

Таблица расчета неисправностей

УСТРОЙСТВА	S	D	DCOMP	A	A _S	A _D	A _{SD} =A _{DU}	A _T +A _{SD}
Цифровой вход/выход	0,5	0,5	84,5	10	5,00	5,00	-	-
Электромеханическое устройство	0,5	0,5	0	10	5,0000	5,0000	-	-
Аналоговый вход/выход	0,5	0,5	0	10	5,0000	5,0000	-	-

Возможность редактирования: В сумме S+D=1 | Возможность редактирования | Возможность редактирования

Таблица определения УПБ (Уровня полноты безопасности)

Тип архитектуры: 1co2

ДОЛЯ БЕЗОПАСНЫХ ОТКАЗОВ ЭЛЕМЕНТА	ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТЬ АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ		
	N = 0	N = 1	N = 2
менее 60%	-	УПБ 1	УПБ 2
от 60% до менее 90%	УПБ 1	УПБ 2	УПБ 3
от 90% до менее 99%	УПБ 2	УПБ 3	УПБ 4
более и равно 99%	УПБ 2	УПБ 4	УПБ 4

Рисунок 2 – Пример расчета неисправностей и УПБ

Данное программное обеспечение может стать эффективным инструментом для проектирования и анализа устройств с учетом требований функциональной безопасности. Оно поможет не только оценить текущее состояние проекта, но и принять обоснованные решения для его улучшения. Это особенно важно в контексте стандартов, таких как ГОСТ Р МЭК 61508-2-2012 [3], которые требуют строгого соблюдения норм безопасности для критически важных систем (рисунок 2).

Предлагаемое решение на основе метода архитектурных ограничений и специализированного ПО позволит реализовать комплексный подход к обеспечению функциональной безопасности систем ЖАТ на ранних этапах проектирования, минимизировать риски, оптимизировать затраты и гарантировать достижение требуемых уровней полноты безопасности.

Список литературы

- 1 ГОСТ Р МЭК 61508-1-2012. Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью. Ч. 1. Общие требования. – Введ. 01.08.2023. – М. : Стандартинформ, 2014. – 51 с.
- 2 ГОСТ 33432-2015. Политика, программа обеспечения безопасности. доказательство безопасности объектов железнодорожного транспорта. – Введ. 01.0.2016. – М. : Стандартинформ, 2019. – 24 с.
- 3 ГОСТ Р МЭК 61508-2-2012. Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью. Ч. 2. Требования к электрическим, электронным, программируемым электронным системам, относящимся к безопасности. – Введ. 01.08.2023. – М. : Стандартинформ, 2014. – 80 с.
- 4 ГОСТ Р МЭК 61508-6-2012. Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью. Ч. 6. Руководство по применению ГОСТ Р МЭК 61508-2, ГОСТ Р МЭК 61508-3. – Введ. 01.08.2023. – М. : Стандартинформ, 2014. – 102 с.

УДК 656.259.12

МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМ ВЫЯВЛЕНИЯ ОБРЫВА СТРЕЛОЧНЫХ СОЕДИНИТЕЛЕЙ, НЕ ОБТЕКАЕМЫХ СИГНАЛЬНЫМ ТОКОМ

Д. В. ШВАЛОВ, Е. С. РЕВЕНКО

Ростовский государственный университет путей сообщения, г. Ростов-на-Дону,
Российская Федерация

Стрелочные соединители, не обтекаемые сигнальным током в нормальном режиме, устанавливаются на стрелочных переводах, входящих в состав разветвленных рельсовых цепей с неконтролируемыми ответвлениями. Такие соединители всегда дублируются в соответствии с действующими

ми нормами и типовыми материалами для проектирования. Обрыв таких соединителей не приводит к нарушению нормального режима рельсовой цепи, но может привести к невыполнению шунтового режима при вступлении колесной пары на неконтролируемое ответвление. Периодические проверки соединителей, не обтекаемых сигнальным током, согласно установленному регламенту должны проводиться один раз в квартал. Поэтому практический интерес представляет исследование возможности выявления полного или частичного обрыва соединителей в автоматическом режиме на основе использования результатов измерения значений параметров рельсовых цепей системами технического диагностирования и мониторинга (СТДМ).

Рассмотрим обобщенную схему замещения разветвленной рельсовой цепи с одним неконтролируемым ответвлением (рисунок 1), где использованы следующие обозначения:

- U, I – напряжение, ток источника питания рельсовой цепи;
- H и K – четырехполюсники, замещающие аппаратуру соответственно питающего и релейного конца рельсовой цепи, с коэффициентами соответственно A_H, B_H, C_H, D_H и A_K, B_K, C_K, D_K ;
- $A_{\text{пл}}, B_{\text{пл}}, C_{\text{пл}}, D_{\text{пл}}$ – коэффициенты четырехполюсника, замещающего рельсовую линию в общей части рельсовой цепи;
- $A_{\text{пл}1}, B_{\text{пл}1}, C_{\text{пл}1}, D_{\text{пл}1}$ – коэффициенты четырехполюсника, замещающего рельсовую линию контролируемого ответвления рельсовой цепи;
- $A_{\text{пл}2}, B_{\text{пл}2}, C_{\text{пл}2}, D_{\text{пл}2}$ – коэффициенты четырехполюсника, замещающего рельсовую линию неконтролируемого ответвления рельсовой цепи;
- U_p, I_p – напряжение, ток на входе путевого приемника Z_p .
- R_{cc} – эквивалентное сопротивление стрелочных соединителей;
- $R_{\text{ш}}$ – сопротивление поездного шунта.

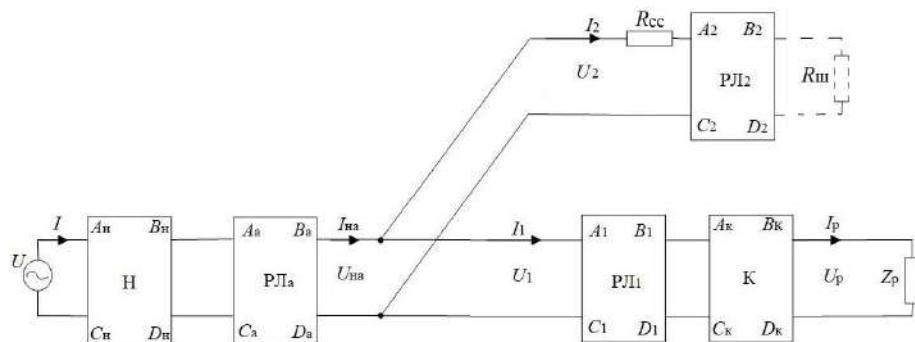


Рисунок 1 – Обобщенная схема замещения рельсовой цепи

В шунтовом режиме (при наложении поездного шунта на неконтролируемом ответвлении) сигнальный ток протекает по обоим ответвлениям, поэтому можно записать [1]

$$I_{\text{ха}} = I_1 + I_2.$$

Ток I_2 определяется как $I_2 = \frac{U_{\text{ха}}}{Z_{\text{bx}2}}$

где $Z_{\text{bx}2}$ – входное сопротивление четырехполюсника ответвления 2, которое определяется по выражению

$$Z_{\text{bx}2} = \frac{A_{02}R_{\text{ш}} + B_{02}}{C_{02}R_{\text{ш}} + D_{02}},$$

$A_{02} = A_2 + R_{\text{cc}} C_2, B_{02} = B_2 + R_{\text{cc}} D_2, C_{02} = C_2, D_{02} = D_2$ – коэффициенты общего четырехполюсника неконтролируемого ответвления.

Получим выражение зависимости входного сопротивления $Z_{\text{bx}2}$ от сопротивления стрелочных соединителей

$$Z_{\text{bx}2} = \frac{K_1}{K_2} + R_{\text{cc}} (K_1 = A_2 R_{\text{ш}} + B_2, K_2 = C_2 R_{\text{ш}} + D_2),$$

по которому можно вычислить значение 320

Значение I_2 находим как $I_2 = I_{\text{на}} + I_1$.

Значения $I_{\text{на}}$ и $U_{\text{на}}$ можно найти из выражений

$$U = A_{\text{на}}U_{\text{на}} + B_{\text{на}}I_{\text{на}}; I = C_{\text{на}}U_{\text{на}} + D_{\text{на}}I_{\text{на}};$$

$$U_{\text{на}} = \frac{UD_{\text{на}} - IB_{\text{на}}}{A_{\text{на}}D_{\text{на}} - B_{\text{на}}C_{\text{на}}}; \quad I_{\text{на}} = \frac{UA_{\text{на}} - IC_{\text{на}}}{A_{\text{на}}D_{\text{на}} - B_{\text{на}}C_{\text{на}}},$$

где коэффициенты общего четырехполюсника ответвления «а» рассчитываются путем перемножения матриц коэффициентов входящих в его состав четырехполюсников аппаратуры питающего конца ($A_{\text{н}}, B_{\text{н}}, C_{\text{н}}, D_{\text{н}}$) и рельсовой линии ($A_{\text{а}}, B_{\text{а}}, C_{\text{а}}, D_{\text{а}}$).

Значение I_1 можно найти из выражения

$$I_1 = C_{01}U_p + D_{01}I_p,$$

где коэффициенты общего четырехполюсника ответвления 1 рассчитываются путем перемножения матриц коэффициентов входящих в его состав четырехполюсников аппаратуры релейного конца ($A_{\text{к}}, B_{\text{к}}, C_{\text{к}}, D_{\text{к}}$) и рельсовой линии (A_1, B_1, C_1, D_1).

Таким образом, приняв значение сопротивления поездного шунта равным нормативному, а также приняв значения других параметров рельсовой цепи (сопротивление балласта, сопротивление рельсовой линии, сопротивление монтажных и соединительных проводов и др.) квазистационарными для момента вычислений, на основании измеренных значений напряжения и тока источника питания, тока на путевом приемнике можно определить значение сопротивления стрелочных соединителей, не обтекаемых сигнальным током в нормальном режиме. Например, увеличение значения сопротивления R_{cc} в два раза указывает на полный обрыв одного из двух соединителей. Анализ динамики изменения значений R_{cc} дает возможность выявить постепенную деградацию нормально-го (исправного) состояния соединителей (частичный обрыв, повышение переходного сопротивления в местах крепления к рельсам), что может быть использовано для организации технического обслуживания рельсовых цепей «по фактическому состоянию». Автоматизация процессов принятия решений наряду с интеграцией различных источников информации в единое информационное пространство [2] является важным фактором для решения задачи сокращения непроизводительных затрат ресурсов и времени в процессе технической эксплуатации рельсовых цепей.

Список литературы

1 Рельсовые цепи магистральных железных дорог: справочник / В. С. Аркадов, Н. Ф. Котляренко, А. И. Баженов, Т. Л. Лебедева ; под ред. В. С. Аркадова. – М. : Транспорт, 1982. – 360 с.

2 Пультиков, А. В. Пути повышения эффективности технической эксплуатации устройств железнодорожной автоматики и телемеханики при внедрении мобильных рабочих мест / А. В. Пультиков, В. А. Аношин // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2024. – № 1 (81). – С. 138–149. – DOI: 10.26731/1813-9108.2024.1(81).138-149.

УДК 004.9:616.831-073

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ И ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ДОСТОВЕРНОСТИ В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ АНАЛИЗА ГЛАЗОДВИГАТЕЛЬНЫХ НАРУШЕНИЙ

А. В. ШКРАБОВ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск

Современная неврология сталкивается с возрастающей распространенностю нейродегенеративных заболеваний, что актуализирует проблему совершенствования методов их диагностики. В контексте развития медицинской кибернетики особый интерес представляют автоматизированные системы анализа глазодвигательных нарушений как индикаторов функционального состояния