

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ НА РАБОТУ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ

В. И. ГАВРИЛЮК

Днепропетровский государственный технический университет железнодорожного транспорта

Оценку влияния тягового электроснабжения на линии связи и железнодорожной автоматики необходимо производить как при проектировании и вводе в эксплуатацию потенциальных источников электромагнитных помех, т.е. новых электрифицированных линий, новых типов электроподвижного состава, так и при разработке и внедрении новых систем управления движением поездов, в особенности выполненных на микроэлектронной элементной базе. Очевидно, для проведения подобных испытаний систем железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ) на электромагнитную совместимость с электрифицированными железными дорогами необходимо определить параметры и уровни безопасного влияния, увязав их с концепцией безопасности. Данная работа выполнена при разработке методики испытаний электровоза переменного тока ДСЗ на электромагнитную совместимость с рельсовыми цепями.

При анализе электромагнитного влияния электрифицированных железных дорог на слаботочные линии железнодорожной автоматики и связи, расположенные в прилегающих зонах, в общем случае необходимо учитывать влияние следующих силовых линий:

- тяговой сети, представляющие собой систему из контактного, усиливающего и экранирующего проводов, с напряжением в контактном проводе 25 кВ при переменном токе или 3 кВ при постоянном токе;

- трехфазных высоковольтных линий автоблокировки напряжением 6(10) кВ переменного тока;
- трехфазных высоковольтных линий продольного электроснабжения.

Возможно также влияние высоковольтных линий электропередачи напряжением 35–500 кВ в случае сближения железной дороги с ними. Источниками электромагнитного влияния являются как сами линии с протекающим по ним переменным (несимметричным с отклонениями от синусоидального) током или постоянным (выпрямленным с пульсациями) током, так и подвижной состав с тиристорно-импульсными силовыми преобразователями. Мощные импульсные помехи в рельсах могут возникать при изменении режима работы тяговых двигателей, а также при взаимодействии токоприемника с контактным проводом. В двухниточных рельсовых цепях действие тока помехи на путевые и локомотивные приемники связано с асимметрией рельсовой цепи. Теоретическое рассмотрение электромагнитного влияния тягового электроснабжения на рельсовые цепи обычно основывается на использовании теории многопроводных длинных линий с индуктивной, а для ряда из них и гальванической связью. Число линий и типы связи определяются конкретной системой. В общем случае многопроводные индуктивно связанные линии описываются системой дифференциальных уравнений, которые в матричном виде могут быть записаны следующим образом:

$$\frac{d}{dx} \begin{pmatrix} U^{(3)}(x) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Z^{(3)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I^{(3)}(x) \end{pmatrix};$$

$$\frac{d}{dx} \begin{pmatrix} I^{(3)}(x) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y^{(3)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U^{(3)}(x) \end{pmatrix},$$

в которой векторы напряжений, токов и матрицы сопротивлений и проводимостей определяются выражениями:

$$\begin{pmatrix} U^{(3)}(x) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} U_1(x) \\ U_2(x) \\ U_3(x) \end{pmatrix}; \quad \begin{pmatrix} I^{(3)}(x) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I_1(x) \\ I_2(x) \\ I_3(x) \end{pmatrix};$$

$$\begin{pmatrix} Z^{(3)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Z_{11} & Z_{12} & Z_{13} \\ Z_{21} & Z_{22} & Z_{23} \\ Z_{31} & Z_{32} & Z_{33} \end{pmatrix}; \quad \begin{pmatrix} Y^{(3)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_{11} & Y_{12} & Y_{13} \\ Y_{21} & Y_{22} & Y_{23} \\ Y_{31} & Y_{32} & Y_{33} \end{pmatrix},$$

где $U_1(x)$, $U_2(x)$, $U_3(x)$, $I_1(x)$, $I_2(x)$, $I_3(x)$ – напряжения и токи в точке с координатой x , соответственно, первого, второго рельсов и контактного провода; (Z) – матрица комплексных удельных продольных сопротивлений проводов многопроводной линии с учетом их взаимного электромагнитного влияния; (Y) – матрица комплексных удельных поперечных проводимостей между проводами линии. При нахождении постоянных интегрирования системы дифференциальных уравнений использовано значение питающего напряжения тяговой подстанции, ток электровоза и соотношения между током и напряжением на приемном конце рельсовой цепи. На основе разработанной компьютерной программы проведено исследование электромагнитного влияния тягового электроснабжения на работу рельсовых цепей в зависимости от различных факторов, в том числе от значения продольной и поперечной асимметрии РЦ, величины и спектрального состава тягового тока при разных режимах ведения локомотива.

УДК 656.259.1

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ УСТРОЙСТВ СЧЕТА ОСЕЙ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

В. И. ГАВРИЛЮК, К. В. ГОНЧАРОВ

Днепропетровский государственный технический университет железнодорожного транспорта

При разработке устройств счета осей подвижного состава (УСО ПС) необходимо определить требования к ним по обеспечению необходимого уровня безопасности. Под безопасностью систем железнодорожной автоматики (СЖАТ) понимают их свойство непрерывно сохранять исправное, работоспособное или защитное состояние в течение некоторого времени или некоторой наработки. В целом проблему обеспечения безопасности необходимо рассматривать как часть общей проблемы обеспечения надежности. Выработка требований к СЖАТ по обеспечению безопасности подразумевает определение критериев опасного отказа, параметров и уровня безопасности, а также концепции безопасности. В качестве концепции безопасности для УСО ПС в первом приближении можно принять концепцию, сформулированную для микроэлектронных систем, согласно которой одиночные дефекты аппаратных и программных средств не должны приводить к опасным отказам, а должны обнаруживаться с заданной вероятностью на рабочих и тестовых воздействиях не позднее, чем в системе возникнет второй дефект. Под отказом УСО будем понимать любую ошибку в подсчете числа проследовавших осей. Поскольку для УСО при общем рассмотрении без учета особенностей конкретной схемы, в которой возможно его применение, невозможно определить, какая из ошибок счета осей приведет к опасной ситуации, будем считать каждую ошибку в подсчете осей опасным отказом. Такое предположение приводит к заниженной оценке безопасности УСО. Под параметром безопасности будем понимать достоверность счета, а под критерием опасного отказа – нарушение достоверности счета осей подвижного состава. При определении требуемого уровня безопасности УСО ПС необходимо исходить из существующих уровней безопасности для релейных СЖАТ.

На достоверность информации, получаемой от точечных путевых датчиков (ТПД), влияет целый ряд случайных факторов, в том числе механические воздействия со стороны подвижного состава, климатические факторы (температура, влажность), электромагнитные помехи, различие колес подвижного состава по типу, степени износа и т.д. Для повышения достоверности информации от ТПД необходимым является рациональный выбор электрических, конструкционных, схемных параметров, позволяющий увеличить отношение полезного сигнала, формируемого на выходе датчика при проследовании колеса подвижного состава, к сигналу, возникающему вследствие изменения перечисленных факторов. Анализ воздействия на ТПД эксплуатационных факторов, электромагнитных помех и методы синтеза помехоустойчивых приемников рассмотрены авторами в [1].

С целью повышения достоверности работы ТПД проведено исследование влияния электрических и конструкционных параметров дифференциального трансформаторного датчика на его выходной сигнал.

На выходе трансформаторного ТПД при проходе над ним колеса последовательно формируются два электрических сигнала противоположной полярности