

соображений минимизации массы, но в то же время сохранения высокой прочности и надежности.

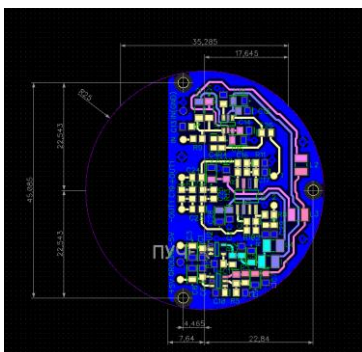


Рисунок 1 – Плата устройства для исследования ионообразования в пылеударном масс-спектрометре

Был определен оптимальный вариант соотношения сторон печатной платы, а также выбор конструкции изделия с помощью метода экспертных оценок.

Список использованных источников

1. Исследование пылеударного масс-спектрометра URL: <https://studopedia.org/6-168427.html>

Пияков Игорь Владимирович, к. т. н, доцент кафедры радиоэлектронных систем, с. Н. с. ИКП-214, piyakov.iv@ssau.ru
Зайцева Анна Васильевна, студентка гр. 3465-110303D, avztlit@gmail.com

УДК 621.396

МОДЕРНИЗАЦИЯ МЕТОДИКИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО РАСЧЁТА НАДЁЖНОСТИ БОРТОВЫХ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

А.А. Денисюк

«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», г. Самара

Наиболее полные и достоверные показатели надёжности обычно получают по результатам эксплуатации аппаратуры. Оценка надёжности в условиях эксплуатации сводится к односторонней (нижней) оценке интенсивности отказов электрорадиоизделий (ЭРИ) и радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) в целом, анализу видов и механизмов отказов. Это связано с тем, что специфические особенности РЭА и ЭРИ во многих случаях не позволяют оперативно получить информацию, необходимую для корректировки технического проекта.

В данной работе поставлена задача повышения точности расчёта надёжности бортовых радиоэлектронных устройств путём учёта неконтролируемых отказов.

Нами был проведён системный анализ отказов бортовой РЭА космических аппаратов, выявлены критичные модули и ЭРИ. Получены распределения отказов по видам ЭРИ. Анализ причин отказов позволил разработать гипотезы возможных причин их возникновения и для ряда случаев разработать рекомендации по их устранению. Установлено определяющее влияние скрытых дефектов на надёжность ЭРИ и РЭА, не выявляемых существующей системой технологического контроля и испытаний. На основе метода экспертных оценок выделены отказы, обусловленные качеством проектирования РЭА, а также качеством её производства. Установлены основные эксплуатационные факторы, вызывающие отказы. Однако, несмотря на наличие данных о надёжности на этапе эксплуатации требуется проводить предварительный расчет надёжности на всех этапах проектирования РЭА. За основу при этом целесообразно взять модель и метод оценки надёжности бортовых радиоэлектронных устройств, разработанные ранее А.П. Быковым. В этом случае проводится структурный анализ исследуемого изделия, составляются структурные схемы надёжности (СН). При этом используется принцип разбиения на одинаковые части по условиям и времени работы с учётом индексов приёмки, коэффициентов нагрузочной способности и диагностического контроля.

Введём в методику коэффициент полноты контроля γ . Коэффициент полноты контроля равен отношению количества отказов n , выявляемых при контроле к общему количеству отказов N , то есть:

$$\gamma = \frac{n}{N}, \quad 0 \leq \gamma \leq 1 \quad (1)$$

Дополнительно введём коэффициент ложного контроля $\gamma_{л}$, равен отношению количества определённых отказов $n_{л}$ к общему количеству отказов N , то есть:

$$\gamma_{л} = \frac{n_{л}}{N}, \quad 0 \leq \gamma_{л} \leq 1 \quad (2)$$

Будем считать, что поток отказов изделий электроники является пуассоновским, а вероятность возникновения отказа изделия за период t будет равна:

$$P = 1 - e^{-\lambda t},$$

где λ – интенсивность отказов.

При малых значениях величины λ можно записать:

$$P = \lambda t.$$

После преобразования получим:

$$\gamma = \frac{P_K}{P_O} = \frac{P_K}{P_K + P_H}, \quad (3)$$

где P_k – вероятность контролируемого отказа изделия; $P_{кн}$ – вероятность контролируемого и неконтролируемого отказов изделия; P_n – вероятность неконтролируемого отказа изделия.

Для получения полной вероятности возникновения неконтролируемого отказа расчёт необходимо проводить не только по реально возникающим отказам, а также учитывать ложно выявленные отказы. Кроме того, чтобы отличить тестовый контроль от допускового введём индекс «т». С учётом сказанного формулу, отображающую суммарную вероятность ложно определённую и реально возникшего отказа изделия можно, записать следующим образом:

$$P_H = P_{NLT}(1 - \gamma_T) . \quad (4)$$

Тогда

$$P_{HT} = P_N(1 + \gamma_{LT})(1 - \gamma_T) . \quad (5)$$

Выражение (5) является формулой для расчёта вероятности возникновения неконтролируемого отказа после проведения только тестового контроля. Формула для неконтролируемых отказов, в случае если проводится только допусковый контроль и не проводится тестовый контроль, будет отличаться только тем, что вместо индекса «т» будет стоять индекс «д». С учётом сказанного, формула для расчёта вероятности неконтролируемых отказов при проведении только допускового контроля будет иметь вид:

$$P_{Nd} = P_N(1 + \gamma_{Ld})(1 - \gamma_d) . \quad (6)$$

В случае, если проводятся оба вида контроля (тестовый и допусковый). Вместо полного количества отказов, вероятность возникновения которых равна P_N , допусковому контролю подвергаются только неконтролируемые отказы, оставшиеся после тестового контроля, вероятность возникновения которых равна P_{HT} . Следовательно, для расчёта вероятности неконтролируемого отказа после проведения тестового и допускового видов контроля, в формулу (6) вместо вероятности P_N необходимо подставить P_{HT} . Учитывая сказанное, формула (6) примет следующий вид:

$$P_H = P_{KN}(1 + \gamma_{LT})(1 - \gamma_T)(1 + \gamma_{Ld})(1 - \gamma_d) . \quad (7)$$

Таким образом, формула (7) является формулой для расчёта вероятности возникновения неконтролируемых отказов, которые останутся после проведения тестового и допускового видов контроля. Формула (7) показывает, как, задаваясь коэффициентом полноты (тестового и допускового) контроля и коэффициентом достоверности (ложного контроля), можно достигнуть требуемой величины вероятности возникновения неконтролируемого отказа.

Эта проблема возникает в тех случаях, когда необходимо обеспечить высокую безотказность критичного, относительно безопасности полётов, функционального отказа в устройстве, на котором реализована данная

функция. Для обеспечения заданной безотказности в этих случаях применяют методы резервирования.

Данная информация была использована для изменения конструктивно-технологических вариантов и доработки бортовой РЭА, корректировки систем контроля и управления качеством в целом.

УДК 519.8; 621.391

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИОТРАСС НАЗЕМНЫХ ПЕРЕДАЮЩИХ СТАНЦИЙ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ

А.К. Гришко, А.М. Мазанов, Н.А. Бекболатов, А.К. Аубакиров,
Чан Минь Хай

Пензенский государственный университет, г. Пенза

Ключевые слова: канал связи, радиотрасса, антенна, рельеф местности.

Радиотрасса – это кратчайшее расстояние между пунктом приема и передачи сигнала. Выделяют два вида трасс: – открытая трасса – трасса, для которой выполняется условие прямой видимости между базовой и абонентской антеннами, и полуоткрытая – трасса, имеющая препятствия для распространения радиоволны. Форма встречаемых препятствий весьма многообразна и в настоящее время пока не создано надежных аналитических методов расчета радиотрасс [1]. При чрезвычайных ситуациях может возникнуть необходимость в организации временных, относительно недорогих каналов связи в удаленных малонаселенных уголках нашей страны [2,3].

Целью работы является моделирование радиотрасс наземных станций и предварительная оценка устойчивости радиосвязи с учетом рельефа местности.

В радиосвязи наибольшее распространение получили метровый, дециметровый, сантиметровый диапазоны длин волн, где максимальная дальность связи (без учета рельефа местности) ограничена прямой видимостью и равна:

$$r_{np} \approx \sqrt{2R}(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}),$$

где r_{np} – дальность связи в км, без учета атмосферной рефракции; R – радиус идеальной модели Земли (среднее значение – 6370 км); h_1 и h_2 – высоты подъема антенн.

Рассмотрим влияние рельефа на организацию радиосвязи на примере Лопатинского муниципального района Пензенской области (рисунок 1). Перепад высот в пределах рассматриваемой территории составляет 30–90 м, что осложняет устойчивость радиосвязи в отдельных частях района. Для