

УДК 658.012.011.56

К.И. Кучеров, Н.М. Пелехатый, Н.И. Адаменко

Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, Харьков

ВЫБОР ПРЕДЕЛЬНЫХ ОТКЛОНЕНИЙ НА ЗНАЧЕНИЯ УЗЛОВЫХ ТОКОВ ПРИ ДИАГНОСТИРОВАНИИ МОДУЛЕЙ ИЗМЕРЕНИЙ ИЗЛУЧЕНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

В работе рассматривается методика определения предельных отклонений на значения узловых токов, используемых при формировании диагностического вектора автоматизированной системы контроля модулей РЭА и ЭТА при серийном поточном производстве с использованием ЭВМ для случая, когда поля допусков относительно номинальных значений параметров элементов расположены несимметрично.

Ключевые слова: *диагностирование, контроль, качество, радиоэлектронная и электротехническая аппаратура, диагностический вектор, поля допусков, узловые токи, электрические цепи, граф, ветвь.*

Введение

Одной из основных задач современного производства является выпуск высококачественной продукции промышленными предприятиями, в том числе и в электротехнической и радиоэлектронной отраслях промышленности. Проблемы стабилизации качества, снижения себестоимости продукции, повышения надежности изделий, экономии материальных и трудовых ресурсов являются весьма актуальными, а в условиях мирового экономического кризиса, в особенности. Решение этих задач на различных этапах регламентировалось конкретными условиями производства и общим уровнем развития науки и техники. Однако, несмотря на достигнутое улучшение метрологического и технического обеспечения производства, до настоящего времени применяются методы не количественной, субъективной оценки качества промышленной продукции. Возможности использования физических измерений при контроле качества в таком случае значительно ограничиваются, что, в свою очередь, осложняет создание единых методик решения задач контроля и диагностики радиоэлектронной и электротехнической аппаратуры (РЭА и ЭТА), а также приводит к выбору таких приемов управления качеством, которые носят слишком общий характер и поэтому несовместимы с современным уровнем развития производства. Успешное решение рассматриваемой проблемы управления качеством выпускаемой продукции зависит, прежде всего, от объективной количественной оценки качества продукции. Поэтому задачи контроля и диагностирования РЭА и ЭТА в реальном масштабе времени в условиях серийного производства весьма актуальны.

Для сплошного контроля и диагностирования модулей РЭА и ЭТА в промышленности приме-

няются гибкие автоматизированные системы, принцип действия которых основан на сравнении контролируемых и диагностируемых объектов с моделью эталона путем измерений значений параметров элементов и регистрации совокупности параметров отклонений по каждому контролируемому элементу модуля, либо их совокупности.

В основе гибкой автоматизированной системы диагностирования модулей РЭА и ЭТА по постоянному току в условиях серийного производства лежит метод определения сумм узловых токов по измеренным токам в узлах [1]. При этом диагностируемый модуль подключается к источнику постоянного тока.

Целью диагностирования – отыскание неисправных элементов с помощью автоматизированной системы контроля, диагностирования и регулирования (АСКДР), включающей мини- и микро-ЭВМ. Алгоритм диагностирования предусматривает определение допустимых значений узловых токов.

Ниже излагается методика определения предельных отклонений узловых токов для случая, когда поля допусков параметров элементов модулей РЭА и ЭТА расположены несимметрично относительно их номинальных значений. Случай симметричного расположения полей допусков был рассмотрен в работе [2].

Результаты исследований

Представим диагностируемый участок топологическим графом (рис. 1), где обозначено:

V_i – узлы, связанные ветвями Z_ν, Z_μ ;

$i = \overline{1, K}$, - число узлов, $\nu = \overline{1, q_i}$,

q_i – число ветвей, входящих в узел токов,

$\mu = \overline{1, p_i}$,

p_i – число ветвей, исходящих из i -го узла токов.

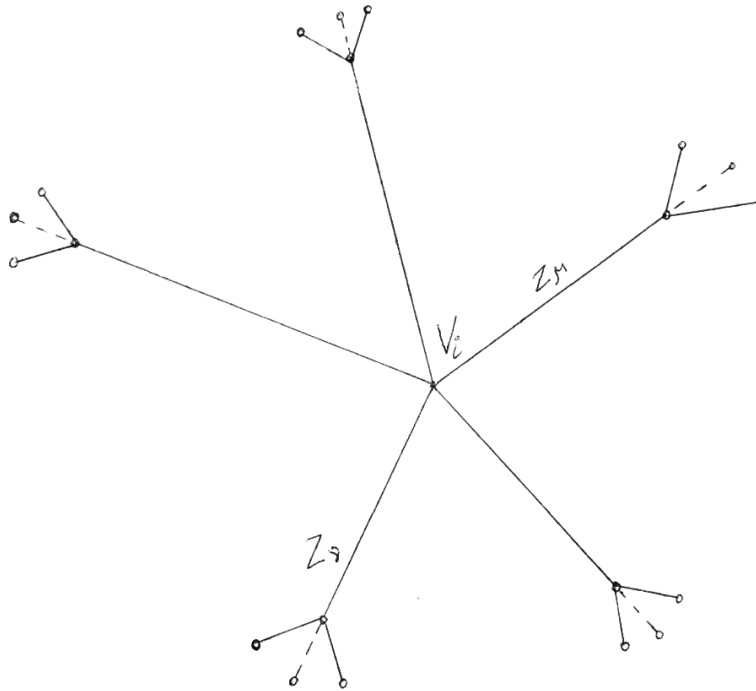


Рис. 1. Топологический граф участка диагностируемого модуля РЭА или ЭТА

При диагностировании производятся измерения потенциалов $\vec{\varphi} = (\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_k)$ всех узлов, затем вычисляются векторы $\vec{U} = (U_1, U_2, \dots, U_m)$ разностей узловых потенциалов ветвей.

Обозначая как \vec{I} – вектор-столбец токов ветвей и \hat{G} – матрицу проводимостей ветвей, можно записать матричное равенство

$$\vec{I} = \hat{G}\vec{U}. \quad (1)$$

Для каждого узла выполняется условие

$$I_i = \sum_{v=1}^{g_i} I_v + \sum_{\mu=1}^{p_i} I_\mu = \sum_{v=1}^{g_i} G_v U_v + \sum_{\mu=1}^{p_i} G_\mu U_\mu = 0 \quad (2)$$

при реальном значении проводимостей вне зависимости от состояния элементов ветвей: являются они исправными или неисправными.

Предположим, что все элементы ветвей являются исправными. Их проводимости G_v и G_μ принимают значения:

$$G_v = (G_{nv})_{+\Delta G_v^b; +\Delta G_v^H};$$

$$G_\mu = (G_{n\mu})_{+\Delta G_\mu^b; +\Delta G_\mu^H},$$

где ΔG_v^b и ΔG_μ^b , ΔG_v^H и ΔG_μ^H – соответственно верхние и нижние предельные отклонения проводимостей ветвей для входящих в узел и выходящих из

узла токов, а G_{nv} и $G_{n\mu}$ – номинальные значения проводимостей тех же ветвей.

Таким образом, в реальных условиях для исправных элементов ветвей

$$\begin{aligned} G_v &= G_{nv} + \Delta G_v, \\ G_\mu &= G_{n\mu} + \Delta G_\mu, \end{aligned} \quad (3)$$

$$\Delta G_v^H \leq \Delta G_v \leq \Delta G_v^b, \Delta G_\mu^H \leq \Delta G_\mu \leq \Delta G_\mu^b.$$

G учетом (3) равенство (2) можно записать так

$$\begin{aligned} I_i &= \sum_{v=1}^{g_i} I_v + \sum_{\mu=1}^{p_i} I_\mu = \\ &= \sum_{v=1}^{g_i} G_v U_v + \sum_{\mu=1}^{p_i} G_\mu U_\mu + \\ &+ \sum_{v=1}^{g_i} \Delta G_v U_v + \sum_{\mu=1}^{p_i} \Delta G_\mu U_\mu. \end{aligned} \quad (4)$$

Алгоритм диагностирования предусматривает вычисление значения тока для каждого узла

$$I_{bi} = \sum_{v=1}^{g_i} G_{nv} U_v + \sum_{\mu=1}^{p_i} G_{n\mu} U_\mu. \quad (5)$$

Очевидно, для выполнения условия (2) величина тока

$$I_{zi} = \sum_{v=1}^{g_i} \Delta G_v U_v + \sum_{\mu=1}^{p_i} \Delta G_\mu U_\mu \quad (6)$$

должна быть равна по величине и обратна по знаку величине тока I_{bi} (5).

В (5) и (6) $U_v > 0$, $U_\mu < 0$.

В том случае, когда проводимости G_v и G_μ принимают номинальные значения G_{nv} и $G_{n\mu}$, разности потенциалов U_v и U_μ также будут номинальными - U_{nv} и $U_{n\mu}$.

В общем случае

$$\begin{aligned} U_v &= U_{nv} + \Delta U_v; \\ U_\mu &= U_{n\mu} + \Delta U_\mu. \end{aligned} \quad (7)$$

Если подставить (7) в (6) и пренебречь величинами второго порядка малости, то

$$I_{zi} = \sum_{v=1}^{g_i} \Delta G_v U_{nv} + \sum_{\mu=1}^{p_i} G_\mu U_{n\mu}. \quad (8)$$

В силу наличия допусков на параметры элементов, входящих в ветви, значения токов I_{zi} могут принимать предельные значения – наибольшие I_{zi}^{\max} и наименьшие I_{zi}^{\min} , которые согласно (8) представляются так:

$$I_{zi}^{\max} = \sum_{v=1}^{g_i} \Delta G_v^b U_{nv} + \sum_{\mu=1}^{p_i} G_\mu^H U_{n\mu}, \quad (9)$$

$$I_{zi}^{\min} = \sum_{v=1}^{g_i} \Delta G_v^H U_{nv} + \sum_{\mu=1}^{p_i} G_\mu^b U_{n\mu}. \quad (10)$$

Очевидно, $\delta I_{zi} = I_{zi}^{\max} - I_{zi}^{\min}$ - допуск на значения тока узла.

Если проводимости ветвей, сходящихся в данном узле, не выходят за предельные значения, то выполняется условие:

$$I_{zi}^{\min} \leq I_{bi} \leq I_{zi}^{\max}. \quad (11)$$

В противном случае, когда один или несколько элементов в цепи оказываются неисправными, одно или несколько значений ΔG_v , ΔG_μ выходят за пределы своих полей допусков. Тогда I_{bi} также выходит за пределы своего поля допуска δI_{zi} , определяемого условием (11).

Процесс диагностирования, реализуемый с помощью ЭВМ, предусматривает построение диагностического вектора для всего испытываемого модуля РЭА или ЭТА, исходными данными для которого являются исходные коды, приписываемые каждому узлу следующим образом:

если выполняется условие (11) – код имеет значение "0",

если не выполняется - значение "1".

Процедура формирования диагностического вектора описана в [1].

Заметим, что в зависимости от типа модуля, поступающего на пост диагностирования, используются заранее подготовленные для него устройства

памяти с записанными в них значениями I_{zi}^{\max} и I_{zi}^{\min} , вычисленными согласно (9) и (10), чем достигается гибкость автоматизированной системы диагностирования.

Условием (11) с учетом (9), (10) целесообразно пользоваться, когда число ветвей в узле невелико ($v + \mu \leq 4$).

При большем числе ветвей рекомендуется пользоваться при построении модели определения предельных отклонений теоретико-вероятностным методом (ГОСТ 16319-70) вычисления значений

$I_{zi}^{\delta \max}$, $I_{zi}^{\delta \min}$ и допуска

$$\delta I_{zi}^\delta = I_{zi}^{\delta \max} - I_{zi}^{\delta \min},$$

который меньше δI_{zi} .

Так как отклонения параметров элементов модуля от их номинальных значений являются независимыми случайными величинами, подчиненными преимущественно нормальному закону распределения [3], то случайные величины I_{zi} , определяемые согласно (8), будут также подчинены нормальному закону распределения на основе правила композиции законов Гаусса [4].

Математическое ожидание $M(I_{zi})$ случайной величины I_{zi} с учетом (8) равно

$$\begin{aligned} M(I_{zi}) &= \\ &= \sum_{v=1}^{g_i} U_{nv} M(\Delta G_v) + \sum_{\mu=1}^{p_i} U_{n\mu} M(\Delta G_\mu), \end{aligned} \quad (12)$$

где $M(\Delta G_v)$ и $M(\Delta G_\mu)$ - математические ожидания проводимостей соответствующих ветвей.

Если середина поля допуска совпадает с центром распределения случайных величин ΔG_v , ΔG_μ , то

$$\begin{aligned} M(\Delta G_v) &= 0,5(\Delta G_v^b + \Delta G_v^H), \\ M(\Delta G_\mu) &= 0,5(\Delta G_\mu^b + \Delta G_\mu^H), \end{aligned} \quad (13)$$

причем, предельные отклонения значений проводимостей нужно подставлять в (13) с учетом их знаков.

Дисперсия случайной величины I_{zi} (8) будет равна

$$\delta_{Iz}^2 = \sum_{v=1}^{g_i} U_{nv}^2 (\delta_{G_v})^2 + \sum_{\mu=1}^{p_i} U_{n\mu}^2 (\delta_{G_\mu})^2, \quad (14)$$

где δ_{G_v} и δ_{G_μ} - средние квадратические отклонения случайных величин ΔG_v и ΔG_μ .

В случае нормального закона распределения случайных величин ΔG_v , ΔG_μ и I_{zi} с риском 0,27% (ГОСТ 16320-70) можно принять:

$$\begin{aligned}\delta I_{3i}^{\delta} &= 6\delta_{i3}; \\ \Delta G_{\mu}^b - \Delta G_{\mu}^H &= 6\delta_{G_{\mu}}; \\ \Delta G_{\nu}^b - \Delta G_{\nu}^H &= 6\delta_{G_{\nu}}.\end{aligned}$$

Следовательно, учитывая (14),

$$\begin{aligned}(\delta I_{3i}^{\delta})^2 &= \sum_{\nu=1}^{g_i} U_{\nu}^2 (\Delta G_{\nu}^b - \Delta G_{\nu}^H)^2 + \\ &+ \sum_{\mu=1}^{p_i} U_{\mu}^2 (\Delta G_{\mu}^b - \Delta G_{\mu}^H)^2.\end{aligned}\quad (15)$$

Теперь можно определить, используя (12) и (15),

$$\begin{aligned}I_{3i}^{\delta \max} &= M(I_{3i}) + 0,5\delta I_{3i}^{\delta}; \\ I_{3i}^{\delta \min} &= M(I_{3i}) - 0,5\delta I_{3i}^{\delta}.\end{aligned}\quad (16)$$

Согласно (16), (15) и (12) определяются

$$I_{3i}^{\delta \max} \text{ и } I_{3i}^{\delta \min},$$

которые должны быть введены в память ЭВМ и использованы при формировании диагностического вектора с учетом того, что в (11) вместо

$$I_{3i}^{\max} \text{ и } I_{3i}^{\min}$$

нужно подставлять

$$I_{3i}^{\delta \max} \text{ и } I_{3i}^{\delta \min}.$$

Таким образом, при использовании теоретико-вероятностного метода, условия диагностирования получаются более жесткими, качество диагностирования будет выше, хотя и существует риск, что 0,27% годных модулей могут быть возвращены на доработку. Однако, данный риск окупается в последующем, так как с увеличением достоверности диагноза уменьшается вероятность сбоев при реализации дальнейших технологических процессов производства изделий.

Вывод

Суммируя результаты, полученные выше, с описанными в работе [2], можно сделать вывод, что алгоритм диагностирования значений узловых токов становится универсальным, так как может быть применен для всех возможных допустимых значений предельных отклонений узловых токов, когда поля допусков параметров элементов контролируемых и диагностируемых модулей расположены как симметрично, так и асимметрично.

Список литературы

1. Метод диагностирования печатных модулей аналоговой РЭА / С.Г. Чуб, О.В. Макаренко и др. // Автоматизированные системы управления летательных аппаратов. – 1982. – Вып. 4. – С.140-145.
2. Кучеров К.И. Определение допусков на измеренную составляющую диагностического вектора / К.И. Кучеров. – ПТО, №8, 1984. Депон. в ЦНТИ "Поиск", регистр. № 035-3375. – 8 с.
3. Недоступ Л.А. Технологические методы управления качеством радиоэлектронных устройств / Л.А. Недоступ, Е.Т. Удовиченко, Г.А. Шевцов. – М.: Изд-во стандартов, 1976. – 124 с.
4. Венцель Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Венцель. – М.: Высш. шк., 2002. – 575 с.

Поступила в редколлегию 24.03.2015

Рецензент: д-р техн. наук проф. В.А. Андронов, Национальный университет гражданской защиты, Харьков.

ВИБІР ГРАНИЧНИХ ВІДХИЛЕНЬ НА ЗНАЧЕННЯ ВУЗЛОВИХ СТРУМІВ ПРИ ДІАГНОСТУВАННІ МОДУЛІВ ВИМІРЮВАНЬ ВИПРОМІНЮВАННЯ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ АПАРАТУРИ

К.І. Кучеров, М.М. Пелехатий, М.І. Адаменко

У роботі розглядається методика визначення граничних відхилень на значення вузлових струмів, використовуваних при формуванні діагностичного вектора автоматизованої системи контролю модулів РЕА і ЕТА при серійному потоковому виробництві з використанням ЕОМ для випадку, коли поля допусків щодо номінальних значень параметрів елементів розташовані несиметрично.

Ключові слова: діагностування, контроль, якість, радіоелектронна і електротехнічна апаратура, діагностичний вектор, поля допусків, вузлові струми, електричні ланцюги, граф, гілка.

CHOICE OF MAXIMUM REJECTIONS ON KEY CURRENTS VALUES AT DIAGNOSTICATING RADIOELECTRONIC FACILITIES OF RADIATION MEASUREMENTS MODULES

K.I. Kucherov, V.M. Pelekhaty, M.I. Adamenko

Paper treats the examination technique of maximum rejections values of key currents, that is used for forming the diagnostic vector of the automatic system of radio-electronic and electrical-engineering facilities modules control within mass production with using Computer for a case of fields of admittances in relation to the basic values of date are located asymmetrically.

Key words: diagnosing, control, quality, radio-electronic (REF) and electrical-engineering (EEF) facilities, diagnostic vector, fields of admittances, key currents, electric chains, count, branch.