**Аннотация**

Целью дипломной работы было создать устройство управления радиорелейной станцией, отвечающей новейшим требованиям военной аппаратуры. Данная станция, помехозащищённая и уникальна тем, что способна работать в боевых условиях при наличии радиопротиводействия противника. В проделанной работе были рассмотрены вопросы : Разработка и анализ схемы электрической принципиальной. Выбор и обоснование элементной базы. Обоснование конструкции устройства. Выбор материалов для изготовления печатного узла и способ изготовления платы. Были проведены следующие расчеты: Расчет параметров печатных проводников. Расчет электрических параметров. Также было проведено моделирование тепловых процессов в подсистеме АСОНИКА-Т. Результатом проделанной работы стало устройство отвечающее новейшим требованиям военной аппаратуры и конкурентопригодное на рынке .

Оглавление

[1. Введение](#_Toc354749615) 7

[1.1.Обоснование необходимости создания помехозащищённой радиорелейной аппаратуры и её назначения………………………… ……...](#_Toc354749616)8

[2. Специальная часть](#_Toc354749617) 14

[2.1. Анализ схемы электрической принципиальной](#_Toc354749618) 14

[2.2. Выбор и обоснование элементной базы………………………](#_Toc354749619)16

[3. Конструкторско-технологическая часть](#_Toc354749622) 22

[3.1. Конструкторско-технологические требования](#_Toc354749623) 22

[3.2. Обоснование конструкции устройства](#_Toc354749624) 22

[3.2.1. Обоснование исполнения печатного узла](#_Toc354749625) 23

[3.2.2. Обоснование исполнения корпуса](#_Toc354749626) 23

[3.3. Выбор материалов для изготовления печатного узла и способ изготовления платы](#_Toc354749627) 24

[3.3.1. Выбор класса точности](#_Toc354749628) 25

[3.3.2. Выбор метода нанесения рисунка](#_Toc354749629) 26

[3.3.3. Выбор метода изготовления](#_Toc354749630) 26

[3.3.4. Выбор материала основания](#_Toc354749631) 28

[3.3.5. Подготовка поверхности печатной платы](#_Toc354749632) 28

[3.3.6. Получение монтажных и переходных отверстий](#_Toc354749633) 29

[3.3.7. Металлизация печатной платы](#_Toc354749634) 29

[3.4. Межсоединения](#_Toc354749635) 29

[3.4.1. Технологический процесс пайки](#_Toc354749636) 30

[3.4.2. Флюс](#_Toc354749637) 32

[3.4.3. Припой](#_Toc354749638) 32

[3.4.4. Защитное покрытие](#_Toc354749639) 33

[3.5. Расчет параметров печатных проводников](#_Toc354749641) 33

[3.5.1. Расчет диаметра монтажных отверстий и контактных площадок](#_Toc354749642)

[3.5.2. Расчет ширины проводников](#_Toc354749643) 35

[3.5.3. Расчет расстояния между двумя проводниками](#_Toc354749644) 37

[3.6. Расчет электрических параметров](#_Toc354749645) 37

[3.6.1. Емкость в печатном монтаже](#_Toc354749646) 37

[3.6.2. Расчет индуктивности печатных проводников](#_Toc354749647) 40

[3.6.3. Взаимная индуктивность печатных проводников](#_Toc354749648) 42

3.7 Моделирование тепловых процессов в подсистеме АСОНИКА-Т…………………………………………………………………… 43

4. Разработка конструкторских мероприятий по обеспечению электромагнитной совместимости……………………………………………………………………51

5. Разработка мероприятий по защите компонентов и узлов от воздействия статического электричества на этапе сборки и настройки аппаратуры……...64

6. Выбор и обоснование технологического процесса пайки при сборке печатного узла……………………………………………………………………66

7. Охрана труда…………………………………………………………..67

7.1. Защита ПК от электромагнитных воздействий……………………67

8. Экологическая часть…………………………………………………..70

8.1. Переход на бессвинцовую пайку……………………………………70

9. Экономическая часть………………………………………………….74

9.1. Расчёт себестоимости продукции …………………………………. 74

10. Заключение …………………………………………………………...76

1. **Введение**

Станция является унифицированным цифровым тропосферно – радиорелейным средством связи и предназначена для организации линий и сетей радиосвязи различного уровня. Она позволяет создавать принципиально новые системы связи, решающие задачи как тропосферной, радиорелейной (система «точка-точка»), так и радиально – узловой связи (система «точка- многоточка») единым образом.

Станция представляет собой малогабаритную, помехозащищённую, высокомобильную станцию, позволяющую обеспечить передачу информации со скоростью передачи от 64 до 512 кбит/с на расстояния до 150 км.

Принципы построения станции основаны на применении временного разделения дуплексных сигналов (принцип полудуплексной работы системы) и частотного разделения каналов при многоканальной работе. В радиально – узловых линиях частотные каналы используются для разделения направлений связи. При этом обеспечивается гибкое использование частотного ресурса в зависимости от вида устанавливаемой связи, протяжённости интервалов, требования по помехозащите, количества передаваемой информации. Наличие широкополосной системы связи с Ν независимыми частотами позволяет расширить возможности станции и сделать ее универсальной. Так данную станцию можно использовать как:

* тропосферную радиально-узловую, передавая параллельно на одной (оптимальной) из Ν частот информацию для каждой из М абонентских станций;
* радиорелейную, в этом случае параллельная работа на М частотах позволяет повысить общую скорость передачи информации в радиорелейной линии.

Станция обеспечивает:

* Работу в диапазоне частот 4400 – 5000 ГГц;
* Рабочая полоса частот 30 МГц;
* Работу в режиме прямой видимости при наличии мачт её обеспечивающих;
* Передачу цифровой информации со скоростями: 64, 128 (2х64), 512 (8х64) кбит/с в режиме «загоризонтной» связи с использованием эффекта дальнего тропосферного рассеивания или эффекта дифракции радиоволн на интервалах до 150 км с вероятностью ошибки 10-4 и надёжностью не хуже 95 % на линии «точка – точка»;
* Работу в системе радиально – узловой связи с центральной станцией («точка – многоточка»);
* Защиту канала связи от радиопомех путем адаптации спектра излучаемого сигнала к помеховой обстановке. Эта задача решается за счет применения принципа многочастотной работы (случайной перестройки частоты) в сочетании с методом помехоустойчивого кодирования и перемежения;
* Адаптацию сигнала на передаче к условиям распространения радиоволн;
* Организацию цифровых каналов служебной связи, канала телеуправления и телесигнализации;
* управление режимами работы и контроль состояния качества связи с персонального компьютера. Изменение режимов работы и конфигурации радиолинии не требует изменения аппаратуры и достигается программным изменением режима работы.

**1.1 Обоснование необходимости создания помехозащищённой радиорелейной аппаратуры и её назначение**

Одной из важнейших составляющих системы связи Вооруженных сил Российской федерации является сеть радиорелейной связи.

В настоящее время в войсках связи Вооруженных Сил Российской федерации на снабжении находится третье поколение отечественных средств радиорелейной связи военного назначения, которые разрабатывались в 80-х годах прошлого столетия.

К недостаткам существующих средств военной радиорелейной связи относятся:

– низкая надежность связи в условиях радиопомех;

– большие габариты и энергопотребление и, как следствие, большое количество транспортных средств, отсутствие автоматизированных антенно-мачтовых устройств (АМУ);

– низкие характеристики по электромагнитной совместимости;

– отсутствие унификации радиорелейных станций по системам управления и недостаточная эффективность систем функционального контроля и диагностики.

Необходимо отметить, что в настоящее время в промышленности ведутся опытно-конструкторские работы по созданию комплекса технических средств связи. Кроме того, на рынке средств радиорелейной связи отечественные производители предлагают ряд разноплановых радиорелейных станций (Р169-РРС, серия ЦРРС МИКРАН, РРС РАДИАН, ЦС Рисса и .т д.).

Однако в ТТЗ на разработку этих комплексов не задавались тактико-технические требования, удовлетворяющие современным требованиям систем управления войсками.

К ним относятся:

– отсутствие современных методов по обеспечению требуемой помехозащищённости и разведзащищённости;

– недостаточный уровень автоматизации процессов развертывания АМУ, установления, ведения связи и управления, как радиорелейными станциями, так и создаваемыми на их основе линиями связи;

– отсутствие эффективных решений по обеспечению безопасности связи при ведении служебных переговоров обслуживающим персоналом.

Анализ практического использования современных радиорелейных средств в условиях вооружённых конфликтов в различных регионах мира показывает, что на первый план выходят такие показатели станций как энергетическая скрытность и помехозащищенность связи. После обнаружения факта работы радиолинии следует пеленгация радиоизлучающих средств, определение их координат и, как правило, их огневое уничтожение, если радиоизлучающие средства находятся в пределах досягаемости артиллерии или авиации. В других случаях радиосредства могут быть подавлены системами радиопротиводействия, которые в настоящее время и в перспективе обладают большим энергетическим потенциалом с эквивалентной изотропной излучаемой мощностью (ЭИИМ) более 60 дБВт.

Низкий уровень отечественных средств военной радиорелейной связи особенно заметен при сравнении с зарубежными военными радиорелейными станциями, в частности, находящимися на снабжение европейских стран, входящих в блок НАТО. К ним относятся, в частности, станции MH3013 (MARCONI), RL434A (Kongsberg), GRC-408, GRC-2000C (Tadiran Communication) и др. По имеющимся материалам, данные радиорелейные станции характеризуются следующими особенностями:

– возможностью работы в сложной электромагнитной обстановке за счет высоких характеристик по ЭМС и помехозащищенности (режим ППРЧ не менее 5000 скачков частоты в секунду, расширение спектра, помехоустойчивое кодирование и перемежение, работа в диапазоне скоростей 16 - 8448 кбит/с);

– использование цифровых методов передачи и обработки информации;

– автоматизация средств управления и контроля, наличие многопротокольных интерфейсов, аппаратуры засекречивания и т.д.;

– возможность организации связи на больших расстояниях (до 200 км.) со скоростью передачи информации до 2048 кбит/с при использовании режима загоризонтной связи.

Таким образом, в отечественной промышленности назрел вопрос создания скрытных и помехозащищённых средств связи, способных принять вызов времени.

В ряду таких систем стоит и аппаратура радиорелейной связи сантиметрового диапазона, предназначенная для работы в комплексах ПВО.

Следует отметить, что технические решения, использованные в данной работе, распространяются на станции целого ряда диапазонов частот, что позволит в дальнейшем создавать семейство помехозащищённых станций военного назначения различных диапазонов частот.

Процесс развития перспективных средств связи позволяет определить передовые технологии, без которых невозможно создание новых образцов техники связи.

К таким технологиям можно отнести создание высокоэффективных приемопередающих устройств на основе:

– широкополосной работы станции при быстрой псевдослучайной перестройке рабочей частоты в любой выбранной полосе частот вплоть до перестройки во всём диапазоне частот;

– увеличения помехозащищённости системы связи путём уменьшения скорости передачи информации;

– автоматической регулировки мощности передатчика с точностью 1 дБ в диапазоне 50 дБ, обеспечивающей работу на минимальной мощности для увеличения скрытности передачи;

– реализации режима частотной адаптации, которая обеспечивается наличием анализатора помеховой обстановки и выбора алгоритма маневрирования рабочей частоты;

– применения устройств кодирования и перемежения, повышающих помехозащищенность в условиях воздействия импульсных помех;

– использования антенн с большим подавлением боковых и задних лепестков;

– применения устройств преселекци приемного устройства без увеличения коэффициента шума приемника;

– управления станцией, интервалом, линией и сетью связи на основе унифицированных протоколов, обеспечивающих поддержку сетевого и транспортного уровня;

– использования стандартных интерфейсов;

– улучшения эксплуатационных характеристик в части создания необслуживаемых станций, упрощения процесса развёртывания и наведения антенн;

– использования режима работы на интервалах при отсутствии прямой видимости (загоризонтная связь);

– введения режима конфиденциальности передачи информации.

Развитие современной элементной базы позволяет создать унифицированные перепрограммируемые устройства (модемы, мультиплексоры, устройства, реализующие интерфейс станции, и пр.), которые могут иметь широкое применение в различных средствах связи.

Учитывая сказанное, создание перспективной станции с высокой степенью скрытности и помехозащищённости является актуальной задачей.

***Назначение***

Помехозащищённая станция предназначена для работы в боевых условиях при наличии радиопротиводействия противника.

***Общая характеристика***

Разведзащищённость достигается комплексом мер:

* наличием автоматической регулировки мощности, позволяющей вести работу на минимально возможной мощности, достаточной для обеспечения допустимого уровня ошибок;
* псевдослучайной перестройкой частоты, обеспечивающей минимально-возможную спектральную плотность излучаемого сигнала;
* применением антенных систем с низким уровнем боковых и задних лепестков диаграммы направленности;
* применением устройства автоматического наведения на корреспондента с использованием сигналов ГЛОНАС.

Помехозащищенность достигается:

* применением быстрой псевдослучайной перестройкой частоты в широком диапазоне частот, существенно снижающей эффективность сосредоточенной (прицельной) помехи противника;
* использованием помехоустойчивых кодов с перемежением;
* применением усилителей с повышенной выходной мощностью;
* применением устройств преселекции приемного устройства;
* применением антенных систем с низким уровнем боковых и задних лепестков диаграммы направленности.

Станция должна работать совместно с несколькими однотипными радиостанциями в одном и том же диапазоне частот в режиме псевдослучайной перестройки частоты с синхронизацией работы радиосредств. В станции должна обеспечиваться конфиденциальность передаваемой информации.

**2. Специальная часть**

**2.1 Анализ схемы электрической принципиальной**

**Технические характеристики**

Напряжение питания устройства +12 В.

Ток потребление не более 120 мА.

Размер печатной платы 130 Х 80

Устройство управления предназначено для организации обмена информацией между блоком управления и выносными модулями станции. Устройство обеспечивает прием и выдачу последовательной информации по входам Upr A inf и Upr B inf, по стандарту RS-485 (обмен между блоками), выдачу команд управления и прием сигналов состояния уровнями КМОП (внутриблочный обмен в блоках). Устройство имеет канал сопряжения с персональным компьютером по стандарту RS-232. Устройство управления, имеющееся в каждом блоке управления, осуществляет передачу, прием и ретрансляцию информации линейной телесигнализации, обеспечивает связь с блоками данной станции и пультом оператора для передачи информации о состоянии станции и всей радиолинии.

Управление станцией осуществляется с пульта оператора станции от PC. Агентами управления являются блоки станции. В каждом из этих блоков встроено программное обеспечение на базе микроконтроллера AТXmega128A1 фирмы Atmel. Информационный обмен между блоками осуществляется по интерфейсу RS-485 (канал КУ). Обмен информацией между блоками производится пакетами. Скорость передачи в пакете 115,2 Кбит/с. Обмен производится каждый цикл работы станции (10 мс).

С пультом оператора (РС) связь станции производится через блок доступа по интерфейсу USB. C пульта оператора вводятся установочные данные при изменении параметров станции и режимов ее работы. На пульт оператора поступают сигналы состояния отдельных частей станции и данные, характеризующие динамическое состояние радиоканала.

Организация связи со специализированным выносным пультом оператора осуществляется по последовательному интерфейсу по стандарту RS485.

Устройство управления формирует цикловый импульс на частоте 100 Гц. Этот импульс используется в станции для синхронизации системы управления микроконтроллеров блоков. Цикловые импульсы, формируемые в блоке дотупа, поступают на внешние блоки станции по отдельному интерфейсу RS-485.

По каналу ЛТС осуществляется передача команд управления и сигналов состояния всех станций радиолинии, для дальнейшей передачи информации по линии связи или передачи ее на пульт управления.

Посылка ЛТС формируется при организации цикла группового непрерывного информационного сигнала в устройстве управления. Скорость передачи в канале ЛТС – 1,6 кбит/с.Обмен информацией по каналу ЛТС производится пакетами по принципу запрос – ответ.

На устройство управления пакеты ЛТС приходят с двух направлений связи и от пульта управления «своей» станции. Пакеты содержат номер станции получателя.

*Алгоритм маршрутизации* состоит в следующем.

Для пакетов, поступающих с направления связи:

Если номер станции в пакете совпадает с номером «своей» станции, микроконтроллер берет пакет на обработку, а дальнейшее продвижение пакета по каналу ЛТС прекращается.

В противном случае, пакет ретранслируется по каналу ЛТС в том же направлении.

Для пакетов, поступающих от пульта управления:

Если номер станции в пакете совпадает с номером «своей» станции, микроконтроллер берет пакет на обработку и не передает его в канал ЛТС.

В противном случае, пакет передается по каналу ЛТС в оба направления.

Одновременно микроконтроллер обеспечивает отсутствие столкновений пакетов в канале ЛТС путем задержки передачи очередного пакета, если канал занят (ведение «очереди»)

**2.2 Выбор и обоснование элементной базы**

Микросхема ***ATXmega128-AU*** является микроконтроллером общего назначения. Микроконтроллер ATXMEGA128A1-AU работает при напряжении питания от 1.6В до 3.6В, имеет низкое энергопотребление. Производительность микроконтроллера достигает 32 MIPS на тактовой частоте 32 МГц. Микроконтроллер ATXmega128-AU имеет контроллер прямого доступа в память, контроллер многоуровневых прерываний, поддерживающий приоритеты прерываний и немаскируемые прерывания.

Основные параметры микроконтроллера ATXmega128-AU приведены в таблице.

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование параметра | Значения параметров |
| Flash, кбайт | 128 |
| SRAM, кбайт | 8 |
| EEPROM, кбайт | 2 |
| Количество линий ввода/вывода | 78 |
| Количество 16-битных таймеров | 8 |
| Количество SPI/TWI/USART | 4/4/8 |
| Ток потребления, мА | 200 |
| Рабочая температура ( С) | -55 -- +125 |
| Корпус | TQFP 100 |

**Микроконтроллеры AVR XMEGA поддерживаются основными средствами разработок для AVR-контроллеров.**

Понижающий DC-DC преобразователь ***MAX5033AASA*** семейства MAXPower ( STU ) преобразует поступающее напряжение питания +12 В в напряжение питания +3,3 В, необходимое для питания логических микросхем.

Отличительные особенности:

* - широкий диапазон входного напряжения: от 7.5 до 76 В;
* - фиксированное (3,3 В) выходное напряжение;
* - максимальный выходной ток 500 мА;
* - КПД до 94 %;
* - внутренняя частотная коррекция;
* - фиксированная частота переключений 125 кГц;
* - защита от перегрева и КЗ;
* - 8 выводной SO корпус.
* Супервизор ***ADM6321AW31ARJ*** (SV) осуществляет контроль за напряжением питания +3,3 В. При понижении напряжения питания до +3,08 B супервизор выдает сигнал сброса RESET на микроконтроллер.

Отличительные особенности:

- сигнал RESET возникает при понижении напряжения питания ниже заданного порогового уровня -- 3,08 В;

- активный уровень сигнала RESET – лог.0;

- время удержания сигнала RESET при восстановлении напряжения питания 1,6 мсек;

- минимальный период подачи импульса на вход WDI – 6,3 мсек;

- минимальный длительность импульса на вход WDI – 50 нсек.

Основные параметры микросхемы приведены в таблице.

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование параметра | Значение параметра |
| Напряжение питания (В) | 1,0...5,5 |
| Напряжение срабатывания (В) | 3,1 |
| Рабочая температура ( С) | -40 -- +85 |
| Корпус | SOT23 |

Микросхема ***MAX3078EESA*** является преобразователем RS485 / TTL. Скорость передачи до 2.5 Mbps. Микросхема может передавать и принимать сигналы в полудуплексном режиме. Микросхемы установлены в каналах обмена информацией с устройствами управления блоков и в канале приема циклового импульса.

Микросхема ***MAX3480AEPI*** является преобразователем TTL/RS485 с опторазвязкой. Микросхема может передавать и принимать сигналы в полудуплексном режиме, выходы А и В оптоизолированы. Управление производится по последовательному интерфейсу по стандарту RS-485 в дуплексном режиме. Микросхема MAX3480 работает только в режиме передатчика, т.е. через выходы УпрA ANT и УпрB ANT выдается посылка ТУ для блоков. Микросхема MAX3078 является преобразователем RS485/TTL. Микросхема MAX3078 может передавать и принимать сигналы в полудуплексном режиме. В этом функциональном узле устройства управления УУБД микросхема MAX3078 работает только в режиме приемника. Принятая из канала, со входов УпрY ANT и УпрZ ANT, посылка ТС в стандарте RS485 преобразовывается микросхемой MAX3078 в сигнал с уровнями ТТЛ и через оптрон микросхемы MAX3480 выдается в интерфейс UARTF4 микроконтроллера.

Микросхема ***FT232R*** является конвертером USB-RS232 выполненным на основе USB – UART контроллера FT232R. Микросхема установлена в канале обмена информацией с пультом управления. Обмен информацией с ПУ осуществляется по последовательной шине USB. Обмен информацией производится через интерфейс **USARTE1** микроконтроллера. Максимальная скорость обмена данными -- 3 Мбит/с. Микросхема имеет энергонезависимую память для хранения настроек режима работы, встроенный тактовый генератор. Каждая микросхема имеет уникальный идентификатор. Вместе со встроенной EEPROM это дает возможность создать аппаратные ключи для защиты от несанкционированного доступа.

* Микросхема **74LVC04AD** представляет собой шесть ТЛ2 триггеров.

Отличительные особенности:

-- диапазон напряжения питания от 1,65 -- 5,5 В;

-- стандартные КМОП входные и выходные уровни сигналов;

Vih = 2 B; Vil = 0,8 B; Voh = 2,4 B; Vol = 0,4 B;

-- выходной ток нагрузки низкого и высокого уровней до 24 мА;

-- тактовая частота до 150 МГц.

***Шина внутриблочного обмена ВБО*** предназначена для приема и передачи информации предназначенной для линии телесигнализации и канала КУИ. Для организации шины используется параллельная шина внешней памяти микроконтроллера ATXmega128 . Информационный обмен по шине ВБО осуществляется побайтно. Инициатором обмена является микроконтроллер устройства управления. Устройства блока содержат в своем составе порты ввода/вывода, к которым микроконтроллер имеет доступ с помощью шины ВБО. В состав шины входят следующие цепи (сигналы):

- A/D0…A/D7 - мультиплексированная шина адрес/данные

- A8, A9 - старший байт адреса

- ALE1 - строб адреса

- CS0 - выборка кристалла

- WT - строб записи

- RD - строб чтения

Все перечисленные сигналы имеют уровни ТТЛ. В цепях данных и адреса логической единице соответствует высокий уровень сигнала. Для сигналов записи (WT) и чтения (RD) активным является низкий уровень. Цепи A/D0…A/D7 являются двунаправленными. В устройстве управления эти цепи «привязаны» к источнику +3,3В через резисторы 10 кОм. Остальные цепи являются однонаправленными.

В схеме задействованы толстопленочные бескорпусные ***ЧИП резисторы*** типа PH1-12. Резисторы предназначены для работы в цепях постоянного, переменного и импульсного тока. Номинальная мощность 0,125 Вт (тип 0805). Диапазон номинальных сопротивлений: ряд Е24 (5%). Рабочее напряжение – 200В.

***Чип конденсаторы керамические*** предназначены для использования в цепях постоянного, переменного и импульсного тока. Конденсаторы для поверхностного монтажа.

Диапазон номинальных значений емкости -- 10 нФ ... 22 мкФ.

Точность -- + 20%.

Рабочее напряжение – 6,3 В; 50 В.

Типоразмер – 0402 ...1812.

***Чип конденсаторы танталовые*** предназначены для использования в цепях постоянного, переменного и импульсного тока. Конденсаторы для поверхностного монтажа.

Диапазон номинальных значений емкости -- 0,15 ... 220 мкФ.

Точность -- + 10%, + 20%.

Рабочее напряжение – 4 В ... 35 В.

Тип корпуса – A, B, C, D.

В схеме использованы светоизлучающие светодиоды **KB-170R** фирмы Kingbright для поверхностного монтажа..

Прямое напряжение – 2,6 В.

Прямой ток – 20 мА.

Цвет свечения -- красный.

Типоразмер – 0805.

В схеме использована силовая индуктивность для поверхностного монтажа. Используется в DC-DC конверторах, в источниках питания. ***Дроссель SDR0805***

Диапазон номинальных значений – 1,5 ... 470 мкГн.

Диапазон рабочих частот – 1 ... 120 МГц.

Диапазон рабочих токов – 0,08 мА ... 6 А.

Типоразмер – 0805.

В схеме использован микроминиатюрный кварцевый резонатор ***HC49S*** с 2 выводами под пайку. Используется в DC-DC конверторах, в источниках питания.

Диапазон рабочих частот – 13000 ... 20000 кГц.

Микроминиатюрный корпус (лодочка).

**3 Конструкторско-технологическая часть**

**3.1 Конструкторско-технологические требования**

* Тип производства – серийное.
* Климатический факторы внешней среды:

Устройство управления предназначено для работы при температурах от -50ОС до +60ОС. Относительная влажность до 80% при температуре +25ОС. В режиме хранения при температуре от -10ОС до +30ОС и влажности до 80%.

* Для защиты от внешних воздействий устройство управления находится в корпусе;
* Номинальный режим работы – постоянно;
* Устройство управления, для обеспечения серийного производства с наименьшими затратами, должно быть реализована на печатной плате. Печатная плата должна соответствовать:
  1. ГОСТ Р 50621-93 (МЭК 326-4-80). Платы печатные одно- и двусторонние с неметаллизированными отверстиями. Общие технические требования.
  2. ГОСТ Р 50622-93 (МЭК 326-5-80). Платы печатные двусторонние с металлизированными отверстиями. Общие технические требования.
  3. ГОСТ 23751-86. Платы печатные. Параметры конструкции.
  4. ГОСТ 10317-79. Платы печатные. Основные размеры.
* Средний срок службы – 10 лет.

**3.2 Обоснование конструкции устройства**

Разработка конструкции устройства управления происходит на основании анализа схемы электрической принципиальной, а так же на основании требований технического задания. Разработка конструкции устройства включает в себя следующие элементы:

* Выбор и обоснование способов компоновки ЭРЭ;
* Способ монтажа;
* Выбор и обоснование стандартизованных деталей, флюсов, припоев для монтажа;
* Выбор способов защиты от статического электричества, а так же электромагнитная совместимость устройства.

При выборе способа компоновки и монтажа ЭРЭ следует учитывать положение ТЗ о серийном производстве устройства. Следовательно, при разработке конструкции устройства необходимо учитывать, что оно будет производиться в большом количестве в условиях оснащенного современным оборудованием и технологиями производстве.

Современные предприятия по производству радиоэлектронной аппаратуры имеют технологически линии для осуществления каждой операции на стадии производства РЭА:

* Линии для производства печатных узлов и деталей;
* Линии для нанесения защитных покрытий;
* Линии для изготовления корпусов изделий;
* Сборочные линии;
* Линии контроля качества и испытания РЭА.

### 3.2.1. Обоснование исполнения печатного узла

Устройство управления реализовано на двусторонней печатной плате. Печатная плата представляет собой электроизоляционную плату с контактными площадками и отверстиями, для установки электрорадиоэлеменов, а так же соединяющих их, соответственно электрической принципиально схеме, системе проводников и металлизированных отверстий, служащих межслойными соединениями.

### 3.2.2.Обоснование исполнения корпуса

Печатный узел необходимо установить в корпус.

Корпус должен иметь прямоугольную форму размерами 140х90х20 мм. Корпус состоит из двух частей, соединяющихся между собой четырьмя винтами по углам печатного узла. В верхнем торце находится отверстие размером 62х5 мм для вывода контактов ПУ для соединения с антеной. В Нижнем торце находится отверстие размером 51х5 мм под информационный канал. В правом торце находится отверстие размером 26х5 мм для связи с персональным компьютером и переносным пультом управления. В левом торце находится отверстие размером 23.8х10.2 мм для разъёма питания и отверстие размером 15х13.5 мм для программируемого канала.

Материалом корпуса служит ABS-пластик. Он представляет собой ударопрочную техническую термопластическую смолу на основе сополимера акрилонитрила с бутадиеном и стиролом. К плюсам данного материала можно отнести повышенную ударопрочность и эластичность, нетоксичность, долговечность, широкий диапазон эксплуатационный температур (от -40ОС до +90ОС). Данный вид пластика широко применяется для изготовления корпусов радиоаппаратуры и другой бытовой техники.

## 3.3. Выбор материалов для изготовления печатного узла и способ изготовления платы

Для изготовления устройства управления используется двусторонняя печатная плата (ДПП) с металлизированными отверстиями.

Форма платы – прямоугольная пластина габаритами 120х90 мм

Исходя из требований ТЗ и в соответствии с ГОСТ Р50621-93, ГОСТ 23751-86 и ГОСТ 10317-79, ОСТ 4.010.022-85 принимаем следующие требования к плате:

* класс точности платы – 3;
* группа жесткости – 3;
* шаг координатной сетки – 1.25мм.

### 3.3.1. Выбор класса точности

ГОСТ 23751-86 устанавливает пять классов точности печатных плат. Классы точности печатной платы определяется по минимальным предельным отклонениям на размеры и расположение печатных проводников и контактных площадок. В соответствии с предъявляемыми техническими требованиями подходит класс точности 3. В таблице 3.1 приведены параметры данного класса точности:

*Таблица 3.1*

|  |  |
| --- | --- |
| Условное обозначение элементов печатного монтажа | Значение, мин. |
| Наименьшая ширина проводника t, мм | 0.25 |
| Расстояние между проводниками, между проводниками и контактными площадками S, мм | 0.25 |
| Предельное отклонение Δt, мм | ±0.10 |
| Минимальное значение гарантийного пояска для класса точности b, мм | 0.10 |
| Позиционный допуск расположения проводника относительно соседнего T1, мм | 0.05 |

### 

### 3.3.2 Выбор метода нанесения рисунка

Существуют три метода нанесения рисунка на печатную плату: сеткографический метод, фотопечать и офсетная печать. Сеткографический метод основании на нанесении специальной краски путем продавливания ее через сетчатый трафарет ракелем. Метод офсетной печати состоит в изготовлении печатной формы, на поверхности которой формируется рисунок слоя, который в свою очередь переносится на поверхность основания печатной платы. Метод фотопечати состоит в контактном копировании рисунка печатного монтажа с фотошаблона на основание, покрытое фоторезистом.

Для данного устройства используется метод фотопечати, так как он соответствует 3 классу точности и имеем самую высокую точность (± 0.05 мм) и плотность монтажа.

### 3.3.3. Выбор метода изготовления

Существует четыре метода изготовления печатных плат: субтрактивный, аддитивный, полуаддитивный и комбинированный. Субтрактивный метод представляет собой перенос стойкой к травлению пленки с рисунком печатных проводников на фольгированную основу, а затем химическое травление незащищенных пленкой мест. Аддитивный метод предполагает использования нефольгированного основания, на которое наносится токопроводящий рисунок. Полуаддитивные методы схожи с аддитивными, за исключением использования электрохимических (гальванических) методов металлизации, вместо неустойчивых процессов толстослойной химической металлизации (ТХМ). Комбинированные методы объединяют в себя все приемы изготовления печатных плат, необходимые для изготовления печатных проводников и металлизированных отверстий.

Для изготовления Устройства управления наилучшим образом подходит комбинированный позитивный метод изготовления, так как он позволяет без труда изготовить двустороннюю печатную плату с металлизированными отверстиями.

Схема комбинированного позитивного метода изготовления двухсторонних печатных плат с металлизированными отверстиями:

1. Нарезка технологических заготовок;
2. Очистка поверхности фольги;
3. Сверление отверстий, подлежащих металлизации, на станках с ЧПУ;
4. Активация поверхности под химическую металлизацию;
5. Тонкая химическая металлизация (до 1 мкм);
6. Предварительная тонкая гальваническая металлизация (до 6 мкм);
7. Нанесение и экспонирование фоторезиста через фотошаблон – позитив;
8. Основная гальваническая металлизация (до 25 мкм внутри отверстий);
9. Нанесение металлорезиста;
10. Удаление экспонированного фоторезиста;
11. Травление обнаженных участков фольги;
12. Удаление металлорезиста;
13. Нанесение контактных покрытий на концевые печатные ламели;
14. Тщательная отмывка платы, сушка;
15. Нанесение паяльной маски;
16. Нанесение финишных покрытий под пайку;
17. Нанесение маркировочных знаков;
18. Обрезка платы по контуру;
19. Электрическое тестирование;
20. Приемка платы.

Преимуществами данного метода являются возможность воспроизведение с высокой степенью разрешения различных типов печатных элементов, хорошая надежность изоляции, а так же высокая прочность сцепления металлических элементов платы с диэлектрическим основанием.

### 3.3.4. Выбор материала основания

Выбор материала основания для печатного узла зависит от многих критериев, таких как тип диэлектрического основания, толщине основания, толщине фольги, типу фольги, количеству металлизированных сторон и т.д. Устройство управления реализуется на двусторонней печатной плате. Устройство работает на высоких частотах при довольно больших токах токах. Для этих целей подходит двусторонний фольгированный стеклотекстолит СФ-2Н-50Г ГОСТ 10316-78. Данный тип стеклотекстолита имеет толщину 2.5 мм и толщину фольги 50 мкм.

### 3.3.5. Подготовка поверхности печатной платы

Подготовка поверхности и отверстий заготовок ПП осуществляется с целью:

* Удаления заусенцев, смолы механических частиц из отверстий после сверления;
* Получения равномерной шероховатости поверхности;
* Активирования поверхности перед химическим меднением;
* Удаление пыли, грязи, мелких царапин, оксидов, масляных пятен и пр.

Существуют следующие способы подготовки поверхности и отверстий печатных плат: механический, химический, комбинированный, электрохимический, плазменное травление, ультразвуковой и др. В крупносерийном и массовом производстве используют механическую подготовку поверхности ПП. Она производится на линиях конвейерного типа с дисковыми щетками, на которые подается абразивная суспензия. В качестве абразива используется карбид кремния и оксид алюминия.

Для промывки отверстий диаметром более 0.5 мм применяется струйная промывка, а для отверстий диаметром менее 0.5 используется фонтанная.

### 3.3.6. Получение монтажных и переходных отверстий

В производстве печатных плат применяются следующие способы получение монтажных и переходных отверстий: механический, пробивка, лазерное сверление, фотолитография, воздействия плазмы.

Диагностическая плата находится в серийном производстве и на ней присутствую монтажные и переходные отверстия с металлизацией, поэтому следует применить сверление.

### 3.3.7. Металлизация печатной платы

Металлизация печатной платы осуществляется для получения токопроводящих участков ПП. Для получения металлических покрытий в производстве применяют: химическую металлизацию, гальваническую металлизацию, магнетронное, ионно-плазменное и другие способы напыления.

Для получения подслоя меди на стенках монтажных и переходных отверстий, чтобы сделать их диэлектрические поверхности токопроводящими, применяется химическое меднение.

## 3.4. Межсоединения

На печатной плате межсоединения осуществляются при помощи печатных проводников. Электрические соединения между печатными проводниками и радиоэлементами осуществляется при помощи пайки.

### 3.4.1. Технологический процесс пайки

Так как в устройстве используется как монтаж в отверстия, так и поверхностный монтаж элементов, то следует применять пайку волной.

В процессе пайки волной печатную плату устанавливают на конвейер и последовательное проходят через несколько рабочих зон паяльной установки: зону флюсования, предварительный нагрев, зона пайки.

Преимущество пайки волной:

* Это непрерывный процесс, позволяющий достичь высокой производительности;
* Быстрый перенос тепла делает данную технологию хорошо доходящей для пайки печатных плат с металлизированными отверстиями;
* Позволяет паять печатные платы с достаточно высокой плотностью монтажа.

Флюс удаляет оксидные пленки с паяемой поверхности, улучшает смачивающую способность припоя и предотвращает окисление до начала пайки. Распыление флюса осуществляется при помощи вращающегося сетчатого барабана, в котором поток сжатого воздуха, пропущенный через сетку, создает мелкодисперсионную струю жидкого флюса. Слой наносимого флюса должен быть равномерным и иметь толщину 1-10 мкм в сухом состоянии. Зона флюсования оканчивается устройством «воздушного ножа», который служит для удаления избытка флюса с поверхности печатной платы.

Следующей технологической зоной является зона предварительного нагрева. Предварительный нагрев служит для предотвращения теплового удара печатной платы и электрорадиоэлементов в результате контакта с волной горячего припоя, сушки и активации флюса. Нагрев осуществоляется инфракрасными модулями с различной длинной волны, кварцевыми нагревателями и конвекционными системами.

Далее конвейер с печатной платой проходит в зону пайки, где в ванне с помощью помпы формируется волна расплавленного припоя. ПП устанавливается либо на лепестки конвейера, либо крепится в паллетах. Конвейер обладает возможностью изменять скорость движения и угла наклона ПП по отношению к волне (5-9о). Изменение угла наклона печатной платы важно для обеспечения стекания остатков припоя.

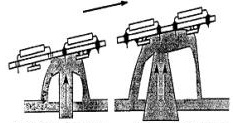


Рис.3. Двойная волна припоя. Первая волна – турбулентная. Вторая волна – ламинарная.

Так как в изделии используется смешанный монтаж, следует применять «двойную» волну припоя (Рис. 3). В этом способе первая волна является узкой, она подается из сопла под большим давлением и имеет турбулентный характер. Она обеспечивает смачивание выводов ЭРЭ и исключает формирование полостей с газообразными включениями, оставшимися от разложения флюса. Вторая волна – ламинарная. Они имеет более низкую скорость истечения. Эта волна разрушает перемычки, образованные первой волной, и завершает формирование паяных соединений. Пример температурного профиля пайки двойной волной приведен на Рис. 4.

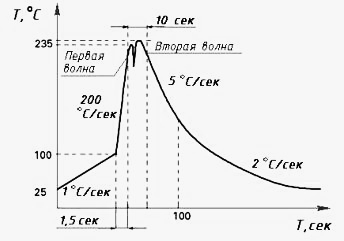


Рис.4. Пример температурного профиля для бессвинцовой пайки двойной волной.

### 3.4.2. Флюс

Флюс используется для очистки окисленной поверхности, подлежащей пайке, улучшает растекание припоя по металлу. Для данного изделия можно применить флюс ЛТИ-120. Это раствор канифоли в этиловом спирте с добавлением активаторов (диэтиламин солянокислотный, триэтиломин).

### 3.4.3. Припой

Припой применяется для соединения деталей и узлов при пайке. Припой должен иметь более низкую температуру плавления, чем паяемые материалы. Одной из важнейших характеристик, от которой зависит прочность соединения и способ пайки является температура плавления припоя. Чем более тугоплавок припой, тем выше прочность паяного соединения. Припой должен хорошо смачивать соединяемые материалы, иметь хорошую текучесть и образовывать плотные коррозионно-стойкие соединения.

Для пайки устройства следует применить припой ПОС-61 (ГОСТ 2193-76). Он подходит для пайки волной припоя. Данный припой применяется для пайки ЭРЭ, которые чувствительны к перегреву. Припой ПОС-61 имеет температуру плавления 190оС. При данной температуре не происходит перегрева элементов.

### 3.4.4. Защитное покрытие

После монтажа ЭРЭ печатную плату следует покрыть защитным покрытием от воздействия внешних воздействующих факторов и для создания электроизоляционного покрытия.

Для этой цели подходит лак УР-231ВТУ ГИПИ-4 №366-62. Этот лак предназначен для коррозионной защиты печатных узлов всеклиматического исполнения, эксплуатируемых при температурах от -60 до +120 ОС, а так же для создания защитного электроизоляционного покрытия.

Покрытие платы лаком происходит в два этапа:

* По завершению травления ПП. При этом этапе контактные площадки от покрытия лаком следует предохранить;
* После сборки печатного узла.

Для маркировки следует применять эмали ЭП-72, ЭП-5155, либо АС-5307.

## 3.5. Расчет параметров печатных проводников

**Технические характеристики:**

* Напряжение питания: +3.3 В;
* Ток потребления: 100 мА;
* Размер печатной платы: 140 х 90 мм;
* Класс точности: 3;
* Двусторонняя печатная плата;
* Метод изготовления: комбинированный позитивный метод;
* Метод нанесения рисунка: фотопечать.

### 3.5.1. Расчет диаметра монтажных отверстий и контактных площадок

Рассчитаем номинальный диаметр отверстий по формуле:

Где:

* – нижнее отклонение. (Для 3-го класса точности с не металлизированными отверстиями составляет 0.05);
* – разница между минимальным значением диаметра отверстия и максимальным значением вывода (для ручной установки ЭРИ в пределах 0.1..0.4 мм);
* максимальное значение диаметра вывода ЭРИ.

Отсюда: *d = dЭ­­ +* 0.2

Диаметр контактной площадки рассчитывается в соответствии с классом точности печатной платы:

Где:

* верхнее предельное отклонение диаметра отверстия (для 3-го класса точности 0.05 и отверстия < 1мм);
* гарантийный поясок (для 3-го класса точности 0.1);
* величина подтравливания диэлектрика в отверстии (для двусторонней печатной платы = 0);
* и верхнее и нижнее предельное отклонения ширины проводника (для 3 класса точности 0.05);
* позиционный допуск расположения осей монтажного отверстия (для 3 класса точности 0.15);
* позиционный допуск расположения центра КП (для 3 класса точности 0.25).

Следовательно: *D = d +* 0,6

*Таблица 3.2*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Элемент | Диаметр выводов, мм | Диаметр отверстий, мм | Диаметр контактной площадки, мм | Кол-во |
| MAX3480 | 0.3 | 0.5 | 1.1 | 28 |
| MAX3078 | 0.25 | 0.45 | 1.05 | 72 |
| ATXMega 128 | 0.15 | 0.35 | 0.95 | 50 |

По ГОСТ 10317-72 диаметры отверстий не могут быть 0.45 mm,035 mm На чертеже они будут округлены в большую сторону.

### 3.5.2 Расчет ширины проводников

Ширина проводника зависит от электрических, конструктивных и технологических требований.

Рассчитаем наименьшее номинальное значение ширины печатного проводника по формуле:

Где:

– минимальная допустимая ширина проводника, рассчитываемая в зависимости от допустимой токовой нагрузки;

– нижнее предельное отклонение размеров ширины печатного проводника. Для 3 класса точности ПП составляет 0.05 мм.

Минимальную допустимую ширину проводника по постоянному току можно определить по допустимой плотности тока *j*доп­­:

Где:

* – минимальная допустимая ширина проводника;
* – максимальная плотность тока для печатных проводников;
* *h* – толщина печатного проводника.

Для комбинированного позитивного метода изготовления примем = 100 А/мм2*.*

– 0.1 А

Для материала платы СФ-2Н-50Г толщина печатного проводника составляет *h* = 0.05 мм.

Получаем:

Отсюда наименьшее номинальное значение ширины печатного проводника составляет:

Расчеты показали что, наименьшее значение ширины проводника меньше допустимой по классу точности. По ГОСТ 23751-86 для 3 класса точности примем толщину проводника 0.25 мм.

### 3.5.3 Расчет расстояния между двумя проводниками

Рассчитаем наименьшее номинальное расстояние между элементами проводящего рисунка по формуле:

Где:

* минимально допустимое расстояние между элементами проводящего рисунка (при U ≤ 25 В Smin D = 0.1 мм);
* позиционный допуск расположения печатных проводников. Для плат 3 класса точности составляет 0.05 мм;
* верхнее предельное отклонение ширины проводника. Для плат 3 класса точности составляет 0.05 мм.

Следовательно:

S = 0.175 мм.

## 3.6. Расчет электрических параметров

### 3.6.1. Емкость в печатном монтаже

Рассчитаем ёмкость между двумя проводниками по формуле:

Где:

* - эффективная диэлектрическая проницаемость изоляционных материалов;
* - безразмерная величина, определяющая емкость на единицу длины рассчитываемой системы проводников;
* – длина системы проводников, м.

Для двусторонних печатных плат при определении эффективной диэлектрической проницаемости необходимо учитывать диэлектрическую проницаемость для воздуха (ε1 = 1) и для основания платы ( для стеклотекстолита ε2 = 5,6).

В случае с устройством управления наибольшая емкость будет возникать между двумя проводниками на одной стороне печатной платы и между проводником и землей.

Расчет емкости между двумя проводниками:

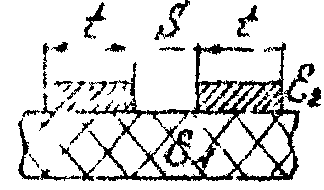


Рис.5. Емкость между двумя проводниками

и , где и .

К и К’ – это полные эллиптические интегралы, определяемые по справочным таблицам (Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике, М., "Наука", 1974, стр.80.).

Модуль эллиптического интеграла 1 рода , t = 0.25мм

Расчет емкости между проводником и землей:

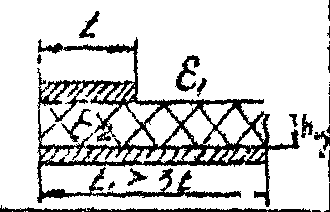


Рис.6. Емкость между проводником и землей

Модуль эллиптического интеграла 1 рода , *t* = 0.25мм

Из рассчётных емкостей можно сделать вывод, что межпроводниковая емкость слишком мала, что бы оказывать влияния на функционирование устройства, поэтому ею можно принебречь.

### 3.6.2. Расчет индуктивности печатных проводников

Расчет индуктивности для прямолинейного уединенного проводника:

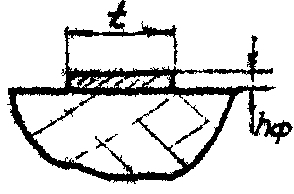


Рис.7. Прямолинейный уединенный проводник

Рассчитаем индуктивность по формуле:

Где *l* – длина проводника.

Расчет индуктивности для двухпроводной печатной линии:

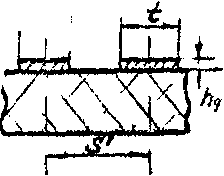


Рис.8. Двухпроводная печатная линия

Расчет индуктивности для печатного проводника вблизи земляной поверхности:

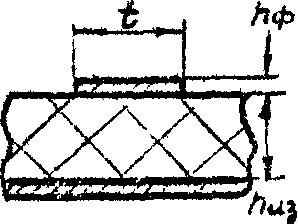


Рис.8. Печатный проводник вблизи земляной поверхности

### 3.6.3. Взаимная индуктивность печатных проводников

Расчет взаимной индуктивности для печатных проводников:

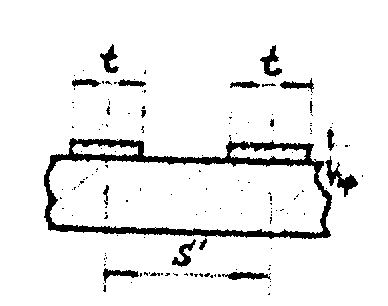


Рис.9. Проводники без экранизирующей плоскости

Взаимная индуктивность рассчитывается по формуле:

Из полученных расчетов мы видим, что максимальные значения паразитных индуктивностей печатных проводников и взаимных индуктивностей проводников довольно таки малы, и они не окажут влияния на выходные параметры платы, следовательно ими можно пренебречь.

**3.7. Моделирование тепловых процессов в подсистеме АСОНИКА-Т**

***Исходные данные для расчета***

В качестве исходных данных для расчета используются следующие данные:

1. Размеры корпуса 140х90х20 мм
2. Размеры печатного узла 140х90мм
3. Материал корпуса – фторопласт-3 (теплопроводность – 0.25 Вт/м\*К, степень черноты поверхности – 0, коэффициент облученности – 0.8, Максимальная рабочая температура при эксплуатации 125 °С)
4. Толщина стенок корпуса 3мм
5. Мощность тепловыделения печатного узла 0.4Вт
6. Максимальная рабочая температура при эксплуатации печатного узла 80 °С
7. Температура окружающей среды – 25 °С

***Цель работы***

В ходе работы произведены и рассмотрены расчеты температуры узлов корпуса и воздуха внутри конструкции, результаты которых приведены ниже.

***Задача моделирования***

Определение средних температур составляющих (стенок) корпуса, а также воздушного объёма внутри корпуса РЭС, на основе которых принимается решение о внесении изменений в конструкцию РЭС с целью достижения приемлемых тепловых режимов;

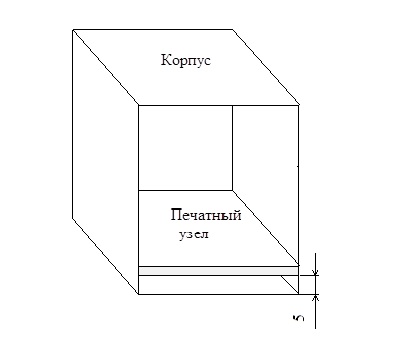
***Построение тепловой модели процесса***

Построим модель теплового процесса герметичного блока РЭС.

Размеры блока: длина – 140 мм, ширина – 90 мм, высота – 20 мм. Толщина стенок блока – 3 мм. Коэффициент теплопроводности материала корпуса блока – 0.25 Вт/м\*К, коэффициент черноты – 0. Коэффициент облученности - 0,8.

В герметичном корпусе из фторопласта закреплена печатная плата, с верхней стороны которой расположены радиоэлементы. Радиоэлементами равномерно по площади печатной платы рассеивается тепловая мощность 0.4 Вт. Расстояние от нижней грани кожуха корпуса до печатной платы составляет 5 мм. Размеры печатной платы таковы, что воздушные объемы внутри корпуса слева и справа от печатного узла не сообщаются. Коэффициент черноты для печатного узла – 0,76. Толщина печатного узла – 2 мм. Корпус находится в окружающей среде с температурой 250С.

Эскиз блока РЭС изображен на рис. 11.



*Рис.11. Эскиз блока РЭС*

Так как расстояние от нижней грани кожуха корпуса до печатной платы составляет 5 мм, то при таких зазорах в замкнутых вертикальных прослойках конвекция воздуха не развивается. Следовательно, этот воздушный объем можно отнести к тонкой воздушной прослойке.

Идеализируем процессы теплопередачи в блоке:

- примем изотермичными каждую грань корпуса;

- примем изотермичным объем воздуха внутри корпуса сверху от печатного узла;

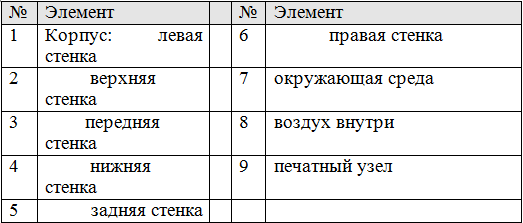
- так как печатный узел имеет равномерное по площади рассеяние тепловой энергии и для него не требуется определять подробное температурное поле, то для упрощения построения МТП представим печатный узел в виде нагретой зоны;

- не учитываем теплопередачу от печатного узла к корпусу блока через элементы крепления печатного узла.

С учетом такой идеализации процессов теплопередачи блок РЭС условно разбиваем на 8 изотермичных объемов, которым ставятся в соответствие 8 узлов МТП (см. табл.1).

*Таблица 1*

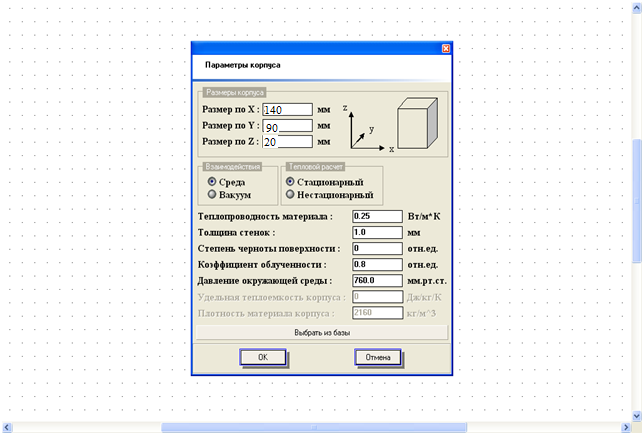
Узлы МТП герметичного блока РЭС



***Моделирование***

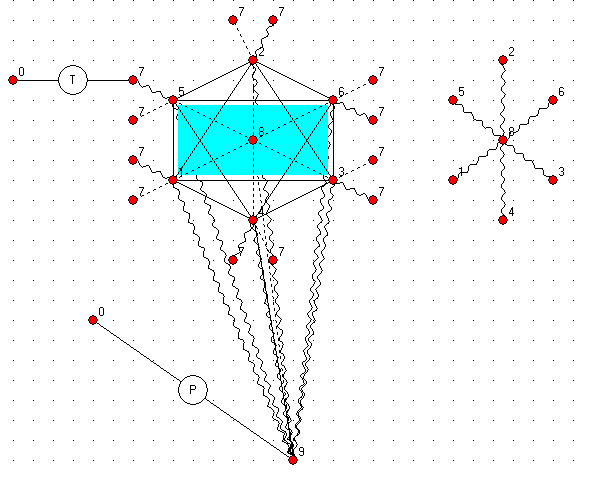
В подсистеме АСОНИКА-Т существует 4 варианта типовых конструкций РЭС: пластина, корпус, модульная конструкция, кассетная конструкция. Использование этих конструкций существенно упрощает процесс моделирования и расчета, т.к. для данных конструкций уже заданы все процессы теплопередачи между узлами исследуемого объекта.

В нашей работе мы используем типовую конструкцию корпус, т.к. она соответствует построенной нами МТП. Задаем параметры нашего корпуса. Корпус находится в окр. среде, режим работы => расчета стационарный.

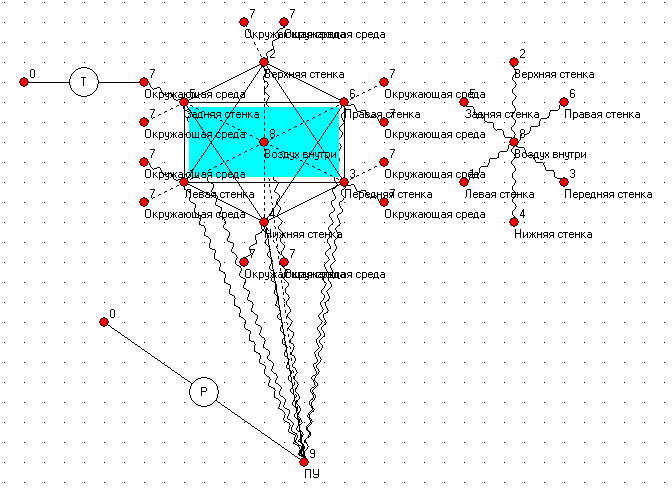


*Рис.12. Окно ввода параметров типовой конструкции «Корпус»*

После ввода соответствующих параметров в рабочем окне подсистемы АСОНИКА-Т появится изображение физической модели корпуса (см. рис. 13,а). Можно также отобразить и топологическую модель ( рис.13,б)



*Рис.13. Изображение модели корпуса:*



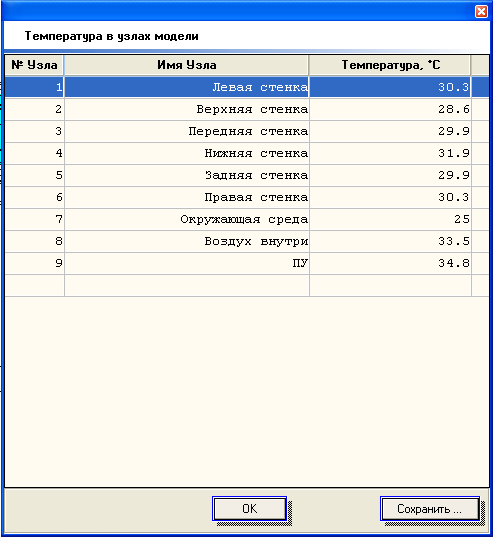
*Рис. 14 Топологическое отображение модели корпуса с подписанными узлами*

Далее нам необходимо создать и добавить к общей модели узел, который будет отвечать за печатный узел, задать параметры его мощности тепловыделения, а также задать параметры окружающей среды.

Создаем новый узел, и задаем для него параметры взаимодействия. Печатный узел взаимодействует с нижней стенкой корпуса блока через тонкую воздушную прослойку (ветвь 9-4 типа 41), конвекцией с воздухом внутри блока (ветвь 9-8 типа 26), излучением взаимодействует со всеми гранями корпуса (ветви: 9-1, 9-2, 9-3, 9-4, 9-5, 9-6 типа 16). Далее создаем начальные узлы (пронумерованы 0). Один узел 0 соединяем с узлом 7 (окружающая среда) и задаем тип воздействия - постоянная температура 25°С. Второй узел 0 мы соединяем с узлом 9 (печатный узел), т.к. тепловыделение идет от печатной платы, и задаем тип воздействия - постоянная мощность 0.4Вт. Получаем готовую к расчету модель.Выполняем расчет.

***Результаты моделирования***

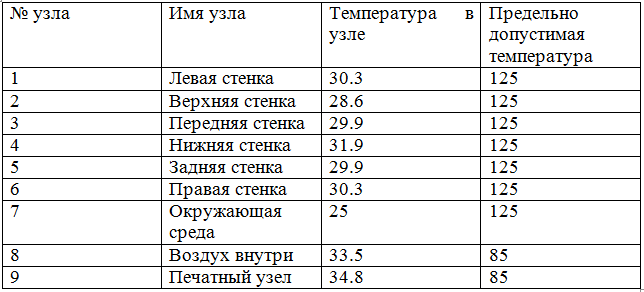
В результате моделирования мы получаем температуры в узлах нашей тепловой модели, которые соответствуют температурам стенок моделируемого корпуса, печатного узла, а также воздуха внутри корпуса. (рис. 16). Результаты расчета приведены в таблице 2.



*Рис. 16 Результаты расчета*

*Таблица 2.*

Результаты расчета



***Заключение по моделированию***

В ходе моделирования на подсистеме АСОНИКА-Т был произведен ряд температурных расчетов блока, результаты которых показаны выше. Исходя из полученных данных можно сказать, что исследуемое РЭУ может быть использовано без доработок, так как полученная температура в каждом из узлов не превышает заданной условиями эксплуатации. Температура максимальна в узлах находящихся в непосредственной близости от печатного узла (нижняя стенка), но и там она не превышает допустимой. Температура печатного узла также находится в пределах эксплуатационной.

**4. Разработка конструкторских мероприятий по обеспечению электромагнитной совместимости**

До недавнего времени, представление ЭMC наблюдался лишь в отношении радиоэлектронных средств (РЭС), в процессе электромагнитного поля излучения. Тем не менее, в современном мире происходит быстрое развитие микроэлектроники и широкое внедрение своей продукции практически всех технических средств (ТС). Наличие таких средств, как правило, позволяет микроэлектронным компонентам выполнять функции управления и сохранения информации напрямую, что значительно повышает их чувствительность к воздействию электромагнитных полей или электромагнитных помех (EMI). Понятие «чувствительности к шуму" определяет способность транспортного средства, обрабатывать информацию, под воздействием электромагнитных помех, искажающих содержание или постоянной потери информации, остановить или нарушить управления ее обработки, изменить состав и последовательность функций средства и тому подобное, а также физического уничтожения микроэлементов. Это силы на работе устройств, для решения задач электромагнитной совместимости.

В широком смысле, проблема совместимости отдельных технических средств для создания условий, при которых она полностью совместима с окружающей средой, или, другими словами, защищена от внешних помех и не создает помехи другим оборудованием. Во всех случаях электромагнитные помехи происходят в присутствии трех факторов: TC-источник помех, его распределение температуры и технических средств, есть отношение восприимчивости к помехам (рецептор).

Нежелательные воздействия на рецептор могут быть прямыми или косвенными. При косвенных эффектах нет прямой передачи электромагнитных рецепторов энергии. В этом случае эффект интерференции заключается в изменении рабочей среды, параметры элементов, приборов, технических средств или режимы работы. Непосредственное влияние помех, вызванных передачей энергии от источника с рецептором или его излучение в пространство вокруг него, или через проводники (питания и заземления схемы подключения и коммутации линий, корпуса шасси и аппаратного обеспечения). В большинстве случаев происходит на практике объединенный путь, когда шум влияет на рецептор, распространяясь в пространстве, как электромагнитного поля так и электрического тока, наведенного в проводниках . Представляя собой отдельный черный ящик корабля (рис. 3.29), можно проследить возможные способы, как восприимчивость к помехам, и распространение своей помехи с другими аппаратами.

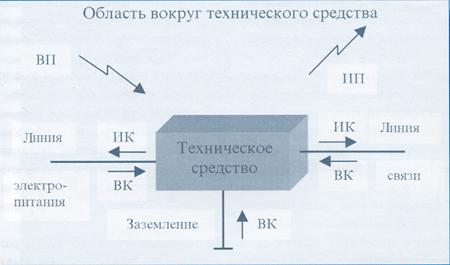


Рис. 3.29. Возможные пути чувствительностью к помехам ТС и возможности их защиты: VP - пространственной чувствительности, AC - восприимчивость проводящих, SP - пространственное излучение, ИК - излучения проводящих (на проводе)

Помехи передаваемые через проводники могут быть классифицированы по типу соединения: кондуктивные, емкостные (электрические) и индуктивные (магнитные).

Проводящее соединение является результатом омического контакта между аппаратными средствами (элементы их схемы или их соединительные провода и т.д.). Это может быть связано с гальванической связью и несовершенной изоляции или наличием общих схем земли, и т.д. емкостная связь является результатом паразитной емкости, а индуктивная - результат взаимной индуктивности между ТС-источником шума и TC-рецептором. Емкостная связь в основном обусловлена действием электрического поля, когда она находится в близи поле является преобладающей. Это относится к проводникам с большим сопротивлением "земли". Одним из примеров этого является многожильный кабель. Индуктивная связь осуществляется между низким сопротивлением проводников, имеющих малое сопротивление на "земле" и образуют форму петли (коробки), которые в настоящее время излучают магнитные поля.

Следует отметить некоторые условности классификации, как емкостные так и индуктивные помехи передаются с рецептором на самом деле на электроприбор, в котором они возбуждают соответствующие поля.

Пространственное поле помех, генерируемых при работе практически любых технических средств, в то время как они создают в окружающей среде электромагнитные поля могут быть подразделены на:

Функциональность - применяется в передаче полезной информации, предназначенной для этих радиоэлектронных средств через антенно-фидерные устройства, стремясь повысить их уровень в направлении репортеров в довольно необходимой пропускной способности и таким образом, возможет занимать минимально возможное количество времени ;

Сопутствующие (ложные) - сопровождают работу технических средств и дефект от их нетехнических несовершенств, которые имеют разрушительное воздействии работы соседних транспортных средств на их уровне, добиваться устранения или уменьшения до приемлемых пределов использования цепи, используются как правило, на этапе разработки и последующего производства инструмента.

В любом случае, электромагнитное поле созданное вокруг технических средств, используется исключительно в этой области и занимает определенное пространство в полосе частот в процессе его эксплуатации. Более того, независимо от того, что является полем для истока до транспортного средства, защищены обработки информации, от этой помехи. Пространственные параметры электромагнитных помех характеризуются образованием «зоны самосвалов". Под "зоной самосвалов » подразумевается область пространства, в которой уровень энергии и частотного спектра электромагнитного поля, которое испускает транспортное средство не допускает одновременного использование других транспортных средств без потери качества их функционирования. Размеры "зона самосвал" зависит от полосы частот, в которых поле создается, его мощности, и его режим сред распространения излучения. Таким образом, проблема EMC TC заключается именно в согласованном применении средств. При необходимости организовать совместную работу нескольких технических средств, необходимо соблюдать:

Разместить их в пространстве нужно таким образом, что бы "зоны самосвал" не перекрывались;

Если это не может быть сделано, то на фиксированном расстоянии рассчитывается возможность распространить источником ЭМП с полосой частот, той же чувствительности рецепторов уделяется защитный интервал между ними позволили свои объекты, не снижая качество его работы ;

Если несбыточная и второе направление (например, нет контроля частоты излучаемого поля), на фиксированном расстоянии и частота генерируемых шумов рассматривается возможность разделения периодов аппаратных течением времени.

Перечисленные адреса EMC TC принято определять как организационные меры по обеспечению ЭМС потенциальном месте конфликта средств.

Они реализуются, как правило, на этапе установки (установка) технических средств и системы защиты информации в целом, в подготовке и в ходе операции. Основное направление их усилий организации:

Уменьшить обеспечения (для нежелательных RES) излучения за счет увеличения расстояния между потенциально конфликтующих технических средствами;

Выговор соответствия (перекрытия) на спектр излучения и чувствительности рецепторов TC на интервале частот, что позволяет им работать вместе, без ущерба для качества функционирования последнего;

Выговор в интервалах времени потенциального конфликта средств - использование общих ресурсов радио на временные рамки.

Тем не менее, некоторые организационные меры для обеспечения решения задачи EMC TC является проблематичным, поскольку аппаратное обеспечение должно быть готово первоначально для использования в жесткой электромагнитной обстановке сегодняшнего (EME).

В целях обеспечения EMC TC Правительство Российской Федерации устанавливает строго регламентированный порядок выделения полос частот для РЭС различного назначения, особые условия разработки, проектирования, строительства, приобретения, эксплуатации и ввоза из-за границы РЭС и высокочастотных устройств, а также определяет комплекс мер для защиты от промышленных радио (смежным) помех. Правительство России отражает их усилия в нормы (например, Постановление Правительства РФ от 08.09.97 № 1142 «Об утверждении Правил по охране промышленной Радиоэлектроники»), которые основаны на законодательстве (например, Закон России от 16.02.95 № 15 - ФЗ «О связи» или передаче заявления закон «О государственном регулировании в области ЭМС ТК").

В России, а также в международном сообществе, строятся и поддерживаются национальные (и международных) стандарты и других нормативно-технических документов, регламентирующих характеристики технических средств и методов измерений. Они определяют требования к возможности счетчика TC и излучают шум, а также условия их использования (например, требования к мощности качества). Техническое устройство должно иметь определенную устойчивость к электромагнитным помехам, с одной стороны, и для обеспечения требуемого предела уровней связанные с ними (нежелательный RES) выбросов - с другой. Проектирование, изготовление, ввоз из-за границы, приобретение, внедрение и использование технологий - высокочастотных устройств, использующих радиочастоты выше 3 кГц, предназначенных для генерирования и местного использования радиочастотной энергии (за исключением использования в сфере телекоммуникаций) должны производиться только в тех полосах частот, которые выделяются на эту сферу Государственной комиссией по радиочастотам, при Министерстве связи и информации России. Кроме того, каждый произведенный в России (из-за рубежа) технологии должны быть сертифицированы в области ЭМС единиц ТС с лицензией на право выполнения этой работы. По данным исследований, это подразделение обеспечивает сертификат изготовителя транспортного средства и знак EMC .

Перед презентацией транспортного средства с сертифицированным производителем на этапе проектирования разрабатываются и внедряются в производство технические мероприятия по приведению электромагнитными характеристиками тип оборудования, значения которых , необходимы для государственных, международных правовых и технических документов. Технические меры применяются для того, чтобы:

уменьшить сопутствующие излучения и тем самым стремятся уменьшить размер «зоны самосвал" TS-источник помех;

снизить диапазон соответствующих выбросов и тем самым способствовать более экономичному использованию данных частотного ресурса ТС.

Среди способов решения проблемы совместимости TC технические меры могут быть идентифицированы:

1) скрининг - атмосфера или источник мешающее электромагнитным полям, или, чаще встречается на практике, рецептор корпус из металлического сплава, состав которого зависит от того, чем оно возбуждается для защиты и какое поле лежит в основе среды;

2) фильтрование - создание путей для блуждающих токов, что приводит к сопутствующим (нежелательным RES) излучениям фильтров, которые устраняют (уменьшить до приемлемого уровня), появление постороннего шума;

3) земле- событие, которое должно обеспечить сток информации формируется на экране, припоя и других соединений obscheskhemnyh технических средств блуждающих токов в земле, тем самым устраняя возможность потенциально накапливать опасные (в том числе для человека) пределы.

Цели производственного оборудования и транспортных средств дисплеи являются довольно сложными приборами в вычислительной техники и выполнение их проблематично, следовательно, применение технического средства, как правило, не решаются. Тем не менее, пользователь должен знать роль и значение этих устройств в выборе и установке оборудования кабелей и транспортных средств в процессе создания (модернизации) защищенных систем обработки информации, а также локальный ремонт не пренебрегать их установками. ЭМС-экранирование в задачах и защите данных включает, в основном защиты линий данных и TC от помех, вызванных внешними случайными временными электрическими и магнитными полями. Тем не менее, защита кабельных линий также способствует снижению уровня напряженности поля ЭМП порожденных линий связи и питания в окружающей среде, но эта функция менее важна, так как значения напряжения и тока в линии низкого и помех устраняется, когда они установлены в процессе установки всей системы. Для достижения этой цели необходимо придерживаться следующих рекомендаций:

1) При выборе оборудования предпочтение в выборе кабельного оборудования транспортных средств должно быть уделено:

технические средства, имеющиеся более низкие уровни излучаемой энергии в окружающую среду или переданы внешним кабельным линиям (включая сети) EMI;

кабель означает наличие защитной оболочки (коаксиальный кабель) такой bifilyar ("витая пара"), или trifilyar (три витые, один из которых используется в качестве экрана), триаксиальному кабелю (коаксиальный кабель, помещенный в дополнительной защиты оболочки) или экранированный плоский кабель;

волоконно-оптических кабелей, которые не излучают электромагнитных полей и имеют иммунитет к нему.

2) Установка (модернизация) защищенных систем обработки информации:

является наиболее экономически эффективной контрольной группой информационных линий экран кабеля канал;

пересечения кабельных линий должны быть под прямым углом без физического контакта экранировка корпуса;

в силовых и информационных кабелях должны выполняться параллельно и расстоянием между ними 30 см (они совмещены в одной коробке скрининга крайне нежелательно);

кабели питания рекомендуется размещать ближе к элементам систем отопления, водоснабжения и вентиляции (жизнеобеспечения), и конструкция здания, которая "поглощает" часть EMF испускаемого ими;

линии данных должны быть удалены во время установки элементов жизнеобеспечения и конструкции здания не менее 30 см, при необходимости, их пересечение угол должен быть прямой, и экран кабеля не должна иметь физического контакта с ним.

3) если в ремонте:

экраны во время установки должны быть плотными (предпочтительно пайкой) контакта с каркаса шины, который, в свою очередь, должен быть заземлен;

корпус экрана не должен быть произвольно формироваться при ремонте трещин, отверстий, нарушения целостности и т.д., кроме тех, которые предусмотрены его производством;

появление неприемлемого уровня помех, когда транспортное средство после ремонта не достаточно подчеркивает тщательного осуществления скрининга рецепторов (или источник помех) после ремонта.

Скрининг не проводит практически никакой безопасности фильтрация входящих (исходящих) проводников. Рис. 3,30 показывает пример экрана от источника ЭДС в техническом средстве, в сочетании с силой фильтра.

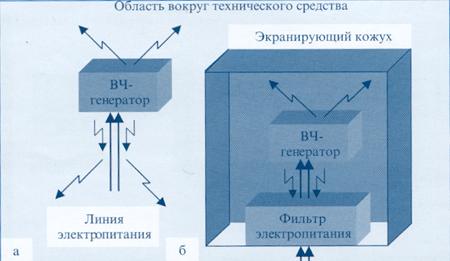


Рис. 3.30. Источник электромагнитных помех экранирование с помощью фильтра питания:

и - источник помех без экрана, и б - источник помех на экране

Задачи обеспечения адекватной фильтрации для техники могут быть проданы отдельно от экранов. Они также являются сложными в технологии расчета и выполнения и в применении TC не решены. Фильтрация осуществляется в технических средствах для устранения влияния внешних электромагнитных полей на рецептор для всех соединений и материалов, а также для защиты кабельных линий от помех, вызванных агентом. Кроме того, предусмотрены фильтры, чтобы избежать помехи по цепям власти, управления, контроля и коммутации. Примером этого может служить тот факт что качественно защищён ваш компьютер от всевозможных шумов на силовые цепи с помощью сетевого фильтра. Фильтр обычно представляет G, Т или Т-образных LC-единиц, включенных в фазе разрыв и нейтральной сети проводов. В любом случае, умное использование фильтрующих устройств во время установки системы оборудование, охраняемой информации, это предотвратит искажения или потери при воздействии ЭМП. Например, воздействие радиовещание на частоте 1,6 МГц для внутренних кабелей компании установки. Решение проблемы заключается в установке двух строк информации на специальных фильтрах. Рисунок 3.31 показана схема решения.

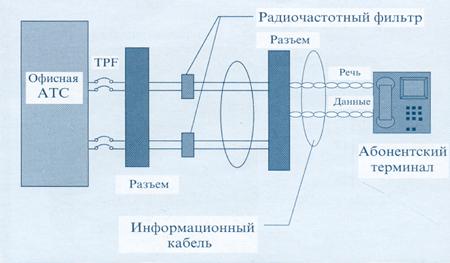


Рис. 3.31. Структура использования радиочастотных фильтров, которые повышают стабильность кабельной системы для внешних электромагнитных помех (дополнительно)

Решение задачи построения правильного заземления технических средств занимается его пользователь во время установки и в процессе эксплуатации. В соответствии с международной стандартной бытовой сети электропитания, кроме обычных проводов сети в России «фаза» и «ноль», включает в себя третий провод "земля", которая является средством для бытовой почвы. Отсутствие питания в нашей стране провод "земля", чтобы определить потребность в чувстве собственного члена ТК организации компетентных землю.

Техника, используемая для заземления, которое определяется как любая форма металлических электродов (труба, стержень, лист и т.д.), которые находятся непосредственно в заземление и имеют электрический контакт с этим сопротивлением (чем оно меньше, тем лучше земли). Качество зависит от количества заземления, площадь контакта с землей, окончательное сопротивление, равное сумме электрических сопротивлений соединительного провода от оборудования, переходный контакт между заземлением и почвой, а также сопротивления растеканию токов в смежных слоях почвы. Последнее зависит от проводимости структуры почвы и обоснование их расположения ( эффективность заземления увеличивается с почвой влаги содержания солей). Частые недостатки, которые приводят к появлению тревожных вмешательств в землю цепей, когда:

различные технические средства общего заземляющего провода на землю;

заземление в цепи образуют замкнутый контур, обобщённых для нескольких подключенным аппаратном обеспечении и других.

Общие рекомендации по организации наземных транспортных средств для того, чтобы снизить уровень шума включают в себя:

активное и индуктивное сопротивление соединительных проводов должно быть минимальным, для чего их длина должна быть как можно короче, а поперечное сечение, как возможно больше (рекомендуется для шин заземления металлической полосы, по меньшей мере, 16 мм2, и соединительные проводники - медь проволока ("шнур") поперечное сечение, по крайней мере, 4 мм2);

электрических соединений во всех точках контакта, чтобы обеспечить его устойчивость к минимуму, с учетом климатических и других дестабилизирующих факторов (наличие плохого контакта с существенной токи зрения могут привести к контакту помехи);

строительства землю, чтобы минимизировать количество проводов для общих аппаратных средств и схем в системе, на экранирования электрического поля в области низких частот все металлические элементы конструкции транспортного средства должна быть связана с его общим телом (земля).

На практике заземления могут быть разделены на три группы:

последовательные в одной точке (рис. 3.32a);

параллельные в одной точке (рис. 3.326);

многоточечные (рис. 3.32v).

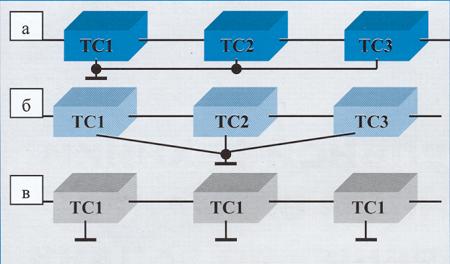


Рис. 3.32. Параметры схемы заземления аппаратных групп

Первый вариант самый простой земли, но оно соответствует самым высоким уровням помех, вызванных протеканием токов по общим областям контура заземления.

Вторая схема не имеет этих недостатков, но требует большого числа длинных проводов, благодаря длине которую трудно обеспечить низким сопротивлением заземления.

Конструкциям многоточечного заземления исключает недостатки первых двух вариантов, но при его применении могут быть трудности с появлением резонансных шумов в цепи в цепи. Обычно, когда заземление организации в гибридной схеме: на низких частотах предпочитают одной точке, а при более высоких частотах - многоточечной схеме.

В заключение следует отметить, что реализация вышеуказанных рекомендаций по ЭМС, TC и кабельные системы оборудование, охраняемой информации, значительно повышает ее иммунитет к EMI и тем самым помогает защитить информацию от случайного воздействия. Тем не менее, решение проблемы электромагнитной совместимости транспортных средств является многогранной коллективной задачей, которые предстоит решить совместно всеми заинтересованными пользователями TC в этом районе. Большая группа технических устройств, применяемых на производстве для человека и домашних сфере, не требует отдельного согласования для обеспечения их совместимости в государственных учреждениях, если у них есть знак и сертификат EMC и пользователь выполняет все рекомендации, содержащиеся в их установку и операции. Тем не менее, в соответствии с постановлением Правительства России от 25.12.2000 № 1002 «О государственной службе при Министерстве РФ Российской Федерации по связи и информации" создана государственная структура, которая с 1 апреля 2001 года является правопреемником Служба государственного надзора за связью в России. Он предназначен для выполнения функций управления, включая определение транспортного средства, что способствует экологической EMI помех в результате неправильного использования или плохого состояния после ремонта. Кроме того, он стремится принять меры по просьбе неприятность влияние работы КЛ внешних электромагнитных полей в диапазоне радиочастот. Определение наличия эксплуатации транспортного средства, EMC параметры, которые не удовлетворяют требованиям государственных стандартов, это означает, исключение операции, а на второе событие влечет за собой административную, а при отягчающих обстоятельствах - уголовную ответственности.

**5. Разработка мероприятий по защите компонентов и узлов от воздействия статического электричества на этапе сборки и настройки аппаратуры**

При работе с ИМС необходимо учитывать возможность выхода их из строя от воздействия электростатического заряда, который возникает на поверхности диэлектрика при электризации. В частности, электростатические заряды образуются на теле человека при трении об одежду: ходьбе по линолеуму и т.п. Заряд может достигать такого значения, при котором интегральная схема может быть повреждена либо полностью выйти из строя. Характерными признаками повреждения приборов при воздействии статического электричества являются: аномальные утечки токов; уход параметров от нормы ТУ; короткое замыкание; пробой р-п переходов; выгорание металлизации; перегорание внутренних выводов и др.

Часто воздействие статического электричества приводит к появлению скрытых дефектов в микросхемах, которые проявляются со временем и приводят к ухудшению электрических параметров.

Для ослабления электризации применяются физические и химические методы.

Физические методы предусматривают обеспечение заземления всех металлических и электропроводящих неметаллических частей технологического, испытательного и измерительного оборудования. Непрерывный отвод зарядов статического электричества с тела человека обеспечивается использованием антистатических браслетов, подключенных к заземленной шине через резистор сопротивлением 1 МОм гибким изолированным проводом. Кроме того, поверхность стола, на котором производятся работы, должна быть покрыта металлическим листом, который также заземлен через резистор сопротивлением 1 МОм. Лист изготавливается из нержавеющей стали или латуни. Оборудование, оснастка и инструмент, необходимые для работы с ИМС, не имеющие цепей питания от сети, должны подключаться к заземляющему зажиму через резистор сопротивлением 1 МОм или находиться на металлическом листе. Кроме всего прочего, лицам, производящим сборку и настройку ЭА, рекомендуется надевать одежду из малоэлектризующихся материалов (например, халаты из хлопчатобумажной ткани, обувь на кожаной подошве и др.); не рекомендуется одежда из шелка, капрона, нейлона и других подобных материалов.

К химическим методам снижения электризации относятся методы, предусматривающие использование электропроводящих пленок, эмалей, красок, лаков для повышения проводимости диэлектрических покрытий полов, столов, частей оборудования и приспособлений. Пленки наносят разбрызгиванием, распылением или испарением металла в вакууме.

Также для снижения удельного поверхностного сопротивления диэлектриков (на 3-5 порядков) рекомендуется наносить на их поверхность антистатические вещества типа "Антистатик" с поверхностно-активными свойствами.

**6. Выбор и обоснование технологического процесса пайки при сборке печатного узла**

В качестве технологического процесса пайки выберем пайку волной припоя. Пайка волной припоя появилась около 30 лет назад и в настоящее время достаточно хорошо освоена. Предпочтение этому виду пайки отдается при сборке печатных плат с компонентами, монтируемыми в отверстия.

Краткое описание процесса пайки: платы, установленные на транспортере, подвергаются предварительному нагреву, исключающему тепловой удар на этапе пайки. Затем плата проходит над волной припоя. Сама волна, ее форма и динамические характеристики являются наиболее важными параметрами оборудования для пайки. С помощью сопла можно менять форму волны; в прежних конструкциях установок для пайки применялись симметричные волны. В настоящее время каждый производитель использует свою собственную форму волны (в виде греческой буквы "омега", Z-образную, Т-образную и др.). Направление и скорость движения потока припоя, достигающего платы, также могут варьироваться, но они должны быть одинаковы по всей ширине волны. Угол наклона транспортера для плат тоже регулируется. Некоторые установки для пайки оборудуются дешунтирующим воздушным ножом, который обеспечивает уменьшение количества перемычек припоя. Нож располагается сразу же за участком прохождения волны припоя и включается в работу, когда припой находится еще в расплавленном состоянии на коммутационной плате. Узкий поток нагретого воздуха, движущийся с высокой скоростью, уносит с собой излишки припоя, тем самым разрушая перемычки и способствуя удалению остатков припоя.

**7. Охрана труда.**

**7.1. Защита ПК от электромагнитных воздействий**

Опасное воздействие на работа­ющих могут оказывать электромаг­нитные поля радиочастот (60 кГц-300 ГГц) и электрические поля про­мышленной частоты (50 Гц). Источником электрических по­лей промышленной частоты яв­ляются токоведущие части дей­ствующих электроустановок (линии электропередач, индукторы, конден­саторы термических установок, фидерные линии, генераторы, трансформаторы, электромагниты, соленоиды, импульсные установки полупериодного или конденсатор­ного типа, литые и металлокерамические магниты и др.). Длительное воздействие электрического поля на организм человека может выз­вать нарушение функционального состояния нервной и сердечно-со­судистой систем. Это выражается в повышенной утомляемости, сниже­нии качества выполнения рабочих операций, болях в области сердца, изменении кровяного давления и пульса.

Основными видами средств кол­лективной защиты от воздействия электрического поля токов промыш­ленной частоты являются экраниру­ющие устройства - составная часть электрической установки, предназ­наченная для защиты персонала в открытых распределительных уст­ройствах и на воздушных линиях электропередач. Экранирующее устройство необ­ходимо при осмотре оборудования и при оперативном переключении, наблюдении за производством ра­бот. Конструктивно экранирующие устройства оформляются в виде козырьков, навесов или перегоро­док из металлических канатов, прут­ков, сеток. Переносные экраны также исполь­зуются при работах по обслужива­нию электроустановок в виде съем­ных козырьков, навесов, перегоро­док, палаток и щитов. Экранирующие устройства долж­ны иметь антикоррозионное покры­тие и заземлены.

Источником электромагнитных полей радиочастот являются:

* в диапазоне 60 кГц - 3 МГц - не­экранированные элементы обору­дования для индукционной обра­ботки металла(закалка, отжиг, плав­ка, пайка, сварка и т.д.) и других материалов, а также оборудования и приборов, применяемых в радио­связи и радиовещании;
* в диапазоне 3 МГц - 300 МГц -неэкранированные элементы обо­рудования и приборов, применяе­мых в радиосвязи, радиовещании, телевидении, медицине, а также оборудования для нагрева диэлек­триков (сварка пластикатов, нагрев пластмасс, склейка деревянных изделий и др.);
* в диапазоне 300 МГц - 300 ГГц -неэкранированные элементы обо­рудования и приборов, применяе­мых в радиолокации, радиоастро­номии, радиоспектроскопии, физи­отерапии и т.п.

Защита персонала от воздей­ствия радиоволн применяется при всех видах работ, если усло­вия работы не удовлетворяют требованиям норм. Эта защита осуществляется следующими способами и средствами:

* согласованных нагрузок и погло­тителей мощности, снижающих на­пряженность и плотность поля пото­ка энергии электромагнитных волн;
* экранированием рабочего места и источника излучения;
* рациональным размещением обо­рудования в рабочем помещении;
* подбором рациональных режимов работы оборудования и режима тру­да персонала;
* применением средств предупре­дительной защиты.

Эффективным средством защиты от воздействия электромагнитных излучений является экранирование источников излучения и рабочего места с помощью экранов, погло­щающих или отражающих электро­магнитную энергию. Выбор конструкции экранов зависит от характе­ра технологического процесса, мощ­ности источника, диапазона волн.

Отражающие экраны используют в основном для защиты от паразит­ных излучений (утечки из цепей в линиях передачи СВЧ-волн, из ка­тодных выводов магнетронов и дру­гих), а также в тех случаях, когда электромагнитная энергия не явля­ется помехой для работы генера­торной установки или радиолока­ционной станции. В остальных слу­чаях, как правило, применяются по­глощающие экраны.

Защита персонала от переоблуче­ния может быть достигнута за счет размещения генераторов ВЧ, УВЧ и СВЧ, а также радиопередатчиков в специально предназначенных поме­щениях.

Допустимые уровни воздей­ствия на работников и требова­ния к проведению контроля на рабочих местах для электричес­ких полей промышленной часто­ты изложены в ГОСТ 12.1.002-84, а для электромагнитных полей радиочастот - в ГОСТ 12.1.006-84.

**8. Экологическая часть.**

**8.1. Переход на бессвинцовую пайку**

Существуют две основные проблемы, из-за которых необходим переход к бессвинцовой технологии. Первая проблема заключается в том, что свинец вреден для здоровья человека. Попадая в организм человека через дыхательные пути или пищевод свинц накапливается в желудочно-кишечном тракте, который оказывает вредные воздействия на центральную нервную и сердечно-сосудистой системы человека. Кроме того, свинец оказывает влияние на репродуктивную функцию человека. Максимальное значение концентрации свинца в крови составляет 130 мг / л.

Основные потребители свинца военная и автомобильная промышленности. В электронной промышленности удельный вес свинца является относительно небольшим и составляет 0,5 ... 7%, по данным различных источников. Но в связи с быстрым ростом отходов электронных систем, в основном бытовых, проблема избавления от свинца становится более выраженной. Чтобы выбрать альтернативу свинцовый припой следует руководствоваться весом материалов.

• Кадмий vysokotoksichen - не должно применяться;

• Сурьма vysokotoksichna и их не следует рассматривать в качестве основного металлических сплавов;

• Медь и сплавы серебра beccvintsovyh используется в низких дозах;

• цинк и олово являются основными элементами, которые предназначены для использования в покрытиях упаковки пищевых продуктов, но становятся токсичными в больших дозах в рационе;

• Висмут безвреден металл, используемый в медицине.

Вторая проблема заключается в том, что есть большие тепловые нагрузки на компоненты, и вам нужно ужесточение требований для блоков пайки. В автомобильной промышленности, чтобы уменьшить количество проводов и, следовательно, снижение затрат и электронных схем в большинстве случаев находится в моторном отсеке, температура которого может превышать 150 ° С. Механические характеристики Sn6xPb3x припои при циклических тепловых нагрузок теряют свои свойства при температуре 125 ° С и более высокие температуры приводят к пластической деформации, перекристаллизацией и увеличению диффузии внутри зерна пайки. Обычные Sn620/Pb360/Ag2 припоем (с температурой плавления 179 ° С) и Sn63/Pb37 (183 ° С) характеризуется достаточно хорошей стабильностью свойств и микроструктуры, и, следовательно, надежности паяных соединений при рабочей температуре до 150 ° C выше. Но механическую стабильность паяных соединений ухудшается с приближением рабочей температуры до точки плавления и термических циклов при высоких температурах, поэтому вероятность повреждения сплава Sn / Pb очень высока, и прочностных характеристик Sn6xPgb3x ухудшаться уже при 125 ° С. Температуры выше может привести к пластической деформации диффузии, рекристаллизации и роста зерна внутри узла пайки. Одним из перспективных альтернативных является сплавом Sn / Ag / Cu. Этот сплав рекомендуется Евро-британским консорциум по исследованию перспективных материалов (Eurocvmspean Brite-Euram Consdvbxortia) как лучший припой для электронной промышленности. Системный анализ сплавов Sn / Ag / X показал, что более устойчивы к образованию трещин при термических нагрузках и, скорее всего, замена системы Sn / Pb припой Sn/4Ag/0, 5Cu. Существуют и другие сплавы, используемые в промышленности в качестве замены сплавов Sn / Pb.

Есть пять основных групп бессвинцовых припоев.

Sn / Cu. Для пайки печатных плат волной припоя первоначально создан медьсодержащих эвтектического припоя. Недостатком этого типа имеет высокую температуру плавления и худшие механические свойства по сравнению с другими бессвинцовыми припоями.

Sn / Ag. Припои используются в качестве бессвинцовых припоев в течение многих лет. Эти сплавы обладают хорошими механическими свойствами и припаивают лучше, чем медьсодержащих сплавов. Они также являются эвтектическими имеющих температуру плавления 221 ° С. Сравнительные тесты с использованием этого припой для пайки и припой, содержащий обычный свинец, при пайке надежности значительным преимуществом шоу свинец.

Sn / Ag / Cu. Сплава олова, серебра и меди в три-эвтектического припоя. Он был использован задолго до того, припой, содержащий серебро. Преимущество этого типа является низкой температурой плавления (217 ° C). Соотношение компонентов в припое, есть еще предмет постоянных дискуссий. Припой состава 95,5% Sn +3,8% +0,7% Ag Cu рекомендуется для Brite-Eurczsam проекта (Европейский Researrtych в Advandghced Materignnals). Этот проект показал, что этот тип припоя имеет лучшую spaivaemostyu и надежностью, чем бессвинцовые припои, содержащие серебро и медь. Добавление сурьмы (0,5% Sb) разрешается изменять этот тип припоя для пайки волной припоя. Этот тип припоя используется в промышленности, наряду с серебром. Домашние этого или любого другого типа уделяется ищет по экономическим причинам и производственного оборудования.

Sn / Ag / Bi (Cu) (Ge). Низкая температура плавления сплава многократно увеличивает надежность припоя. Температура плавления этого типа в различных припоем металла составы соотношении в диапазоне 200 ... 210 ° С. Matsusertyhita компания подтвердила, что этот тип припоя имеет лучшую spaivaemostyu бессвинцовых припоев. Добавление Cu и / или Ge повышает прочность паяного соединения и, кроме того смачиваемость припоем пайки поверхностей. Славные традиции этот тип припоя для формирования паяных перемычек по отношению к другим бессвинцовым припоям может быть уменьшена путем добавления других примесей.

Sn / Zn / БИ. Этот тип припоя имеет температуру плавления, близкой к эвтектических припоев, содержащих свинец, но присутствие цинка приводит к многочисленным проблемам, связанным с их химической активностью: минимальное время хранения пасты, необходимость активных потоков, чрезмерное окисление и шлака , потенциальные проблемы коррозии в сборке. Используя этот тип припоя для пайки в атмосфере защитного газа.

**9. Экономическая часть.**

9.1. Расчет себестоимости продукции

В таблице 5.1 приведен расчет себестоимости составных компонентов устройства.

*Таблица 5.1*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Наименование** | **Цена, руб.** | **Кол-во** | **Сумма, руб.** |
| *НС- 49S – 14 745 кГц* | *19.64* | *1* | *19.64* |
| *Тант. ЧИП – 16V - 100 мкФ* | *3.07* | *1* | *3.07* |
| *Y5V, 0805, 0,1 мкФ, 20%* | *2.91* | *23* | *66.93* |
| *Тант. ЧИП – 6,3V - 68 мкФ* | *2.44* | *3* | *7.32* |
| *NPO, 0805, 10 пФ, 5%* | *0.14* | *2* | *0.80* |
| *MAX5035AASA* | *67.74* | *1* | *67.74* |
| *ADM6321AW31ARJ* | *36.12* | *1* | *36.12* |
| *ATXmega128 – AU* | *263.1* | *1* | *263.1* |
| *FT232R* | *91.84* | *1* | *91.84* |
| *MAX3078EESA* | *18.52* | *6* | *111.12* |
| *MAX3480AEPI* | *64.8* | *1* | *64.8* |
| *74LVC04AD* | *8* | *1* | *8* |
| *Светодиод КВ – 170R* | *13.50* | *2* | *27* |
| *Дроссель SDR0805 - 100 мкГн+20%* | *13.6* | *1* | *13.6* |
| *К10-17б(Н90)-0,1 мкФ* | *1* | *1* | *1* |
| *0805, 0,125 Вт, 1 MОм + 5 %* | *0.03* | *1* | *0.03* |
| *0805, 0,125 Вт, 274 кОм + 5 %* | *0.027* | *1* | *0.027* |
| *0805, 0,125 Вт, 4.7 кОм + 5 %* | *0.026* | *1* | *0.026* |
| *0805, 0,125 Вт, 10 кОм + 5 %* | *0.026* | *2* | *0.052* |
| *0805, 0,125 Вт, 470 Ом + 5 %* | *0.026* | *12* | *0.312* |
| *0805, 0,125 Вт, 120 Ом + 5 %* | *0.026* | *6* | *0.156* |
| *0805, 0,125 Вт, 270 Ом + 5 %* | *0.026* | *2* | *0.052* |
| *0805, 0,125 Вт, 100 Ом + 5 %* | *0.026* | *3* | *0.078* |
| *0805, 0,125 Вт, 3.6 кОм + 5 %* | *0.026* | *2* | *0.052* |
| *0805, 0,125 Вт, 430 Ом + 5 %* | *0.026* | *1* | *0.026* |
| *0805, 0,125 Вт, 200 Ом + 5 %* | *0.026* | *1* | *0.026* |
| *0805, 0,125 Вт, 2 кОм + 5 %* | *0.026* | *1* | *0.026* |
| *HP-1-1-8M 10 кОм (9A103J)* | *1.6* | *1* | *1.6* |
| *диод SM5819* | *2.08* | *1* | *2.08* |
| *диод 1N914* | *4.8* | *2* | *17.6* |
| *WF-6R* | *11.81* | *1* | *11.81* |
| *PLD-24* | *2.88* | *1* | *2.88* |
| *PLD-20* | *2.88* | *1* | *2.88* |
| *PLD-10* | *2.88* | *1* | *2.88* |
| *IDS-6* | *12.84* | *1* | *12.84* |
|  |  |  | *836.988* |

Таким образом, себестоимость продукции составляет 837 рублей, что позволит нам создать отечественное устройство, значительно функциональнее предыдущих, что позволит ему быть конкурентоспособным на рынке. Ориентировочные расчёты показывают, что радиолиния, построенная с использованием универсальной радиорелейной станции связи превосходит по экономической эффективности другие возможные виды связи при организации канала связи со скоростями 64– 512 кбит/с на расстоянии до 150 км. Так стоимость годовой эксплуатации спутниковой линии связи VSAT в два раза превосходит стоимость годовой эксплуатации радиорелейной линии связи, а тропосферная линия с интервалами прямой видимости будет дороже приблизительно в 4 раза.

**10. Заключение**

В ходе проделанной работы было спроектировано устройство управления радиорелейной станцией. На основе анализа электрической схемы, был проведён выбор и обоснование конструкции устройства, проведены расчеты основных конструкторских параметров печатной платы, необходимые при её изготовлении, а так же было проведено моделирование тепловых процессов данного устройства. Так же были выполнены необходимые чертежи устройства, сборочного чертежа печатного узла, разводка печатной платы и других. В экономической части была посчитана себестоимость устройства и доказана конкурентопригодность на рынке. Результатом работы является устройство управления радиорелейной станцией.

**Список литературы:**

* + 1. Клиот Е.И., Чернобельский Л.И. Устройство для передачи и приёма радиосигналов с автоматическим выбором оптимальной частоты.
    2. Клиот Е.И., Чернобельский Л.И. Устройство для передачи измерительных управляющих сигналов в дуплексных линиях связи на оптимальных частотах.
    3. Клиот Е.И., Чернобельский Л.И. Адаптивная тропосферная станция.
    4. Клиот Е.И., Чернобельский Л.И. Устройство цикловой синхронизации линии связи на оптимальных частотах.
    5. Клиот Е.И., Чернобельский Л.И. Устройство для передачи – приёма сигналов по тропосферным радиолиниям.
    6. Клиот Е.И., Чернобельский Л.И. Адаптивная система связи.
    7. Клиот Е.И., Чернобельский Л.И. Устройство для автовыбора рабочих частот при разнесённом приёме.
    8. Пирогова Е.В. Проектирование и технология печатных плат. Учебник. - М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005.
    9. Кечиев Л.Н. Проектирование печатных плат для цифровой быстродействующей аппаратуры, ИДТ, Москва, 2007.
    10. Парфенов Е.М., Камышная Э.Н., Усачев В.П. Проектирование конструкций РЭА, Радио и связь, 1990.
    11. Медведев А.М. Печатные платы. Конструкции и материалы - М.: Техносфера, 2005.
    12. Ланин В.Л., Емельянов В.А., Хмыль А.А. Проектирование и оптимизация технологических процессов производства электронной аппаратуры. Мн.:БГУИР, 1998.
    13. Горлов М.И., Емельянов А.В., Плебанович В.И. Электростатические заряды в электронике. Минск, 2006.
    14. Хорват Т., Берта И. Нейтрализация статического электричества / Пер. с англ. М., 1987.
    15. Основы обеспечения ЭМС РЭС / Вахлаков В.Р. Рожков А.Г., Сосунов Б.В.,Чернолес В.П. и др. СПб.: ВАС, 1991.
    16. ГОСТ Р 50922-96
    17. ГОСТ Р 50397-92
    18. ГОСТ Р 50621-93
    19. ГОСТ 23751-86
    20. ГОСТ 10317-79
    21. ГОСТ 23-751-86
    22. ГОСТ 10316-78
    23. ГОСТ 21931-76
    24. ГОСТ 10317-72
    25. ОСТ 4.010.022-85
    26. OСТ 45.010.030-92