

**ПОСТРОЕНИЕ ПРОВЕРЯЮЩЕГО И ДИАГНОСТИЧЕСКОГО
ТЕСТОВ ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ ОБЪЕКТА ДИАГНОЗА**
*CONSTRUCTION OF VERIFICATION AND DIAGNOSTIC TESTS FOR
THE FUNCTIONAL DIAGRAM OF THE OBJECT OF DIAGNOSIS*

Филина О.А. – ст. преподаватель, **Яшагина А.В.** – студент, **Иванов Н.С.** – студент,
Колесов А.А. – студент

Казанский Государственный Энергетический Университет, Россия, г. Казань
olga_yuminova83@mail.ru

Abstract. This article is devoted to the problem of technical diagnostics in urban electric transport. To solve the problem, it is necessary to translate the qualitative determination of the TS on some quantitative basis. The formalization of qualitative definitions is a necessary condition for the construction of formal (computable) diagnostic algorithms.

Keywords: increase of reliability, spectral method, component, conversion process, method, operating time, fault, possible states.

Аннотация. Эта статья посвящена проблеме технической диагностике на городском электрическом транспорте и электрооборудовании. Для решения задачи необходим перевод качественного определения ТС на некоторую количественную основу. Формализация качественных определений является необходимым условием построения формальных (вычислимых) алгоритмов диагностики.

Ключевые слова: повышение надёжности, спектральный метод, компонент, процесс преобразования, методика, наработка, неисправность, возможные состояния, железнодорожная автоматика, телемеханика и связь.

Непрерывные системы *железнодорожной автоматике, телемеханики и связи* (ЖАТС) имеют особенности, которые позволяют при их анализе отдать предпочтение логическим моделям. Применение логических моделей связано с допусковыми методами контроля, которые характеризуются тем, что заключение о техническом состоянии объекта составляют по результатам оценки значений сигналов в контрольных точках (значений контролируемых параметров объекта). Результаты контроля параметров при этом приводятся к оценкам вида: «в допуске – не в допуске», «в норме – не в норме», иначе говоря, к оценкам двужначного типа (ноль или единица). Отсюда следует, что в этих случаях удобно применять модели логического типа и различные логические методы.

На первом этапе построения логической модели в системе выделяют отдельные функциональные элементы, входы и выходы которых доступны для измерения [1].

На втором этапе построения модели составляют функциональную схему системы как объекта диагноза, в которой указывают все выделенные элементы и связи между ними.

Функциональная схема объекта диагноза (рис. 1) содержит восемь элементов — Э1 — Э8, имеет четыре внешних входных воздействия — $x_1 - x_4$ и формирует четыре выходные реакции — y_5, y_6, y_7, y_8 . Каждый элемент формирует свою выходную реакцию y_i , причем выходные реакции элементов Э5, Э6, Э7, Э8 совпадают с выходными реакциями схемы. Примем, что $x_i=1$ и $y_i=1$, если i -е входное воздействие или выходная реакция j -го элемента являются допустимыми; в противном случае $x_i = 0$ и $y_i = 0$.

Ограничимся рассмотрением только одиночных неисправностей, поэтому система имеет девять состояний:

$$\begin{aligned} S_0 &= 11111111, & S_1 &= 01111111, & S_2 &= 10111111, \\ S_3 &= 11011111, & S_4 &= 11101111, & S_5 &= 11110111, \\ S_6 &= 11111011, & S_7 &= 11111101, & S_8 &= 11111110. \end{aligned}$$

При работе с логической моделью предполагается, что на входы объекта поступает единственное входное воздействие, определяемое допустимыми значениями всех входных сигналов [2].

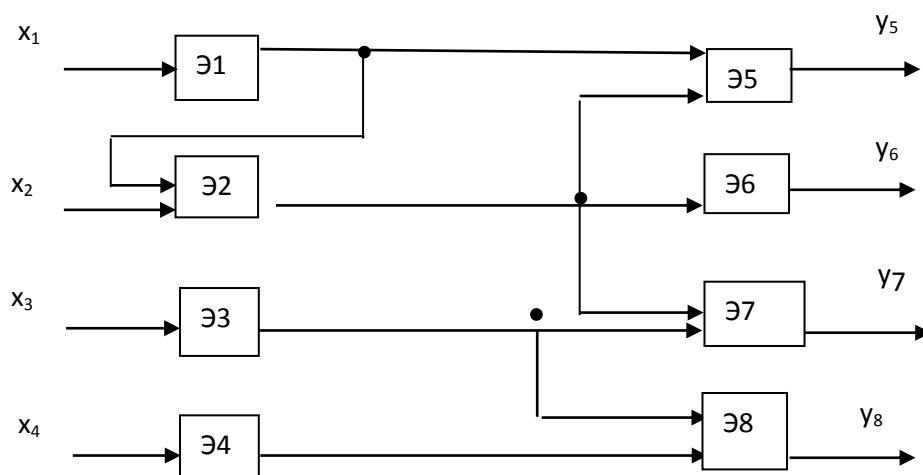


Рис.1. Функциональная схема объекта диагноза

Поэтому возможные элементарные проверки отличаются только наборами контрольных точек, в которых осуществляется измерение. В этом случае задача построения алгоритма диагноза сводится к выбору совокупности контрольных точек, достаточной для решения определенной задачи диагноза. На практике большое число проверок не может быть осуществлено, так как нет доступа к выходам некоторых элементов; невозможно подключиться сразу к выходам нескольких элементов и т.п.

В рассматриваемом случае будем считать, что возможны только те проверки, которые заключаются в измерении реакции на выходе одного из элементов системы, причем для измерения доступны выходы всех элементов. Обозначим элементарную проверку как π_i – это контроль реакции на выходе i -го элемента ($i \in \{1, 2, \dots, 7\}$).

В табл. 1 приведена таблица функций неисправностей (ТФН), составленная для системы (см. рис. 1) [3].

Табл. 1

Проверка	Результат R проверки для системы, находящейся в состоянии								
	S_0	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8
π_1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
π_2	1	0	0	1	1	1	1	1	1
π_3	1	1	1	0	1	1	1	1	1
π_4	1	1	1	1	0	1	1	1	1
π_5	1	0	0	1	1	0	1	1	1
π_6	1	0	0	1	1	1	0	1	1
π_7	1	0	0	0	1	1	1	0	1
π_8	1	1	1	0	0	1	1	1	0

Когда система исправна (состояние S_0), на выходах всех элементов имеют место допустимые значения сигналов. Отказ какого-либо элемента вызывает появление недопустимого значения сигнала на его выходе и на выходах всех связанных с ним элементов.

Данная ТФН содержит всю необходимую информацию для построения проверяющего и диагностического тестов. Каждая графа ТФН задает некоторую функцию, определяемую на множестве проверок. Функция равна единице, если проверка

дает допустимый результат. Обозначим F – функция исправного объекта; f_i – функция i -го состояния неисправного объекта или функция i -той неисправности. Например, имеем:

$$\begin{aligned} F &= \pi_1 \vee \pi_2 \vee \pi_3 \vee \pi_4 \vee \pi_5 \vee \pi_6 \vee \pi_7 \vee \pi_8, \\ f_1 &= \pi_3 \vee \pi_4 \vee \pi_8, & f_2 &= \pi_1 \vee \pi_3 \vee \pi_4 \vee \pi_8, \\ f_3 &= \pi_1 \vee \pi_2 \vee \pi_4 \vee \pi_5 \vee \pi_6, & f_4 &= \pi_1 \vee \pi_2 \vee \pi_3 \vee \pi_5 \vee \pi_6 \vee \pi_7, \\ & & f_5 &= \pi_1 \vee \pi_2 \vee \pi_3 \vee \pi_6 \vee \pi_7 \vee \pi_8, \\ f_6 &= \pi_1 \vee \pi_2 \vee \pi_3 \vee \pi_4 \vee \pi_5 \vee \pi_7 \vee \pi_8, & f_7 &= \pi_1 \vee \pi_2 \vee \pi_3 \vee \pi_4 \vee \pi_5 \vee \pi_6 \vee \pi_8, \\ & & f_8 &= \pi_1 \vee \pi_2 \vee \pi_3 \vee \pi_4 \vee \pi_5 \vee \pi_6 \vee \pi_7 \end{aligned}$$

При построении теста T_n для каждой неисправности вычисляют проверяющую функцию:

$$\varphi_i = F \oplus f_i. \quad (1)$$

Функция $\varphi_i = 1$ только на тех проверках, на которых результаты проверок различны для исправной схемы и для схемы с i -той неисправностью. Иначе говоря, она объединяет те проверки, на которых i -тая неисправность обнаруживается [4].

Проверяющий тест

$$T_n = \varphi_1 \varphi_2 \dots \varphi_n, \quad (2)$$

где n – число неисправностей.

В данном случае $n = 8$.

Для того чтобы найти φ_i складываем полученные значения по формуле (1) и получаем:

$$\begin{aligned} \varphi_1 &= \pi_1 \vee \pi_2 \vee \pi_5 \vee \pi_6 \vee \pi_7, & \varphi_2 &= \pi_2 \vee \pi_5 \vee \pi_6 \vee \pi_7, \\ \varphi_3 &= \pi_3 \vee \pi_7 \vee \pi_8, & \varphi_4 &= \pi_4 \vee \pi_8, \\ \varphi_5 &= \pi_5, & \varphi_6 &= \pi_6, & \varphi_7 &= \pi_7, & \varphi_8 &= \pi_8 \end{aligned}$$

Тогда

$$\begin{aligned} T_n &= \varphi_1 \varphi_2 \varphi_3 \varphi_4 \varphi_5 \varphi_6 \varphi_7 \varphi_8 = \\ &= (\pi_1 \vee \pi_2 \vee \pi_5 \vee \pi_6 \vee \pi_7) (\pi_2 \vee \pi_5 \vee \pi_6 \vee \pi_7) (\pi_3 \vee \pi_7 \vee \pi_8) (\pi_4 \vee \pi_8) \pi_5 \pi_6 \pi_7 \pi_8 \end{aligned} \quad (3)$$

Выражение (2) может быть упрощено на основе закона поглощения, который характеризуется следующими равенствами:

$$\begin{aligned} a(a \vee b) &= aa \vee ab = a \vee ab = a(1 \vee b) = a \times 1 = a, \\ (a \vee b)(a \vee b \vee c) &= a \vee b, \end{aligned}$$

или в общем случае

$$(G_1 \vee G_2)(G_1 \vee G_3) = G_1, \quad (4)$$

где G_1, G_2, G_3 – любые логические функции.

По действиям:

$$\begin{aligned}
1) & (\pi_6) \times (\pi_6 + \pi_7) = \pi_6 \times \pi_6 + \pi_6 \times \pi_7 = \pi_6 \times (1 + \pi_7) = \pi_6 \\
2) & (\pi_6) \times (\pi_6 + \pi_8) = \pi_6 \times \pi_6 + \pi_6 \times \pi_8 = \pi_6 \times (1 + \pi_8) = \pi_6 \\
3) & (\pi_6) \times (\pi_4 + \pi_6) = \pi_6 \times \pi_4 + \pi_6 \times \pi_6 = \pi_6 \times (1 + \pi_4) = \pi_6 \\
4) & (\pi_1 + \pi_5) \times (\pi_1 + \pi_5) = \pi_1 + \pi_5 \\
5) & (\pi_1 + \pi_5) \times (\pi_1 + \pi_2 + \pi_5) = \pi_1 \times (\pi_1 + \pi_2 + \pi_5) + \pi_5 \times (\pi_1 + \pi_2 + \pi_5) = \pi_1 \times (1 + \pi_2 + \pi_5) + \pi_5 \times (1 + \pi_2 + \pi_5) = \\
& = \pi_1 + \pi_5
\end{aligned} \tag{5}$$

В результате получаем 2 проверочных теста:

$$\begin{aligned}
T_{П1} &= \pi_6 \times \pi_1 \\
T_{П2} &= \pi_6 \times \pi_5
\end{aligned} \tag{6}$$

Из уравнения следует, что для полной проверки системы необходимо и достаточно одновременно подать на внешние входы элементов 1 и 6 или 6 и 5 допустимые воздействия и измерить реакцию на выходе. Если система исправна, то на выходе элемента будет допустимый сигнал, если же неисправна, то на выходе элемента будет недопустимый сигнал [5].

В общем случае для проверки исправности или работоспособности объекта достаточно проконтролировать все его внешние выходы. Однако логическая модель и ТФН позволяют найти такую минимальную совокупность проверок, в которую не войдут внешние выходы объекта, являющиеся также входами блоков модели.

При решении задачи поиска неисправного элемента строят диагностический тест T_d . Для каждой пары неисправностей (с номерами i и j) вычисляют различающую функцию:

$$f_{i,j} = f_i \oplus f_j \tag{7}$$

Различающая функция, полученная по выражению (7) равна единице только на тех проверках, на которых результаты проверок различны для схемы с i -й неисправностью и для схемы с j -й неисправностью. Иначе говоря, она объединяет те проверки, на которых i -я и j -я неисправности различаются друг от друга.

Выводы

Была рассмотрена проблема технической диагностики на городском электрическом транспорте и электрооборудовании. Для решения задачи был произведен перевод качественного определения ТС на некоторую количественную основу. Формализация качественных определений является необходимым условием построения формальных (вычислимых) алгоритмов диагностики.

Литература

1. Михайловский А.Е., Яшагина А.В. Разработка программных комплексов контроля и диагностики состояния энергетических объектов с помощью теории шкал / В сборнике: Наноматериалы и нанотехнологии: проблемы и перспективы Сборник материалов VIII Международной молодежной научной конференции. 2018. С. 369-372.
2. Филина О.А. Повышение эффективности щеткодержателей / В мире научных открытий. 2010. № 6-1 (12). С. 227-230.
3. Филина О.А., Рылов Ю.А., Степанов Е.Л. Исследование ресурса электрощёток тяговых электрических машин / Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2010. № 1. С. 320-323.
4. Филина О.А., Степанов Е.Л. Техническая диагностика газотранспортного оборудования, городского электрического транспорта и железнодорожного транспорта / Наука и современность. 2014. № 29. С. 200-205.
5. Филина О.А. Техническое состояние изделия и его бездемонтажная диагностика / В сборнике: Наука сегодня сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции. Научный центр «Диспут». 2014. С. 74.