

заключается в регулировке протекающего тока через цепь сток-исток путем изменения напряжения на затворе. В электронную нагрузку будет встроена цифровой потенциометр, который является элементом управления напряжением на затворе полевого транзистора.

Известно, что при работе полевой транзистор нагревается и рассеивает мощность в окружающую среду в виде тепла. Для устранения перегрева транзистора предусмотрен радиатор с термодатчиком и вентилятор (кулер). При превышении температуры критической величины с датчика поступает сигнал на MyRIO и та, в свою очередь, передает управляющий сигнал на вентилятор, который отводит тепло от нагрузки.

Автоматизированная измерительная система позволит проводить входной контроль источников вторичного электропитания ноутбуков на соответствие нормативной документации по электрическим характеристикам перед их установкой в состав других комплексов. Также она решит следующие проблемы: выявление бракованного ИВЭП, контроль электрических параметров ИВЭП, снижение времени на ремонт ИВЭП в сервисных центрах.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-07-00414 а.

Литература

1. Автоматизированная система для испытаний контроля параметров вторичных источников питания 8000. URL: <http://www.test-expert.ru/catalog/detail.php?ID=313> (дата обращения 19.07.2016).
2. Драйвер мощных полевых транзисторов MOSFET для низковольтных схем. URL: http://radiohlam.ru/raznoe/driver_polevikov.htm (дата обращения 15.07.2016).
3. Источники питания. URL: <http://contravt-metodichka.ru/?id=7469> (дата обращения 15.07.2016).
4. Некоторые сведения о LabVIEW. URL: http://www.mikrofan.narod.ru/about_labview/ (дата обращения 15.07.2016).
5. Сайт компании «ФЦЕНТР». Методика тестирования блоков питания. URL: <http://fcenter.ru/online/hardarticles/tower/22647> (дата обращения 18.07.2016).

РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЕМОНТОПРИГОДНОСТИ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Жаднов В.В.

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
+7 (495) 916-88-80, vzhadnov@hse.ru

Статья посвящена анализу применяемых в настоящее время методик, применяемых для оценки показателей ремонтопригодности электронных средств на ранних этапах проектирования. Приведены основные расчетные соотношения и выявлен ряд ограничений их применения при расчетах показателей ремонтопригодности электронных средств. Показано, что для электронных средств, у которых при восстановлении отказавшей составной части остальные остаются в нагруженном (рабочем) режиме формула для оценки среднего времени восстановления не применима.

Ключевые слова: электронные средства, ремонтопригодность, среднее время восстановления.

The estimation of the indicators of maintainability of electronic means. Zhadnov V.V. National research University "Higher school of Economics".

The article is devoted to the analysis of currently applied methodologies used for evaluation of maintainability of electronic means at early design stages. The basic design relations and identified a number of limitations of their use in the calculation of the indices of maintainability of electronic equipment. It is shown that for electronic means, which in the repair of failed component parts while others remain in the loaded (operating) mode, the formula to estimate the average recovery time is not applicable.

Keywords: electronic equipment maintainability, mean time to repair.

Введение

Современные электронные средства, как правило, являются восстанавливаемыми изделиями, для которых нормируются показатели ремонтопригодности. Очевидно, что чем лучше значения этих показателей, тем выше эффективность функционирования ЭС. Поскольку технические средства ЭС представляют собой, в основной своей массе, радиоэлектронные средства, то для расчетов их показателей ремонтопригодности можно применять методики расчета показателей ремонтопригодности

радиоэлектронной аппаратуры, приведенные в отраслевых стандартах.

Эти методики предназначены для использования на стадии технического проектирования. На этапе разработки рабочей документации опытного образца аппаратуры методики могут применяться в случае, если невозможно (или нецелесообразно) проведение испытаний по определению ее показателей ремонтопригодности.

Методики расчета показателей ремонтопригодности радиоэлектронной аппаратуры

Методики предназначены для расчета среднего времени восстановления радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), которые представляет собой изделия вида I по ГОСТ 27.003-90 и изделия вида II, отнесенные к изделиям вида I путем введения понятия отказа. В методиках принято, что контроль работоспособности РЭА, а также отыскание отказавшей составной части (СЧ) и, если возможно, сменного элемента (СЭ) в ней, проводится с помощью автоматических или автоматизированных систем контроля (АСК), причем если контроль работоспособности РЭА возможен без нарушения ее функционирования, то он осуществляется непрерывно.

Целями расчетов являются:

- оценка показателей ремонтопригодности РЭА;
- разработка по результатам расчетов мероприятий для обеспечения тактико-технических требований по показателям ремонтопригодности или по комплексным показателям надежности.

В соответствии с методиками ОСТ 4.012.012-83 расчет среднего времени восстановления проводится в два этапа:

I этап: Расчет среднего времени восстановления СЧ;

II этап: Расчет среднего времени восстановления РЭА в целом.

Рассмотрим каждый из этих этапов.

В общем случае среднее время восстановления СЧ (t_e) определяются по формуле:

$$t_e = t_{об} + t_{от} + t_y \quad (1)$$

где: $t_{об}$ - среднее время обнаружения отказа СЧ; $t_{от}$ - среднее время отыскания отказавшего СЭ; t_y - среднее время устранения отказа СЧ.

В частном случае, когда устранение отказа СЧ проводится путем ее замены из состава ЗИП, среднее время восстановления СЧ определяется по формуле:

$$t_e = t_{об} + t_3 \quad (2)$$

где: t_3 - среднее время замены СЧ из состава ЗИП.

Слагаемое $t_{об}$ в формуле (1) определяется на основе параметров работоспособности СЧ, под которыми понимаются выходные параметры СЧ, определяющие их работоспособность, по формуле:

$$t_{об} = \frac{\sum_{i=1}^N (t_{об_i} \cdot n_i)}{\sum_{i=1}^N n_i} \quad (3)$$

где $t_{об_i}$ - среднее время обнаружения отклонения за пределы допусков параметров работоспособности СЧ через отклонение за пределы допусков параметров работоспособности РЭА; n_i - количество параметров работоспособности СЧ, среднее время обнаружения отклонения которых за пределы допусков равно $t_{об_i}$; N - количество различных значений среднего времени обнаружения отклонения за пределы допусков параметров работоспособности СЧ.

Из (3) следует, что среднее время обнаружения отклонения за пределы допуска параметра работоспособности СЧ равно среднему времени обнаружения отклонения за пределы допуска параметра работоспособности РЭА, на который влияет рассматриваемый параметр работоспособности СЧ:

$$t_{об_{сч}} = t_{об_{асчс}} \quad (4)$$

Если параметр работоспособности СЧ влияет на несколько параметров работоспособности РЭА с различными значениями среднего времени обнаружения, то:

$$t_{об_{сч}} = \min_{i=1, I} (t_{об_{1_{асчс}}}, t_{об_{2_{асчс}}}, \dots, t_{об_{I_{асчс}}}) \quad (5)$$

Среднее время обнаружения отклонения параметров работоспособности за пределы допуска определяется в зависимости от условий:

- если отклонение параметра за пределы допуска проявляется для обслуживающего персонала сразу через рабочие индикаторы РЭА или по другим каким-либо прямым или косвенным признакам, то:

$$t_{об} = 0; \quad (6)$$

- если отклонение параметра не является очевидным, а обнаруживается в результате контроля работоспособности РЭА (или СЧ), осуществляемого с периодом регулярного контроля (T_k), то:

$$t_{об} = \frac{T_K}{2}, \quad (7)$$

при этом если контроль работоспособности РЭА (или СЧ) невозможен без нарушения ее функционирования, то значение T_K вычисляется из условия получения максимального коэффициента технического использования контролируемой РЭА (СЧ):

$$T_K = \sqrt{2 \cdot T_0 \cdot \tau}, \quad (8)$$

где: T_0 - наработка на отказ контролируемой РЭА (СЧ); τ - продолжительность контроля параметров работоспособности РЭА (СЧ);

- если отклонение параметра не является очевидным, а обнаруживается в результате контроля работоспособности РЭА (или СЧ), осуществляемого через случайные, распределенные по экспоненциальному закону, промежутки времени со средним периодом контроля (T_K), то:

$$t_{об} = T_K. \quad (9)$$

Слагаемое $t_{от}$ в формуле (1) определяется по формуле:

$$t_{от} = t_n + \frac{\sum_{i=1}^K [\lambda_{ep_i} \cdot (t_{нодг_i} + t_{прог_i})]}{\sum_{i=1}^K \lambda_{ep_i}}, \quad (10)$$

где: t_n - время подготовки СЧ к отысканию отказавшего СЭ; K - количество групп СЭ в СЧ; λ_{p_i} - суммарная интенсивность отказов i -й группы СЭ; $t_{нодг_i}$ - общее время подготовки средств проверки, применяемых при отыскании отказавшего СЭ i -й группы; $t_{прог_i}$ - время проверки параметров при отыскании отказавшего СЭ i -й группы.

Значение $t_{прог_i}$ в формуле (5) определяется формуле:

$$t_{прог_i} = \sum_{s=1}^{S_i} \sum_{p=1}^{P_i} m_{s,p} \cdot t_{прог_{s,p}}, \quad (11)$$

где: S_i - количество средств проверки, применяемых при отыскании отказавшей СЧ из i -й группы; P_i - количество вариантов конструктивного выполнения СЭ, проверяемых при отыскании отказавшего СЭ из i -й группы; $m_{s,p}$ - количество параметров, проверяемых s -м средством проверки при p -м варианте конструктивного выполнения СЭ при отыскании отказавшего СЭ из i -й группы; $t_{прог_{s,p}}$ - время проверки одного параметра s -м средством проверки при p -м варианте конструктивного выполнения СЭ.

Слагаемое t_y в формуле (1) определяется по формуле:

$$t_y = \frac{\sum_{i=1}^K (\lambda_{ep_i} \cdot t_{устр_i})}{\sum_{i=1}^K \lambda_{ep_i}}, \quad (12)$$

где: $t_{устр_i}$ - время, затрачиваемое на проведение операций по устранению отказа СЭ.

На втором этапе определяется среднее время восстановления РЭА (T_g) по формуле:

$$T_g = \frac{\sum_{i=1}^L (t_{ei} \cdot \lambda_i)}{\sum_{i=1}^L \lambda_i}, \quad (13)$$

где: t_{ei} - среднее время восстановления i -й СЧ; λ_i - интенсивность отказов i -й СЧ; L - количество СЧ в РЭА.

Однако, в ОСТ 4Г 0.012.242 [3] указано, что формула (13) справедлива только для РЭА с «последовательной» структурной схемой надежности (СШ), у которой при восстановлении одной СЧ остальные переводятся в ненагруженный режим (режим ожидания). В тоже время, для современных РЭА характерно независимое восстановление СЧ, при котором во время восстановления отказавшей СЧ остальные остаются в нагруженном (рабочем) режиме.

Для этого случая в ОСТ 4Г 0.012.242-84 приведена следующая формула:

$$T_g = T_0 \cdot \frac{1 - K_r}{K_r}, \quad (14)$$

где: T_0 - среднее время наработки на отказ РЭА; K_r - коэффициент готовности РЭА.

$$K_{I'} = \prod_{i=1}^L K_{I_i}, \quad (15)$$

где: K_{I_i} - коэффициент готовности i -й СЧ.

Таким образом, для расчетов среднего времени восстановления СЧ можно использовать методики ОСТ 4.012.012-83, а для расчета среднего времени восстановления РЭА в целом вместо формулы (13) следует использовать формулу (14).

Кроме того, в ОСТ 4.012.012-83 не приведено формулы для расчета значения t_3 в формуле (2). Поскольку t_3 характеризует среднее время замены СЧ из состава ЗИП, можно предположить, что:

$$t_3 = \Delta t_{ЗИП} + t_{A.P.}, \quad (16)$$

где: $\Delta t_{ЗИП}$ - среднее время задержки удовлетворения заявки системой ЗИП; $t_{A.P.}$ - среднее время активного ремонта РЭА (замены СЧ).

Значение $\Delta t_{ЗИП}$ может быть получено с помощью методик, приведенных в ГОСТ РВ 27.1.03-2005, или с использованием программного обеспечения, например, системы АСОНИКА-К-ЗИП [1] программного комплекса АСОНИКА-К [2].

Заключение

В заключении следует отметить, что рассмотренные методики предназначены для оценки показателей ремонтпригодности РЭА с «последовательной» ССН. Для структурно-сложной (резервированной) РЭА аналитические методы оказываются достаточно трудоемкими и недостаточно точными, поэтому для их расчетов следует применять методы имитационного моделирования и соответствующие программные средства, например систему АСОНИКА-К-РЭС [3] программного комплекса АСОНИКА-К.

Литература

1. Жаднов В.В., Авдеев Д.К., Тихменев А.Н. Проблемы расчёта показателей достаточности и оптимизации запасов в системах ЗИП. / Надёжность. - 2011. - № 3. - с. 53-60.
2. Абрамешин А.Е., Жаднов В.В., Полесский С.Н. Информационная технология обеспечения надёжности электронных средств наземно-космических систем: научное издание. / Отв. ред. В.В. Жаднов. - Екатеринбург: Форт Диалог-Исеть, 2012. - 565 с.
3. Жаднов В.В., Тихменев А.Н. Имитационное моделирование в задачах оценки надёжности отказоустойчивых электронных средств. / Надёжность. - 2013. - № 1. - с. 32-43.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕПЛОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ В ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСАХ АСОНИКА-ТМ И SOLIDWORKS

Панасик Д.С.
НИУ ВШЭ

В данной статье представлены результаты моделирования опытного образца в двух программных комплексах теплового моделирования. Проведен анализ полученных данных и их сравнение.

Ключевые слова: печатный узел, тепловые воздействия, моделирование, АСОНИКА – ТМ, SolidWorks Flow Simulation.

Comparative analysis of the results of the simulation of electronic equipment in the software packages ASONIKA-TM and SolidWorks. Panasik D.S., HSE.

This article presents the results of a prototype simulation in two software complexes of thermal simulation. It also contains analysis of the obtained data and its comparison.

Keywords: printed board assembly, thermal effects, simulation, ASONIKA-TM, SolidWorks Flow Simulation.

Введение

На сегодняшний день одним из ключевых вопросов при производстве электронной аппаратуры (ЭА) является обеспечение её надёжности и качества. Существует множество дестабилизирующих факторов, влияющих на работоспособность электронных средств. Одним из таких факторов является тепло.

Как правило, лишь 5 – 10% энергии, подводимой к электронной аппаратуре, переходит в энергию полезного сигнала, остальная её часть преобразуется в тепло. Эта энергия не только