

увеличивает асимметрию тягового тока, а величина сопротивлений взаимной индуктивности z_{M1} и z_{M2} зависит от быстро изменяющихся амплитуд и частотного спектра тягового тока, протекающего не только по собственной рельсовой линии, но и по соседним линиям тяговой сети [4].

Количество сбоев в работе локомотивной аппаратуры АЛС может на два порядка больше, чем в РЦ. Вызвано это тем, что в РЦ с ДТ секции их основных обмоток играют роль балластных сопротивлений, а при индуктивной передаче сигналов из рельсов на локомотив происходит своеобразное усиление уровней гармоник тягового тока по мере роста их частоты. На локомотивную аппаратуру АЛС мешающее влияние оказывают также токи, растекающиеся по их металлическим частям [3]. Поэтому уровни помех от тягового тока на путевые приёмники РЦ и на локомотивные приёмники АЛС различны. При нормировании необходимо также учитывать помехоустойчивость рассматриваемой аппаратуры.

Наибольший уровень помех тяговый ток оказывает на аппаратуру РЦ, устанавливаемую на входном для этого тока конце. Данный конец является чаще всего и входным для поезда. Поэтому первой мыслью является выбор этой точки за критическую по величине асимметрии тягового тока в рельсовой линии. Однако это справедливо только для однородных рельсовых линий.

Нормировать асимметрию тягового тока в рельсовых линиях необходимо, конечно, по величине отношения «сигнал – помеха» на входе соответствующей аппаратуры автоматики. В неоднородных рельсовых линиях величины и асимметрии тягового тока, и сигнального тока изменяются по их длине, что вызывает также изменение рассматриваемого соотношения. Поэтому для разработки методики нормирования нужно создать методику расчета изменения по длине неоднородной рельсовой линии величин данных токов. Следовательно, простое нормирование величины асимметрии тягового тока в рельсовых линиях по требованиям, предъявляемым к дроссель-трансформаторам, некорректно, что и вызывает необходимость разработки достаточно строгой методики нормирования рассматриваемой асимметрии.

Список литературы

- 1 Railway Operation and Control. – 3rd edition. – Washington : VTD Rail Publishing, Mountlake Terrace. – 2014. – 284 p.
- 2 Бочков, К. А. Исследование электромагнитной совместимости устройств железнодорожной автоматики и телемеханики : автореф. дис. ... канд. техн. наук / К. А. Бочков. – Л. : ЛИИЖТ, 1981. – 19 с.
- 3 Шаманов, В. И. Электромагнитная совместимость систем железнодорожной автоматики и телемеханики / В. И. Шаманов. – М. : ГОУ «УМЦ по образованию на ж.-д. транспорте», 2013. – 244 с.
- 4 Shamanov, V. I. Magnetic properties of rails and the noise level in the hardware of railway automation and remote control / V. I. Shamanov // Russian Electrical Engineering. – 2015. – Vol. 86, no. 8. – P. 509–512.

УДК 656.25

КОНТРОЛЬ ПОПЕРЕЧНОЙ АСИММЕТРИИ СОПРОТИВЛЕНИЙ РЕЛЬСОВЫХ НИТЕЙ

В. И. ШАМАНОВ, Д. В. ДЕНЕЖКИН

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

Одной из основных причин сбоев в работе рельсовых цепей и автоматической локомотивной сигнализации на участках с электротягой переменного тока является асимметрия тягового тока в рельсах в местах подключения к ним аппаратуры и под приемными локомотивными катушками, вызываемая продольной или поперечной асимметрией сопротивления рельсовой линии. Поперечная асимметрия появляется при уменьшении входных сопротивлений цепей заземления опор контактной сети и различных конструкций, подключаемых к рельсам, а также при одностороннем ухудшении состояния электрической изоляции железобетонных шпал [1, 2].

Цепи заземления и рельсы при невысоких напряжениях электрически разделяют искровыми промежутками, которые не оборудуются устройствами телеконтроля и поэтому могут находиться в пробитом состоянии неопределенно долго. Входного контроля исправности искровых промежутков, приходящих с заводов, нет, поэтому пробитые искровые промежутки могут заменяться неисправными новыми. Электрическое сопротивление рельсов по отношению к железобетонным шпалам уменьшается в процессе эксплуатации из-за продавливания или загрязнения токопроводящими материалами электроизолирующих элементов шпал.

Степень мешающего влияния тягового тока в рельсовых линиях на аппаратуру оценивают коэффициентом его асимметрии, вычисляемым как отношение разности тяговых токов в рельсовых нитях к их сумме. Считается, что величина коэффициента асимметрии переменного тягового тока не должна превышать 5 %.

На рисунке 1 показано, как изменяется этот коэффициент по длине перегона длиной 1,2 км на участке с электротягой переменного тока, когда на перегоне оказываются пробитыми искровые промежутки в цепях заземления на рельсы у двух подряд опор контактной сети. Сопротивление изоляции рельсовых нитей по отношению к земле равно 0,5 Ом·км.

Кривая 1 показывает, как изменяется данный коэффициент при исправных искровых промежутках с сопротивлением по 100 Ом, а кривая 2 – когда сопротивления цепей заземления двух пробитых искровых промежутков составляют по 10 Ом.

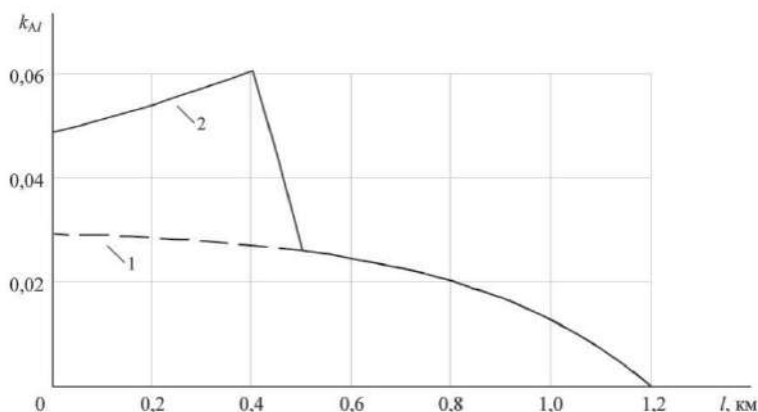


Рисунок 1

В такой ситуации при проезде поезда мимо опор контактной сети с пробитыми искровыми промежутками в цепях их заземления на рельсы будет происходить сбой в работе аппаратуры автоматической локомотивной сигнализации. Подобная ситуация возникает и при одностороннем пробое изоляции железобетонных шпал.

Искровые промежутки, по сути, отделяют рельсы от высоковольтной контактной сети. В результате все работы по ручному контролю состояния рассматриваемых цепей заземления должны проводиться с выполнением всех требований к работам в высоковольтных сетях. Поэтому данные работы относительно сложны и отличаются большой трудоемкостью [3]. Трудоемки и требуют высокой квалификации работы по диагностике состояния электрической изоляции железобетонных шпал [2]. Этим определяется необходимость совершенствования способов выполнения данных работ.

В запатентованном способе диагностики состояния цепей заземления на рельсы опор контактной сети [4] использован способ двух вольтметров, разработанный в 80-х годах прошлого столетия [2]. При его использовании для рассматриваемой цели измеряют падения напряжения \dot{U}_1 на отрезке рельса фиксированной длины l_0 в рельсовой нити, к которой цепи заземления не подключаются, а затем напряжения \dot{U}_2 и \dot{U}_3 на отрезках рельсов такой же длины по разные стороны от места подключения цепи заземления к рельсовой линии. Токи в рельсах в местах проведения измерений соответственно

$$\dot{I}_1 = \dot{U}_1 / z_p; \quad \dot{I}_2 = \dot{U}_2 / z_p; \quad \dot{I}_3 = \dot{U}_3 / z_p, \quad (1)$$

где z_p – удельное сопротивление рельсов.

Отсюда коэффициенты асимметрии тягового тока в рельсовой линии по разные стороны места подключения к рельсу цепи заземления опоры контактной сети или другой конструкции

$$k_{A1} = \frac{\dot{I}_1 - \dot{I}_2}{\dot{I}_1 + \dot{I}_2} = \frac{\dot{U}_1 - \dot{U}_2}{\dot{U}_1 + \dot{U}_2}; \quad k_{A2} = \frac{\dot{I}_1 - \dot{I}_3}{\dot{I}_1 + \dot{I}_3} = \frac{\dot{U}_1 - \dot{U}_3}{\dot{U}_1 + \dot{U}_3}. \quad (2)$$

Найденные значения коэффициента асимметрии тягового тока позволяют определить, насколько цепь подключения к рельсу цепи заземления опоры контактной сети или другой конструкции влияет на устойчивость работы аппаратуры автоматической локомотивной сигнализации при следовании поезда по ней или аппаратуры рельсовой цепи. Разность коэффициентов асимметрии тягового тока до и после рассматриваемого места подключения

$$\Delta k_{A1} = k_{A1} - k_{A2} = \frac{\dot{U}_1 - \dot{U}_2}{\dot{U}_1 + \dot{U}_2} - \frac{\dot{U}_1 - \dot{U}_3}{\dot{U}_1 + \dot{U}_3}. \quad (3)$$

Применение данного способа обеспечивает возможность проведением простых измерений в низковольтных электрических цепях с последующими простейшими вычислениями устанавливать состояние подключаемых к рельсам рассматриваемых цепей заземления и определять степень влияния неисправностей в них на устойчивость работы аппаратуры автоматической локомотивной сигнализации и рельсовых цепей.

Список литературы

- 1 **Брылеев, А. М.** Теория, устройство и работа рельсовых цепей / А. М. Брылеев, Ю. А. Кравцов, А. А. Шишляков. – М. : Транспорт, 1978. – 344 с.
- 2 **Шаманов, В. И.** Электромагнитная совместимость систем железнодорожной автоматики и телемеханики / В. И. Шаманов. – М. : ГОУ «УМЦ по образованию на ж.-д. транспорте», 2013. – 244 с.
- 3 Технологические карты на работы по содержанию и ремонту устройств контактной сети электрифицированных железных дорог. Кн. II : Техническое обслуживание и текущий ремонт. – М. : Трансиздат, 1999. – 427 с.
- 4 **Шаманов, В. И.** Способ диагностики состояния цепей заземления на рельсы опор контактной сети / В. И. Шаманов, А. Е. Ваньшин, В. С. Кузьмин. – Патент на изобретение № 2671590 РФ; опубл. 02.11.2018; бюл. № 31. – 6 с.: ил.

УДК 621.396: 656.254

АНАЛИЗ ПРИЧИН ПОВРЕЖДЕНИЙ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ СВЯЗИ

В. Г. ШЕВЧУК, С. В. КИСЕЛЕВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

С. Н. ЗЮЛЕВА, В. Ю. АСКЕРКО

Белорусская железная дорога, г. Гомель

Надёжную и безотказную работу кабелей связи следует рассматривать как один из важнейших элементов функционирования железной дороги, непосредственно влияющий на безопасность движения поездов, производительность труда работников различных служб, оперативность, достоверность и надёжность передачи данных автоматизированных систем управления железнодорожным транспортом.

Анализ повреждений кабелей связи за 2015–2019 гг. показал, что они с течением времени распределяются равномерно, а видами повреждений кабелей связи на Белорусской железной дороге являются: порыв кабеля (техникой или грызунами), хищение кабеля, попадание грозового разряда, понижение изоляции кабеля, отказ кабеля вследствие горения торфяника (рисунок 1).

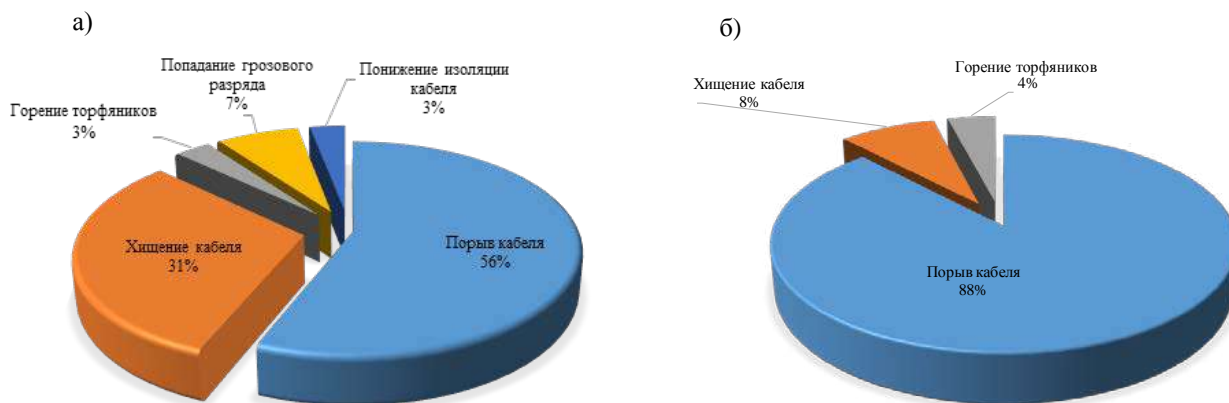


Рисунок 1 – Процентное соотношение причин повреждений кабелей с металлическими жилами (а) и волоконно-оптических кабелей (б) на железной дороге

Для сравнения были проанализированы за тот же период времени и причины повреждений кабелей связи на городской сети Гомельского филиала РУП «Белтелеком» (рисунок 2).

Большинство повреждений городской кабельной сети ГФ РУП «Белтелеком» происходит из-за порывов кабелей землероечной техникой и обусловлено тем, что на территории города Гомеля работает большое число организаций, имеющих свои подземные коммуникации; организаций, отве-