**Практическое занятие № 5**

**Тема: Изучение методики и расчёт надёжности печатных модулей ЭС.**

**Расчёт надёжности по внезапным отказам.**

**Определение наработки на отказ.**

*Задание*

Исходя из данных своего проектируемого электронного средства рассчитать:

- интенсивность отказов ЭС;

- вероятность безотказной работы;

- наработку на отказ.

*Теоретические сведения*

Под надежностью понимают свойство электронного средства выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение требуемого промежутка времени или требуемой наработки при соблюдении режимов эксплуатации, правил технического обслуживания, хранения и транспортировки. Продолжительность работы ЭС до предельного состояния, установленного в нормативно-технической документации, называют его ресурсом.

Надежность - это сложное комплексное понятие, с помощью которого оценивают такие важнейшие характеристики электронных средств, как работоспособность, долговечность, безотказность, ремонтопригодность, восстанавливаемость и др.

Оценка показателей надежности является обязательной процедурой, выполняемой на этапе проектирования электронных средств. Актуальность задач по расчету надежности объясняется тем, что они дают ответ на вопрос о целесообразности дальнейших затрат, необходимых на отработку технологии и производство электронных средств.

Расчет надежности выполняется в два этапа.

На первом этапе значения интенсивностей отказа элементов пересчитываются на конкретный электрический режим и условия эксплуатации по формуле:



где  – значение интенсивности отказа *i*-го элемента с учетом режима и условий работы;

 – справочное значение интенсивности отказа *i*-го элемента;

– поправочный коэффициент, учитывающий *j*-ый фактор;

 - общее число учитываемых эксплуатационных факторов.

В качестве поправочных коэффициентов используется коэффициент, учитывающий влияние температуры и электрической нагрузки *α12*,

и *α34* - коэффициент, учитывающий влияние влажности и механических воздействий.

На втором этапе вычисляется значение суммарной интенсивности отказов по формуле:



где – суммарная интенсивность отказов;

 – число однотипных элементов конструкции.

При равенстве значений интенсивностей отказов однотипных элементов рекомендуется объединять их в группы.

Тогда расчет суммарной интенсивности отказов производится по формуле:



где  - соответственно интенсивность отказа и число элементов

в *h*-ой группе;

 – общее число групп.

Наработка на отказ *То* вычисляется по формуле:



Вероятности безотказной работы *P (t)* вычисляется по формуле:



*Дополнительно при расчетах определяются:*

1. Пользуясь картами электрических режимов, выбираются коэффициенты электрической нагрузки элементов (из описания параметров на элемент).

2. Определяется максимальная температура элементов модуля при его работе в составе электронного средства. Для учёта влияния температуры на эксплуатационную интенсивность отказов элементов *λ*Э принимается во внимание верхнее значение предельной рабочей температуры, и возможное увеличение предельной рабочей температуры на значение ΔtС =20°С за счёт нагрева модуля, солнечным излучением.

Предельная рабочая температура *t*эл max теплонагруженных элементов (ИМС, транзисторы, диоды, мощные резисторы) определяется как:

,

где *t*раб max – верхнее значение предельной рабочей температуры;

Δ*t*З – перегрев в нагретой зоне электронного средства.

3. Определяются справочные значения интенсивностей отказов элементов модуля.

4. Выбираются математические модели расчёта эксплуатационной интенсивности отказов элементов *λ*Э.

5. Определяются значения поправочных коэффициентов, входящих в выбранные модели расчёта эксплуатационной интенсивности отказов элементов λЭ. Номера формул или таблиц, используемых для определения поправочных коэффициентов в зависимости от класса (группы) элементов модуля.

6. Для каждого элемента находится произведение поправочных коэффициентов и значение эксплуатационной интенсивности отказов *λ*Э. Для удобства расчёта элементы одного функционального назначения с примерно одинаковыми электрическими режимами, конструктивно-технологическими и другими факторами объединяются в одну группу. Значение суммарной эксплуатационной интенсивности отказов элементов группы (λЭΣ), определяется как:

,

где λЭ *j* – эксплуатационная интенсивность отказов элементов *j*-й группы;

*nj* – количество элементов в *j*-й группе.

Если в группе один элемент (*nj* = 1), то для неё λЭΣ = λЭ*j*.

Математические модели, рекомендуемые для расчета (прогнозирования) значений *λ*Э типовых элементов ЭС представлены в таблице.

Таблица Математические модели для типовых элементов ЭС

|  |  |
| --- | --- |
| Класс (группа) элементов | Вид математической модели |
| Транзисторы биполярные | λэ = λБ∙KP∙KФ∙KД∙KU∙ KЭ∙KП |
| Конденсаторы неполярные, оксидно-электрические, кроме импульсных | λэ = λБ∙KP∙KС∙ KЭ∙KП |
| Резисторы постоянные:  металлодиэлектрические | λэ = λБ∙KP∙KR∙ KM∙KΔ∙ KЭ∙KП |
| Резисторы переменные:  непроволочные | λэ = λБ∙KP∙KR∙ KU ∙ KЭ∙KП |
| Дроссели, катушки индуктивности | λэ = λБ∙KP∙ KЭ∙KП |
| Платы со сквозными металлизированными отверстиям (пайки отверстий) | λэ = λБ∙[N1∙Kсл+N2(Kсл+13)]∙Kt∙ KЭ∙KП |
| Соединения, в том числе пайкой | λэ = λБ∙Kt∙ KЭ∙KП |
| Соединители (разъёмы):  радиочастотные | λэ = λБ∙Kt∙KK∙ Kn ∙ KЭ∙KП |

Пояснения параметров, входящих в модели представлены в таблице.

Таблица Пояснение параметров, входящих в модели

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметр | Пояснение | |
| λБ | Базовая интенсивность отказов элементов данной группы (или конкретного типа), отвечающая температуре окружающей среды +25°С и номинальной электрической нагрузке, т.е. значению коэффициента электрической нагрузки КН=1. | |
| КР | Коэффициент режима работы, зависящий от электрической нагрузки (коэффициента КН) и температуры корпуса элемента. | |
| Кt | Коэффициент, зависящий от температуры корпуса элемента(компонента). | |
| КЭ | Коэффициент эксплуатации, зависящий от жёсткости условий эксплуатации электронного средства. | |
| КД | Коэффициент, зависящий от значений максимальной допустимой по ТУ нагрузки по мощности (или току) | |
| КU | Коэффициент, зависящий от отношения рабочего напряжения *U*раб к максимально допустимому по ТУ (*U*ТУ) (коэффициента нагрузки по напряжению). *U*раб = где, *P*раб– рабочая мощность, Вт; *R* – сопротивление, Ом | |
|  |  | |
| КС | Коэффициент, зависящий от значения номинальной ёмкости |
| КR | Коэффициент, зависящий от значения номинального сопротивления |
| КM | Коэффициент, зависящий от значения номинальной мощности (для металлодиэлектрических резисторов) |
| КК | Коэффициент, зависящий от количества задействованных контактов |
| Кn | Коэффициент, зависящий от количества сочленений-расчленений n (соединители) |
| Ксл | Коэффициент, учитывающий количество слоёв n в плате |
| N1 | Количество сквозных отверстий, пропаянных способом “пайка волной” |
| N2 | Количество сквозных отверстий, пропаянных ручным способом |
| KΔ | Коэффициент, в зависимости от допуска на сопротивление резистора: 2 – при допуске ±0,5%,1 – при допуске ±1, ±2, ±5, ±10% и более |
| КП | Коэффициент приёмки, учитывающий степень жёсткости требований к контролю качества и правила приёмки элементов (компонентов электронного средства) в условиях производства |

Отчет по практическому занятию выполняется в виде электронного документа и помещается в личную папку студента.

***Список рекомендуемых литературных источников***

1. Боровиков С.М. Теоретические основы конструирования, технологии и надежности / С. М. Боровиков. – Мн.: Дизайн ПРО.
2. Боровиков, С. М. Расчёт показателей надёжности радиоэлектронных средств: учебно-методическое пособие к курсовому проектированию по дисциплинам «Теоретические основы проектирования и надежности РЭУ» спец. «Моделирование и компьютерное проектирование РЭУ» и «Теоретические основы конструирования, технологии и надежности» спец. «Проектирование и производство РЭУ» / С. М. Боровиков [и др.] – Минск: БГУИР, 2009. – 70 с.
3. Сборочно-монтажные процессы: учеб. -метод. пособие / В. Л. Ланин [и др.]. Мн.: БГУИР, 2008. – 67с.
4. Технология РЭУ и автоматизация производства / А. П. Достанко [и др.]. – Мн.: Вышэйшая школа, 2002. – 415с.
5. Г. В. Мылов. Печатные платы. Выбор базовых материалов 2015, 176 с.
6. А.Н. Гормаков, Н.А. Воронина. Конструирование и технология электронных устройств приборов. Печатные платы. 2006 г.,164 с.
7. А. Медведев.  Технология производства печатных плат. 2005 г., 360 с.
8. Л.А. Брусницына, Е.И. Степановских.  Технология изготовления печатных плат. Учебное пособие. 2015 г. 200 с.
9. Остек. Материалы для пайки и ремонт печатных плат. 2013 г., 96 с.
10. ГОСТ 27.003-90. Требования к надёжности
11. ГОСТ 12.2.003 Оборудование производственное. Общие требования

безопасности.