# Министерство образования

# Российской Федерации

## ТАМБОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

### Кафедра \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_КРЭМС\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

**к курсовому проекту по «Конструирование радиоэлектронных систем»**

Тамбов 2006

**Аннотация**

Данный курсовой проект на тему: «Модуль аналого-цифрового преобразователя».

Темой курсового проекта является разработка аналого-цифрового преобразователя сигналов от первичных датчиков и преобразование в цифровые электрические сигналы. В задание на курсовой проект входят технические характеристики АЦП, а также условия эксплуатации, при которых необходимо обеспечить бесперебойную работу всего блока.

В курсовом проекте были произведены расчеты теплового режима, номинальных диаметров монтажных отверстий, платы на механические воздействия и расчет надежности.

Объем ПЗ – с.

Количество таблиц – 7 шт.

Объем графической части – 7 листов формата А1

Список используемых источников – 6 наименований

**СОДЕРЖАНИЕ**

Введение

1. Исходные данные и их анализ

1.1 Развернутое задание проектирования блока

1.2 Описание и анализ принципиальной электрической схемы

1.3 Анализ соответствия электронной базы условиям эксплуатации

1.4 Патентный поиск и анализ аналогичных устройств

2. Проектирование блока

* 1. Компоновка блока
  2. Разработка несущей конструкции блока
  3. Защита блока от механических воздействий
  4. Расчет теплового режима

3. Проектирование функционального узла

3.1 Выбор метода изготовления печатной платы и выбор материалов

3.2 Определение печатного проводника по постоянному току

3.3 Расчет номинальных диаметров монтажных отверстий

3.4 Определение ширины проводников

3.5 Определение минимального расстояния между элементами

3.6 Расчет платы на механические воздействия

4. Оценка качества продукции

* 1. Расчет надежности
  2. Оценка качества разработанной конструкции

Заключение

Список использованных источников

Приложения

Приложение А Спецификации

Приложение Б Перечень элементов

**ВВЕДЕНИЕ**

Аппаратура контроля технологических процессов находит широкое применение Усовершенствование конструкции и повышение её эффективности является важной задачей на данном этапе развития радиоэлектронной аппаратуры.

Концепция данного курсового проекта заключается в разработке блока для контроля технологических процессов.

В составе многоканального цифрового измерительного преобразователя сигналов температурных датчиков и сигналов постоянного тока (МИП) используются аналогово-цифровой преобразователь, модуль соединителя, модуль коммутатора, модуль контроллера, модули памяти, аналоговых выходов, сигнализации отклонений, интерфейса, пульта оператора.

МИП предназначен для преобразования выходных аналоговых электрических сигналов первичных преобразователей (датчиков) температуры, а также сигналов напряжения и силы постоянного тока в кодированный электрический сигнал, обеспечивающий обмен информацией с ЭВМ, терминальными и печатающими устройствами по стандартным интерфейсам (ИРПР и ИРПС) работает с тремя средствами вычислительной техники.

Темой курсового проекта является разработка аналого-цифрового преобразователя сигналов от первичных датчиков и преобразование в цифровые электрические сигналы. В задание на курсовой проект входят технические характеристики АЦП, а также условия эксплуатации, при которых необходимо обеспечить бесперебойную работу всего блока.

**1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И ИХ АНАЛИЗ**

**1.1 Развернутое задание проектирования блока**

Развернутое техническое задание представляет собой документ, устанавливающий основное назначение и показатели качества изделия, технико-экономические и специальные требования, предъявляемые к изделию.

Название изделия – модуль АЦП;

Назначение изделия – преобразовывать в цифровой код аналоговую информацию от первичных датчиков;

Блок должен иметь следующие электрические параметры:

-потребляемая мощность не более 30 Вт;

-работать от сети 220 В (50 Гц)

Коэффициент применяемости не менее 0,6:

Требования к конструкции:

- габаритные размеры не более 460×210×210 мм;

- цвет – светло-серый;

- масса – не более 5 кг;

- допустимая температура корпуса блока не более 40°С:

- исполнение УХЛ категория 4.1 по ОСТ.15150-79;

Характеристики внешних воздействий для режима работы:

- температура окружающей среды 263-303 К;

- относительная влажность воздуха 65% при 293 К;

- диапазон частот вибрации 10-70 Гц;

- виброускорение 7,8 – 37 м/с2.

Среднее время наработки на отказ T0 – не менее 3000 часов;

Среднее время восстановления – не более 4 часов;

Тип производства – серийный.

**1.2 Описание и анализ схемы электрической принципиальной**

Сигнал от первичных датчиков поступает через фильтр высокочастотных и импульсных помех на вход предварительного усилителя (ПУ), коэффициент передачи которого определяется положением ключей К5, К6 и равен 5 при замкнутом К5 (К6 разомкнут) и 1 при замкнутом К6 (К5 разомкнут). С выхода ПУ сигнал поступает на вход инвертирующего усилителя (ИУ), имеющего фиксированный коэффициент передачи равный 10. Выход ИУ через ключ К7 присоединяется к первому из входов интегратора (ИН). Ко второму входу ИН присоединяется источник опорного напряжения СИ через ключ К8. Параллельно интегрирующей ёмкости ИН присоединен трехступенчатый ключ К8. Параллельно интегрирующей ёмкости ИН присоединен трехступенчатый ключ К9-К11. Интегратор имеет три режима работы: интегрирования- замкнуты ключи К7 или К8 а также ключи К7,К8,К9,К10, замкнут ключ К11; обнуление- разомкнуты К7, К8, К11, замкнуты ключи К9, К10. Ключ К11 служит для компенсации утечки через разомкнутые ключи К9, К10 в режимах интегрирования и хранения.

Выход ИН через резистор подключен к входу компаратора (КМП), к этому же входу через другой резистор подключен СИ, создающий начальное смещение и сдвиг нулевого уровня характеристики АЦП. Выход КМП присоединяется к устройству логического управления (УЛУ) цифровой части АЦП.

Цифровая часть включает также формирователь временных интервалов (ФВИ), счетчик (СЧ), генератор (ГН), регистры управляющего слова (РГ)1, (РГ)2 , дешифраторы, управляющие коммутатором, (ДШ)1, (ДШ)2, а также трансформаторный и оптронные гальванические разделители, через которые осуществляется связь с контроллером.

На ФВИ поступает напряжение сетевой частоты. На выходах ФВИ вырабатываются четыре последовательности прямоугольных импульсов(фазы) Ф1-Ф4. Фронты импульсов каждой из указанных последовательностей совпадают с моментами перехода через сетевого напряжения. ФВИ вырабатывает также импульсы сброса СЧ, следующие с удвоенной по отношению к сети частотой.

Кварцевый генератор меток ГН вырабатывает импульсы длительностью около 0,2 мкс, следующие с частотой 2,5 МГц. Через схему совпадения импульсы поступают на вход 16-разрядного счетчика. С помощью фиксирующих схем, установленных на входах четырех старших разрядах СЧ, вырабатываются 3 последовательности импульсов п1, п2, п3. Передний фронт импульсов п1 соответствует 24576 меткам (6000Н), что соответствует 9,8304 мс, передний фронт п2-16384 меткам (4000Н) или 6,5536мс, передний фронт 8192 меткам (2000Н) или 3,2768 мс, а задний фронт п3 совпадает с передним фронтом п2. Задние фронты п1 и п2 определяются импульсами сброса, вырабатываемыми в моменты прохождения сетевого напряжения через ноль. Первый такт интегрирования задается управляющим сигналом, определяемым логической комбинацией [Ф3\*п1]. При единичном значении этого сигнала ИН находится в режиме интегрирования (ключ К7 замкнут),а при нулевом – в режиме хранения (ключ К7 разомкнут). При изменении частоты сети изменяется только положение заданного фронта п1 и соответственно длительности режима хранения ИК. Таким образом, в первом такте интегрирования напряжение на выходе интегратора изменяется под действием входного напряжения и достигает уровня, зависящего только от величины входного сигнала к независящего от периода сетевого напряжения.

Начало второго такта интегрирования происходит по переднему фронту Ф4. При этом замыкается ключ КВ и счетные импульсы начинают проходить через схему гальванического разделение в контроллере. Под действием напряжением ОИ напряжение на выходе ИН изменяется от уровня, достигнутого в конце первого такта, стремясь к нулю и далее в область положительного напряжения. При равенстве напряжений срабатывает КМП и УЛУ останавливает прохождение счётных импульсов в контроллер, фиксируя конец преобразования. Одновременно по сигналу УЛУ интегратор переводится в режим обнуления и в промежуток времени, оставшийся до конца второго такта, конденсатор ИН разряжается до нуля.

В течении второго такта ключ К7 разомкнут и напряжение на входе ПУ и соответственно на выходе ИУ не влияет на работу ИН.

В интервале, когда логический сигнал [Ф1\*Ф2\*п2] имеет низкий уровень, замкнут ключ К3 и разомкнут ключ К4, при этом от источника Е через ограничительный резистор на вход АЦП протекает тренировочный ток, замыкающий через подключенную пару контактов коммутатора, линию связи с датчиком и внутреннее сопротивление датчика.

Величина тренировочного тока выбирается существенно больше нижней допустимой границы коммутируемоготока, указанной в ТУ на безъякорные реле РКГ15, используемые в коммутаторе, и значительно меньше верхнего предельного значения.

Протекание тренировочного тока через контакты реле препятствует возникновению на них окисных пленок, нарушающих контакт. Импульс тренировочного тока используется одновременно и для контроля исправности линии связи с датчиком. В интервале времени, задаваемом низким уровнем логического сигнала [Ф1\*Ф4\*п3], УЛУ определяет уровень сигнала в точке «0» структурной схемы. Если цепь датчика оборвана, то в этой точке устанавливается высокий уровень и в УЛУ вырабатывается сигнал “обрыв”, передаваемый далее по линии “флаги” в контроллер. Если цепь датчика исправна, то падение напряжение от импульса тренировочного тока, возникающее в низкоомной (менее 10 кОм) цепи датчика, мало и сигнал “обрыв” не вырабатывается.

Ключ К4 служит для компенсации тока утечки от источника Е на вход АЦП. В течение всего периода работы АЦП, за исключением интервала времени, в который проходит тренировочный импульс, этот ключ замкнут, а ключ КЗ разомкнут и ток утечки от источника Е замыкается на общую точку. В интервале времени, определяемым низким уровнем логического сигнала [Ф1\*Ф4\*п2], на регистры управляющего слова (РУС) РГ1 и РГ2 переводиться принудительно в состояние высокого уровня. На выходах ДШ1, ДШ2 этому состоянию РУС соответствует комбинация сигналов, обуславливающая замыкание ключа К1 АЦП и размыкание всех контактов коммутатора. Таким образом, в интервале “блокировка РУС” вход АЦП подключен на общую точку, а все каналы коммутатора разомкнуты. В течении этого же интервала контроллер передает по линиям “управляющее слово” и “тактовые импульсы” новое управляющее слово, которое записывается в РГ1 и РГ2. После снятия сигнала “блокировка РУС” это слово поступает на дешифраторы ДШ1, ДШ2 и обеспечивает включение нужного канала коммутатора, а также через выход “К5,К6” РГ2- установку нужного диапазона измерения АЦП. Четыре старших разряда поступают на ДШ1 и задают адрес одного из 10 рабочих каналов, либо адрес вспомогательных каналов – компенсации температуры холодных спаев термопар, коррекция рабочего тока термопреобразователей сопротивления, коррекции нулевого уровня АЦП и калибровки коэффициента передачи АЦП. Три следующих разряда задают адрес требуемого модуля коммутатора, а младший разряд определяет диапазон измерения АЦП. Сдвиг нулевого уровня характеристика, получаемый за счет смещения вводимого на вход КМП от ОИ, обеспечивает возможность обработки сигналов отрицательной полярности для соответствующих видов термопар. Величина выходного кода, соответствующая значению около 45000, вызывает в УЛУ сигнал передачи, воздействующий на интегратор и передающий его в режим обнуления.

1.3 Анализ соответствия электронной базы условиям эксплуатации

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип элемента | Кол.  шт. | Вес  элем. г | Диапазон температур,  °С | Вибрации в диапазоне частот, Гц; с ускорением g | Ударные  перегрузки, м/с2 |
| Конденсатоы  КМ10-23  К50-24  К73-17 | 2  3  2 | 1,0  2,5  2,0 | -60...+135  -40...+115  -40...+125 | 1...200; 15  1...200; 10  1...200; 10 | 50  40  40 |
| Микросхемы  К190КТ2П  К140УД17А  К190КТ1П  КР544УД1А  К554СА3А  К555ТЛ2  К555ИР16  К555ИД10  К531ЛН1П  К555ЛА3  КМ555ТМ2  К555ЛА1  К555ЛА4  К555ИЕ7  К555ЛА10 | 2  2  2  1  1  1  2  3  1  3  2  1  1  4  1 | 1,5  1,0  1,5  1,0  1,5  1,5  1.5  2  1,5  1,5  1,5  1,5  1,5  2  1,5 | -45…+85  -45…+85  -45…+85  -45…+85  -45…+85  -45…+85  -45… +85  -45… +85  -45… +85  -45…+85  -45…+85  -45…+85  -45…+85  -45…+85  -45…+85 | 10...600; 10  10...600; 10  10...600; 10  10...600; 10  10…600;10  10…600;10  10...600; 10  10...400; 10  10...600; 10  10...600; 10  10…600;10  10…600;10  10...600; 10  10…400;10  10…600;10 | 75  75  75  75  75  75  75  65  75  75  75  75  75  65  75 |
| Резисторы  С2-33А  С2-29В | 59  8 | 0,15  0,15 | -60...+155  -60...+155 | 1...5000; 40  1...3000; 30 | 150  150 |
| Разьем | 2 | 10,0 | -60...+85 | 10...200; 10 | 45 |

Таблица 1- Условия эксплуатации ЭРЭ

Оценка элементной базы показывает, что элементы соответствуют условиям эксплуатации

**1.4 Патентный поиск и анализ аналогичных устройств**

Аналогом МИП является применяемый раннее блок УПУ-ТП.Блок УПУ-ТП предназначен для управления работой автоматических линий применяется в системах управления технологическими процессами в станкостроительной, автомобильной и других отраслях промышленности.Принцип работы основан на обработке аналоговых сигналов и выработку управляющих сигналов.

Конструкция УПУ-ТП блочно-модульная. Степень защиты блока соответствует группе IR 30 ГОСТ 14254-80 Блок УПУ-ТП устойчив к воздействию вибрации частотой от 5 до 25 Гц с амплитудой не более 0,1 мм. Средний срок службы УПУ-ТП не менее 14 лет.

Среднее время восстановления не более 0,5 ч. Наработка на отказ 3000ч.

# **2.ПРОЕКТИРОВАНИЕ БЛОКА**

**2.1 Компоновка блока**

Таблица 2- Матрица КВ

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | А1 | А2 | А3 | А4 | А5 | А6 | А7 |
| А1 |  |  |  |  |  |  |  |
| А2 |  |  |  | 0 | 0 | 0 |  |
| А3 |  |  |  |  | 0 | 0 |  |
| А4 |  |  |  |  | 0 | 0 |  |
| А5 |  |  |  |  |  |  |  |
| А6 |  |  |  |  |  |  |  |
| А7 |  |  |  |  |  |  |  |

1) Для А2



Для А3



Для А4



Для А5



Для А6



Для А7



А1UА2

2) Для А3



Для А4



Для А5



Для А6



Для А7



А1UА2UА3

3) Для А4



Для А5



Для А6



Для А7



А1UА2UА3UА4

4) Для А5



Для А6



Для А7



А1UА2UА3UА4UА5

5) Для А6



Для А7



Получаем порядок объединения модулей в блок

А1UА2UА3UА4UА5UА6UА7

Таблица 3-Габариты конструтивов

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Конструктив | Габариты,  мм | Масса, кг | Конструктив | Габариты,  мм | Масса, кг |
| А1 | 204х150х150 | 0,8 | А5 | 170х80х80 | 0,6 |
| А2 | 192х240х15 | 0,3 | А6 | 180х90х10 | 0,2 |
| А3 | 170х80х80 | 0,6 | А7 | 190х180х60 | 0,7 |
| А4 | 180х10х90 | 0,2 |  |  |  |

Внутренний объем корпуса блока (445х185х195) равен V1=16,1 л.

Суммарный объем всех конструктивов V2=9,8 л.

Коэффициент заполнения объема Кз.о. = V2/ V1=9,8/16,1=0,61

Приведенная площадь Sпр=Sблока/Sшара=4103/3083=1,33

Таблица 4-Оценка критериев

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Критерии | Варианты | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| q1 | 0,43 | 0,35 | 0,38 | 0,36 | 0,39 |
| q2 | 2,5 | 2,1 | 2,15 | 2,3 | 2,9 |
| q3 | 0,02 | 0,05 | 0,03 | 0,035 | 0,02 |
| q4 | 0,15 | 0,25 | 0,2 | 0,2 | 0,23 |
| q5 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 |

q1-функциональные связи

q2-тепловые связи

q3-магнитные связи

q4-электрические связи

# q5-использование объема

Оцениваем критерии, выбираем наилучший вариант.

Для критериев q1 и q2 предпочтительными являются наименьшие значения, а для q3, q4, q5-наибольшие.

Наилучший вариант №2

# **2.2 Разработка несущей конструкции**

Габаритные размеры и масса блока во многом зависит от применяемых в нем материалов и конструкторских решениях. Внутренние ячейки блока выполнены по модульному типу. Каждый модуль может быть легко заменен в случае его выхода из строя.

Блок должен иметь облегченную конструкцию, поэтому в качестве материала несущей конструкции выбираем сплавы алюминия, а токопроводящие элементы выполним из меди. Для антикоррозионной стойкости все платы покрываются лаком ЭП–730. Для обеспечения внешней эстетичности, а также для антикоррозионной стойкости наружные поверхности покрываются эмалью.

Конструкция блока МИП состоит корпуса (поз. 2) с установленными на него передней (поз. 5) и задней (поз. 4) панелями. Передняя панель может поворачиваться на оси (поз. 1) для быстрого доступа к модулям.

На боковых поверхностях блока имеются отверстия с резьбой для крепления в шкаф или стойку.

Габаритные размеры блока 450×200×210 мм. Масса 4.8 кг.

**2.3 Защита блока от механических воздействий**

Расчет защиты блока производят путем анализа и проверки надежности наиболее нагруженных частей.

Обычно первыми из строя выходят радиоэлементы, элементы проводящего рисунка, затем детали несущей конструкции блока.

Рассчитаем прогиб средней части печатной платы, обусловленный статическими нагрузками:

,



где статический прогиб средней части, см; -коэффициент,



а- ширина печатной платы, см; b- длина платы, см; t-толщина платы, см; Е- модуль Юнга , ; q- однородная нагрузка на плату, .



Q=P/ab,

P-полный вес платы;

P=10abt; P=10\*(165\*185\*2)=110г.

;



q-980 см/сек.

-статистический прогиб средней части, см



.



Максимальный прогиб обусловленный инерционными нагрузками:



=\*q;



=0,014\*9,8=0,14см;



;



.



Усилие среза:

;



.



Болт отказывает из-за среза

;



;



;



.



Срез основного материала:

;



;



;



.



Суммарный вклад в надежность блока несущей конструкции 1/1,22.

**2.4 Расчет теплового режима**

Основной причиной отказов печатных узлов является различие температурных коэффициентов расширения (ТКР) метала и диэлектрика входящих в структуру печатных плат.

Отказы гибридно-интегральных модулей под воздействием температуры, главным образом, возникают при нарушении отвода тепла и местных перегревах, особенно опасных для кристаллов интегральных схем.

В блоках, шкафах, стойках РЭА при нормальных климатических условиях и естественном охлаждении около 70% тепла отводиться конвекцией, 20%-излучением и 10%-теплопроводностью.

По тепловому режиму блоки делят на теплонагруженные (тепловая нагрузка свыше ) и нетеплонагруженные (до ).



При анализе следует учитывать, что системы естественного охлаждения отводят тепловые потоки плотностью , принудительно-воздушного , жидкостного , испарительного



.



Данный блок потребляет не более 30 Вт от сети. Тепловыделения в модулях блока в среднем менее, следовательно, блок является нетеплонагруженным и при естественном охлаждении в нормальных условиях, блок будет функционировать нормально.



**3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО УЗЛА**

# **3.1 Материал и метод изготовления печатной платы**

Двухсторонняя печатная плата с металлизированными монтажными отверстиями и переходными отверстиями характеризуются высокими коммутационными свойствами, повышенной прочностью соединения вывода навесного монтажа с проводящим рисунком платы, относительно высокой стоимостью конструкции. Для платы модуля выбираем двустороннюю печатную плату с металлизированными и переходными отверстиями.

Габаритные размеры печатной платы должны соответствовать ГОСТ10317-79 при максимальном соотношении сторон 5:1.

Согласно ГОСТ10317-79 выбираем прямоугольную форму платы. Размеры печатной платы определяются типом применяемых навесных элементов и размерами модуля. Для нашего модуля выбираем плату размером 160×185мм.

Сопрягаемые размеры контура печатной платы должны иметь предельные отклонения по 12 квалитету ГОСТ 25347-82, несопрягаемые размеры контура печатной платы должны соответствовать предельным отклонениям по 14 квалитету ГОСТ25347-82.

Толщину печатной платы определим исходя из используемой элементной базы и действующей механической нагрузки. Толщину печатной платы устанавливаем по ТУ на исходный материал ГОСТ10316-78.

Материал основания печатной платы выбираем согласно ГОСТ10316-78, ГОСТ23751-79 или ТУ. Для печатной платы эксплуатируемой в условиях соответствующих группе 1 по ОСТ4.ГО.077.000 рекомендовано применять материалы на основе текстолита. Плату модуля АЦП изготавливаем из стеклотекстолита СФ-2-35-2 ГОСТ10316-78 фольгированная с двух сторон. Толщина фольгированного слоя 35 мкм толщина платы 2 мм.

**3.2 Определение печатного проводника по постоянному току**

Проведем расчет печатного монтажа платы предварительного усилителя. Методика расчета приведена в [4]. Расчет произведем в следующей последовательности:

-исходя из технологических возможностей производства, выбираем комбинированный позитивный метод изготовления печатной платы. Класс точности 3 по ГОСТ 23752-79.

Определим ток наиболее нагруженного элемента:

.



Определяем минимальную ширину (мм) печатного проводника по постоянному току для цепей питания.

,



где jдоп.– допустимая плотность тока, выбирается из [4]; jдоп =48 А/мм2

t– толщина проводника, мкм; t =35мкм

мм.



**3.3 Расчет номинальных диаметров монтажных отверстий**

Определяем номинальное значение диаметров монтажных отверстий

dмо=dэ+⏐Δdно⏐+r,

где dэ – максимальный диаметр вывода устанавливаемого ЭРЭ, мм;

Δdно – нижнее предельное отклонение от номинального диаметра монтажного отверстия, мм;

r – разница между минимальным диаметром отверстия и максимальным диаметром вывода ЭРЭ (r = 0,1…0,4 мм).

Рассчитанные значения dмо сводят к предпочтительному ряду отверстий: 0,7; 0,9; 1,1; 1,3; 1,5 мм. При этом следует учитывать, что минимальный диаметр металлизированного отверстия:

dmin Hрас⋅Y

где Hрас – расчётная толщина платы; Hрас = 1,5 мм.

Y – отношение диаметра металлизированного отверстия к толщине платы (см. табл. 4.8 [1]); Y = 0,33.

dмо1 = 0,6+0,1+0,1 = 0,8 мм, выбираем dмо1 = 0,8 мм;

dмо2 = 0,8+0,1+0,1 = 1,0 мм, выбираем dмо2 = 1,0 мм;

dмо3 = 0,9+0,1+0,1 = 1,1 мм, выбираем dмо2 = 1,1 мм;

dmin = dмо1 = 0,8 мм  Hрас⋅Y = 1,5⋅0,33 = 0,495 мм,

следовательно, условие для минимального диаметра выполнено.

**3.4 Определение ширины проводников**

Минимальный диаметр контактных площадок:

,



; ,



Ширина проводников

мм.



Определим минимальное расстояние между элементами проводящего рисунка.

Минимальное расстояние между проводником и контактной площадкой:

,



где L0– расстояние между центрами рассматриваемых элементов,

δ=0.05 – допуск на расположение проводников из [1];

Dmax – максимальный диаметр контактной площадки.

мм,



мм,



мм.



Минимальное расстояние между двумя контактными площадками:

мм.



Минимальное расстояние между двумя проводниками:

мм.



**3.5 Определение минимальных расстояний между элементами проводящего рисунка**

Минимальное расстояние между проводником и контактной площадкой

S1min = L0 – [(Dmax/2+δP)+( Bmax/2+δL)],

где L0 – расстояние между центрами рассматриваемых элементов, мм;

δP – допуск на расположение контактных площадок (табл. 4.8 [5]), мм;

δP = 0,2 мм;δL – допуск на расположение проводников (табл. 4.8 [5]), мм;

δL = 0,05 мм.

S1min = 2,5 – [(2,03/2+0,2)+(0,2/2+0,05)] = 1,135 мм.

Минимальное расстояние между двумя контактными площадками

S2min = L0 – (d + 2⋅rподр+2δР),

где rподр – ширина контактной площадки на линии между центрами двух рассматриваемых отверстий (рассматриваем rподр, т.к. для обеспечения зазора между контактными площадками необходимо подрезать их до величины rподр в соответствии с [5] стр.110);

S2min = 2,5 – (1,1+2⋅0,15+2⋅0,25) = 0,6 мм.

Минимальное расстояние между двумя проводниками:

S3min = L0 – (В'max+2δl);

S3min = 2,5 – (0,2+2⋅0,1) = 2,1 мм.

Таким образом, параметры печатного монтажа отвечают требованиям, предъявляемым к платам 3 класса точности.

3.6 Расчет платы на механические воздействия

Определяем частоту собственных колебаний печатной платы. В нашем случае печатную плату можно представить пластиной, закреплённой в четырёх точках. Тогда собственная частота колебаний пластины рассчитываются по формуле [1]:

, [1]



где а- длина платы , м ; b-ширина платы, м; а=0,185 м; b=0,060м;

М-масса платы с элементами, кг.

М=a\*b\*h\*p\*1,5,

где р- удельный вес материала, кг/м3;

М=0,185\*0,060\*0,002\*2,05\*1000\*1,5=0,068 кг

D- цилиндрическая жесткость, Н\*м:

,



Где Е- модуль упругости, Н/мм2; Е=3,02\*10 Н/м;



h-толщина ПП, м; h=0,002 м.

v- коэффициент Пуассона, v=0,22;

# =42 H\*м;



Проверяем условие вибропрочности по правилу октавы f/f>2, где f – частота колебаний блока (f=70 гц)

1139/70=16>2,

следовательно, проектируемое устройство отвечает необходимым требованиям по вибропрочности.

Рассчитываем коэффициент динамичности для силового возбуждения

,



где Sв- амплитуда вынужденных колебаний; Zст- статическое смещение системы

под воздействием силы F0;

e=L/π,

где L- декремент затухания; L=6\*10

e =6\*10/3,14=0,019

η-коэффициент расстройки,

η=f/f0,

где f- частота возбуждения, f=70 гц; f0-частота собственных колебаний системы

f0=1139 гц;

η=70/1139= 0,06



Рассчитываем коэффициент динамичности для кинематического возбуждения

,



где x0-амплитуда вибросмещения основания;

.



Так как Кдин приблизительно равен 1, печатный узел будет устойчив к вибрациям.

Определим условную частоту ударного импульса ω

ω = π/τ,

Где τ – длительность ударного импульса, с.

t =1/f=1/70=0,0143с,

ω =3,14/0,0143=219,6 рад/с,

Определяем коэффициент передачи при ударе.

Для прямоугольного импульса: К’у=2sin (π/2v).

Для полу синусоидального импульса: К ’’у=2v/(v+1)cos(π/2v).

где v- коэффициент расстройки;

ν = ω/2πf0 =219,6/2\*3,14\*1139=0,03,

К ’у= 2\*sin(3,14/2\*0,03)=0,147,

К ’’у=2\*0,03(0,03\*0,03+1)cos(3,14/2\*0,03)=0,041.

Рассчитаем ударное ускорение :

ау=НуКу ,

где Hy-амплитуда ускорения ударного импульса, м/с;

Ну=147 м/c (исходя из 3 группы по механическим воздействиям);

a'y=147\*0,147=21,6 м/с,

a’’y=147\*0,041=-6,03 м/с.

Определяем максимальное относительное перемещение.

Для прямоугольного импульса



Для полусинусоидального импульса



;



.



Проверяем выполнение условий ударопрочности по следующим критериям:

* для ЭРЭ ударное ускорение должно быть меньше допустимого, т.е.

ау<aу доп ,

где aу доп определяется из анализа элементной базы,

Для конденсатора КМ10-23 ау.доп= 50 м/с2;

ау= 21,6 м/c<ау доп=50 м/с; следовательно выполняется условие

* для печатных плат с ЭРЭ

Zmax<0,003b,

где b-размер стороны ПП, параллельно которой установлены ЭРЭ, м

b=0,185

0,000058 м<0,003\*0,185=0,00055, следовательно, условие выполняется.

Частным случаем ударного воздействия является удар при падении прибора.

Действующая при этом нагрузка находиться следующим образом.

Определяем относительную скорость соударения

V0=Vу+Vот,

где Vу= скорость прибора в момент соударения;

Vу=(2gH),

где Н- высота падения РЭС, м; Н=0,75 м;

g- ускорение свободного падения , м/c ; g= 9,8 м/c.

Vу=(2\*9,8\*0,75)=3,84 м/c

Определим скорость отскока.

Vот= VуКв,

где Кв- коэффициент восстановления скорости

Vот = 3,84\*0,94=3,6 м/c

V0= 3,84+3,6= 7,44 м/с

Определяем действующее на прибор ускорение

ап=Vo/2Hy;

ап=7,44/2\*0,75= 36,9 м/с.

Проверяемым условие ударопрочности по неравенству

aп<ап min,

где ап min= 40 м/c для наиболее уязвимого элемента исследуемой

электрической схемы.

36,9 м/c< 40 м/c – условие выполняется.

**4. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА**

**4.1 Расчет надежности по внезапным отказам**

В начале для определённого класса объектов выбирается один из типов показателей надёжности: интервальный, мгновенный, числовой таблица 6 в [1]. Из нее выбираем, с учетом вида объекта (ремонтируемый с допустимыми перерывами в работе), числовые показатели надежности, т.е. mt – средняя наработка между отказами, mB – среднее время восстановления объекта, КГ – коэффициент готовности. Таким образом, при конструкторском проектировании РЭС не требуется рассчитывать все ПН, необходимо, прежде всего, определить вид объекта и выбрать те ПН, которые наиболее полно характеризуют надёжностные свойства разрабатываемого объекта.

Для дальнейшего выбора показателей надежности установим шифр из четырёх цифр, по рекомендации таблицы 4.21 [5]: 2312. Что соответствует: по признаку ремонтопригодности — ремонтируемому (2), по признаку ограничение продолжительности эксплуатации— режим использования по назначению – непрерывный (1), по признаку доминирующий фактор при оценке последствий отказа – факт выполнения или не выполнения изделием заданных ему функций в заданном объеме(2).

Исходя из этих данных определяются показатели надежности. Полученные результаты сравниваем с таблицей 6 [1]. Окончательно получаем, что в связи с тем, что блок ремонтируемый, восстанавливаемый, с допустимыми перерывами в работе, то ПН будут mt, mв, Кг, Т. е. мы выбрали числовые ПН: наработку на отказ – mt, среднее время восстановления объекта – mв, коэффициент готовности – Кг.

Ответственным этапом в проектировании надёжности РЭА является обоснование норм, т. е. допустимых значений для выбранных показателей надежности. Это объясняется следующими причинами. Во-первых, от правильности результатов данного этапа зависит успех и смысл всех расчётов надёжности, т. к. здесь мы определяем, какое значение показателей надежности можно считать допустимым. Во-вторых, нет общих правил и рекомендаций для установления норм надёжности различных объектов, многое зависит от субъективных факторов и опыта конструктора. В-третьих, любая ошибка на данном этапе ведёт к тяжёлым последствиям: занижение нормы ведёт к повышению потерь от ненадёжности, завышение – от дороговизны. Итак, из таблицы 4.23 [5] мы определяем исходя из группы аппаратуры по ГОСТ 16019–78 – стационарная для статических сооружений; по числу ЭРЭ (1001-2000), что mt допустимая равна 3000 часов.

Таблица 5- Данные для расчета интенсивности отказов

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Обозна-  чение на схеме | Тип  элем. | Кол.  элем. | Интенсив.  отказ Н.У. |  |  |  |  |  |  | Интенс-ивность  отказов  с учетом  коэффи.ц |
| С  Керам | Конденсатор | 24 | 0,150 | 1,04 | 1,03 | 1,07 | 2,5 | 1,16 | 1 | 11,9 |
| С  Элект | Конденсатор | 5 | 0,035 | 1.04 | 1,03 | 1,07 | 2,5 | 1,16 | 1 | 0,58 |
| DA | Микросхема | 8 | 2,3 | 1.04 | 1,03 | 1,07 | 2,5 | 1,16 | 1 | 61 |
| DD | Микросхема | 19 | 1,2 | 1,04 | 1,03 | 1,07 | 2,5 | 1,16 | 1 | 75 |
| R | Резистор | 67 | 0,02 | 1,04 | 1,03 | 1,07 | 2,5 | 1,16 | 1 | 4,5 |
| VT | Транзистор | 11 | 0,5 | 1,04 | 1,03 | 1,07 | 2,5 | 1,16 | 1 | 18,3 |
| VT | Полевой | 1 | 0,84 | 1,04 | 1,03 | 1.07 | 2,5 | 1,16 | 1 | 2,8 |
| XT | Разъем | 40 | 0,1 | 1,04 | 1,03 | 1,07 | 2,5 | 1,16 | 1 | 13,3 |
| Пайка | ---- | 567 | 0,01 | 1,04 | 1,03 | 1,07 | 2.5 | 1,16 | 1 | 19 |

Надёжность РЭА в значительной степени определяется надёжностью элементов электрической схемы (ЭЭС) и их числом. Поэтому точность расчёта ПН проектируемого объекта относительно отказов, обусловленных нарушениями ЭЭС, имеет большое значение. Заметим, что к ЭЭС следует относить места паек, контакты разъёмов, крепления элементов и т. д. При разработке РЭА можно выделить три этапа расчёта: прикидочный расчёт, расчёт с учётом условий эксплуатации и уточнённый расчёт. Прикидочный расчёт проводится с целью проверить возможность выполнения требований технического задания по надёжности, а также для сравнения ПН вариантов разрабатываемого объекта. Прикидочный расчёт может производиться, и когда принципиальной схемы ещё нет, в этом случае количество различных ЭЭС определяется с помощью объектов аналогов. Исходные данные и результаты расчёта представлены в таблице 4. По данным таблицы рассчитываются граничные и средние значения интенсивности отказов, а также другие показатели надёжности.

Суммарная интенсивность отказов элементной базы



Время наработки на отказ



Расчёт безотказности конструируемого объекта с учётом условий эксплуатации аппаратуры, т.е. влияние механических воздействий, высотности и климатических факторов производится с помощью поправочных коэффициентов для интенсивностей отказов по одной из следующих формул: ;



где оэ – интенсивность отказов j-го элемента в номинальном режиме ( температура окружающей элемент среды 20С, коэффициент нагрузки равен 1);



- поправочные коэффициенты, учитывающие соответственно воздействия вибрации, ударных нагрузок, климатических факторов (влажности и температуры) и высоты; k1,2,j- коэффициент, учитывающий одновременно воздействие вибрации и ударных нагрузок.



Значения интенсивностей оj и поправочных коэффициентов k,j берутся из научно-технической литературы по надёжности РЭА. Для наиболее распространённых элементов и условий эксплуатации эти значения приведены в приложении [2].

Обозначим произведение поправочных коэффициентов для j-го элемента через , тогда



Исходные данные интенсивности отказов для расчёта электрической схемы с учетом условий эксплуатации заносятся в таблицу 2. Если в объекте имеется nj однотипных элементов, имеющих одинаковые значения и , то для всей электрической схемы интенсивность определяется по формуле :



На основе этого значения определяются другие показатели с учётом условий эксплуатации: .



Таблица 6 - Исходные данные для уточненного расчета с учетом условий эксплуатации

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер и наим  элемента | Обозна-  чение  на схеме | Тип  элемента | К-во  шт. | Интенс.  отказов  с учет.  услов.  эксплуа |  |  |  | Уточненная  интенсив.  отказов. | Уточнен  интенсив  отказов  элементов |
| 1 | С  Керам. | Конденсатор | 24 | 0,49 | 0,7 | 40 | 0,35 | 0,17 | 4,1 |
| 2 | С  Электр. | Конденсатор | 5 | 0,12 | 0,7 | 40 | 0,47 | 0,06 | 0,3 |
| 3 | DA | Микросхема | 8 | 7,64 | 1 | 30 | 0,95 | 7,26 | 58,1 |
| 4 | DD | Микросхема | 19 | 3,98 | 1 | 30 | 0,93 | 3,7 | 70,3 |
| 5 | R | Резистор | 67 | 0,067 | 0,8 | 30 | 0,88 | 0,059 | 3,9 |
| 6 | VT | Транзистор | 11 | 1,66 | 0,6 | 40 | 0,51 | 0,85 | 9,35 |
| 7 | VT | Полевой | 1 | 2,79 | 0,8 | 60 | 0,85 | 2,37 | 2,37 |
| 8 | XT | Разъем | 40 | 0,33 | 1 | 30 | 0,75 | 0,24 | 22,75 |
| 9 | Пайка | ---- | 567 | 0,033 | 1 | 60 | 0,82 | 0,027 | 15,3 |

Уточненная интенсивность отказов элементной базы



Время наработки на отказ



Для повышения надежности данного блока следует уменьшить коэффициенты нагрузки или заменить элементную базу на более надежную.

При отказе любой из частей модуля АЦП, блок перестает выполнять основные свои функции. Данный модуль является связующим звеном между цифровой и аналоговой частью блока. Модуль АЦП включен последовательно, остальные модули параллельно. При отказе любого из других модулей блок продолжает работу с потерей некоторого количества своих функций.

Уточнённый расчёт показателей безотказности производится, когда конструкция объекта в основном определена. Здесь, прежде всего, учитывается отклонение электрической нагрузки ЭЭС и окружающей их температуры от номинальных значений, кроме того, анализируется изменение ПН при используемой системе обслуживания. Интенсивности отказов элемента j-го типа уточнённая и всей схемы рассчитываются по формулам:



где aj – поправочный коэффициент, определяемый как функция коэффициента кн,j, учитывающего электрическую нагрузку, и температуры Тj для элемента j-го типа.

Коэффициенты нагрузки для резисторов и конденсаторов определяются соответственно по формулам:



где Wдоп , W – допустимая и средняя мощности рассеяния на резисторе; Uном ,UП – номинальное и постоянное напряжение на конденсаторе; Uим – амплитуда импульсного напряжения.

Для транзисторов в качестве Кн берётся максимальный из следующих коэффициентов:

Uкэ/Uкэ,д ; Uкб/Uкб,д ; Uэб/Uэб,д ; W/Wд,

где Uкэ, Uкб, Uэб – прямое напряжение между коллектором и эмиттером, коллектором и базой, эмиттером и базой; Uкэ,д , Uкб, д, Uэб,д – прямое допустимое напряжение между коллектором и эмиттером, коллектором и базой, эмиттером и базой; Wд , W – допустимая и рассеиваемая на транзисторе мощности.

Для диодов коэффициент нагрузки берётся с учётом коэффициентов по прямому току (Iпр), обратному току и напряжению (U), т. е.

Кн = max{ Iобр.раб./Iобр.ном.; Iобр.раб./Iобр.ном.; Uраб/Uном }.

Примем к расчёту, что отказы родственных РЭА показывают, что 60% всех отказов вызвано нарушениями ЭРЭ принципиальной схемы, 30% - ошибками конструкции и 10 % - нарушениями технологии изготовления и сборки. В этом случае Кк Кт,

где Кк и Кт– поправочные коэффициенты, учитывающие увеличение интенсивности за счёт ошибок в конструкции и нарушений технологии соответственно. Коэффициенты Кк и Кт:

;



Тогда



Окончательно, с учётом всех видов отказов, получаем: mt = 3125 ч;

Сравним с нормой: 3125 > 3000 ч. По полученным данным можно сделать вывод, что модуль АЦП по средней наработке на отказ может эксплуатироваться, но, учитывая не значительное превышение средней наработки над допустимой наработкой в дальнейшем, следует увеличить надежность элементной базы.

# **4.2 Оценка качества**

Показатель качества , Бi – показатель базового образца; Дi – значение показателя оцениваемого образца, улучшение конструкции характеризуется увеличением показателя.



Для данного модуля рассматриваем 5 групп показателей для каждой группы , где mi – весовой коэффициент, ; , где k – число группы.



Таблица 7. Показатели качества.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Наименование | Числовое значение | | | | |
| Базов. | Оценв. | qi | mi | qi⋅mi |
| 1. Группа назначения | | | | | | |
| 1,1 | Объем, м3 | 0,02 | 0,02 | 1 | 0,1 | 0,1 |
| 1,2 | Масса, кг | 3,5 | 2,8 | 1 | 0,1 | 0,1 |
| 1,3 | Потребляемая мощность, Вт | 30 | 25 | 1,2 | 0,2 | 0,24 |
| 1,4 | Уровень миниатюризации | 0,037 | 0,04 | 1,08 | 0,3 | 0,324 |
| 1,5 | Быстродействие, мс | 15 | 10 | 1,5 | 0,3 | 0,45 |
| М1= 0,2 214 M1Q1=0.24 | | | | | | |
| 2. Группа надежности | | | | | | |
| 2,1 | Безотказность, ч | 3000 | 3125 | 1,04 | 0,4 | 0,416 |
| 2,2 | Долговечность, лет | 5 | 5 | 1 | 0,3 | 0,3 |
| 2,3 | Ремонтопригодность баллы | 2 | 3 | 1 | 0,3 | 0,3 |
| М2=0,2 =1.016 M2Q2=0.2 | | | | | | |
| 3. группа безопасности и эргономики | | | | | | |
| 3,1 | Безопасность, баллы | 2 | 2 | 1 | 0,3 | 0,3 |
| 3,2 | Гигеенические, баллы | 2 | 2 | 1 | 0,2 | 0,2 |
| 3,3 | Антропометрические, баллы | 3 | 3 | 1 | 0,3 | 0,3 |
| 3,4 | Психофизиологические, баллы | 3 | 3 | 1 | 0,2 | 0,2 |
| М3=0,1 =1 M3Q3=0.1 | | | | | | |
| 4. Группа эстетики | | | | | | |
| 4,1 | Выразительность, баллы | 2 | 2 | 1 | 0,3 | 0,3 |
| 4,2 | Рациональность формы, баллы | 3 | 3 | 1 | 0,3 | 0,3 |
| 4,3 | Целостность композиции, баллы | 2 | 2 | 1 | 0,2 | 0,2 |
| 4,4 | Совершенство производственного исполнения, баллы | 2 | 3 | 1,5 | 0,2 | 0,3 |
| М4=0,2 =1,1 М4Q4=0.22 | | | | | | |
| 5. Группа технологичности и унификации | | | | | | |
| 5,1 | Трудоемкость, н⋅ч | 10,6 | 8,1 | 1,31 | 0,2 | 0,262 |
| 5,2 | Материалоемкость, кг | 6,93 | 6,3 | 1,1 | 0,2 | 0,22 |
| 5,3 | Себестоимость, тыс.руб | 9,93 | 9,2 | 1,08 | 0,2 | 0,22 |
| 5,4 | Применяемость | 0,5 | 0,6 | 1,2 | 0,2 | 0,24 |
| 5,4 | Коэффициент технологичности | 0,58 | 0,46 | 1,26 | 0,2 | 0,25 |
| M5=0.3 =1.21 M5Q5=0.363 | | | | | | |

=1.11



Анализируя результаты сравнения полученных показателей качества базового и рассматриваемого образцов можно сделать вывод, что новый образец качественнее старого на 11%.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В данном курсовом проекте был разработан аналого-цифровой преобразователь сигналов от первичных датчиков и преобразование в цифровые электрические сигналы.

Проектирование производилось с учетом климатических и механических воздействий на печатный узел. Компоновка и трассировка печатного узла проведена с использованием автоматизированных средств проектирования (в среде P-CAD).

Также были произведены расчеты печатного монтажа и проверены условия соответствия печатного узла требованиям вибро- и ударопрочности.

Графическая часть состоит из схемы электрической принципиальной, сборочного чертежа, чертежа лицевой панели, компоновочного чертежа и электромонтажного чертежа.

Разработанное устройство аналого-цифрового преобразователя сигналов от первичных датчиков полностью соответствует всем требованиям, изложенным в техническом задании.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Варфоломеев Б.Г., Ивановский А.В., Муромцев Ю.Л. Проектирование несущей конструкции электронного блока: Учебное пособие/ Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2007.-76с.
2. Гель П. П., Иванов-Есипович Н. К. Конструирование и микроминиатюризация радиоэлектронной аппаратуры. Л.: Энерго-атомиздат, 2004. 536 с.
3. Конструирование функционального узла на печатном монтаже. Метод. указ./ Сост. Малков Н.А., Муромцев Ю.Л. Тамбов: Изд-во ТГТУ, 1998.-36с.
4. Проектирование конструкций радиоэлектронной аппаратуры: Учебное пособие для вузов/ Е.М. Парфёнов, Э.Н. Камышная, В.П. Усачёв. М.: Радио и связь, 1999.-272с.
5. Пудовкин А.П., Малков Н.А. Проектирование РЭС: Учебное пособие. Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2001.-160с.
6. Разработка и оформление конструкторской документации радиоэлектронной аппаратуры: Справочник /Э. Т. Романычева, А. К. Иванова и др.; Под ред. Романычевой Э. Т. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Радио и связь, 1999. 448 с.