

Z'_2, Z''_2 – продольные сопротивления первой и второй рельсовых нитей, включающие в себя сопротивления сплошных рельсов Z_{CP} ; Z'_{TC1}, Z''_{TC1} и Z'_{TC2}, Z''_{TC2} – сопротивления рельсовых стыков; Z'_{M1}, Z''_{M1} и Z'_{M2}, Z''_{M2} – сопротивления взаимной индуктивности между рельсовыми нитями; R_{P31}, R_{P32} – сопротивления рельсовых нитей по отношению к земле; R_O – сопротивления цепей заземления различных конструкций, подключаемых к рельсам; $R_{OL}, R_{3П}$ – сопротивления отсасывающей линии и контура заземления тяговой подстанции; $I_{ТН}$ – тяговый ток, втекающий в РЦ; $I_{ТН1}, I_{ТН2}$ и $I_{ТК1}, I_{ТК2}$ – тяговые токи в началах и концах рельсовых нитей; I_{y1}, I_{y2} – тяговые токи, стекающие из рельсов в землю; $I_{СК}, I_{СН}$ – сигнальные токи в конце и начале рельсовой линии.

Исследования показали, что эта схема очень удобна для расчётов асимметрии тягового тока в неоднородных рельсовых линиях. Применение метода контурных токов в такой схеме даёт возможность находить распределение тяговых токов в тональных бесстыковых РЦ, оборудованных выравнивающими дросселями. Учёт действия взаимной индуктивности между рельсовыми нитями рельсовой линии на величину асимметрии тягового тока вызывает необходимость проводить расчёты в два этапа. Таким образом, последняя из рассмотренных расчётных схем представляется универсальной для оценки уровней помех от тягового тока на аппаратуру РЦ и АЛС.

Список литературы

- 1 **Брылеев, А. М.** Электрические рельсовые цепи / А. М. Брылеев, Н. Ф. Котляренко. – М. : Транспорт, 1970. – 256 с.
- 2 **Зевеке, Е. Г.** Основы теории цепей / Е. Г. Зевеке, П. А. Ионкин. – М. : Энергия, 1975. – 751 с.
- 3 **Shamanov, V.** Formation of Interference from Power Circuits to Apparatus of Automation and Remote Control / V. Shamanov // Proceedings of 16th IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTs'2018), Kazan, Russia, September 14–17, 2018. – P. 140–146. – DOI: 10.1109/EWDTs.2018.
- 4 **Кравцов, Ю. А.** Электромагнитное влияние перспективного электроподвижного состава на устройства железнодорожной автоматики / Ю. А. Кравцов, П. Е. Машенко, Е. Г. Щербина. – М. : МИИТ, 2012. – 117 с.
- 5 **Шаманов, В. И.** Расчеты помех от тягового тока в неоднородных рельсовых линиях / В. И. Шаманов // Автоматика на транспорте. – 2020. – Т. 6, № 3. – С. 241–267.

УДК 656.259.12 + 06

РАСЧЕТ УРОВНЕЙ КОДОВЫХ СИГНАЛОВ В РЕЛЬСОВОЙ ЛИНИИ ПРИ ДВИЖЕНИИ ПОЕЗДА

Д. В. ШВАЛОВ, А. В. ЛАЩЕНОВ, Т. В. БИТАНОВА

Ростовский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация

Автоматизация технического обслуживания napольных устройств автоматической локомотивной сигнализации (АЛС) – аппаратуры тракта кодирования рельсовых цепей – одна из приоритетных задач, которая должна быть реализована в ближайшей перспективе для снижения ресурсозатрат, повышения качества выполнения работ за счет сокращения влияния «человеческого фактора», перехода на обслуживание по состоянию. Традиционный, реализуемый в настоящее время подход к автоматизации технического обслуживания устройств кодирования состоит в выполнении операций по измерению значений параметров кодового тока стационарными или мобильными (бортовыми) измерительно-вычислительными комплексами (ИВК) технического диагностирования и мониторинга.

Мобильные (бортовые) ИВК [1] выполняют автоматическую обработку воспринимаемых из рельсовой линии сигналов и позволяют определить вид, уровень и качество сигналов АЛС, наличие помех на частоте сигнального тока. Привязка параметров сигналов АЛС к электронной карте участка и параметрам движения локомотива дает возможность получить и обработать сигналы АЛС, поступившие непосредственно в момент сбоя, что дает возможность с точностью

до нескольких метров определить место сбоя, его характер и предполагаемую причину. Использование мобильных (бортовых) ИВК обеспечивает получение максимального объема информации о работе системы АЛС на всем пути следования в реальном времени. Однако в случае фиксации отклонения параметров сигналов АЛС в рельсовой линии от нормативных значений информации, формируемой мобильным (бортовым) ИВК недостаточно для определения причины сбоя, если сбой произошел из-за неисправностей аппаратуры тракта формирования и передачи тока АЛС.

Кроме того, несмотря на возможность получения полной и достоверной информации о состоянии устройств тракта кодирования и параметрах кодовых сигналов в рельсовой линии контроль с помощью мобильного ИВК имеет одно существенное ограничение: вагон-лаборатория согласно действующему регламенту обследует участки главного хода один раз в квартал, а остальные участки – два раза в год. Следовательно, непрерывный мониторинг параметров кодового тока в рельсовой линии отсутствует, что существенно затрудняет и затягивает процесс поиска причины сбоя в работе устройств АЛС. Таким образом, представляет интерес возможность реализации непрерывного мониторинга параметров кодового тока в рельсовой линии непосредственно во время движения поезда.

В качестве объекта исследования выбраны кодовые рельсовые цепи [2]. Схема замещения кодовой рельсовой цепи в режиме АЛС показана на рисунке 1, где обозначены следующие элементы:

- кодовый ток $I_{код}$ и выходное напряжение источника кодового тока $U_{код}$;
- четырехполосники H и K , замещающие аппаратуру соответственно питающего и релейного конца рельсовой цепи [2], с коэффициентами A_H, B_H, C_H, D_H и A_K, B_K, C_K, D_K ;
- четырехполосник, замещающий рельсовую линию с наложенным на нее поездным шунтом, с коэффициентами A, B, C, D ;
- $Z_{рл1}$ и $Z_{рл2}$ – части рельсовой линии, расположенные соответственно перед и после поездного шунта относительно направления подачи кодовых сигналов;
- сопротивление поездного шунта $R_{ш}$, через который протекает кодовый ток $I_{алс}$;
- $Z_{пп}$ – путевой приемник, $U_{пп}$ и $I_{пп}$ – соответственно напряжение и ток на входе путевого приемника.

Для моделирования работы рельсовой цепи в режиме АЛС в процессе перемещения поездного шунта по рельсовой линии разобьем схему замещения на два четырехполосника, как показано на рисунке 2.

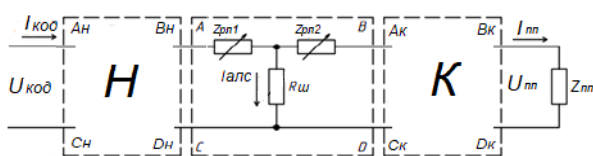


Рисунок 1

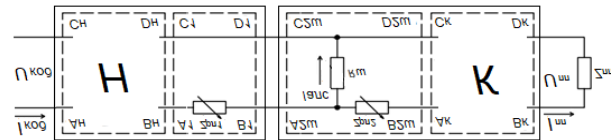


Рисунок 2

Для такой схемы замещения рельсовой цепи можно записать выражения

$$U_{код} = A_{o1}U_{алс} + B_{o1}I_{алс}; \quad I_{код} = C_{o1}U_{алс} + D_{o1}I_{алс},$$

$$U_{алс} = A_{o2}U_{пп} + B_{o2}I_{пп}; \quad I_{алс} = C_{o2}U_{пп} + D_{o2}I_{пп},$$

где коэффициенты четырехполосников определяются следующим образом:

$$\begin{vmatrix} A_{o1} & B_{o1} \\ C_{o1} & D_{o1} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} A_H & B_H \\ C_H & D_H \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} A_1 & B_1 \\ C_1 & D_1 \end{vmatrix},$$

$$\begin{vmatrix} A_{o2} & B_{o2} \\ C_{o2} & D_{o2} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} A_{2ш} & B_{2ш} \\ C_{2ш} & D_{2ш} \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} A_K & B_K \\ C_K & D_K \end{vmatrix}.$$

Коэффициенты четырехполосников H и K могут быть взяты из справочных данных [2] для соответствующей схемы рельсовой цепи. Коэффициенты четырехполосников, замещающих

участки рельсовой линии, определяются следующим образом [2] с использованием значений волнового сопротивления Z_B и коэффициента распространения γ рельсовой линии:

$$A_{o1} = D_{o1} = \operatorname{ch} \gamma l_1; B_{o1} = Z_B \operatorname{ch} \gamma l_1; C_{o1} = \frac{\operatorname{ch} \gamma l_1}{Z_B};$$

$$\begin{vmatrix} A_{2ш} & B_{2ш} \\ C_{2ш} & D_{2ш} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1}{R_{ш}} & 1 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} \operatorname{ch} \gamma l_2 & Z_B \operatorname{sh} \gamma l_2 \\ \frac{\operatorname{sh} \gamma l_2}{Z_B} & \operatorname{ch} \gamma l_2 \end{vmatrix}$$

По полученным выражениям, пользуясь известными (например, измеренными стационарными средствами системы диагностирования и мониторинга) значениями $I_{код}$, $U_{код}$, $U_{пп}$ и $I_{пп}$, можно рассчитать значение тока $I_{алс}$ при различных длинах участков рельсовой линии перед и после поездного шунта.

Таким образом, могут быть построены эталонные зависимости для использования в классификаторах состояний рельсовых цепей. Эталонные зависимости можно построить во всех интересующих нас диапазонах возможных изменений значений параметров рельсовых линий – удельного сопротивления рельсов и удельного сопротивления изоляции (балласта). Также в ходе моделирования и расчетов могут быть выявлены критические условия для режима АЛС конкретных рельсовых цепей, находящихся под воздействием конкретных дестабилизирующих факторов, что важно для разработки методов и алгоритмов выявления предотказных состояний рельсовых цепей.

Список литературы

- 1 Мурин, С. А. Локомотивный комплекс регистрации параметров АЛС / С. А. Мурин, Е. Е. Шухина, С. В. Рунцев // Автоматика, связь, информатика. – 2016. – № 1. – С. 14–16.
- 2 Рельсовые цепи магистральных железных дорог: справочник / В. С. Аркатов [и др.] ; под ред. В. С. Аркатова. – М. : Транспорт, 1982. – 360 с.

УДК 656.259.12+06

ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФАЗОЧУВСТВИТЕЛЬНОЙ РЕЛЬСОВОЙ ЦЕПИ В ШУНТОВОМ РЕЖИМЕ

Д. В. ШВАЛОВ, Е. Р. ПЛЕЧИСТОВА, А. Д. МАМОНТОВА

Ростовский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация

В соответствии с действующей технологией обслуживания фазочувствительных рельсовых цепей контроль шунтового режима производится путем контроля изменения состояния путевого реле (переход в состояние «без тока») и контроля уровня остаточного напряжения на путевой обмотке путевого реле. Современные средства технического диагностирования и мониторинга (ТДМ) обеспечивают измерение остаточного напряжения в непрерывном режиме, что позволяет выявлять отклонения от нормативного значения в реальном времени. Также в реальном времени средствами ТДМ фиксируется возникновение предотказного состояния, зона которого устанавливается заранее. Однако, даже находясь в пределах нормативных значений, остаточное напряжение может изменяться под воздействием различных дестабилизирующих факторов, своевременное выявление которых в некоторых случаях является весьма актуальной задачей с точки зрения обеспечения безопасной и бесперебойной работы рельсовой цепи. В этой связи актуальной представляется задача увеличения глубины диагностирования рельсовых цепей на основе мониторинга характера изменения значений их параметров и сравнения фактических значений с нормативными или соответствующими исправному состоянию рельсовой цепи в конкретных условиях эксплуатации.

Критерием выполнения шунтового режима рельсовой цепи является коэффициент шунтовой чувствительности к поездному шунту [1]. При расчетах регулировочных таблиц, согласно из-