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 ∙ 39,861+ 2 ∙ 0,16 ∙ 1 + 67 ∙ 0,028 ∙ 60,215 + 6 ∙ 0,022∙0,944 + +10 ∙ 0,044 ∙ 3,245 + 8 ∙ 0,065 + 29 ∙ 0,043 + 80 ∙ 0,03 + 9 ∙ 0,0035 + 2149 ∙ ∙0,013)∙10-6= 242∙10-6  1/ч.

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

*To* = 1 / 242∙10-6 = 4127 ч.

Вычисляем вероятность безотказной работы по формуле 5.1 при условии, что время работы изделия равно наработке на отказ, то есть 4127 часов:

P = = 0.37 .

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 | 5,5 | 39,861 | 95,347 |
| Кнопки | 2 | 0,16 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | 0,32 |
| Аналоговые ИМС | 67 | 0,028 | 2,84 | – | 2,57 | 1 | 1 | – | – | – | – | 1,5 | 5,5 | 60,215 | 112,963 |
| Конденсаторы | 6 | 0,022 | – | 0,12 | – | – |  | 1,21 | – | – | – | 1,3 | 5 | 0,944 | 0,124 |
| 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) = -4127∙*ln*(0.95) *=* 212 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.

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

Команда ТУ:

|  |
| --- |
| НА |

Возврат квитанции ТС:

Рисунок 5.2 – Структура сообщений между диспетчерским пунктом и транспортным средством

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

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 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

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

По быстродействию проектируемое устройство отнесем к первой группе, это означает, что за 0.1 секунды передается одно сообщение ТУ, одно сообщение ТС, так же должно быть учтено время формирования сигнала ТС.

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:

 с. (5.8)

Длительность одного бита принимаем равной длительности такта:

 с. (5.9)

Тогда частота генератора тактовых импульсов должна быть не менее

 Гц (5.10)

* 1. **Расчет спектра сигналов**

Как известно, спектр ЧМП сигнала состоит из бесконечного множества гармонических составляющих вида . Для расчета будем пользоваться [5].

Примем Uc=10 В, m = 0,5.

Определим частоту девиации:

 Гц (5.11)

Учитывая, что , определим полосу пропускания:

 Гц, (5.12)

Откуда:

F1=(20…30)∙=20∙750=15 кГц (5.13)

т.е. необходимо учитывать 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 |
|  | 15 |  | 8.98 |
|  | 15,25 |  | -3 |
|  | 14,75 |
|  | 15,5 |  | -0.6 |
|  | 14,5 |
|  | 15,75 |  | 3.535 |
|  | 14,25 |
|  | 16 |  | -0.011 |
|  | 14 |

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

Определим среднюю мощность сигнала в полосе частот  Гц:

 Вт. (5.15)

кГц

14

14,25

14,5

14,75

15

15,25

15,5

15,75

16

-0.011

-0.6

8.98

-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

Полная мощность сигнала на сопротивлении 1 Ом:

 Вт. (5.16)

Тогда,

 , (5.17)

т.е. в практической полосе частот  Гц будет передано около 86% мощности всего ЧМП сигнала.

* 1. **Расчет линии связи**

В качестве линии связи используется радиолиния. Дальность передачи *l* = 20км. Удельное затухание α=0,01 дБ/км.

Следовательно,

, (5.19)

Тогда величину входного напряжения находим из выражения

Uc=Uпер-Uзатух  (5.20)

Для преобразования значения *b* из дБ в В воспользуемся таблицей 1.2 [6], следовательно,  В. Получаем

 В. (5.21)

* 1. **Расчет помехоустойчивости**

Расчет потенциальной помехоустойчивости производим по методике, изложенной в разделе 3 [6], согласно которой вероятности подавления и воспроизведения ложного сигнала в симметричном канале одинаковы и находятся из соотношения:

, (5.22)

где - вероятностный интеграл, значения которого приведены в [6];

 - величина, характеризующая потенциальную помехоустойчивость.

При ЧМП величина, характеризующая потенциальную помехоустойчивость определяется выражением:

, (5.23)

где  – удельная мощность шума; τдлительность одного бит.

Из условия P0=0.001 Вт, следовательно:

, (5.24)

откуда .

Следовательно, вероятность подавления и воспроизведения ложного сигнала:

.

Вероятность правильного приема будет:

. (5.25)

Вероятность обнаруженных ошибок:

 (5.26)

Вероятность ошибочного приема:

(5.27)

Так как Pо.ош>>Pн.ош, то расчеты сделаны правильно.

* 1. **Вывод**

В данном разделе были произведены системные расчеты, а именно – подсчитана надежность системы. В результате расчета надежности системы получили, что вероятность безотказной работы при условии, что время работы изделия равно времени наработке на отказ, то есть 4127 часов равно 0.37. А время, за которое не возникнет отказа с вероятностью 95% составило 212 часов.

Также были рассчитаны частотные и временные характеристики сигналов, в результате чего получили, что длительность одного бита должна составлять 0.001 с, а тактовая частота генератора 1000 Гц соответсвенно.

В подразделе 5.3 рассчитали и построили спектр сигнала при m=0.5 , также получили, что в практической полосе частот  Гц будет передано около 86% мощности всего ЧМП сигнала.

В завершение произвели расчет помехоустойчивости и получили следующие вероятности: вероятность подавления и воспроизведения ложного сигнала равна , вероятность правильно приема – 0.9999999, вероятность обнаруженных ошибок – 3,58∙10-22, а вероятность ошибочного приема – 6,54∙10-63.