

УДК 621.36.2

С. А. Положаенко<sup>1</sup>, А. А. Верлань<sup>2</sup>, И. Х. Осман<sup>1</sup><sup>1</sup>Одесский национальный политехнический университет<sup>2</sup>Институт проблем моделирования в энергетике  
НАН Украины, г. Киев

## ЛОКАЛИЗАЦИЯ НЕИСПРАВНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ПОДСХЕМ МЕТОДОМ ОБУЧАЮЩИХ И ПРОВЕРОЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Запропоновано метод локалізації несправних підсхем електронних пристроїв, який ґрунтується на принципі декомпозиції. Показано, що шляхом перевірки певним чином сформованих гіпотез відносно стану складових частин електронних пристроїв (суть аналізу їх характеристик), можна виділити несправну підсхему. Доведено ефективність методів локалізації при діагностиці електронних пристроїв.

**Ключові слова:** діагностика, локалізація несправних підсхем, принцип декомпозиції.

Диагностирование работоспособного состояния электронных устройств (ЭУ) различного назначения представляет собой важную техническую задачу. В постановочном плане и в процессе реализации данная задача существенно осложняется необходимостью получения оценок диагностирования непосредственно в ходе рабочего цикла электронного устройства. Особенно актуально указанный аспект решения задачи диагностики стоит для устройств, которые не могут быть выведены из эксплуатации. Например, это относится к элементам аварийной сигнализации, нерезервированным компонентам диспетчерского управления, а также устройствам, работающим в автономном режиме.

Известные к настоящему времени методы функционального и тестового диагностирования электронных устройств [1, 2] характеризуются рядом существенных недостатков. Так, методы функционального диагностирования ограничены возможностью проведения диагностического эксперимента (например, формирование на входе подсхемы произвольного тестового сигнала), что существенно снижает эффективность диагностирования. Методы тестового диагностирования, в свою очередь, требуют выведения из эксплуатации электронного устройства, что не позволяет использовать данные методы непосредственно в ходе рабочего цикла. Отмеченные недостатки обуславливают необходимость разработки методов диагностирования, обеспечивающих, с одной стороны – максимальную полноту получаемой оценки диагностирования, а с другой стороны – проведение диагностического эксперимента непосредственно в процессе эксплуатации электронного устройства.

Рассмотрим метод локализации неисправных электронных под-схем, основанный на анализе их обучающих и проверочных характе-ристик (метод ОПХ) и, который, по существу, можно отнести к мето-дам декомпозиции. Суть метода ОПХ состоит в том, что поиск неис-правной электронной подсхемы  $S_i$  ( $i = \overline{1, N}$ , где  $N$  – общее число ло-кализованных подсхем) сводится к поочередному рассмотрению ги-потез  $H_i$  о неисправности. При этом если какая-либо гипотеза  $H_i$  при-нимается, то подсхема  $S_i$  считается неисправной.

В качестве подсхем в ЭУ выделяются только такие, для которых возможна проверка априорно принятых гипотез  $H_i$ . Выделенная под-схема представляет собой многополюсник, имеющий  $m + 1$  внешних (полусных) узлов. Для описания подсхем необходимо иметь  $m$  неза-висимых уравнений относительно  $2m$  переменных [3], однозначно описывающих его состояние

$$\begin{cases} \varphi_1(x_1, \dots, x_{2m}) = 0, \\ \vdots \\ \varphi_m(x_1, \dots, x_{2m}) = 0. \end{cases} \quad (1)$$

Переменными  $x_1, \dots, x_{2m}$  являются токи, потребляемые подсхе-мой через полюсные узлы и напряжения между ее полюсами. При этом можно образовать различные системы из этих переменных, сре-ди которых традиционными являются системы полюсных величин (рис. 1а) и величин сторон многополюсника (рис. 1б).

Для описания многополюсников можно использовать и другие системы независимых величин. В этом случае вводится понятие “обобщенной стороны” многополюсника, определяемой в виде про-извольной пары его полюсов. Данной паре соответствует напряже-ние, равное разности потенциалов полюсов и контурный ток. Для определения системы независимых величин в графе, полученном в результате представления каждой обобщенной стороны отрезком, выбирают дерево. Всего для  $m + 1$ -полюсника можно построить  $(m + 1)^{m-1}$  систем  $2m$  независимых величин.

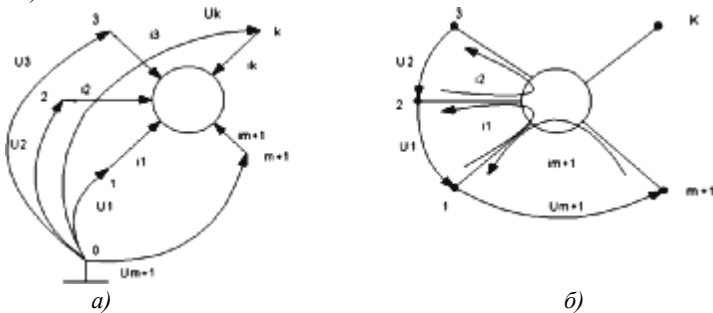


Рис. 1

Если разбить  $2m$  независимых переменных на две группы по  $m$  переменных и разрешить, при возможности, систему (1) относительно одной из групп, то многополюсник можно описать системой уравнений вида [3].

$$\begin{cases} y_1 = f_1(x_1, x_2, \dots, x_m), \\ y_2 = f_2(x_1, x_2, \dots, x_m), \\ \dots \\ y_m = f_m(x_1, x_2, \dots, x_m). \end{cases} \quad (2)$$

В случае, если представление вида (2) возможно, то вектор  $x = [x_1, \dots, x_m]^T$  ( $T$  – знак транспонирования) можно рассматривать как вход подсистемы, а вектор  $y = [y_1, \dots, y_m]^T$  – как выход подсистемы. В зависимости от вида уравнений системы (2) многополюсники разделяют на линейные и нелинейные.

Для любого линейного многополюсника с постоянными параметрами систему уравнений (1) можно представить в виде

$$Ax = C, \quad (3)$$

где  $x = x(p)$  –  $2m$ -мерный вектор изображений по Лапласу независимых переменных,  $C = C(p)$  –  $m$ -мерный вектор, соответствующий изображениям по Лапласу источников энергии, принадлежащих подсистеме,  $A$  – квадратная матрица размерности  $2m \times 2m$ , элементами которой являются постоянные величины или дробно-рациональные функции от оператора  $p$ .

В зависимости от выбранной системы независимых переменных вектор  $x$  можно разбить на части

$$x = [I:U]^T, \quad (4)$$

где  $I = I(p), U = U(p)$  – изображения по Лапласу токов и напряжений, вошедших в выбранную систему переменных.

В соответствии с (4) систему (3) можно представить в виде

$$[M:N] \begin{bmatrix} I \\ U \end{bmatrix} = C,$$

откуда

$$MI + NU = C. \quad (5)$$

Уравнение (5) при ряде допущений позволяет получить другие формы уравнений многополюсника. Так, в частности, если существует  $M^{-1}$ , то

$$I = -M^{-1}NU + M^{-1}C,$$

или, обозначив

$$-M^{-1}N = Y;$$

$$M^{-1}C = J,$$

получим

$$I = YU + J. \quad (6)$$

Если существует  $N^{-1}$ , то

$$U = -N^{-1}MI + N^{-1}C$$

или, обозначив

$$-N^{-1}M = Z;$$

$$N^{-1}C = E,$$

получим

$$U = ZI + E. \quad (7)$$

Уравнения (6) и (7) говорят о том, что как вектор токов, так и вектор напряжений можно выбирать в качестве входных или выходных сигналов для линейных подсхем. Кроме того, разбивая векторы

$$I = [I_1 : I_2]^T;$$

$$U = [U_1 : U_2]^T,$$

и обозначив

$$\xi_1 = [I_1 : U_2]^T;$$

$$\xi_2 = [U_1 : I_2]^T,$$

можно получить гибридное уравнение для многополюсника

$$\xi_1 = D\xi_2 + d \quad (8)$$

т.е. входные и выходные векторы можно формировать из различных независимых переменных (в (8)  $D$  и  $d$  – некоторые числовые константы).

Для нелинейных подсхем будем считать, что существует система уравнений вида (2). Необходимым условием для существования системы уравнений (2) является отсутствие в рассматриваемой подсхеме источников тока и напряжения, управляемых токами или напряжениями ветвей цепи, не входящими в данный многополюсник.

Таким образом, при использовании метода ОПХ для проверки гипотезы  $H_i$ , в зависимости от того, какое представление выбрано для подсхемы  $S_i$ , необходимо определить оценку выходного сигнала  $m + 1$  полюсника. Эта оценка сводится к набору из  $m$  независимых переменных, представляющих собой напряжения между полюсами подсхемы и токи, потребляемые подсхемой через полюсные узлы.

### Список использованной литературы:

1. Мозгалевский А. В., Калявин В. П., Костанди Г. Г. Диагностирование электронных схем. – Л.: Судостроение, 1984. – 224 с.

2. Киншт Н. В., Герасимова Г. Н., Кац М. А. Диагностика электрических цепей. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 192 с.
3. Влах И., Сингхал К. Машинные методы анализа и проектирования электронных схем. – М.: Радио и связь, 1988. – 560 с.

The method of localization of defective subsystems of electronic devices, which is offered it is founded on principle of decomposition. It is shown, that by verification definitely of the formed hypotheses in relation to being of component parts of electronic devices (essence of analysis of their descriptions), and it is possible to select defective of subsystem. Efficiency of methods of localization is led to at diagnostics of electronic devices.

**Key words:** *diagnostics, localization of defective subsystem, principle of decomposition.*

Отримано: 05.06.2008

УДК 621.771.06

**А. А. Пушкин, А. В. Тимошенко**

*Донбасская государственная машиностроительная академия,  
г. Краматорск*

## **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ДВУХМАССОВОЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРОКАТНОГО СТАНА**

В работе производится исследование электромеханического взаимодействия электрической и механической подсистем в составе двухмассовой электромеханической системы прокатного стана на основе компьютерного моделирования в пакетах прикладных программ MathCAD и MATLAB Simulink.

**Ключевые слова:** *электромеханическая система, демпфирование, упругие связи, математическое моделирование, переходные процессы.*

**Введение.** Преодоление кризисных явлений в экономике Украины сопровождаются ограничением энергетических и материальных ресурсов, увеличением количества потребления энергии, усложнением требований технологических процессов, в связи с этим возникла необходимость более полного учета взаимодействия электропривода с приводными механизмами, которые содержат упругие связи.

На сегодня, наиболее перспективным и рациональным способом подавления упругих колебаний является электротехнический, так как он прост в осуществлении, легко может использоваться для автоматизации любой электромеханической системы [1-2].

**Постановка задачи исследования.** Целью работы является исследование электромеханического взаимодействия парциальных