

Стоит заметить, что при данных параметрах переходный режим в данном канале достигается. Для ламинарного режима зависимость текущего Nu от установившегося выражена сильнее, чем для переходного режима.

Выходы

Для наглядности сведем результаты расчета α данного конструктивного исполнения в таблицу.

Параметры	ЕК	ВК обдув	ВК продукт
Определяющий размер ПУ, м	0.170	0.170	0.023
Определяющий размер ИС, м	0.007	0.007	-
Скорость, м/с	-	0.2	0.2
Температура воздуха, Ц	40	40	40
Разность температур ПУ - воздух, Ц	10	10	10
Конвективный к-т теплоотдачи для ПУ, $W/(m^2 \cdot C)$	3.8	4.0	5.4 (3.6, 2.5)
Конвективный к-т для корпуса ИС, $W/(m^2 \cdot C)$	9.3	20	-

Можно отметить, что для ПУ α во всех трех случаях имеет близкие значения. Причем α в канале имело самое маленькое значение (2.5), и только учет ограничений трубы (3.6) и участка неустановившегося режима позволило ему в сумме стать больше (5.4). Интересно, что конвективный коэффициент теплоотдачи для корпуса и конвекции и обдува для ПУ практически одинаков.

Для корпуса ИС значения α значительно больше в обоих анализируемых случаях и сильно отличаются для разных режимов - для обдува корпуса ИС достигает 20, необходимо учитывать при расчетах. В общем случае это можно учесть уменьшением среднего α для поверхности ПУ при расчете теплового режима ПУ по простым методам.

Список литературы

- Глушицкий И.В. Охлаждение бортовой аппаратуры авиационной техники. М.: Машиностроение, 1987.
- Дульнев Г.Н. Тепло- и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре: Учебник для вузов по спец. "Конструирование и производство радиоаппаратуры". М.: Высшая школа, 1985.

МЕТОД ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ БОРТОВЫХ РЭС

О. В. Межевов, А. Д. Ящунов, В. В. Жаднов, А. В. Сарафанов (научные руководители)

Красноярский государственный технический университет

E-mail: sav@rtf.kgtu.ru

Обеспечение показателей безотказности элементной базы бортовых РЭС на этапах проектирования, в соответствии с принятыми в настоящее время методами, основано на расчетной оценке показателей безотказности, при которой не учтены индивидуальный режим работы каждого электрорадиоэлемента (ЭРЭ) по различным видам механических и некоторых климатических воздействий, которые могут возникнуть на отдельных ЭРЭ в десятки раз. Такой подход ведет к значительным материальным затратам по обеспечению необходимого уровня надежности на ЭРЭ. Согласно традиционному методу может отличаться от реального уровня в десятки раз, в свою очередь ведет к снижению конкурентоспособности разрабатываемых РЭС. В докладе для учета данного эффекта предложен метод оценки влияния механических и климатических факторов на надежность элементной базы. Для

ности разработанного метода рассмотрим математические модели безотказности ЭРЭ

Для расчета эксплуатационной интенсивности отказов λ , r -го ЭРЭ используются математические модели вида

$$\lambda_{\text{эр}} = \lambda_{0r} \prod_{i=1}^I K_i, \quad (1)$$

λ_{0r} – интенсивность отказов при нормальных условиях эксплуатации и номинальной критической нагрузке; K_i – составляющие модели безотказности; I – количество тавляющих моделей.

Учет механических и климатических воздействий в модели (1) осуществляется с ющими коэффициента K_s (коэффициент, зависящий от жесткости условий эксплуатации Σ /учитывает ударные и вибрационные нагрузки, влажность, атмосферное давление, мат, герметизацию и т.п./). Перешием (1) в виде

$$\lambda_{s,r} = K_s \lambda_{0r} \prod_{i=1}^{I-1} K_i. \quad (2)$$

Если в качестве оценки степени влияния элементной базы на общую безотказность принять его вероятность безотказной работы, которая равна

$$P(\tau) = e^{-K_s \lambda_0 (\prod_{i=1}^{I-1} K_i) \tau}, \quad (3)$$

τ – время эксплуатации, то в качестве оценки степени влияния совокупности анических и климатических факторов можно принять величину

$$P_{\kappa\sigma}(\tau) = \frac{P(\tau)}{P_0(\tau)}, \quad (4)$$

$$P_0(\tau) = e^{-\lambda_0 (\prod_{i=1}^{I-1} K_i) \tau}.$$

да, используя (3), получим:

$$P_{\kappa\sigma}(\tau) = e^{-\lambda_0 (\prod_{i=1}^{I-1} K_i) (K_s - 1) \tau}. \quad (5)$$

Если известен процент отказов (по результатам испытаний или эксплуатации) по аническим (N_1) и климатическим (N_2) воздействиям, причем $N_1 + N_2 = 100\%$, то

$$\frac{N_1}{100} Q_{\kappa\sigma}(\tau) + \frac{N_2}{100} Q_{\kappa\sigma}(\tau) = Q_{\kappa\sigma}(\tau), \quad (6)$$

$Q_{\kappa\sigma}(\tau) = 1 - P_{\kappa\sigma}(\tau)$ – вероятность отказа.

В этом случае оценка степени влияния климатических ($j=I$) или механических (j) воздействий равна

$$P_j(\tau) = 1 - \frac{N_j}{100} \left[1 - e^{-\lambda_0 (\prod_{i=1}^{I-1} K_i) \tau (K_s - 1)} \right]. \quad (7)$$

Если известен процент отказов по каждому климатическому или механическому воздействиям, то аналогично могут быть получены оценки степени влияния конкретному воздействию:

$$P_{j,m}(\tau) = 1 - \frac{M_m}{100} \cdot \frac{N_j}{100} \left[1 - e^{-\lambda_0 \left(\prod_{i=1}^{j-1} K_i \right) \tau (K_j - 1)} \right],$$

где m – номер воздействия (климатического или механического).

Таким образом, выражение (8) позволяет оценить влияние каждого воздействия на общий уровень надежности ЭРЭ и может служить основой для принятия решений.

Выражение (8) позволяет также уточнить расчетную оценку показателя безотказности. Рассмотрим данный момент подробней.

Методы математического моделирования [3, 4] позволяют получить воздействующих факторов на каждом ЭРЭ. Следует заметить, что климатических воздействий (таких как влажность, морской туман, давление среде, окружающей РЭС, и на ЭРЭ отличаются незначительно, поэтому при надежности этим можно пренебречь. Тепловой и электрический режимы работы ЭРЭ в расчетах надежности учитываются при помощи соответствующих коэффициентов [1]. Что же касается механических воздействий, то их значения могут различаться на десятки и сотни раз. Поэтому использование для всех ЭРЭ единого значения K_3 существенно снизить точность расчетной оценки показателей надежности.

Суть разработанного в диссертации метода расчета K_3 заключается в следующем:

1. На основе методов математического моделирования [3, 4] определяются характеристики механических воздействий на каждом ЭРЭ.
2. По комплексу стандартов (КС) «МОРОЗ-6» [2] определяется класс аппаратур на основе данных, полученных в п. 1.
3. Из справочника «Надежность ЭРИ» [1] выбирается значение K_3^* из данных, полученных в п. 2.
4. Вычисляется вероятность отказа по механическому воздействию:

$$Q_{j,m}(\tau) = 1 - \frac{M_m}{100} \cdot \frac{N_j}{100} \left[1 - e^{-\lambda_0 \left(\prod_{i=1}^{j-1} K_i \right) \tau (K_j^* - 1)} \right].$$

5. Повторяется выполнение п.п. 1...4 для остальных механических воздействий.

6. Вычисляется вероятность отказа по механическим воздействиям:

$$Q_1(\tau) = \sum_{m=1}^M Q_{1,m}(\tau).$$

7. На основе методов математического моделирования определяются характеристики климатических воздействий на каждом ЭРИ. По КС «МОРОЗ-6» определяется класс аппаратуры на основе полученных данных. Из справочника выбирается значение K_3^{**} для заданного класса аппаратуры с точки зрения конкретного климатического воздействия.

8. Вычисляется вероятность отказа по климатическим воздействиям:

$$Q_{2,s}(\tau) = \frac{K_s}{100} \cdot \frac{N_2}{100} \left[1 - e^{-\lambda_0 \left(\prod_{i=1}^{s-1} K_i \right) \tau (K_3^{**} - 1)} \right],$$

где K_s – процент отказа по s -му климатическому фактору.

9. Повторяются п.п. 7, 8 для остальных климатических воздействий.
10. Вычисляется вероятность отказа Q_2 по климатическим воздействиям по формуле с выражением (10): $Q_2(\tau) = \sum_{s=1}^S Q_{2,s}(\tau)$

11. Вычисляется вероятность отказа:

$$Q(\tau) = 1 + [Q_1(\tau) + Q_2(\tau)]. \quad (12)$$

12. Вычисляется значение K_3 :

$$K_3 = \frac{\ln(P_{K_3}(\tau))}{\left[-\lambda_0 \left(\prod_{i=1}^I K_i \right) \cdot \tau \right]} \quad (13)$$

В качестве примера рассмотрим стабилитрон 2С101А* ($\lambda=0,003 \cdot 10^{-6}$), работающий в аппаратуре относящейся в группе 3.4 (РЭС, работающая в самолетах /брекущий полет/). Согласно справочнику [1] для диода 2С101А*, работающего в РЭС группы 3.4 $K_3=19$. Результаты расчета показали, что диод работает в следующих механических режимах: моногическая вибрация – 5g; случайная вибрация – 8g; одиночный удар – 30g; многократный удар – 14g; линейное ускорение – 12g; акустический шум – 60 дБ. В соответствии с данными характеристиками условия эксплуатации диода можно отнести к классу аппаратуры 1.2 (РЭС, работающая на наземном транспорте), для которого $K_3=5$. При принятии процента отказов в соответствии с выше приведенной последовательностью действий/ 22%, 28%, 16%, 11%, 10%, 13%, полученное на основе выражений (9) – (13) значение $K_3=13,2$. Это говорит о том, что в процессе разработки был заложен излишний запас по надежности, т. е. в 1,5 раза завышены требования по наработке.

Описанный выше метод был реализован в математическом обеспечении системы "АСОНИКА-К" [/www.asonika-k.ru/](http://www.asonika-k.ru/) (подсистема анализа и обеспечения показателей надежности и качества аппаратуры") системы "АСОНИКА".

Список литературы

- Надежность ЭРИ: Справочник. – М.:22 ЦНИИ МО, РНИИ «Электростандарт», ОАО «Стандартэлектро», 2000.
- Кофанов Ю.Н., Сарафанов А.В., Манохин А.И., Шалумов А.С. Моделирование ложных радиотехнических систем с помощью комплексного применения систем ЮНИКА и ANSYS // Системные проблемы качества, математического моделирования, информационных, электронных и лазерных технологий / Материалы Международной научно-технической конференции и Российской научной школы. Часть 1. – М.: ГНПО ГАТ", 2001. С. 3–4.

МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ, ТЕПЛОВЫХ И МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЭС, ОСНОВАННЫЙ НА ПАРАМЕТРИЗАЦИИ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

О. В. Межевов, В. И. Коваленок, А. В. Сарафанов (научный руководитель)

Красноярский государственный технический университет
E-mail: sav@rtf.kgtu.runnet.ru, triana@ire.krgtu.ru

Процесс моделирования физических процессов в РЭС (тепловых, гидравлических, радиодинамических и механических) основывается, как правило, на применении топологических моделей. При этом эти модели можно разделить на два класса: *1-й класс* – модели с динамически изменяемой при помощи специальных программ-синтезаторов структурой (в общем случае) в автоматическом режиме