

# Оценка времени локализации неисправности в автоматизированных системах диагностики РЭА

Г.Г. Сергеев<sup>1</sup>

*Abstract – The technique of an estimation of time of a work cycle of diagnostics and repair of radio-electronic equipment is offered.*

*Ключевые слова – Диагностика, локализация неисправности, технологический цикл.*

## I. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время на территории Украины эксплуатируется значительное количество радиоэлектронных комплексов и систем, изготовленных в 80-е годы прошлого века. На сегодняшний день практически все они исчерпали свой ресурс. Стоимость этих систем настолько высока, что приобретение достаточного количества современного оборудования непосильно для государственного бюджета. Так же нет финансовой возможности в полном объеме провести капитальный ремонт. В связи с этим автоматизация процесса диагностики радиоэлектронной аппаратуры 3-5 поколений является одной из наиболее актуальных задач, которую необходимо решить в кратчайшие сроки. Украинские НТП предлагают ряд универсальных систем диагностики и ремонта, которые позволяют в значительной степени автоматизировать процесс локализации неисправности в типовых элементах замены (ТЭЗ). В настоящей работе рассматриваются вопросы оптимизации времени технологического цикла локализации места неисправности с помощью автоматизированного ремонтного модуля «МАРС» [1].

## II. ОЦЕНКА ВРЕМЕНИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА ЛОКАЛИЗАЦИИ МЕСТА НЕИСПРАВНОСТИ

Базовая методика локализации места неисправности в цифровых и цифро-аналоговых ТЭЗ была рассмотрена в работе [2]. Для оценки времени технологического цикла  $t^f$  воспользуемся соотношением (1):

$$t^f = t^{\text{init}} + t^{\text{start}} + t^{\text{oscm}}, \quad (1)$$

где  $t^{\text{init}}$  - время необходимое для загрузки тестового набора из базы данных в память ПЭВМ и передачи его в контроллер БКУ «МАРС»;  $t^{\text{start}}$  - время «стартового» прогона испытуемого ТЭЗ, необходимого для входа в рабочий режим его функционирования,  $t^{\text{oscm}}$  - время съема осциллограмм и моделирования функциональных элементов. В свою очередь  $t^{\text{init}} = t^{\text{load}} + t^{\text{send}}$ , где  $t^{\text{load}}$  - время загрузки тестового набора в память ПЭВМ. Эксперименты показали, что  $t^{\text{load}}$  - случайная величина, распределенная по нормальному закону с параметрами

$\mu=127\text{с}$  и  $\sigma=35\text{с}$ .  $t^{\text{send}}$  - детерминированная величина, значение которой можно вычислить на основании выражения (2)

$$t^{\text{send}} = \frac{N^d \times \left[ \frac{w^d}{8} \right] + 14 \times N^a}{}, \quad (2)$$

где  $N^d$  и  $N^a$  - количество цифровых и аналоговых тестовых воздействий соответственно,  $w^d$  - количество цифровых контактов ТЭЗ,  $\frac{w^d}{8} = 12\text{МБит/с}$  - скорость передачи данных через интерфейс USB. Время вхождения в режим  $t^{\text{start}}$  можно рассчитать как

$$t^{\text{start}} = L \times \left( \sum_{i=1}^{N^d} t_i^{\text{wr}} + N^a \times t^{\text{DAC}} \right), \quad (3)$$

где  $L$  - количество повторений стартового цикла (определяется автором тестового набора),  $t_i^{\text{wr}}$  - задержка импульса чтения после импульса записи при выдаче цифрового тестового воздействия  $i$ ,  $t^{\text{DAC}} = 20\text{мкс}$  - время срабатывания цифро-аналогового преобразователя платы аналоговой низкочастотной (ПАНЧ).

Расчет времени  $t^{\text{oscm}}$  будем проводить на основании следующих положений. Для локализации неисправного элемента монтажа необходимо, как минимум, снять все осциллограммы на его выводах и выполнить моделирование его работы. Время съема одной осциллограммы можно оценить как

$$t^{\text{osc}} = 3 \left( \sum_{i=1}^{N^d} t_i^{\text{wr}} + \sum_{i=1}^{N^d} (t^{\text{DAC}} + m_i \cdot t^{\text{ADC}}) + t^{\text{rec}} \right) + t^{\text{or}}, \quad (4)$$

где  $m_i$  - количество аналоговых каналов ПАНЧ, задействованных в тестовом воздействии  $i$ ,  $t^{\text{ADC}} = 25\text{мкс}$  - время срабатывания АЦП и аналогового мультиплексора ПАНЧ,  $t^{\text{rec}}$  - время возврата результатов тестирования в ПЭВМ через интерфейс USB,  $t^{\text{or}}$  - время реакции оператора, необходимое для перестановки цифрового сенсора с одной контактной площадки на другую. Экспериментально было установлено, что  $t^{\text{or}}$  - случайная величина, распределенная по нормальному закону с параметрами  $\mu=2.1\text{с}$  и  $\sigma=0.7\text{с}$ .

Для оценки времени возврата данных  $t^{\text{rec}}$  будем использовать выражение (5):

<sup>1</sup> Севастопольский национальный технический университет, ул. Университетская, 33, Севастополь, 99043, УКРАИНА, E-mail:kvt@sevgtu.sebastopol.ua

$$t_{\text{rec}} = \frac{\sum_{i=1}^{N^d} (p_i \cdot w^d / 8)}{14 \times N^a}, \quad (5)$$

где  $p_i$  - вероятность, того что неисправность приведет к расхождению с образцовой реакцией ТЭЗ на тестовое воздействие  $i$ . Количество элементов  $\bar{E}$ , подлежащих моделированию в ПО «МАРС» до локализации места неисправности можно оценить при следующих допущениях: вероятность отказа элемента поверхностного монтажа не зависит от факта отказов соседних элементов; вероятность отказа отдельного элемента описывается нормальным законом (этап старения). Тогда, на основании анализа алгоритма, изложенного в [2]:

$$\bar{E} = \frac{\sum_{i=1}^M \frac{1}{\sigma_i \sqrt{2 \cdot \pi}} \int_0^{t_i^{\text{уст}} - t_i^{\text{cp}}} e^{-\frac{t_i^{\text{уст}} - t_i^{\text{cp}}}{2\sigma_i^2}} dt^{\text{уст}} \cdot l_i}{M}, \quad (6)$$

где  $\sigma_i$  и  $t_i^{\text{cp}}$  - паспортные данные для определения отказов элемента печатного монтажа на этапе старения;  $t_i^{\text{уст}}$  - время, прошедшее от установки элемента на печатную плату;  $l_i = \max_j(l_i^j)$  - максимальная длина кратчайшего

пути от какого-либо вывода элемента  $l_i^j$  до выхода ТЭЗ на котором обнаружено расхождение реакции с эталоном;  $M$  - количество элементов печатного монтажа на диагностируемом ТЭЗ. Таким образом, среднее время локализации и моделирования может быть рассчитано как

$$t^{\text{oscm}} = \bar{E} \cdot (\bar{k} \cdot t^{\text{osc}} + t^m), \quad (7)$$

где  $\bar{k}$  - среднее число выводов элементов печатного монтажа, а  $t^m$  - время работы блока моделирования ПО «МАРС». Очевидно, что время работы блока моделирования определяется длиной тестового воздействия, сложностью логической функции элемента и числом выводов. Однако, учитывая особенности его реализации, величину  $t^m \approx 3$  с, при условии что  $N^d < 100000$ .

В таблице 1 приведены результаты экспериментов, отражающие расхождение  $\Delta$  между величиной  $t^f$ , рассчитанной по формуле (1) и реальным временем локализации места неисправности в цифровых (I) и цифро-аналоговых ТЭЗ (II).

ТАБЛИЦА 1

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Тип ТЭЗ	Кол-во	$\Delta_{\text{min}}$ , с	$\Delta_{\text{med}}$ , с	$\Delta_{\text{max}}$ , с
I	48	325	624	1412
II	17	282	843	1762

### III. ОПТИМИЗАЦИЯ ВРЕМЕНИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА ЛОКАЛИЗАЦИИ МЕСТА НЕИСПРАВНОСТИ

Анализ выражений (1-7) показывает, что оптимизация времени технологического цикла возможна либо за счет сокращения длины функционального теста, либо за счет совершенствования алгоритма локализации места неисправности, то есть

$$\begin{cases} N^a + N^d \rightarrow \min \\ \bar{E} \rightarrow \min \end{cases} \quad (8)$$

В настоящее время в ПО «Марс» используется авторская методика, в основе которой лежит представление о тестовом наборе, как совокупности этапов проверки функциональных submodule в составе ТЭЗ. В этом случае, адаптивный алгоритм исключает из исполнения проверочные воздействия, которые не искажают реакции ТЭЗ и не приводят к нарушению стационарного режима при его циклическом повторении. На рис. 1 представлены результаты экспериментов по измерению времени локализации неисправности для ТЭЗ различной сложности с использованием «полного» тестового набора и адаптивного алгоритма.

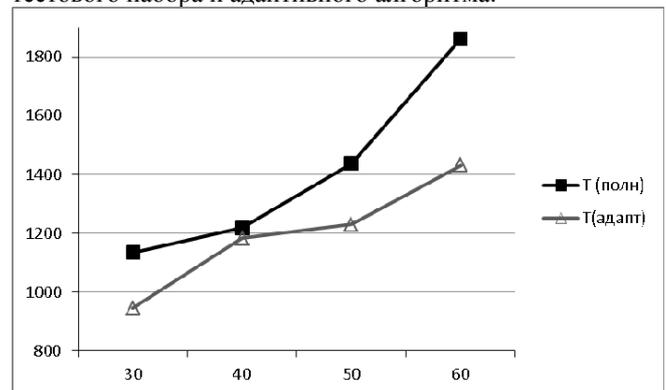


Рис. 1. Время локализации неисправности для ТЭЗ различного уровня сложности

### IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенная в данной работе методика оценки времени локализации неисправности в цифровых и цифро-аналоговых ТЭЗ, что может служить основой для определения норм выработки и оценки сроков ремонта изделия в целом.

### СПИСОК ССЫЛОК

- [1] Сергеев Г.Г. Новый подход к реализации программной системы единовременного тестирования дискретных и аналоговых устройств. / Г.Г. Сергеев // Вимірвальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. — 2007. — №1. — С. 60-63.
- [2] Сергеев Г.Г. Оптимизация процесса поиска причины отказа РЭА в условиях дефицита информации/ Г.Г. Сергеев, А.Л. Овчинников // Информационные технологии и компьютерная инженерия. — 2007. — №3 — С45-49.