

УДК 656.259.1

Т. Н. СЕРДЮК – к.т.н., доцент, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, serducheck-t@rambler.ru

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ

Статью представил д. физ. - мат.н., проф. В. И. Гаврилюк

Введение

Повышение эффективности процесса перевозки и безопасности движения на железнодорожном транспорте тесно связано с качеством функционирования устройств и систем интервального регулирования движения поездов и организации поездной и маневровой работы. Как свидетельствуют статистические данные эксплуатационной работы в области железнодорожной автоматики, большая часть отказов в системах железнодорожной автоматики на рельсовые цепи (РЦ). В свою очередь нередко причиной возникновения отказов в рельсовых цепях является наличие опасных и мешающих гармоник в обратном тяговом токе [1]. Влияние тягового тока на работу РЦ и систему автоматической локомотивной сигнализации (АЛС) объясняется использованием рельсовых линий в системах автоблокировки и тягового электроснабжения на электрифицированных железных дорогах и метрополитенах в качестве обратного провода. В результате помехи, возникающие в контактной сети и локомотиве, могут появляться на входе приемников устройств сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) гальваническим путем или индуктивно [2, 3]. Поэтому повышение надежности функционирования рельсовых цепей за счет своевременного выявления и устранения отказов, вызванных работой системы тягового электроснабжения, будет оказывать содействие значительному улучшению показателей работы систем железнодорожной автоматики.

В настоящее время на сетях железных дорог Украины в основном используются методы и средства контроля работоспособности рельсовых цепей, которые отличаются низкой точностью за счет выполнения значительного количества ручных операций с использованием измерительных приборов и средств с ограниченными функциональными возможностями [3, 4]. А качественное содержание и обслуживание рельсовых цепей невозможно без применения современных методов контроля их основных параметров. Это не позволяет автоматизировать процесс сохранения измеренных данных, их анализ и формирования соответствующих баз данных с целью перехода от планово-предупредительной технологии к обслуживанию устройств СЦБ по техническому состоянию. К тому же измерение и контроль уровня электромагнитных помех в рельсовых цепях не выполняется. Таким образом, задача, связанная с усовершенствованием технического обслуживания рельсовых цепей путем автоматизации контроля их электрических параметров и исследованием гармонического состава тока в обратной тяговой сети с целью уменьшения числа отказов в рельсовых цепях, является актуальной.

Одним из путей решения этой задачи есть разработка методов автоматизации технического обслуживания устройств автоматики, исследование гармонического состава обратного тягового тока и вероятностей распределения амплитуд гармонических помех в рельсовых цепях.

Методика контролю параметров сигнального тока рельсовых цепей с вагона-лаборатории

В соответствии с Инструкцией по техническому обслуживанию устройств сигнализации, централизации и блокировки [5] проверка работы устройств автоматической локомотивной сигнализации (АЛС) проводится периодически вагонами-лабораториями с рассмотрением результатов совместно службами сигнализации и связи и локомотивного хозяйства. В действующих на Украине вагонах-лабораториях установлена аппаратура «Контроль», которая предназначена для измерения кодового тока частотой 25, 50 и 75 Гц, определения временных параметров кода, вычисления координаты рельсовой цепи, контроля изостыков и скорости движения подвижного состава [4, 6]. Также кодовый ток контролируется путем проведения измерений в рельсах в свободное от движения поездов время. Проверку временных параметров сигнального тока совмещают с регулировкой длительности импульсов и интервалов при замене трансмиттерных реле на сигнальных установках.

При разработке методики контроля параметров тока локомотивной сигнализации учитывалось, что измерения должны иметь заданную точность и по возможности исключать трудоемкие, продолжительные по времени и связанные с выходом на поле операции.

Технологию обслуживания рельсовых цепей автором предложено усовершенствовать за счет автоматизации измерения ее параметров во время измерительной поездки вагона-лаборатории «Автоматика, телемеханика и связь» с целью контроля параметров кодовых комбинаций автоматической локомотивной сигнализации, которые выполняются по графику, утвержденному начальником службы сигнализации и связи, два раза в год. Результаты проверок передаются в дистанцию сигнализации и связи.

Взаимные проверки работоспособности рельсовых цепей других железных дорог Украины вагонами-лабораториями проводятся в соответствии с графиком, утвержденным Управлением автоматики, телемеханики и связи Укрзализныци. Результаты измерений оформляются актом. Периодическую проверку параметров кодового тока АЛС можно не проводить при положительных результатах проверки этих рельсовых цепей измерительным комплексом вагона-лаборатории или другой подвижной единицы в соответствии с [7].

Методика контроля параметров рельсовых цепей с вагона-лаборатории включает в себя измерения, которые выполняются в два лица электромеханиками. Перед проведением измерений с помощью оборудования, установленного в вагоне-лаборатории, выполняется калибровка аппаратуры на реальной рельсовой цепи (РЦ занятой подвижным составом). При этом устанавливается соответствие показаний, измеряемых аппаратурой тока кодовых сигналов показаниям прибора, осуществляющего измерение кодового тока непосредственно в рельсовой цепи (например, УПН-АЛСН). Крепятся приемные катушки перед первой колесной парой локомотива. Далее в аппаратно-программном комплексе (АПК), описанном в [8-11], задаются исходные данные: определяется тип исследуемого участка (перегон, станция), наименование перегона, длины и типа РЦ, задания частоты дискретизации и шага квантования, которые используются при аналого-цифровом преобразовании сигнала. Дальнейшие действия оператора сводятся к наблюдениям за работой аппаратуры. Считывание информации с приемных устройств и проверка на соответствие параметров рельсовых цепей и тока автоматической локомотивной сигнализации требованиям производится в автоматическом режиме. При этом осуществляется контроль уровней и спектрального состава помех в рельсах с целью выявления и устранения причин их возникновения. По результатам измерительных поездок со-

здаются базы данных, что позволяет автоматизировать процесс поиска РЦ, в которых обнаружены неисправности, и прогнозировать причины их возникновения.

В итоге, перечень параметров контролируемых вагоном-лабораторией, оборудованным разработанным аппаратно-программным комплексом, расширяется. Предложенный в работе [10] метод измерения параметров рельсовых цепей на базе вагона-лаборатории позволяет проводить оценку состояния рельсовых цепей путем косвенных измерений и сравнения полученных характеристик с теоретическими, соответствующими нормируемым с точки зрения нормального функционирования РЦ. В результате время, затраченное на проверку состояния РЦ, сокращается, а также облегчаются условия труда обслуживающего персонала и исключается субъективность при проведении измерений.

Алгоритмы определения параметров тока рельсовых цепей

Разработанный аппаратно-программный измерительный комплекс позволяет записывать сигнал с выхода фильтра системы АЛС, как этого требует Инструкция по техническому обслуживанию устройств сигнализации, централизации и блокировки [5], и с выходов приемных катушек. Сигнал, записанный с приемных катушек АЛС, представляет собой сумму кодовых сигналов АЛС и тягового тока со всеми его гармоническими составляющими и импульсными помехами, возникающими во время работы локомотива. И поэтому данное устройство позволяет анализировать не только временные и амплитудные параметры кодов АЛС, но и оценить степень влияния помех на работу систем автоматики и определить аналитически причины их появления.

При определении типов кодовых сигналов, принимаемых из рельсовых цепей, решаются такие задачи: измерение длительности импульсов и паузы с исключением кратковременных провалов и всплесков

сигнала; подбор типа кода по длительности импульсов и пауз; определение типа кода, принимаемого из рельсовой цепи и типа кодового путевого трансмиттера; определение амплитудных и временных параметров кодового сигнала.

Для решения первой задачи были взяты признаки определения импульсов и пауз, когда сигнал с амплитудой больше либо равной $0,6 \cdot U_{ном}$ в течении не менее $0,2$ с распознается как полезный сигнал, а сигнал с амплитудой меньше либо равный $0,4 \cdot U_{ном}$ в течении не менее $0,1$ с – как пауза. Значение $0,6 \cdot U_{ном}$ является минимальным значением, которое будет распознано как полезный сигнал при работе системы автоматической локомотивной сигнализации [5-7]. Для вычисления длительности импульсов и пауз используются программные таймеры. Алгоритм определения длительности импульсов и пауз приведен на рис. 1. Помимо определения длительности импульсов и пауз, также осуществляется их корректировка, предназначенная для предотвращения кратковременного исчезновения сигнала. Например, при кратковременном пропадании сигнала во время определения длительности импульса запускается таймер паузы. Если сигнал в течение $0,1$ с не восстанавливается, то отсчет паузы продолжается, но поскольку таймер импульсов при этом отключен не был, то после остановки таймера импульса осуществляется корректировка (вычитание от длительности импульса $0,1$ с). Аналогичный процесс организовывается при отсчете паузы в случае возникновения импульса.

Для решения второй задачи и определения типа кодовой посылки и кодового путевого трансмиттера (КПТШ) все паузы и импульсы были разбиты на определенные виды, приведенные в табл. 1. Последовательность импульсов и пауз, составляющих определенный тип кода и соответствующий данному типу кодового путевого трансмиттера, приведена в табл. 2.

Алгоритмы для определения вида импульсов и пауз, а также для определения типа кодовой посылки и применяемого на данной рельсовой цепи КППШ приведены на рис. 2.

Для решения третьей задачи и определения соответствия расшифрованного кодового сигнала требованиям по амплитуде также было разработано соответствующее программное обеспечение. Автоматизированный измерительный аппаратно-программный комплекс вычисляет длительности всех импульсов и пауз в кодовой посылке и поэтому позволяет определить тип кодового путевого трансмиттера, используемого в данной РЦ. Известно, что при оборудовании перегона системой кодо-

вой автоблокировки, у каждой сигнальной точки происходит чередование кодовых путевых трансмиттеров, что позволяет осуществить защиту от опасных отказов при коротком замыкании изолирующих стыков, разделяющих рельсовые цепи. Поэтому имеется возможность при смене одного кодового путевого трансмиттера другим определить месторасположение изо-стыка.

Для проверки правильности определения координаты изостыка необходимо выполнить проверку на соответствие вычисленной длины $l_{рц}$ i -той рельсовой цепи с погрешностью 3% действительному значению $l_{дi}$.

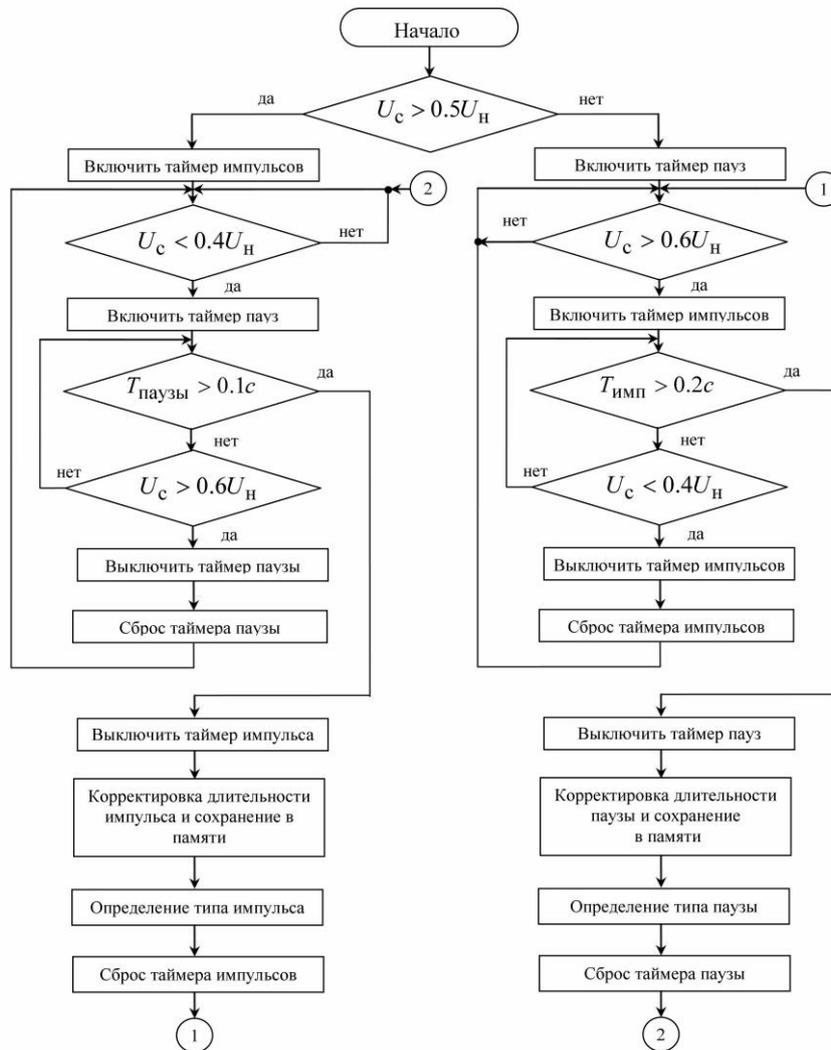


Рис. 1. Алгоритм определения длительности импульсов и пауз

Таблица 1

Виды импульсов и пауз кодовых посылок

Виды пауз	Длительность, с	Виды импульсов	Длительность, с
П1	$0,12 \pm 0,02$	И1	$0,22 \pm 0,02$
П2	$0,57 \pm 0,02$	И2	$0,3 \pm 0,02$
П3	$0,63 \pm 0,02$	И3	$0,35 \dots 0,38 \pm 0,02$
П4	$0,72 \pm 0,02$	И4	$0,6 \pm 0,02$
П5	$0,79 \pm 0,02$	И5	Искаженный импульс
П6	больше 0,85	И6	больше 0,75 – непрерывный сигнал
П7	искаженная пауза		

Таблица 2

Последовательности импульсов и пауз кодов

КПТШ-5		КПТШ-7	
Тип кода	Последовательность импульсов и пауз	Тип кода	Последовательность импульсов и пауз
КЖ	И1–П2–И1–П2	КЖ	И2–П3–И2–П3
Ж	И3–П1–И3–П4	Ж	И3–П1–И4–П5
3	И3–П1–И1–П1–И1–П2	3	И3–П1–И1–П1–И1–П5

Совпадение действительной и измеренной длины РЦ соответствует исправному состоянию изолирующих стыков, несовпадение – неисправному. Корректировка данных предполагает уточнение измеренной

длины РЦ в виду того, что тип КПТ определяется лишь после расшифровки трех кодовых посылок от одного типа КПТ. Поэтому от длины измеренной рельсовой цепи вычитается расстояние, пройденное поездом за время расшифровки трех кодовых посылок. Алгоритм вычисления длины РЦ и определение неисправности изостыков приведен на рис. 3.

Алгоритм проверки состояния рельсовой цепи предполагает определение состояния рельсовой цепи осуществляется по кривой тока локомотивной сигнализации $I(x)_{изм}$ в зависимости от координаты полученное по результатам измерений. Оценка осуществляется путем сравнения кривой измеренного кодового тока АЛС $I(x)_{изм}$ с рассчитанным $I(x)$ при номинальных условиях работы рельсовой цепи (например, сопротивление рельсов $Z1 = Z2 = 0,8e^{65^\circ j}$ Ом/км при медных приварных соединителях, частота сигнального тока 50 Гц, проводимость изоляции $Y1 = Y2 = 0,5$ См/км) и заданной ее длине. Наличие на кривой тока локомотивной сигнализации $I(x)_{изм}$ точек разрыва первого рода свидетельствует об обрыве рельсовых соединителей в данной точке x .

Заниженное значение тока АЛС $I(x)_{изм}$ в сравнении с расчетным значением свидетельствует о заниженном сопротивлении балласта.

Также были разработаны методы определения входного сопротивления рельсовой цепи $Z_{вх}(x)$ и коэффициента распространения волны $\gamma(x)$ по значениям тока АЛС в начале и конце рельсовой цепи. Сравнение кривых $Z_{вх}(x)$ и $\gamma(x)$ с кривыми, рассчитанными для номинальных условий работы рельсовой цепи, также позволяют выявить отклонения в работе рельсовых цепей и дать рекомендации по их устранению.

По окончании измерений на данном перегоне производится обработка данных.

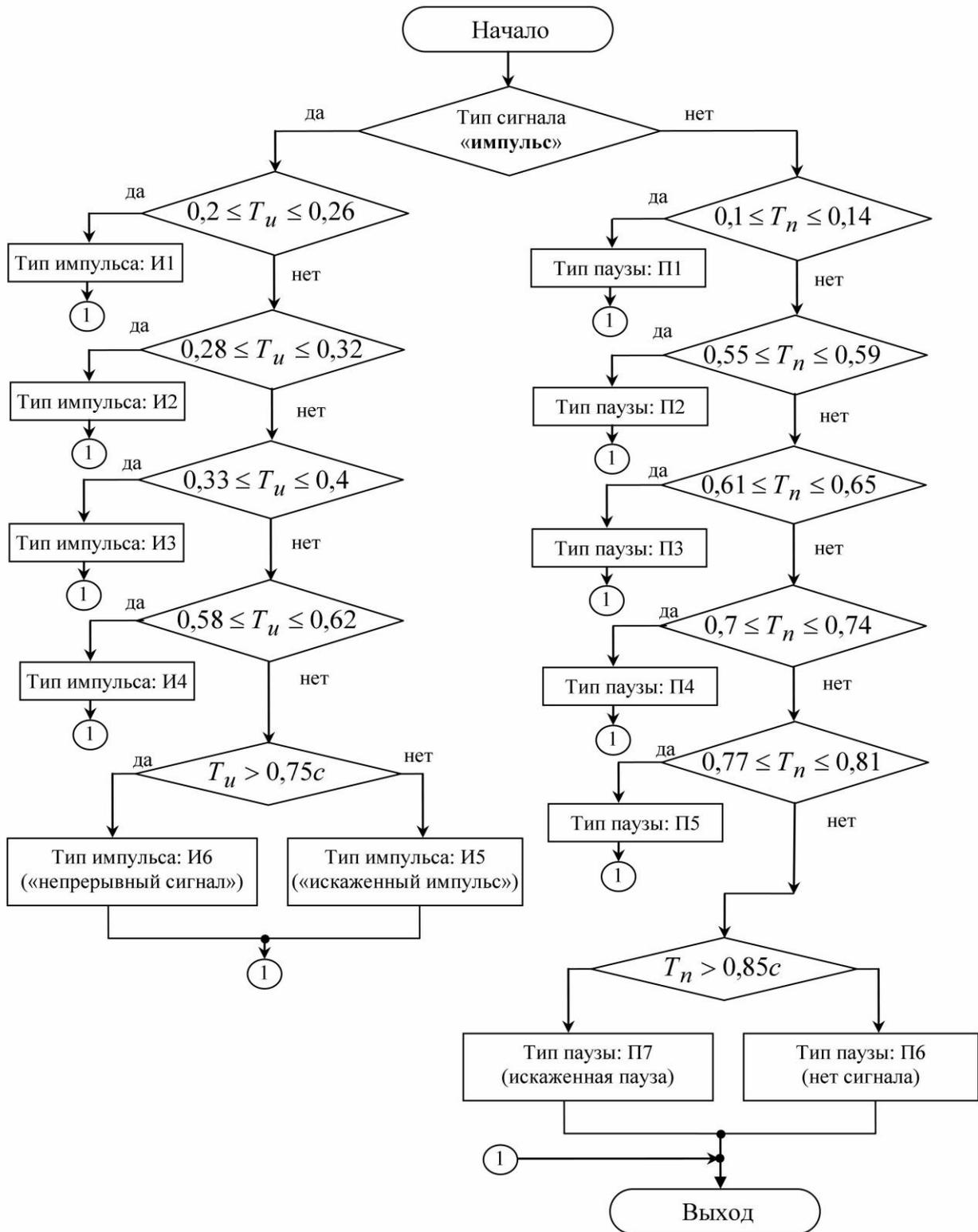


Рис. 2. Алгоритм определения типа импульса и паузы

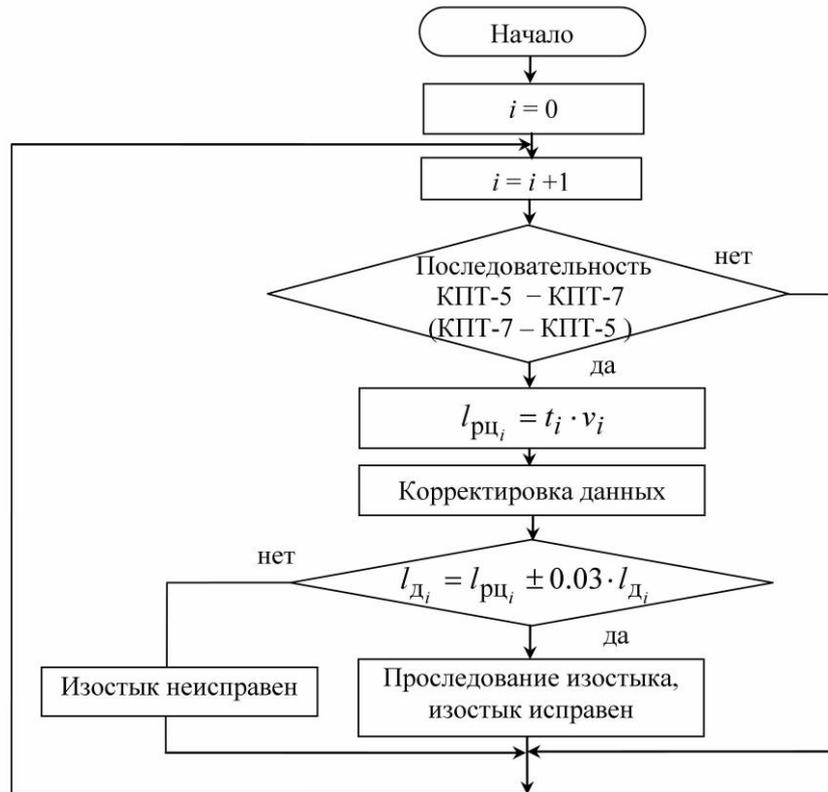


Рис. 3. Алгоритм определения длины рельсовой цепи и исправности изолирующих стыков

В итоге создаются базы данных, которые позволяют просмотреть результаты измерения тока локомотивной сигнализации по длине каждой исследованной рельсовой цепи (его амплитудные и временные параметры), форму кривой тока АЛС и др. параметры, определенные во время измерительной поездки. Также создается база данных, в которой указывается номера всех рельсовых цепей, в которых были выявлены следующие отклонения: амплитуда в начале РЦ ниже минимального значения, длительность временных параметров кода не соответствует требованиям, заниженное сопротивление балласта, обрыв электрических соединителей.

Выводы

Разработан метод автоматизации технического обслуживания рельсовых цепей путем измерения параметров РЦ и кодов АЛС с вагона-лаборатории, включая исследование гармонического состава обратного тя-

гового тока и расчет вероятностей распределения амплитуд гармонических помех в рельсовых цепях.

Технической реализацией предложенного метода измерения является аппаратно-программный комплекс, который позволяет определять по ЭДС, наведенной в двух приемных катушках, следующие величины: величину кодового тока по всей длине рельсовой цепи, длину импульсов и интервалов для всех кодовых посылок, определять вид кодового сигнала и тип кодового путевого трансмиттера, координату пути, длину РЦ, исправность изостыков и электрических соединителей. По результатам измерений ЭДС, наведенной в каждой из приемных катушек отдельно, определяется спектральный состав электромагнитных помех, возникающих в тяговой сети, и амплитуды гармонических и импульсных помех и возможные причины возникновения помех в рельсовой сети.

Библиографический список

1. Анохов, І.В. Про електромагнітну сумісність електрифікованих ліній постійного струму [Текст] / І. В. Анохов, М. П. Бадьор, В. І. Гаврилюк, В. Г. Сиченко // Залізничний транспорт України. – 2000. – № 2. – С. 10-12.
2. Гаврилюк, В. І. Модель впливу тягового струму на тональні рейкові кола [Текст] / В. І. Гаврилюк // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. – 2011. – Ном. 2. – Дніпропетровськ: Вид-во ДНУЗТ, 2011. – С. 6 – 10.
3. Каменев, А. И. Безопасность движения поездов и надежность технических средств [Текст] / А. И. Каменев, Н. Н. Балугев, В. М. Адашкин // Автоматика, связь, информатика. – 2003. – № 6. – С. 5 - 8.
4. Методика выполнения измерений параметров кодов АЛСН в вагон-лаборатории Приднепровской ж.д.: Утв. Службой сигнализации и связи Приднепровской ж.д. 08.05.2003. [Текст]. – Днепропетровск, 2003. – 27 с.
5. Інструкція з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокування (СЦБ): ЦШ/0060 [Текст]: Затв. Міністерства транспорту та зв'язку України, Держ. адм. залізн. трансп. України, Укрзалізниця. Гол. управл. автомат., телемех. та зв'язку. Затв. Наказ Держ. адмін. залізн. трансп. України від 07.10.2009. №090-ЦЗ – Київ, 2009. – 111 с.
6. Леонов, А. А. Техническое обслуживание автоматической локомотивной сигнализации. [Текст] / А. А. Леонов – Москва: Транспорт, 1982.-255с.
7. Пристрої сигналізації, централізації та блокування. Технологія обслуговування. [Текст] – Київ, 2006. – 433с.
8. Gavrilyuk, V. I. To the question about checking parameters of code current of rail circuit [Текст] / V. I. Gavrilyuk, T. N. Serdyuk // Transport systems telematics. III International Conference. – Katowice-Ustron (Poland). – 2003. – P.127 - 135.
9. Сердюк, Т. Н. Автоматизированная система для контроля параметров кодового тока в рельсах [Текст] / Т. Н. Сердюк, В. И. Гаврилюк // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – Дніпропетровськ: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В Лазаряна. – 2004. – Вип. 3. – С.15 - 20.
10. Сердюк, Т. Н. Автоматизированное измерение параметров кодового тока и электромагнитных помех в обратном тяговом токе [Текст] / Т. Н. Сердюк, В. И. Гаврилюк // Материалы III Международной научно-практической конференции «Электромагнитная совместимость и безопасность на железнодорожном транспорте». – Днепропетровск: ДИИТ, 2010. – С.48-49.
11. Пат. 50859 Україна В61L25/00. Спосіб автоматизованого контролю параметрів рейкових кіл з вагону-лабораторії: Пат. 50859 Україна 50859, В61L25/00 [Текст] / Сердюк Т. Н., Гаврилюк В. И. – № u200913582; Заявлено 25.12.2009; Опубл. 25.06.2010, Бюл. № 12.– 4 с.

Ключові слова: рейкові кола, електромагнітні завади, вимірювання, кодові сигнали, вагон-лабораторія.

Ключевые слова: рельсовые цепи, электромагнитные помехи, измерение, кодовые сигналы, вагон-лаборатория.

Keywords: rail circuits, electromagnetic influence, measurement, code signals, car-laboratory.

Надійшла до редколегії 12.04.2012