

УДК 517.958:52/59+621.396.68

МЕТОДИКА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ КОНТРОЛЕПРИГОДНОСТИ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

© 2012 С. У. Увайсов¹, Н. К. Юрков²

¹Московский институт электроники и математики национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

²Пензенский государственный университет

В статье предложена методика обеспечения тепловой контролепригодности радиотехнических устройств на этапе проектирования. Показаны результаты численных экспериментальных исследований радиотехнической аппаратуры по тепловому полю на примере блока питания БП641. Анализ полученных результатов показывает, что предложенное программное обеспечение выявляет производственные дефекты достоверно.

Тепловое поле, неразрушающая диагностика, радиотехнические устройства, производственные дефекты.

Введение

В настоящее время решение задач диагностирования радиотехнических устройств (РТУ) выходит на новый качественный уровень из-за мощного развития двух направлений, которые активно используются в задачах диагностирования. Первое – это появление мощной вычислительной техники, позволяющей решать сложные задачи моделирования. Второе – технические средства измерения (тепловизионные технологии), которые возможно сопрягать с вычислительной техникой, оперативно получая точные результаты измерения.

Таким образом, процесс диагностирования переживает качественно новый скачок, что выражается в совместном использовании современных технических средств измерения (чувствительные тепловизионные камеры совместно с компьютером) и применении мощных программ моделирования.

Роль методов термографии в диагностировании РТУ

Любое РТУ, имея на входе $X(t)$ с влиянием внешних факторов $Z(t)$ преобразует их в выход $Y(t)$. Преобразование осуществляется с помощью функции преобразования $f(X(t), q_i \in Q) = Y(t)$,

где q_i - параметр устройства со своими верхним q_i^g и q_i^h нижним допусками из множества $Q_{\text{норм}}$ - электрических, геометрических, теплофизических, физических и др. параметров. Причем, $q[Z(t)] = \text{var} = Q_{\text{норм}}$. Если параметр $q_i \notin [q_i^h, q_i^g]$, то РТУ неисправно.

Сейчас используются разнообразные методы диагностирования (электрический, функциональный, визуальный, рентгеноскопический и др.), но имеются такие производственные дефекты $Q_{\text{пр}}$, которые известными методами не выявляются.

Эти дефекты, как правило, оказывают влияние на температуру элементов РТУ, следовательно, их можно выявлять по значению температуры.

Среди всех методов диагностирования тепловые методы (или методы термографии) занимают особое положение. До 95% всех форм энергии в РТУ, в конечном счете, превращается в тепловую энергию. Любое отклонение теплофизических и геометрических параметров материалов конструкции от номинальных значений, а также изменение электрического режима работы РТУ, обусловленное отклонением параметра какого-либо элемента от номинала, приводит к изменению температурного поля РТУ [1].

Таким образом, для выявления производственных дефектов в РТУ применение методов термографии весьма актуально.

Методика обеспечения тепловой контролепригодности

На основе существующего метода теплового диагностирования РТУ разработан программный комплекс теплового диагностирования (ПКТД), подробно рассмотренный в [2]. Для обеспечения его эффективной работы (решение задачи обеспечения тепловой контролепригодности РТУ) нами предлагается методика, блок-схема которой представлена на рис. 1. Содержание блоков следующее.

Блок 1. Запуск программы моделирования. Построение в ней математической модели диагностируемого РТУ. Используется руководство пользователя для программы моделирования и техническая документация РТУ. Сохранение описания построенной математической модели в текстовый файл.

Блок 3. Запуск программного комплекса теплового диагностирования (ПКТД). Выбор в меню-создание «составляющих конечного автомата (КА)». Формирование составляющих КА, ориентированных на структуру выходного файла используемой программы моделирования. Сохранение созданных составляющих выполняется в том случае, если для используемой программы моделирования не сформированы составляющие КА.

Блок 4. Загрузка составляющих КА в ПКТД. Настройка ПКТД на автоматическую загрузку составляющих КА в пункте меню «настройка».

Блок 5. Составление списка неисправностей, которые возможны в данном РТУ и описаны в базе производственных дефектов. Загрузка в ПКТД текстового файла, описывающего математическую модель. Запуск КА. Назначение типов электрорадиоэлементов (ЭРЭ) для каждого ЭРЭ РТУ. Запуск автоматизированного формирования «списка дефектов», свойственных данному РТУ.

Блок 6. На основе разброса теплофизических параметров используемых материалов и геометрических параметров элементов конструкции проводится расчет предельно допустимых значений температур ЭРЭ по методу

Монте-Карло. Ввод в ПКТД для всех ЭРЭ РТУ полученных допусков на значение температуры.

Блок 7. Ввод в ПКТД для всех ЭРЭ, которые попали в «список дефектов», значений надежности и коэффициента тепловой нагрузки. Ввод ограничения на количество контрольных точек, если оно имеется. Запуск автоматизированного формирования «списка контрольных точек».

Блок 8. Запуск моделирования тепловых процессов РТУ в исправном состоянии и получение термограммы со значениями температур в контрольных точках.

Блок 9. Подключение опытного образца к стенду (ввод образца в рабочий режим). После выхода теплового поля РТУ на стационарный режим выполняется измерение температур в нескольких контрольных точках.

Блок 10. Уточнение тепловой модели проводится следующим образом. Сравнение измеренных значений температуры со значениями, полученными при моделировании. На основе полученных расхождений выполняется уточнение параметров математической модели.

Блок 11. Повторение операций, описанных в блоке №7 и в блоке №8.

Блоки 13,14. Внесение в конструкцию опытного образца дефекта из «списка дефектов», этот же дефект вносится в математическую модель РТУ путем внесения соответствующего изменения параметра.

Блок 15. Моделирование тепловых процессов РТУ, используя измененную математическую модель (в неисправном состоянии). Получение соответствующей термограммы со значениями температур в контрольных точках.

Блок 16. Выполнение аналогичных действий с дефектным образцом, описанных в блоке №8.

Блок 17. Устранение внесенного в конструкцию опытного образца дефекта. Устранение внесенного в математическую модель РТУ изменения, соответствующего дефекту.

Блок 18. Ввод пути, где располагается программа моделирования и указание соответствующих ей составляющих КА.

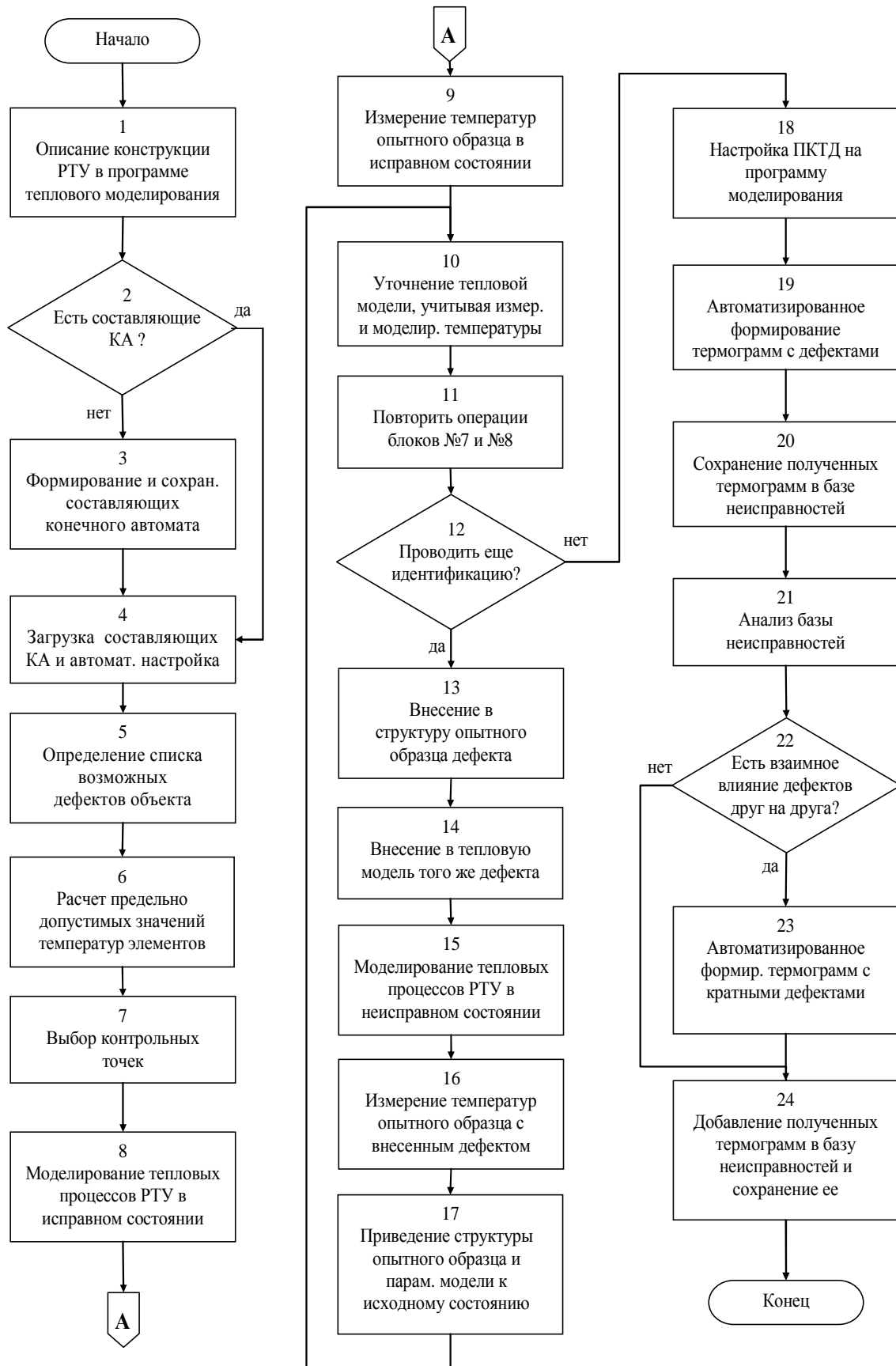


Рис. 1. Блок-схема методики обеспечения тепловой контролепригодности РТУ на этапе проектирования

Блок 19. Запуск автоматизированного формирования термограмм с дефектами путем моделирования тепловых процессов РТУ (при заданных данных, описанных в методике выше).

Блок 20. Сохранение полученных термограмм в базе неисправностей для данного типа РТУ.

Блок 21. Запуск анализа базы неисправностей на наличие причинно-следственных связей. Получение списка причинно-следственных связей. Сохранение списка в базе. Определение списка кратных дефектов, которые оказывают влияние друг на друга.

Блок 23. Запуск автоматизированного формирования термограмм с кратными дефектами по полученному списку в блоке №21.

Блок 24. Добавление полученных термограмм в базу неисправностей. Сохранение расширенной базы неисправностей.

При формировании составляющих КА необходимо иметь описание структуры входного файла программы моделирования.

Экспериментальное подтверждение эффективности разработанной методики

Численные экспериментальные исследования проводятся на блоке питания БП641. При построении тепловой модели функциональную ячейку разбиваем на компоненты. Блок состоит из двух печатных узлов и рамы-радиатора.

В результате моделирования печатного узла ТЮ5-087-780 была получена термограмма (рис. 2).

После внесения производственного дефекта (отсутствие пасты в ЭРЭ V10) в печатный узел ТЮ5-087-780 произведено измерение значений температуры в контрольных точках. В результате чего получили следующее множество температур (Табл. 1).

Заносим полученные значения температуры в программный комплекс теплового диагностирования. Запускаем процедуру диагностирования рамы-радиатора, в результате чего получаем диагноз в окошке ПКТД (рис. 2). Сопоставив внесенный дефект и полученный результат диагностирования, подсистема дала верный результат - «отсутствие пасты в элементе V10».

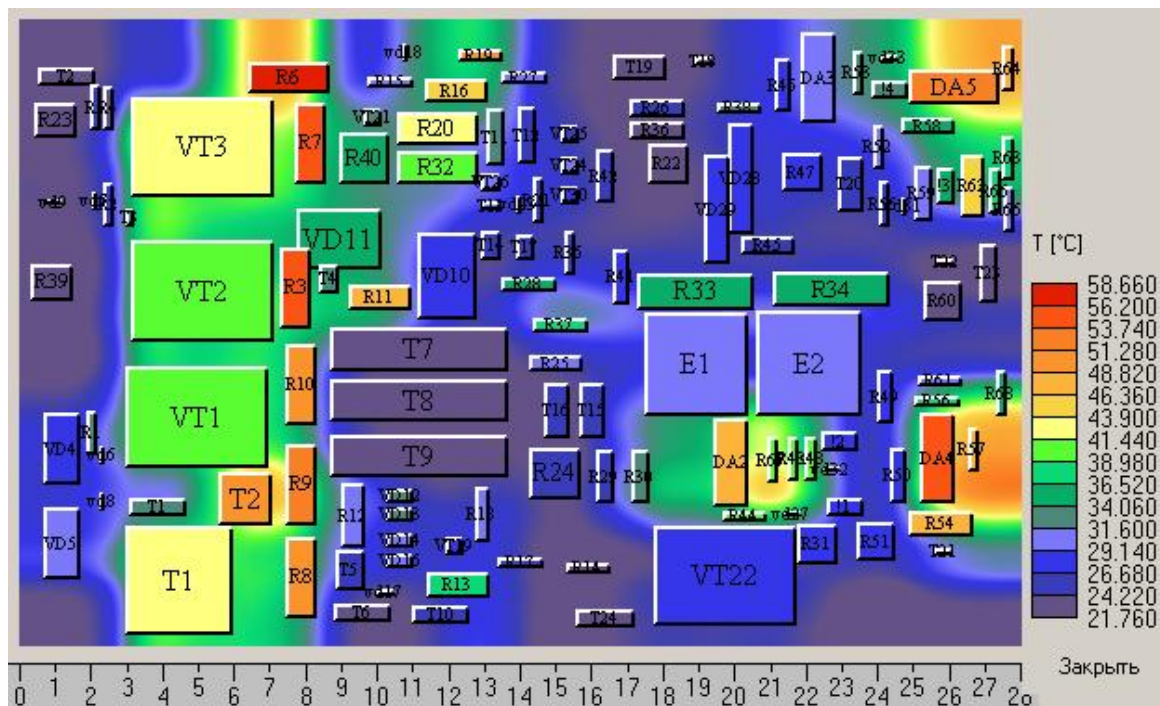


Рис. 2. Термограмма печатного узла ТЮ5.087.780 (без дефектов)

Таблица 1. Измеренные значения температур рамы-радиатора

C5	C6	D1	D5	D6	V7	V9	V10
29,27	28,27	32,63	32,47	32,63	32,47	33,47	41,72

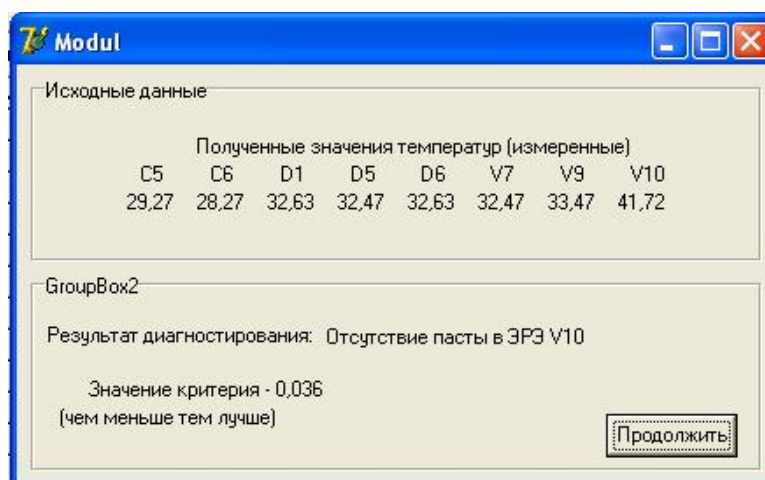


Рис. 3. Вывод результатов в ПКД

Измерение теплового поля проводилось как с помощью контактных датчиков, так и с помощью отечественного тепловизора «Радуга». Перед снятием тепловой картины проводилась калибровка тепловизора по излучателю температуры (абсолютно черное тело).

В результате проведенной серии экспериментов с различными производственными дефектами была получена Таблица 2, в которой перечислены все дефекты, с которыми проводились эксперименты и результаты, выводимые ПКТД.

Таблица 2. Проводимые эксперименты с БП-641

Наименование производственного дефекта, который вносили в исследуемый образец	Выявлено
без дефекта	успешно
обрыв в D1	отрицательно
отсутствие пасты D1	успешно
обрыв в D5	отрицательно
попадание мусора между D6 и радиатором	успешно
отсутствие пасты D6	успешно
попадание мусора между V10 и радиатором	успешно
отсутствие пасты V10	успешно
попадание мусора между V7 и радиатором	успешно
отсутствие пасты V7	успешно
отсутствие пасты V9	успешно
плохое крепление D6	успешно
плохое крепление V7	успешно
плохое крепление V10	успешно
плохое крепление D5 -отсутствие пасты V7	успешно
плохое крепление V7 - попадание мусора в D1	успешно
плохое крепление V9 - попадание мусора в D1	успешно
плохое крепление V10 - мусора в D1	успешно

Вывод

В процессе выполнения эксперимента методика применилась успешно. Анализ полученного диагноза говорит о том, что ПКТД выявлял производственные дефекты достоверно. Практическое использование ПКТД позволяет обеспечить на этапе проектирования контролепригодность радиоэлектронных устройств и средств для возможности его дальнейшего диагностирования на этапах производства и эксплуатации.

Статья подготовлена в рамках реализации проекта «Разработка программного комплекса, позволяющего повысить качество радиотехнических устройств за счет своевременного выявления скрытых дефектов» ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры

инновационной России (2009–2013 гг.)». Гос. контракт № 14.740.11.0840 от 01 декабря 2010 г.

Библиографический список

1. Ковалёнок, В. И. Исследование тепловых характеристик РЭС методами математического моделирования: [Текст]. / Коваленок В. И. [и др.]; под ред. А.В. Сарафанова. – М.: Радио и связь, 2003. -456 с.

2. Сулейманов, С. П. Программный комплекс Diaterm мониторинга качества печатных узлов: [Текст]. / С.П. Сулейманов, С.У. Увайсов, Р.И. Увайсов, И.А. Иванов // Качество и ИПИ (CALS) – технологии, 2006г. - №1. -С. 38-42.

THE METHOD OF PROVIDING HEAT TRACEABILITY OF WIRELESS DEVICES AT THE STAGE OF PROJECT

© 2012 S. U. Uvaysov¹, N. K. Yurkov²

¹Higher School of Economics

²Penza State University

In the article the technique of providing the heat of controllability of wireless devices at the stage of проектирования. Shows the results of numerical experimental research of radio equipment of the thermal field on the example of the power supply БП641. Analysis of the results shows that the proposed software identifies manufacturing defects reliably.

Thermal field, non-destructive diagnostics, radio engineering devices, manufacturing defects.

Информация об авторах

Увайсов Сайгид Увайсович, доктор технических наук, профессор, Московский институт электроники и математики НИУ «Высшая школа экономики». E-mail: uvaysov@yandex.ru. Область научных интересов: неразрушающий контроль электронных средств, испытания радиоэлектронных средств, моделирование характеристик бортовой аппаратуры.

Юрков Николай Кондратьевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой конструирования и производства радиоаппаратуры, Пензенский государственный университет. E-mail: yurkov_nk@mail.ru. Область научных интересов: надежность и качество радиоэлектронной аппаратуры.

Uvaysov Saygid Uvaysovich, doctor of technical sciences, professor, Moscow Institute of Electronics and Mathematics NRU Higher School of Economics. E-mail: uvaysov@yandex.ru. Area of scientific: non-destructive testing of electronic, electronic test equipment, modeling characteristics of the onboard equipment.

Jurkov Nikolay Kondratjevich, doctor of technical sciences, professor, head of design and production radio-electronic equipment, Penza State University. E-mail: yurkov_nk@mail.ru. Area of scientific: reliability and quality of electronic equipment.