**КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

на тему: “Определение безотказности РЭУ при наличии резервирования замещением (резерв ненагруженный)”

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

1. Уточнение и анализ исходных данных
2. Определение показателей безотказности
3. Обоснование метода резервирования для функционального узла РЭУ

Заключение

Литература

ВВЕДЕНИЕ

Целью данного курсового проектирования является получение (расчетным способом и моделированием отказов на ЭВМ) и сравнение показателей безотказности РЭУ при наличии резервирования замещением (резерв ненагруженный) при определении этих показателей на примере УНЧ мощностью 35 Вт на биполярных транзисторах КТ802.

Безотказность – это свойство изделия непрерывно сохранять работоспособное состояние в течении определённого времени или наработки. Безотказность работы РЭА напрямую связана с надёжностью.

Надёжность характеризуется и другими показателями, в их число входят: долговечность, ремонтопригодность, сохраняемость и т.д. Так же для описания надёжности используют сочетания этих показателей.

Резервирование – это способ обеспечения надежности изделия за счет введения в структуру устройства дополнительного числа элементов, цепей. Существует три вида резервирования:

* Постоянное
* Скользящее
* Замещением

При резервировании замещением функции основного элемента передаются резервному элементу только после отказа основного.

Также различают несколько режимов резервирования или, другими словами, резерв может быть:

* Нагруженным
* Ненагруженным
* Облегченным

При ненагруженном резерве резервные элементы находятся в ненагруженном режиме и вероятностью отказа резервных элементов пренебрегают.

В данном курсовом проекте используется резервирование замещением в ненагруженном режиме.

1. Уточнение и анализ исходных данных

Усилитель НЧ предназначен для совместной работы с радиоприемником, телевизором, магнитофоном, электропроигрывающим устройством и низкоомным микрофоном. Максимальная выходная мощность усилителя 35 Вт. Чувствительность со всех входов, кроме микрофонного, , 200 мВ, чувствительность с микрофонного входа 3 мВ. Диапазон рабочих частот 20 - 20000 Гц. Нелинейные искажения не превышают 1% во всем диапазоне рабочих частот. Динамический диапазон 50 дБ. Входное сопротивление усилителя 300 кОм, с микрофонного входа 2 кОм. Выходное сопротивление усилителя 0,3 Ом. Сопротивление нагрузки 4 Ом. Каскады предварительного усиления выполнены на транзисторах VТ1 - VТ4. Усилитель мощности выполнен на транзисторах VТ6 - VТ10 по двухтактной бестрансформаторной схеме с положительной обратной связью по питанию. Максимальный ток, потребляемый усилителем, не превышает 1,25 А.

К выданной схеме электрической принципиальной, приведённой в Приложении 1, произведём уточнение параметров элементов. Параметры будем приводить только максимальные. Отразим эти данные в таблице:

Таблица 1.1– Уточнение параметров элементов схемы

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тип элемента | Позиционное обозначение | Наименование | Параметры и характеристики |
| Транзисторы биполярные | VT1 | КТ315Г | Uкб=10В,Iэ=1мА,Iк=100мА, Uкэнас=0,4В |
| VT2 | ГТ311А | Uкб=12В,Iэ=15мА,Iк=300мА,  Uкэ нас=0,3В |
| VT3-VT5 | КТ315А | Uкб=10В, Iэ=1мА, Iк=100мА,  Uкэ нас=0,4В |
| VT6,VT10 | МП20 | Uкб=5В,Iэ=25мА,Iк=100мА,  Uкэнас=0,3В |
| VT7 | КТ602А | Uкб=10В,Iэ=0,01мА, Iк=0,075А Uкэнас=3В |
| VT8 | П215 | Uкб=5В, Iэ=0,2А, Iк=5А,  Uкэ нас=0,9В |
| VT9 | П4БЭ | Uкб=10В, Iэ=2А, Iк=5А,Uкэ нас=0,5В |
| VT11 | П701А | Uкб=10В, Iк=100мА, Uкэ нас=0,2В |
| VT12 | П609А | Uкб=3В,Iэ=0,25А,Iк=0,3А,  Uкэнас=2В |
| VT13,VT14 | КТ802 | Uкб=10В, Iк=5А,Uкэ нас=2В |
| Диоды и стабилитроны |  |  |  |
| VD1 | Д810 | Uст=10В, Iст=5мА, P=340мВт, диапазон рабочих температур  -60…+125°С |
| VD6,VD7 | Д237Б | Iобр=500мкА, Uобр=400В, Uпр=1В, Iпр=0,3А, диапазон рабочих температур  -60…+125°С |
| VD8,VD9 | Д813 | Uст=13В, Iст=5мА, P=340мВт, диапазон рабочих температур  -60…+125°С |
| VD2-VD5  (диодный мост) | Д214 | Iобр=300мкА,Uобр=100В, пр=1,2В, Iпр=10А,диапазон рабочих температур-60…+125°С, рабочая частота 1,1кГц |
| Предохранители | FU1 |  | Iср=0,5А |
| FU2 |  |  |
| Резисторы типа МЛТ постоянного мощностью 0,25Вт, 0,5Вт и переменного сопротивления | | | |
| Конденсаторы электролитические алюминиевые полярные и неполярные | | | |

Остальные необходимые сведения по элементной базе приведены на схеме ( Приложение А).

1. Определение показателей безотказности

Основные показатели надежности

При проектировании РЭС необходима оценка ориентировочной надежности. Эта оценка позволит сопоставить расчеты с техническим заданием.

Как уже говорилось, надежность – способность изделия выполнять определенные задачи в определенных условиях за требуемое время эксплуатации; комплексное свойство, которое в зависимости от назначения изделия и условий его эксплуатации может включать безотказность, долговечность, ремонтопригодность и сохраняемость в отдельности или определенное сочетание этих свойств, как изделия, так и его частей.

Отказ – утрата работоспособности, наступающей внезапно или постепенно.

Работоспособность – состояние изделия, при котором оно соответствует требованиям, предъявляемым к его основным параметрам.

Безотказность – свойство объекта непрерывно сохранять работоспособность в течение заданного времени.

Долговечность – свойство изделия длительно сохранять работоспособность в определенных условиях эксплуатации до полного выхода его из строя.

Ремонтопригодность – свойство объекта, которое заключается в его пригодности к ремонту и техническому обслуживанию.

Исправность – состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям технического задания.

Сохраняемость – свойство изделия непрерывно сохранять исправное и работоспособное состояние в течение хранения, а также после транспортировки.

Вероятность безотказной работы – вероятность того, что за заданный период времени не произойдет ни одного отказа.

Для количественного описания различных сторон надежности используют несколько групп показателей.

Первая группа – показатели безотказности. К основным показателям этой группы относятся:

1. вероятность безотказной работы P(t) в течение заданного времени t;
2. вероятность отказа q(t) в течение заданного времени t;
3. интенсивность отказов λ;
4. средняя наработка до отказа (среднее время безотказной работы, в случае если наработка выражается временем) Тср;
5. гамма-процентная наработка до отказа.

Под интенсивностью отказов λпонимают условную плотность времени до отказа изделия, определяемую при условии, что до рассматриваемого момента времени отказ не возник.

Под гамма-процентной наработкой до отказа понимают наработку, в течение которой отказ в изделии не возникает с вероятностью γ, выраженной в процентах, т.е. это есть такая минимальная наработка до отказа, которую будут иметь гамма процентов изделий данного вида. [1, стр. 138 -139]

Ориентировочный расчет показателей надежности

Существующие методы расчета показателей надежности РЭУ различаются степенью точности учета электрического режима и условий эксплуатации. При ориентировочном расчете этот учет выполняется приближенно, с помощью обобщенных эксплуатационных коэффициентов. Значения этих коэффициентов зависят от вида РЭУ и условий их эксплуатации. Исходными данными при ориентировочном расчете являются: электрическая принципиальная схема РЭУ, заданное время работы tз, условия эксплуатации или вид РЭУ.

Для элементов каждой группы по справочникам определяют среднегрупповое значение интенсивности отказов. Значения среднегрупповых интенсивностей отказов для моей схемы приведены в таблице 2.1

Таблица 2.1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Позиционное обозначение на Э3 | Количество, nj | λi0·10-6, 1/ч | λi0·10-6 nj,  1/ч |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Конденсаторы  алюминиевые  электролитические | C1,C3,C4,С5,  C6,C8,С9,С10,  С13,C16,C17,C18,  С19,С20,С22,C23,  C24, С25, С28, С29,С30, С31 C2,C7,С11,C12  C14,С15,С21, С26,С27 | 31 | 0,55 | 17,05 |
| Резисторы постоянные непроволочные | R1,R2,R4,R5,  R6,R8,R9,R11,  R12R13,R14,R15,  R16,R17,R18,  R19,R20,R21,R23,  R24,R26,R27,R28,  R29,R30,R31,R32,  R33,R34,R35,R36,  R37,R39,R40,R41,  R42,R43,R44,R45,  R46,R47,R49,R50 | 44 | 0,05 | 2,20 |
| Резисторы переменные непроволочные | R3,R7,R10,R22,  R25,R38,R48 | 7 | 0,5 | 3,50 |
| Диоды  выпрямительные  маломощные  I ср.выпр<300 мА | VD6,VD7, | 2 | 0,2 | 0,40 |
| Диодный мост  выпрямительный  I ср.выпр<400 мА | VD2-VD5 | 1 | 0,4 | 0,40 |
| Стабилитроны  маломощные | VD1,VD8,VD9 | 3 | 0,9 | 2,70 |
| Предохранители | FU1,FU2 | 2 | 5 | 10,00 |
| Транзисторы  кремниевые малой мощности | VT1,VT3-T5,VT6, VT8-VT10 | 8 | 0,4 | 3,20 |
| Транзисторы  кремниевые большой  мощности | VT13,  VT14 | 2 | 0,5 | 1,00 |
| Транзисторы  кремниевые средней мощности | VT7,VT11,VT12 | 3 | 0,35 | 1,05 |
| Транзисторы  германиевые малой мощности | VT2 | 1 | 0,45 | 0,45 |
| Трансформатор  питания | Т1 | 1 | 0,90 | 0,90 |
| Σ |  | 105 |  | 44,20 |

Значение суммарной интенсивности отказов элементов определяется по следующей формуле:

 (1)

где λi0 – среднегрупповое значение интенсивности отказов элементов j-й группы, (приложение П 2.1,[1]);

nj – количество элементов в j-й группе.

 (10-6/ч)

Суммарная интенсивность отказов элементов РЭУ с учетом электрического режима и условий эксплуатации определяется как:

 (2)

где Кэ – обобщенный эксплуатационный коэффициент, выбираемый по таблицам в зависимости от вида РЭУ или условий эксплуатации. Для стационарных условий принимаем Кэ=2,5 (Таблица 5.5,[1])

 (10-6/ч)

наработка на отказ:

 (3)

(ч)

Вероятность безотказной работы за заданное время tз:

 (4)



Среднее время безотказной работы устройства( средняя наработка до отказа): 

Гамма-процентная наработка до отказа Тγ определяется как решение уравнения:

 (5)

где γ – доверительная вероятность, принимаем γ=85

В случае экспоненциального распределения времени до отказа:

**** (6)

**(**ч)

Окончательный расчет показателей надежности

При окончательном расчете используем коэффициенты нагрузок KН, приведенные для различных элементов в таблице 2.2

Таблица 2.2 Коэффициенты нагрузок

|  |  |
| --- | --- |
| Активные элементы | 0,6 |
| Резисторы | 0,7 |
| Конденсаторы | 0,8 |
| Другие элементы | 0,8 |

Приведем в таблице 2.3 значения среднегрупповых интенсивностей отказов с учетом KЭ и KН

Таблица 2.3. Значения среднегрупповых интенсивностей отказов с учетом условий эксплуатации и нагрузки

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Позиционное обозначение на Э3 | Количество, nj | λi0 ·10-6, 1/ч | λi0·10-6 nj·КЭ КН  1/ч |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Конденсаторы  алюминиевые  электролитические | C1,C3,C4,С5,  C6,C8,С9,С10,  С13,C16,C17,C18,  С19,С20,С22,C23,  C24, С25, С28, С29,С30, С31 C2,C7,С11,C12  C14,С15,С21, С26,С27 | 31 | 0,55 | 34,1 |
| Резисторы постоянные непроволочные | R1,R2,R4,R5,  R6,R8,R9,R11,  R12R13,R14,R15,  R16,R17,R18,  R19,R20,R21,R23,  R24,R26,R27,R28,  R29,R30,R31,R32,  R33,R34,R35,R36,  R37,R39,R40,R41,  R42,R43,R44,R45,  R46,R47,R49,R50 | 44 | 0,05 | 3,850 |
| Резисторы переменные непроволочные | R3,R7,R10,R22,  R25,R38,R48 | 7 | 0,5 | 6,125 |
| Диоды  выпрямительные  маломощные  I ср.выпр<300 мА | VD6,VD7, | 2 | 0,2 | 0,6 |
| Диодный мост  выпрямительный  I ср.выпр<400 мА | VD2-VD5 | 1 | 0,4 | 0,6 |
| Стабилитроны  маломощные | VD1,VD8,VD9 | 3 | 0,9 | 4,05 |
| Предохранители | FU1,FU2 | 2 | 5 | 20 |
| Транзисторы  кремниевые малой мощности | VT1,VT3-T5,VT6, VT8-VT10 | 8 | 0,4 | 4,8 |
| Транзисторы  кремниевые большой  мощности | VT13,  VT14 | 2 | 0,5 | 1,5 |
| Транзисторы  кремниевые средней мощности | VT7,VT11,VT12 | 3 | 0,35 | 1,575 |
| Транзисторы  германиевые малой мощности | VT2 | 1 | 0,45 | 0,675 |
| Трансформатор  питания | Т1 | 1 | 0,90 | 1,8 |
| Σ |  | 105 |  | 82,038 |

Суммарная интенсивность отказов по всем группам элементов с учетом условий эксплуатации и нагрузки равна:

 (10-6/ч)

наработка на отказ:

 (3)

(ч)

Вероятность безотказной работы за заданное время tз:

 (4)



Среднее время безотказной работы устройства( средняя наработка до отказа): 

Гамма-процентная наработка до отказа Тγ определяется как решение уравнения:

 (5)

где γ – доверительная вероятность, принимаем γ=85

В случае экспоненциального распределения времени до отказа:

**** (6)

**(**ч)

Среднее время восстановления устройства:

**** (7)

где τi – среднее время восстановления i-го элемента (Приложение 4,[1]) ТВ=0,575 ч

Найдем вероятность восстановления РЭУ за заданное время ν(τз). Примем заданное время τз=1 ч. Отсюда

 (8)



Вероятность отказа:

Q=1-РΣ(t) (9)

Q=1-0,54=0,46

По условию курсового проекта вероятность безотказной работы за заданное время tз должна быть равна Pз(tз=10000 ч)=0,7. Полученная расчетным способом вероятность безотказной работы за заданное время tз равна 0,56, что гораздо ниже, чем 0,7. Одним из способов повышения надежности является резервирование.

1. Обоснование метода резервирования для функционального узла РЭУ

Резервирование – введение в техническое устройство дополнительного числа компонентов и связей по сравнению с минимально необходимым для его нормального функционирования.

Резервирование бывает общее, поэлементное и смешанное. Цель резервирования – повысить надежность устройства.

При общем резервировании резервируется все изделие, то есть в случае выхода из строя оно заменяется таким же.

При поэлементном резервировании резервируются отдельные части изделия и в случаи отказов они заменяются на идентичные.

При смешанном резервировании крупные и наиболее ответственные части изделия имеют общее резервирование, а остальные – поэлементное

Как уже говорилось ранее, по способу введения резерва различают три вида резервирования:

* Постоянное
* Скользящее
* Замещением

Постоянное включение характеризуется тем, что все резервные элементы включены постоянно и находятся в рабочем состоянии в течение всего времени работы основных элементов. Постоянное резервирование эффективно только в том случае, если возникающие в РЭА отказы являются статически независимыми, т.е. не влияют друг на друга.

Скользящее включение резервных элементов применительно лишь в том случае, если изделие состоит только из однотипных элементов. Оно характеризуется тем, что любой резервный элемент может заменять любой основной, вышедший из строя. Преимуществом такого резервирования по отношению ко всем перечисленным выше видам является то, что при автоматическом устройстве оно дает наибольшую надежность

При резервировании замещением функции основного элемента передаются резервному элементу только после отказа основного. Для подключения резервного элемента используется переключающее устройство. Такие устройства могут работать в автоматическом режиме либо быть ручными.

Основной характеристикой резервирования замещением является кратность резерва, выражаемая несокращенной дробью и определяемая отношением количества резервных элементов к количеству основных элементов, резервируемых резервными элементами.

При резервировании замещением резервные элементы до вступления их в работу могут находиться в одном из трех режимов нагружения:

* В нагруженном
* В ненагруженном
* В облегченном

В нагруженном режиме резерв находится в таком же электрическом режиме, что и основной элемент, и его ресурс вырабатывается одновременно с ресурсом основного элемента, так же, как и при постоянном резервировании.

В облегченном режиме ресурс резервных элементов начинает расходоваться с момента включения всего устройства в работу, однако интенсивность расхода ресурса резервных элементов до момента включения их вместо отказавших значительно ниже, чем при обычных рабочих условиях.

В ненагруженном режиме резервные элементы начинают расходовать свой ресурс только с момента включения их в работу вместо отказавших.

Основные достоинства резервирования замещением:

* Больший выигрыш в надежности по сравнению с постоянным резервированием в случаях ненагруженного и облегченного резерва;
* Отсутствие необходимости дополнительной регулировки в случае замещения основного элемента резервным, так как основной и резервный элементы одинаковы.

Основные недостатки резервирования замещением:

* Сложность технической реализации и связанное с этим увеличение массы, габаритов, и стоимости всего резервируемого РЭУ;
* Перерыв в работе в случае замещения отказавшего элемента;
* Необходимость иметь переключающее устройство высокой надежности.
* Характер отказа элементов при резервировании замещением не играет роли, так как отказавший элемент отключается от электрической схемы и вместо него подключается исправный.

С учетом выше изложенного, для повышения надежности и улучшения показателей безотказности исследуемого УНЧ на транзисторах КТ802 разумно и оправданно применение общего резервирования замещением с целой кратностью в ненагруженном режиме.

Методы анализа безотказности зависят от того, в каком режиме нагружения находится резерв.

Рассмотрим анализ безотказности РЭУ при наличии резервирования замещением с ненагруженным режимом работы резервных элементов. Разобьем схему на 5 узлов по 21 элемент в каждом.

Выражения для определения вероятности безотказной работы за время t в случае одного основного элемента и m-1 резервных имеют вид:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (11) |
|  | (12) |

Для простоты расчетов примем t=tз=10000ч. Т.к. узел содержит 21 элементов, то возможно воспользоваться резервированием с кратностью 2, т.е. резервных элементов должно быть по крайней мере m=42 и соответственно

m-1=41. Сведем в таблицы 3.1 и 3.2 результаты вычислений по блокам до резервирования и после соответственно.

Таблица 3.1 Вероятности безотказной работы блоков до резервирования

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Номер блока | Интенсивность отказов блока | Наработка на отказ | Вероятность безотказной работы |
| 1 | 9,25 | 1,081·105 | 0,6 |
| 2 | 12,7 | 7,874·104 | 0,51 |
| 3 | 4,55 | 2,198·105 | 0,67 |
| 4 | 11,7 | 8,547·104 | 0,5 |
| 5 | 6 | 1,667·105 | 0,62 |

Таблица3.2 Вероятности безотказной работы блоков после резервирования

|  |  |
| --- | --- |
| Номер блока | Вероятность безотказной работы |
| 1 | 0,8 |
| 2 | 0,75 |
| 3 | 0,92 |
| 4 | 0,7 |
| 5 | 0,85 |

Среднее значение вероятности безотказной работы всего устройства будет равно:



Т. о. после резервирования устройство проработает 10000 часов с вероятностью безотказной работы, равной 0,804, что больше, чем 0,7 и удовлетворяет предъявляемым требованиям. При этом на каждый основной элемент должно приходиться 2 резервных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Входе выполнения курсового проекта был произведен расчет показателей надежности УНЧ на транзисторах КТ802. Для повышения надежности устройства с целью улучшить показатели безотказности было применено общее резервирование замещением с кратностью резервирования, равной двум. После резервирования вероятность безотказной работы функционального узла РЭА составила P`(t) = 0,804, что полностью удовлетворяет заданию на курсовой проект, согласно которому вероятность безотказной работы устройства за заданное время tз=10000 ч. должна быть не меньше, чем 70%.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боровиков С.М. Теоретические основы конструирования, технологии и надежности. – Мн.: Дизайн ПРО, 1998. – 335 с.
2. Боровиков С.М. Теоретические основы конструирования, технологии и надёжности: Учеб.-метод. пособие к курсовому проектированию для студ. спец. «Моделирование и компьютерное проектирование РЭС» и «Проектирование и производство РЭС». – Мн.: БГУИР, 2004, – 55 с.
3. А.П.Ястребов. Проектирование и производство радиоэлектронных средств. – С-П.: Учеб. Пособие, 1998, – 279 с.