

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 02.05.2024 10:28:44
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра вычислительной техники

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
О.Г. Локтионова
« 19 » 05 2020 г.



ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ УЗЛОВ ЭВС
Методические указания по выполнению практической работы
для студентов направления подготовки 09.03.01 Информатика
и вычислительная техника

Курск 2020

УДК 658.512.621:681.3

Составители: Д.В. Титов, Т.А. Ширабакина

Рецензент

Доктор технических наук, профессор *И.Е. Чернецкая*

Оценка показателей надежности узлов ЭВС: методические указания по выполнению практической работы /Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Д.В.Титов, Т.А.Ширабакина.- Курск, 2020.- 10 с.: ил.4, табл.4.- Библиогр. : с.10.

Содержатся сведения о показателях надежности конструкции и методика оценки надежности узлов ЭВС. Указывается порядок выполнения практической работы. Приводятся контрольные вопросы.

Методические указания соответствуют требованиям рабочей программы по дисциплине «Конструкторско-технологическое обеспечение производства ЭВМ» направления подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника.

Предназначены для студентов направления подготовки 09.03.01 очной и заочной форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 12.08.12 . Формат

Усл. печ. л. 0,5 Уч.-изд. л. 0,4 Тираж 100 экз. Заказ. 237

Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

1 Понятие надежности конструкции

Надежность – это свойство конструкции сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования. Надежность является сложным свойством, которое в зависимости от назначения конструкции и условий применения состоит из сочетания свойств безотказности, долговечности, сохраняемости, ремонтпригодности.

Первые три свойства основаны на противодействии разрушительным физико-химическим и механическим воздействиям, четвертое – на создании благоприятных условий для предупреждения и обнаружения причин повреждений и их устранения.

Работоспособным называют такое состояние конструкции (изделия), когда она в любой момент времени может выполнять свои функции в соответствии с документацией, в отличие от *исправного* состояния, при котором она тоже соответствует всем требованиям документации, но не обязательно способна в данный момент выполнять заданные функции. Исправное изделие в рассматриваемый момент времени может находиться на складе, транспортироваться и т.д.

Отказ – событие, заключающееся в нарушении работоспособности конструкции (изделия).

Безотказность означает требование к конструкции непрерывно сохранять работоспособность в заданных режимах и условиях эксплуатации в течение некоторого времени, или наработки. Отказы по своему характеру делят на *внезапные* и *постепенные*.

Внезапные отказы возникают в результате мгновенного изменения одного или нескольких параметров элементов конструкции (обрыв или короткое замыкание). Устранение внезапного отказа производят заменой отказавшего элемента исправным или его ремонтом. Постепенные отказы возникают в результате изменения параметров элементов до тех пор, пока значение одного из параметров не выйдет за некоторые пределы, определяющие нормальную работу элементов. Причинами изменения параметров являются: старение элементов, воздействие окружающей среды, колебания температуры, влажности, давления, механические воздействия (вибрации, удары, перегрузки). Устраняют постепенные отказы заменой, ремонтом, регулировкой отказавшего элемента.

Долговечность – свойство конструкции сохранять работоспособность с установленными заранее перерывами для технического обслуживания и ремонтов вплоть до наступления предельного состояния, связанного с невозможностью использования по назначению. Предельное состояние является таким

состоянием конструкции (изделия), при котором ее дальнейшая эксплуатация должна быть прекращена по одной из следующих причин: из-за неустранимого нарушения техники безопасности; из-за неустранимого ухода заданных параметров за установленные пределы; из-за нецелесообразности проведения среднего или капитального ремонта.

Сохраняемость – это способность конструкции сохранять эксплуатационные показатели работоспособности по истечении заданного срока хранения и транспортирования в регламентированных условиях.

Ремонтпригодность – это приспособляемость конструкции к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов, поддержанию и восстановлению работоспособности путем проведения технического обслуживания и ремонтов.

Процесс возникновения отказов в ЭВС описывается сложными вероятностными законами. Для оценки надежности ЭВС вводят количественные характеристики, для определения которых обычно используют экспериментальные данные и последующую их обработку.

2 Оценка надежности ЭВС

Исходными данными для расчета показателей надежности конструкции ЭВС являются: принципиальная схема с указанием типа деталей, входящих в неё; режимы работы всех деталей (электрические, климатические и механические); значения интенсивности отказов всех типов деталей при номинальных и фактических режимах, значения среднего времени безотказной работы и дисперсия для элементов, подверженных постепенным отказам.

К основным «компонентам ненадежности» конструкций ЭВС можно отнести: комплектующие элементы (интегральные схемы и электрорадиоэлементы); элементы монтажа (линии связи, сварные, паяные или термокомпрессионные соединения, разъемы, печатные платы, металлизированные отверстия). Для всех этих элементов преобладающими являются внезапные отказы.

Интенсивность отказов комплектующих элементов с учетом условий эксплуатации изделия находим по следующей формуле:

$$\lambda_i = \lambda_{0i} k_1 k_2 k_3 k_4 a_i(T, k_n), \quad (1)$$

где λ_{0i} – интенсивность отказов элемента при нормальных условиях работы (температура окружающей среды $T_c = +(298 \pm 10) \text{K}$, относительная влажность $(65 \pm 15)\%$, коэффициент электрической нагрузки $k_n = 1$); k_1, k_2 – поправочные коэффициенты в зависимости от воздействия механических факторов; k_3 – поправочный коэффициент в зависимости от воздействия влажности и температуры; k_4 – поправочный коэффициент в зависимости от давления воздуха; $a_i(T, k_n)$ – поправочный коэффициент в зависимости от температуры поверхности элемента (T) и коэффициента нагрузки (k_n).

Коэффициентом нагрузки называют отношение фактического значения воздействующего фактора к его номинальному или максимально допустимому значению. Усредненные данные по интенсивностям отказов комплектующих элементов и электрических соединений приведены в таблице 1.

В таблицах 2 – 4 приведены значения поправочных коэффициентов k_1 – k_4 .

Таблица 1- Интенсивность отказов комплектующих элементов и электрических соединений

Наименование элемента	Интенсивность отказов $\lambda_{0i}, 10^{-6}, \text{ч}^{-1}$
1	2
Аккумуляторы	7,2
Вентиляторы	2,2
Гнезда	0,01
Громкоговорители динамические	4
Датчики оптические	4,7
Диоды маломощные	0,02
Диоды мощные	0,2
Дроссели	0,34
Кабели	0,475
Катушки индуктивности	0,02
Клеммы, зажимы	0,0005
Конденсаторы воздушные переменные	0,034
Конденсаторы стеклянные	0,06
Конденсаторы танталовые	0,02
Конденсаторы керамические	0,15
Конденсаторы электролитические	0,035
Микросхемы в керамическом корпусе	0,01
Микросхемы в пластмассовом корпусе	0,1
Обмотки электродвигателя	0,08
Пайка печатного монтажа	0,01
Пайка навесного монтажа	0,03
Переключатели кнопочные	$0,07 \cdot n$ (контактов)
Предохранители	0,5
Провода соединительные	0,015
Разъемный контакт	0,05
Резисторы композиционные	0,043
Резисторы пленочные	0,03
Резисторы проволочные	0,087
Резисторы угольные	0,045
Реле	$0,25 \cdot n$ (контактов)

Соединение «под винт»	0,08
Соединение накруткой	0,0012
Соединение обжимкой	0,006
Соединение сваркой	0,0006
Соединители	$0,062 \cdot n$
Транзисторы кремниевые до 150 мВт	0,84
Транзисторы кремниевые до 1 Вт	0,5
Транзисторы кремниевые до 4 Вт	0,74
Трансформаторы высокочастотные	0,045
Трансформаторы силовые	0,025
Трансформаторы выходные	0,09
Трансформаторы звуковой частоты	0,02
Автотрансформаторы	0,06
Электродвигатели асинхронные	8,6
Электродвигатели синхронные	0,359

Таблица 2 - Коэффициенты влияния механических воздействий

Условия эксплуатации аппаратуры	Вибрация k_1	Ударные нагрузки k_2
Лабораторные	1,0	1,0
Стационарные (полевые)	1,04	1,03
Корабельные	1,3	1,05
Автофургонные	1,35	1,08
Железнодорожные	1,4	1,1
Самолетные	1,46	1,13

Таблица 3 - Коэффициент влияния влажности и температуры

Влажность, %	Температура, °С	Поправочный коэффициент k_3
60 – 70	20 – 40	1,0
90 – 98	20 – 25	2,0
90 – 98	30 – 40	2,5

Таблица 4 - Коэффициент влияния атмосферного давления

Давление, кПа	Поправочный коэффициент k_4	Давление, кПа	Поправочный коэффициент k_4
0,1 – 1,3	1,45	32 – 42	1,2
1,3 – 2,4	1,40	42 – 50	1,16
2,4 – 4,4	1,36	50 – 65	1,14
4,4 – 12,0	1,35	65 – 80	1,1
12 – 24	1,3	80 – 100	1,0
24 – 32	1,25		

Для учета влияния режима работы на интенсивность отказов радиоэлементов вводят коэффициент нагрузки $k_n = H_{раб}/H_{ном}$, равный отношению нагрузки в рабочем режиме к нагрузке в номинальном режиме.

Коэффициент нагрузки для транзисторов

$$k_{н1} = P_{к.раб}/P_{к.ном}; k_{н2} = U_{к.э.раб}/U_{к.э.ном}; k_{н3} = I_{к.раб}/I_{к.ном};$$

для резисторов

$$k_n = P_{раб}/P_{ном};$$

для конденсаторов

$$k_n = U_{раб}/U_{ном};$$

для диодов

$$k_{н1} = I_{пр.раб}/I_{пр.ном}; k_{н2} = U_{обр.раб}/U_{обр.ном};$$

для трансформаторов

$$k_n = J_{iраб}/J_{iном}$$

где J_i - плотность тока в i -й обмотке.

Для учета импульсных режимов работы элементов при подсчетах основных электрических параметров в соответствующие формулы вводят скважность сигналов Q . Например, средняя мощность

$$P_{cp} = \frac{U^2 t_u}{R T} = \frac{U^2}{R} Q,$$

где t_u - длительность импульса; T - длительность такта.

Графики для определения значений поправочных коэффициентов $a_i(T, k_n)$ для различных радиоэлементов приведены на рисунках 1 - 4.

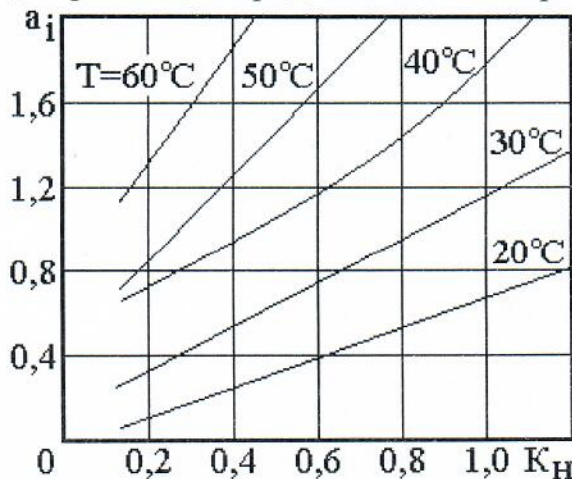


Рисунок 1 - Зависимость для транзисторов

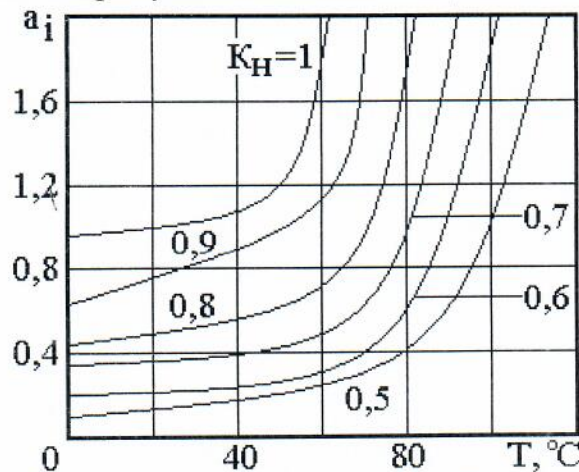


Рисунок 2 - Зависимость $a_i(T, k_n)$ для конденсаторов

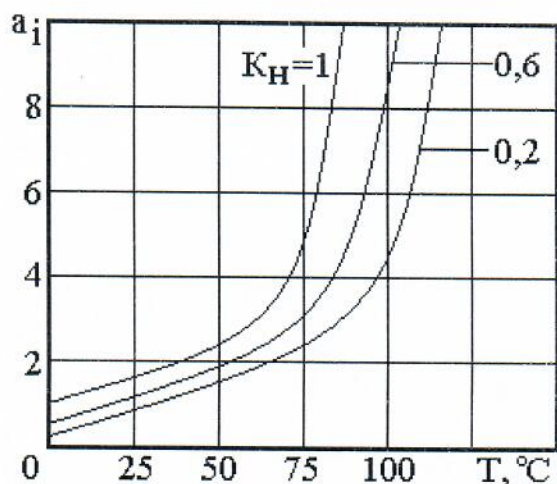


Рисунок 3 - Зависимость $a_i(T, k_H)$ для полупроводниковых диодов

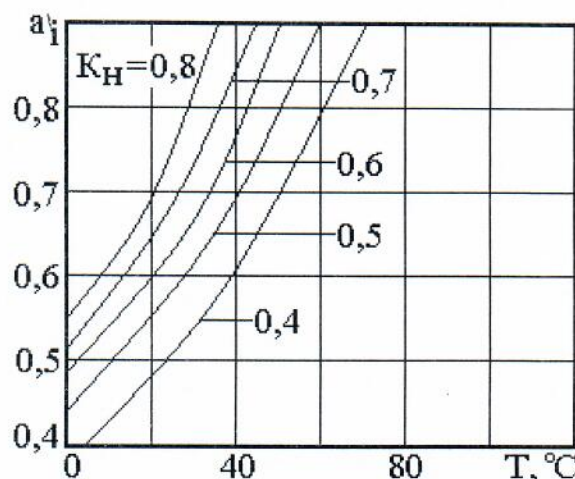


Рисунок 4 - Зависимость $a_i(T, k_H)$ для резисторов

Рассчитывается вероятность безотказной работы конструкции ЭВС в течение заданной наработки $(0, t_p)$:

$$P(t_p) = \exp\left(-\sum_{i=1}^n \lambda_i t_p\right), \quad (2)$$

где n - число элементов.

Вычисляется интенсивность отказов конструкции ЭВС:

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i. \quad (3)$$

Находится среднее время наработки до отказа конструкции ЭВС:

$$T = \frac{1}{\lambda}. \quad (4)$$

Среднее время наработки на отказ сравнивается с заданным в техническом задании на разработку изделия.

Надежность аппаратуры определяется надежностью и количеством используемых в ней элементов. Так как надежность является одним из основных параметров изделия, то, проектируя аппаратуру, ее следует оценивать наряду с другими параметрами и на основе этих расчетов делать выводы о правильности выбранной схемы и конструкции изделий.

На этапе проектирования, когда еще точно не определены режимы работы схемы, производят расчет, задаваясь ориентировочными данными, определяющими режимы работы. Так, в качестве температуры окружающей среды для каждого из элементов может быть принято среднее значение температуры внутри блока, определенное на основании оценки теплового режима блока.

Ориентировочные значения коэффициентов нагрузки по напряжению могут быть определены для элементов каждого типа по известному напряже-

нию источника питания и номинальному значению напряжений всех элементов.

Коэффициенты нагрузки по мощности резисторов для ориентировочного расчета следует выбирать в пределах 0,5 – 0,6. После того как определены условия работы элементов и интенсивность отказов с учетом этих условий, можно рассчитать интенсивность отказов аппаратуры и среднюю наработку на отказ, пользуясь формулами (3) и (4). Вероятность безотказной работы может быть вычислена по (2). Входящее в это выражение время t_p дается в техническом задании на разработку.

Если полученные в результате расчета параметры надежности не соответствуют требованиям, то следует проанализировать возможность повышения надежности за счет облегчения режимов или использования более надежных типов элементов. Следует также проанализировать, как применение новых элементов или режимов использования скажется на массе, габаритах, стоимости и других технико-экономических параметрах изделия.

3 Задание для самостоятельной работы

1. Вариант задания для расчета надежности электронного блока - это разработанная студентом печатная плата в предыдущих практических работах и перечень элементов к ней.

2. Пользуясь графиками, приведенными в данном описании (рисунок 1 – 4), определить поправочные коэффициенты.

3. Результаты расчета интенсивности отказов радиоэлементов проектируемого изделия привести в виде таблицы.

Порядковый номер	Наименование элемента	Схемное обозначение	Тип элемента	Интенсивность отказов в нормальном режиме $\lambda_{0i}, 10^{-6}, \text{ч}^{-1}$	Коэффициент нагрузки k_{ni}	Температура $T_i, ^\circ\text{C}$	Поправочный коэффициент $a_i(T, k_n)$	Интенсивность отказов i -го элемента с учетом внешних условий	Интенсивность отказов i -го элемента в рабочем режиме
1									
.									
.									
i									

3. Сделать вывод о надежности разработанного изделия.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение надежности изделия.
2. Что называют отказом изделия? Дайте характеристики различных видов отказов.
3. Как определяется интенсивность отказов?
4. Какие логические схемы надежности резервированных систем существуют?
5. В чем заключается расчет надежности изделия?
6. Какие поправочные коэффициенты вводятся при расчете надежности?

Библиографический список

1. Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры. / К.И. Билибин, А.И. Власов, Л.В. Журавлева и др.; Под общ. ред. В.А. Шахнова. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. - 568 с.
2. Медведев А.А. Печатные платы. Конструкции и материалы.- М.: Высшая школа, 2005.-228с.
3. Конструкторско-технологическое обеспечение производства ЭВМ: учеб. пособие / Т.А. Ширабакина, С.Н. Гвоздева, Д.В. Титов; Юго-Зап. гос. ун-т.- Курск,2019.-200 с.