

Рисунок 2 – Структурная схема микропроцессорного измерителя параметров четырехполюсников

Прибор состоит из блока коммутации, генератора синусоидального сигнала, схемы измерения тока, напряжения и фазы и микроконтроллера, связанного интерфейсом USB с персональным компьютером.

Персональный компьютер связан с микроконтроллером посредством интерфейса Universal Serial Bus (USB). Микроконтроллер выполняет функции управления процессами коммутации, коммутации пределов измерения значений тока, генерацией синусоидального сигнала, измерением напряжения и тока при помощи встроенного аналого-цифрового преобразователя. Обработка измеренных данных осуществляется на персональном компьютере.

Блок коммутации подключения четырехполюсника осуществляет коммутирование входа и выхода четырехполюсника к генератору и измерительной схеме.

Блок коммутации выходов обеспечивает выполнение режима холостого хода и короткого замыкания.

Генерация синусоидального сигнала производится с помощью его формирования программными методами широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Параметры сигнала задаются путем посылки команды с персонального компьютера.

Для измерения тока и напряжения осуществляется измерение амплитудного значения синусоидального сигнала, а устройство выделения фронта вычисляет фазу между током и напряжением проходящего через четырехполюсник.

Таким образом разработанный измеритель позволит определить параметры любого четырехполюсника, входящего в рельсовую цепь, а также позволяет проверить правильность составления регулировочной таблицы путем измерения напряжений в начале и конце рельсовой линии.

УДК 656.25

ВОПРОСЫ НОРМИРОВАНИЯ УРОВНЯ ПОМЕХ ОТ ТЯГОВОГО ТОКА НА АППАРАТУРУ АВТОМАТИКИ

В. И. ШАМАНОВ

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

Рельсовые цепи (РЦ) остаются в развитых странах основным средством контроля свободности участков железнодорожного пути и передачи этой информации на локомотив [1]. Сбои в их работе и в работе аппаратуры автоматической локомотивной сигнализации (АЛС) ухудшают безопасность движения поездов и снижают пропускную способность участков пути.

По сравнению с участками с автономной тягой при электротяге переменного тока количество сбоев в работе локомотивной аппаратуры АЛС происходит больше в 60–70 раз, а при электротяге постоянного тока больше в 40–50 раз. Одной из основных причин такого увеличения количества сбоев является мешающее влияние асимметрии тягового тока в рельсах в местах подключения к ним аппаратуры РЦ и под приемными локомотивными катушками АЛС. Поэтому вопрос о нормировании величины этой асимметрии весьма актуален [2].

Считается, что асимметрия тягового тока, т. е. разность тяговых токов в первой I_{T1} и во второй I_{T2} рельсовых нитях рельсовой линии, для переменного тягового тока не должна превышать 15 А. Однако это значение было получено экспериментально для дроссель-трансформаторов (ДТ) типа ДТ-1-150, чтобы исключить чрезмерное подмагничивание их сердечников токами асимметрии. Также получено предельное значение асимметрии тягового тока для ДТ, предназначенных для участков с электротягой постоянного тока. Следовательно, эти нормы, строго говоря, не относятся к нормированию уровней помех от тягового тока на аппаратуру автоматики и телемеханики. А норма асимметрии переменного тягового тока в 12 А, предложенная ПКТБ ЦШ, конечно, никак не обоснована.

Эквивалентную схему замещения для двухниточной неразветвленной РЦ, ограниченной с обоих концов изолирующими стыками с ДТ, можно представить в виде, показанном на рисунке 1.

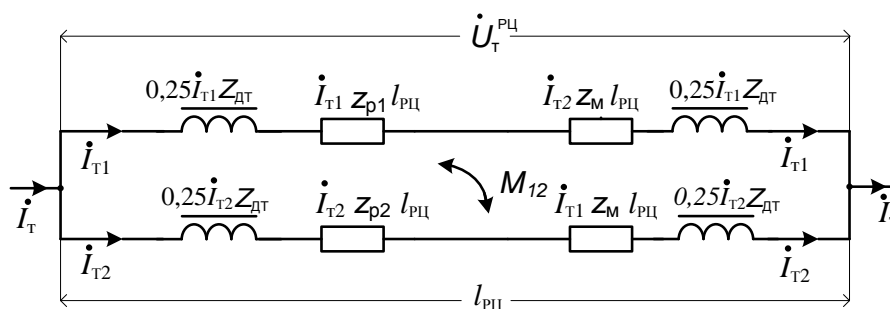


Рисунок 1

Тяговый ток I_T растекается в такой схеме по первой I_{T1} и второй I_{T2} рельсовым нитям рельсовой линии обратно пропорционально их сопротивлениям. Сопротивления эти состоят из сопротивления основных обмоток ДТ Z_{DT} ; сопротивлений взаимной индуктивности M_{12} рельсовых нитей с удельным значением $z_M = j\omega M_{12}$, а также из удельных сопротивлений отрезков рельсовых линий z_{p1} и z_{p2} , продольные сопротивления которых включают в себя сопротивления сплошных рельсов, сопротивления стыков между рельсовыми звеньями и сопротивления дроссельных перемычек.

Уравнения для оценки распределения падений тягового напряжения по элементам первой и второй рельсовых нитей данной схемы можно записать в следующем виде:

$$\begin{aligned} \dot{U}_T^{PC} &= \dot{I}_{T1} z_{p1} l_{PC} + \dot{I}_{T2} z_{M1} l_{PC} + 0,5 \dot{I}_{T1} Z_{DT}; \\ \dot{U}_T^{PC} &= \dot{I}_{T2} z_{p2} l_{PC} + \dot{I}_{T1} z_{M2} l_{PC} + 0,5 \dot{I}_{T2} Z_{DT}. \end{aligned}$$

Эквивалентная схема замещения такой РЦ в режиме АЛС будет отличаться тем, что головной электровоз своими колёсными парами закорачивает секции основной обмотки ДТ, показанные на рисунке слева, а сопротивления z_{p1} и z_{p2} , становятся функциями расстояния от головы электровоза до конца РЦ.

Сложность анализа процесса растекания тяговых токов I_{T1} и I_{T2} по рельсовым нитям рельсовой линии определяется следующим. Сопротивления рельсов z_{p1} и z_{p2} зависят от величины тягового тока в них, от частоты гармоники тягового тока, а в неоднородных рельсовых линиях ещё и от характера распределения продольного и поперечного сопротивления рельсовой линии по длине РЦ l_{PC} . Переменный тяговый ток активно стекает из рельсов в землю, поэтому величина тягового тока в рельсовых нитях меняется по длине рельсовой линии. Гармонический состав тягового тока изменяется во времени и по длине рельсовых линий. Взаимная индуктивность рельсовых нитей M_{12}

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.