяется по формуле:

mфя=mпп+mэл, где mпп- масса ПП, mэл- суммарная масса радиокомпонентов

mпп=12\*10\*0,2\*1,65=39,6 г

mфя=39.6+17,565=57,165 г

2) Объём ФЯ определяется по формуле:

Vфя=Vпп+Vэ, где Vпп- объём ПП, Vэ- суммарный объём радиокомпонентов.

Vпп=12\*10\*0.2=24

Vфя=24+22,387 =46,387

3) Плотность упаковки элементов:

J= Nэл- суммарное количество радиокомпонентов

J=

4) Коэффициент дезинтеграции по массе:

qm=

5) Коэффициент дезинтеграции по объёму:

qv==2,07

6.12. Описание конструкции функциональной ячейки.

Несущим элементом конструкции служит ОПП, выполненная из СТФ-1, на которой в одностороннем варианте размещены радиокомпоненты. Большая часть радиокомпонентов устанавливается на плате по варианту II(а, в), другие – по V, VII, VIII.

Пайка выводов РК производится групповой пайкой с помощью волны припоя.

Для установки ФЯ в корпусе по углам платы выполнены отверстия диаметром 5 мм для стоек.

Для защиты от воздействия влаги ФЯ покрываются лаком УР231 ТУ.

7. Разработка конструкции корпуса.

Для защиты платы от окружающей среды будет использоваться корпус. Выбор корпуса будем производить, основываясь на габаритных размерах платы (120x100) и максимальной высоте радиотехнических компонентов (22 мм). Исходя из этих размеров, выберу корпус Орхидея(рисунок 6). Данный корпус сделан из высокопрочного ABS-пластика UL 94-HB. Имеет габаритные размеры 160\*110\*4.5. Цвет корпуса темно-серый, а его лицевая панель светло-серая. Производитель данного корпуса Gainta Industries.



Рисунок 6

Для установки ФЯ на основании корпуса выполнены 4 стойки, на которые ставится плата ФЯ. Соединения основания и крышки корпуса производится с помощью винтов типа М3х8 мм .

В выбранном корпусе были доработаны для использования в разработке изделия следующие моменты:

- механическая обработка (фрезерование, сверление и т. п.)

- с крышкой батарейного отсека

- вырез под дисплей

- отверстия для вывода кнопок

Чертежи корпуса показаны в приложении 2.

8. Расчет надежности вольтметра

Расчет надежности заключается в определении показателей надежности изделия по известным характеристикам надежности элементов и условиям эксплуатации.

Расчет надежности выполняется на основе логической модели безотказной работы РЭС. При составлении модели предполагается, что отказы элементов независимы, а элементы и в целом РЭС могут находиться в одном из двух состояний: работоспособном или неработоспособном.

Основными количественными характеристиками надежности являются:

1) Вероятность безотказной работы за время t = 4 ч (среднее время использования устройства на лабораторной работе):

P(t)=, и

2) Среднее время наработки до отказа равно (в часах):

T0=,

где - эксплуатационное значение интенсивности отказов,

- значение интенсивности отказов для нормальных условий эксплуатации, где

интенсивности отказов для нормальных условий эксплуатации,

a- коэффициент учитывающий электрическую нагрузку радиокомпонентов и температуру окружающей среды,

, - удары, -вибрации и удары).

Перечисленные параметры взяты из таблиц приложения 10 стр. 117 методического указания.

Так как устройство работает в лабораторных условия, будут равны 1.

Таблица 7

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Элемент | λo  ,10-6 ,1/ч | аi |
| Керамические резисторы | 0.043 | 1.07 |
| Стеклокерамический конденсаторы | 0.15 | 2.80 |
| Переключатели кнопочные | 0.01 | 0.85 |
| Кремниевые диоды | 0.2 | 1.3 |
| ИС | 0.013 | 1 |
| Печатная плата | 0.7 | 1 |
| Пайка печатного монтажа | 0.01 | 1 |

Откуда получим следующие эксплуатационное значение интенсивности отказов:

Таблица 8

|  |  |
| --- | --- |
| Элемент | λi  ,10-6 ,1/ч |
| Керамические резисторы | 0.046 |
| Стеклокерамический конденсаторы | 0.42 |
| Переключатели кнопочные | 0.085 |
| Кремниевые диоды | 0.26 |
| ИС | 0.014 |
| Печатная плата | 0.728 |
| Пайка печатного монтажа | 0.01 |

Используя эксплуатационное значение интенсивности для каждого элемента отдельно, найдём эксплуатационное значение интенсивности отказов РЭС:

λэ =

Вероятность безотказной работы за время t = 4 ч (среднее время использования устройства на лабораторной работе):

P(t)=

Среднее время наработки до отказа равно (в часах):

Т=1/3.091· 10-6 =323510 ч.

Сравнивая полученные значения среднего времени наработки на отказ с данными значениями из ТЗ, можем убедиться в том, что поставленные перед нами требования к надежности выполняются.

9. Расчет виброудара прочности изделия.

Конструкция считается вибропрочной, если в ней отсутствуют механические резонансы, а допустимая виброперегрузка на резонансной частоте превышает перегрузку, указанную в техническом задании на изделие.

Оценка вибропрочности конструкции сводится к расчету частоты свободных колебаний f0 и допустимой величины виброперегрузки.

Отсутствие в конструкциях механических резонансов характеризуется

следующим соотношением частоты свободных колебаний f0 любого эле-

мента конструкции и верхней частоты fв диапазона внешних вибрационных воздействий:

f0 ≥ 2fв .

Основной расчетной моделью планарных конструкций служит прямоугольная пластина при определенных условиях на сторонах. Частота свободных колебаний основного тона прямоугольной пластины определяется

по формуле:

, Гц

где С= - частотная постоянная; h - толщина пластины, мм; *а* - большая сторона пластины, мм; *Kм=* поправочный коэффициент на материал пластины, Eстеф, Ecт - модуль упругости материала пластины и стали, ρстеф , ρcт - плотность материала пластины и стали, - поправочный коэффициент на нагружение пластины равномерно размещенными на ней элементами, mэ - масса элементов; mп - масса пластины.

.Для расчета вибропрочности воспользуемся данными, рассчитанными ранее:

mэ=17.565 г

mпп=59.28 г

c=76

ρстеф=2.47 г/

ρcт=7.82 г/

Поправочный коэффициент на материал пластины:

*Kм=*

Поправочный коэффициент на нагружение пластины равномерно размещёнными на ней элементами:

Частота свободных колебаний прямоугольной пластины:

Сравним полученное значение с частотой вибрации при эксплуатации изделия (=50 Гц).

Видно что > => в конструкции отсутствуют механические резонансы и данную конструкцию можно назвать вибропрочной.

Допустимая величина вибрационной перегрузки рассчитывается по

формулам:

nвдоп=,

где Zдоп - допустимая величина прогиба упругого элемента конструкции,

f0- частота свободных колебаний,

Допустимая величина прогиба упругого элемента конструкции:

Zдоп=,

где δ- допустимая стрела прогиба материала платы на длине 1 м, , L- длина печатной платы равной 1 м.

Воспользуемся таблицей приложения номер 9 методического пособия для нахождения допустимой стрелы прогиба материала платы на длине 1 м:

δ=0.025 м

g=9,8 м/с2

Zдоп=

Допустимая величина вибрационной перегрузки:

nвдоп=, что больше заданной в ТЗ величины (2g).

Оба условия выполняются, следовательно, данное изделие считается вибропрочным.

10. Оценка технологичности конструкции.

Радиоэлектронное средство технологично, если при производстве и эксплуатации (ремонте) его потребительские качества обеспечиваются при

оптимальном расходовании привлекаемых ресурсов (материальных, трудовых. финансовых и т.д.). При единстве достигаемых целей существуют различные методические подходы к оценке технологичности.

10.1. Расчет конструкторских показателей технологичности

Проводится разработчиками конструкции сборочной единицы по результатам синтеза схемного решения РЭС и выполнения сборочного чертежа (чертежа общего вида) конструкции.

1) Коэффициент повторяемости компонентов и МСБ:

Кпов мс = 1 - (nтр / N),

где N - общее количество дискретных компонентов, ИМС широкого приме-

нения и МСБ. Рассчитывается как суммарное число дискретных (навесных)

электрорадиоэлементов (включая электрические соединители - разъемы,

тумблеры, переключатели и т.д. - кроме ПП) поименованных в перечне

элементов к принципиальной схеме или в спецификации к сборочному чертежу плюс число ИМС и МСБ. Навесные компоненты, входящие в МСБ, в

N не засчитываются; nтр - число типоразмеров компонентов, ИМС и МСБ.

Кпов мс=1-(8/50)=0.84

2) Коэффициент повторяемости материалов:

Кпов м = 1 - (nм / nдет ),

где nм - количество марок материалов , применяемых для изготовления со-

ставных частей (деталей) конструкции, nдет - количество нестандартных

(оригинальных) деталей, изготовленных из этих материалов.

Кпов м=1-(6/21)=0.72

3) Коэффициент стандартизации конструкции:

Кс=,

где: n ор.к - количество нестандартных (оригинальных) электрорадиокомпонентов, включая МСБ (компонентов "частного" применения).

Кс=1-=0.83

4) Коэффициент использования площади коммутационной платы:

Кис п = Sзан / Sп

где: Sп - площадь коммутационной платы (печатной, платы МСБ), Sзан -

суммарная площадь платы, занятая печатным (тонко- , толстопленочным)

монтажом, а также навесными компонентами, размещенными на свободных

от печатного или пленочного монтажа участках платы.

Кис п=120/189=0.63

10.2. Расчет производственных показателей технологичности

Приводимые ниже показатели отражают особенности сборочно-

монтажных ТП.

1) Коэффициент ограничения числа видов сборочно-монтажных соединений

Когр = 1 - (nвид / nпар.с),

где: nпар.с - число пар механически и (или) электрически соединяемых любым способом элементов, деталей и составных частей изделия; nвид – число конкретных технологических способов, используемых для образования механических и (или) электрических соединений в паре соединяемых элементов, деталей, частей.

Когр=1-(2/21)=0.905

2) Коэффициент использования групповых методов

Кисп = nгр / nтп ,

где: nтп - общее количество операций и (или) групп операций, предусмотренных в структуре ТП, т.е. в разработанном варианте структурной технологической схемы (СТС), функционально-технологической схемы (ФТС)

или технологической схемы сборки (ТСС) (разд. 5.3.2); nгр - количество

операций и (или) групп операций из nтп, основанных на групповых методах

(обработки, монтажа, сборки, регулировки и т.д.). Данный показатель (Кисп)

точно может быть определен по результатам анализа маршрутной карты ТП.

Кисп=0,36

3) Коэффициент автоматизации и механизации установки и монтажа изделия

Ка.м = nа.м / nмон,

где: nмон - общее количество электрических и (или) механических монтажных и силовых (закрепляющих) соединений; nа.м - число соединений из nмон, выполняемых автоматизированным и механизированным способом.

Ка.м=0,9

10.3. Комплексная оценка технологичности .

Оценка частных показателей технологичности в баллах Б i производится по формуле

,

где: Kн i- нормативный уровень показателя, действующий на данный момент в отрасли (на предприятии) - табл. 5.2; ΔK i - эквивалент "одного балла", отражающий значимость данного показателя технологичности. Он может выражаться в долях от нормативного уровня - табл. 5.2; K pi – расчетное значение частных показателей технологичности. Значения Бi занесем в таблицу :

Таблица 9

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *№ п/п* | *Наименование показателя Ki* | *Обозначение показателя Ki* | *Нормативное значение показателя KHi* | *Эквивалент одного балла ∆K* | *Расчетный частный показатель KPi* | *Балльный показатель Бi* |
| *1* | Коэффициент повторяемости компонентов и МСБ | Кпов мс | 0,95 | 0.2 | 0.84 | 3.45 |
| *2* | Коэффициент повторяемости материалов | Кпов м | 0,7 | 0,175 | 0,72 | 4.11 |
| *3* | Коэффициент стандартизации конструкции | Кс | 0.85 | 0,2125 | 0.83 | 3.91 |
| *4* | Коэффициент использования площади коммутационной платы | Кис п | 0.6 | 0.1 | 0.63 | 4.3 |
| *5* | Коэффициент ограничения числа видов сборочно-монтажных соединений | Когр | 0.9 | 0.1 | 0.905 | 4.05 |
| *6* | Коэффициент использования групповых методов | Кисп | 0.4 | 0,25 | 0,36 | 3,86 |
| *7* | Коэффициент автоматизации и механизации установки и монтажа изделия | Ка.м | 0.87 | 0.3 | 0,9 | 4,1 |

Комплексная оценка технологичности определяется по среднебальному показателю Б ср :

Бср==

где: m - количество частных показателей, привлекаемых для анализа техно-

логичности РЭС. В курсовом проекте m<8.

Бср ≈ 4 - изделие технологично, отвечает в целом действующим требованиям.

11. Разработка технологии изготовления.

Вольтметр постоянного тока с автоматическим выбором пределов будет выпущен в мелкосерийное производство. В дальнейшем будет поставляться в вузы и школы.

Рассмотрим технологический процесс изготовления вольтметра в виде структурной схемы.

На структурной схеме каждая операция изображена в виде прямоугольника

Вырубка по контуру

Контроль электрических параметров

Маркировка

Отмывка от флюса

Лужение

Сушка

Нанесение защитной паяльной маски

Получение монтажных отверстий

Удаление защитного рельефа

Травление меди с пробельных мест

Сушка

Получение защитного рельефа

Подготовка поверхности заготовки

Получение заготовки

Раскрой материала

Входной контроль диэлектрика

Установка РК на ПП

Нанесение флюса на КП

Подготовительные операции

Комплектность

Контроль

Пайка

Удаление паяльной маски

Контроль пайки

Промывка платы

Сушка

Выходной контроль

Маркировка

.

Упаковка в корпус

Покрытие защитным лаком

12. Разработка стендов контроля параметров изделия.

Когда изделие собрано, нужно проверить его работоспособность и проверить рабочие величины, заданные в ТЗ. Для данного изделия – вольтметр постоянного тока с автоматическим выбором пределов – этими величинами являются значения тока в рабочем и «спящем» режимах, напряжение, необходимое для работы изделия.

Для данных проверок собирается тестовый стенд, с помощью которого проверяются все рабочие величины.

Тестовый стенд представлен на рисунке 9.

Образцовый вольтметр

Изделия

Источник питания

Для контроля устройства потребуется образцовый вольтметр. Сначала его подключают к аккумулятору и подборкой резистора R4 уравнивают показания в левой части индикатора с показаниями образцового вольтметра. Затем подключают вход "+" устройства к плюсовому выводу конденсатора С2 и подборкой резистора R9 уравнивают показания в правой части ЖК индикатора с показаниями образцового вольтметра. Далее подключают этот вольтметр на вход устройства, подают на него напряжение около 30 В от стабилизированного источника питания и подборкой резистора снова уравнивают показания в правой части ЖК индикатора с показаниями образцового вольтметра. Увеличивают входное напряжение до 150 В, и подборкой резистора R8 снова уравнивают показания.

Литература

1. "Конструирование РЭС. Учебное пособие по курсовому и дипломному проектированию". В.Ф. Борисов, А.А. Мухин, А.С. Назаров. Москва, издательство МАИ, 1991 г.

2. Основы конструирования и технологии РЭС: Учебное пособие для

курсового проектирования/ Авт.: В.Ф. Борисов, А.А. Мухин, В.В. Чермошенский и др. - М.: Изд-во МАИ, 2000. - 128 с., ил.

3. С. Рычихин, журнал «Радио» №9 2012г., «Таймер на микроконтроллере»

4. В.Ф. Борисов, А.А. Мухин, А.С. Назаров, Г.Т. Сергеев, Ю.В. Чайка, В.А. Шаров, Б.Д. Шурыгин., Методические указания по курсовому и дипломному проектированию "Конструирование и технология РЭС", Москва, издательство МАИ 1991 г.

5. В.Ф. Борисов, А.А. Мухин, А.С. Назаров, Г.Т. Сергеев, Ю.В. Чайка, В.А. Шаров, Б.Д. Шурыгин., Методические указания по курсовому и дипломному проектированию "Конструирование и технология РЭС", Москва, издательство МАИ 1991 г.

6. Разработка и оформление конструкторской документации радиоэлектронной аппаратуры: Справочник / Э.Т. Романычева, А. К. Иванова, А. С. Куликова и др.; Под ред. Э. Т. Романычевой.-2-е изд., перераб. и доп.-М.: Радио и связь, 1989. – 448