1. **СИСТЕМНЫЕ РАСЧЕТЫ**
   1. **Расчет надежности**

Надежность – свойство изделия выполнять заданные функции, сохраняя эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение требуемого промежутка времени. Надежность является комплексным свойством, которое обуславливается качественными характеристиками (безотказностью, долговечностью, ремонтопригодностью и сохраняемостью) и количественными. Данные для расчета надежности представлены в таблице 5.1.

Вероятность безотказной работы вычисляется по следующей формуле:

, (5.1)

где *е* – основание натурального логарифма; *t* – заданное время работы изделия, λ*сх*- интенсивность отказа системы.

Средняя наработка до отказа вычисляется по формуле 5.2:

*To* = 1/ λ*сх* (5.2)

Интенсивность отказа схемы вычисляется по следующей формуле:.

λ*сх =∑(ni·*λ*i ·∏ k*ij), (5.3)

где λ*i* – интенсивность отказов элементов данной группы; *n*i – количество элементов данной группы; *kij* – значение поправочных коэффициентов.

Рассчитаем интенсивность отказа системы по формуле 5.3:

λ*сх=(*104 ∙ 0,023 ∙ 10,87+ 2 ∙ 0,16 ∙ 1 + 67 ∙ 0,028 ∙ 16,42 + 6 ∙ 0,022∙0,19 + +10 ∙ 0,044 ∙ 3,245 + 8 ∙ 0,065 + 29 ∙ 0,043 + 80 ∙ 0,03 + 9 ∙ 0,0035 + 2149 ∙ ∙0,013)∙10-6= 90,7∙10-6  1/ч.

Далее, получив значение интенсивности, рассчитаем среднюю наработку до отказа по формуле 5.2:

*To* = 1 / 90,7∙10-6 = 11024 ч.

Вычисляем вероятность безотказной работы по формуле 5.1 при условии, что время работы изделия равно 1000 часов:

P = = 0,913 .

Таблица 5.1 – Исходные и расчетные данные

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Элемент,**  **компонент** | **К-во,**  ***ni*** | **λ0*j*∙10-6, ч-1** | **Значение поправочного коэффициента** | | | | | | | | | | |  | **λΣ∙10-6, 1/ч** |
| ***K*ис** | ***K*p** | ***Kt*** | ***K*корп** | ***Kv*** | ***K*с** | ***KR*** | ***K*M** | ***K*∆** | ***K*э** | ***К*п** |
| Логические ИМС | 104 | 0,023 | 1,88 | – | 2,57 | 1 | 1 | – | – | – | – | 1,5 | 1,5 | 10,87 | 26 |
| Кнопки | 2 | 0,16 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | 0,32 |
| Аналоговые ИМС | 67 | 0,028 | 2,84 | – | 2,57 | 1 | 1 | – | – | – | – | 1,5 | 1,5 | 16,42 | 30,8 |
| Конденсаторы | 6 | 0,022 | – | 0,12 | – | – |  | 1,21 | – | – | – | 1,3 | 1 | 0,19 | 0,025 |
| Резистор МЛТ | 10 | 0,044 | – | 1,033 | – | – |  | – | 1 | 0,7 | 1 | 1,5 | 3 | 3,245 | 1,429 |
| Транзисторы полевые кремниевые | 8 | 0,065 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | 0,52 |
| Гибридные ИМС | 29 | 0,043 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | 1,247 |
| Запоминающие устрйоства | 80 | 0,030 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | 2,4 |
| Источники питания | 9 | 0,0035 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | 0,032 |
| Пайки | 2149 | 0,013 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | 27,94 |

Зная вероятность безотказной работы, вычислим вероятность отказа:

. (5.4)

Рассчитаем гамма-процентную наработку до отказа γ = 95 %, то есть время, за которое не возникнет отказа с вероятностью 95 %:

*To∙ln(*γ) = -11024∙*ln*(0.95) *=* 565 ч. (5.5)

* 1. **Частотные и временные характеристики сигналов**

Для обмена информацией между пунктом регистрации и диспетчерским пунктом принята побайтная передача сигналов, следовательно, структура сообщений ТУ и ТС имеют вид, представленный на рисунке 5.1.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| СК | НРП | НА | КВОП | КВЫП | ТКП | КНП |

Команда ТИ:

|  |
| --- |
| НРП |

Возврат квитанции ТС:

Рисунок 5.1 – Структура сообщений между пунктом регистрации и диспетчерским пунктом

На рисунке 5.1 используются следующие сокращения:

* СК – синхрокод;
* НРП – номер регистрирующего объекта;
* НА – номер автобуса;
* КВОП – количество вошедших пассажиров;
* КВЫП – количество вышедших пассажиров;
* ТКП – текущее количество пассажиров;
* КНП – количество не оплативших за проезд пассажиров.

Для передачи команды на корректировку маршрута используется структура сообщений, приведенная на рисунке 5.2, где НМ – это номер маршрута.

Для передачи сообщения с транспортного средства на пункт регистрации используется структура сообщений, приведенная на рисунке 5.3.

В соответствии с алгоритмом функционирования системы и принятой структурой сигнала в линии связи, произведем расчет частоты генератора тактовых импульсов и длительности импульса.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| СК | НА | НМ |

Команда ТУ:

|  |
| --- |
| НА |

Возврат квитанции ТС:

Рисунок 5.2 – Структура сообщений между диспетчерским пунктом и транспортным средством

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| СК | НА | КВОП | КВЫП | ТКП | КНП |

Команда ТИ:

Рисунок 5.3 – Структура сообщений между диспетчерским пунктом и транспортным средством

Для передачи сообщения с пункта регистрации на остановочный пункт используется структура сообщений, приведенная на рисунке 5.4.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| СК | НРП | НА | КВОП | КВЫП | ТКП | КНП |

Команда ТИ:

Рисунок 5.4 – Структура сообщений между диспетчерским пунктом и транспортным средством

По быстродействию проектируемое устройство относится к первой группе, и за 1,5 мс должно передаваться одно сообщение ТУ.

Для обеспечения широкого диапазона номеров автобусов, номеров маршрута и номеров пунктов регистрации отведем под их адреса по 2 байта, что составит 65635 уникальных номеров. Для информации о пассажирах отведем по 1 байту. Рассчитаем суммарное количество байт:

 (5.6)

Произведем расчеты для передачи с пункта регистрации на диспетчерский пункт. Так как данные защищаются циклическим кодом с кодовым расстояние d=3, то для контрольных символов нужно:

бит (5.7)

Для передачи синхрокода в сообщении ТУ отводится 2 байта и 1 бит.

Таким образом, для передачи команд ТУ и ТС необходимо байт. Время формирования сигнала ТС относительно мало, поэтому им можно пренебречь.

Время передачи одного байта составит:

 мкс. (5.8)

Длительность одного бита принимаем равной длительности такта:

 мкс. (5.9)

Тогда частота генератора тактовых импульсов должна быть не менее:

 кГц (5.10)

* 1. **Расчет спектра сигналов**

Как известно, спектр ЧМП сигнала состоит из бесконечного множества гармонических составляющих вида . Для расчета будем пользоваться [6].

Примем Uc=10 В, m = 0,5.

Определим частоту девиации:

 кГц (5.11)

Учитывая, что , определим полосу пропускания:

 кГц, (5.12)

Откуда:

F1=(20…30)∙=20∙90=4,16 МГц (5.13)

Учтем четыре верхних и четыре нижних боковых гармонических составляющих. Тогда выражение для указанного ЧМП сигнала будет иметь вид:





(5.14)

Расчет амплитуд гармонических составляющих сведем в таблицу 9.3.

Таблица 9.3 – Значения амплитуд гармонических составляющих спектра ЧМП сигнала

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вид составляющей | Частота,  кГц | Выражение для  расчета амплитуд | Амплитуда, В |
|  | 4160 |  | 8.98 |
|  | 4177,3 |  | -3 |
|  | 4142,7 |
|  | 4194,6 |  | -0.6 |
|  | 4125,4 |
|  | 4211,9 |  | 3.535 |
|  | 4108,1 |
|  | 4229,2 |  | -0.011 |
|  | 4090,8 |

Спектр ЧМП сигнала, построенный в соответствии с таблицей 9.3, показан на рисунке 5.5.

Определим среднюю мощность сигнала в полосе частот  кГц:

 Вт. (5.15)

8.98

кГц

4091

4108

4126

4143

4160

4177

4195

4212

4229

-0.011

-0.6

-0.6

3,535

3,535

A0

A1

A1

A2

A3

A2

A3

A4

A4

F

-3

-3

-0.011

Рисунок 5.5 – Спектр ЧМП сигнала при *m* = 0.5

Получаем, что в полосе частот  кГц мощность сигнала составляет 62,25 Вт.

* 1. **Расчет линии связи и помехоустойчивости**

Для расчета линии связи воспользуемся методикой описанной в подразделе 1.11 [6]. Для этого воспользуемся формулой 1.75 [6]:

(5.16)

где Pизл – средняя мощность сигнала излучаемого передатчиком;

G – коэффициент направленного действия антенны передатчика;

Sэ – эффективная площадь приемной антенны;

r – расстояние между передатчиком и приемником;

P0 – средняя мощность шума;

– коэффициент затухания;

– коэффициент запаса, изменяется от 2 до 10;

hтр – отношение сигнал/шум;

Rt – скорость передачи;

– коэффициент, принимает значения от 0,6 до 0,9.

Так как передача осуществляется сигналами модулированными частотной манипуляцией, то из 5.11 [7]:

(5.17)

Отсюда следует, что

(5.18)

Подставив формулы 1.79 и 1.80 [6] и формулу 5.17 в 5.16, и получим:

(5.19)

где Dб – диаметр антенны передатчика устройства;

Dз – диаметр антенны принимающего устройства;

λ – длина волны;

ηА – коэффициент учитывающий эффективность использования общей площади раскрыва антенны, принимает значения от 0.5 до 0.7.

Возьмем диаметр антенны передатчика Dб = 0.5 м, Dз = 5м, λ=С/F0=3∙108/1,8∙109=166 мм , γсист = 4, γR = 0.75, ηА = 0.55, Pизл = 62.25, r=20 км. Найдем *vR*:

бод (5.20)

Скорость передачи Rt определяется формулой 1.74 [6]:

(5.21)

(5.22)

Из 5.20 с учетом значений из 5.21 и 5.20 получим, что

= 10-2

Тогда

= 1,56∙10- 5

Вероятность правильного приема будет:

. (5.23)

Вероятность обнаруженных ошибок:

 (5.24)

Вероятность ошибочного приема:

(5.25)

Как видно из выражений 5.24 и 5.25 Pо.ош >> Pн.ош, что свидетельствует о том, что расчеты произведены верно.

* 1. **Вывод**

В данном разделе были произведены системные расчеты, а именно – подсчитана надежность системы. В результате расчета надежности системы получили, что средняя наработка на отказ составила 11024 часа, а вероятность безотказной работы при условии, что время работы изделия равно 1000 часов, равно 0.913. Также было получено время, за которое не возникнет отказа с вероятностью 95%, и которое составило 565 часов.

Также были рассчитаны частотные и временные характеристики сигналов. Так как устройство относится по быстродействию к первой категории и сообщение должно передаваться за 1,5 мс, то в результате получили, что длительность одного бита должна составлять 144 мкс, а тактовая частота генератора 69,3 кГц соответственно.

В подразделе 5.3 рассчитали и построили спектр сигнала при m=0.5 , также получили, что в практической полосе частот  МГц мощность сигнала будет 62,25 Вт.

В завершение произвели расчет линии связи и помехоустойчивости и получили следующие вероятности: вероятность ошибки при передачи сигнала на расстояние 20 км составила 1,56∙10-5, вероятность правильно приема – 0.9987, вероятность обнаруженных ошибок – 3,11∙10-4, а вероятность ошибочного приема – 4,29∙10-12.