

но важно для рельсовых цепей, в которых уровень шума достаточно велик. В заданном диапазоне частот могут работать несколько приемников и передатчиков, поскольку приемник воспринимает сигнал, на который он не настроен, как шум. Это особенно привлекательно для бесстыковых тональных рельсовых цепей, в приемники которых проникают сигналы от соседних блок-участков. Из сказанного выше следует, что шумоподобный сигнал не может создать ложной свободности блок-участка.

Квадрат параметра обнаружения шумоподобного сигнала

$$h^2 = \frac{P_c}{P_{\text{ш}}} fT,$$

где P_c – мощность сигнала, Вт; $P_{\text{ш}}$ – мощность шума, Вт; f – полоса частот, Гц; T – длительность сигнала, с.

Поскольку для сигналов с большой базой $B = fT \gg 1$, то при неизменной мощности сигнала возрастает уверенность его обнаружения.

Известно, что при фазовой манипуляции выигрыш в помехоустойчивости

$$g = fT \frac{m^2}{\Pi^2},$$

где m – индекс модуляции; Π – пик-фактор.

Из формулы следует, что сигналы с большой базой отличаются значительным выигрышем в помехоустойчивости по той же причине большого значения $B = fT$.

В рельсовых цепях известна кодирующая последовательность питающего конца данной рельсовой цепи с известной фазой. Если предполагать, что амплитуда сигнала подвержена случайным искажениям по причине действия помех, то достаточно легко организовать корреляционный прием сигнала, который является одним из прогрессивных методов приема сигналов рельсовых цепей, отличающимся высокой достоверностью. Следовательно, применение таких же сигналов в рельсовых цепях может обеспечить существенное повышение их надежности и безопасности. Тем самым можно решить актуальную научно-техническую проблему обеспечения безопасности движения поездов, в том числе и высокоскоростного, на перегонах.

Обоснованность выдвигаемого в докладе предложения подтверждается результатами, полученными в Санкт-Петербургском университете путей сообщения. При проведении работ по повышению надежности работы точечной АЛС показано, что применение сигналов, манипулированных составными кодами Баркера «3 и 3» и «3 и 7», дало выигрыш в надежности приема сигнала в три раза.

УДК 656.252.12

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ УДАРЕ МОЛНИИ В РЕЛЬСОВУЮ ЦЕПЬ

Д. В. КОМНАТНЫЙ

Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Республика Беларусь

Удар молнии в рельсовую цепь может привести к повреждению микроэлектронного и микропроцессорного оборудования рельсовых цепей, снижению безопасности движения поездов. Поэтому необходима разработка методов расчета волн токов и напряжений в рельсовой цепи при поражении ее молнией для использования при прогнозировании помех в рельсовой цепи и проектировании средств защиты.

Рельсовая цепь моделируется длинной линией с погонными параметрами: сопротивление R_0 , индуктивность L_0 , проводимость G_0 . На нее воздействует ток молнии $j(x, t)$. Тогда из уравнений длинной линии получается уравнение типа Фурье

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{1}{L_0 G_0} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{R_0}{L_0} u + \left(\frac{1}{G_0} \frac{\partial}{\partial t} j(x, t) - \frac{R_0}{L_0 G_0} j(x, t) \right).$$

Граничные условия выводятся из следующих предположений. Рельсовая цепь длины l нагружена на обмотку путевого трансформатора с пренебрежимо малым омическим сопротивлением. На

конце рельсовой цепи можно пренебречь сопротивлением рельса в силу его малости. Удар молнии приходится в точку, не совпадающую с концами рельсовой цепи. В этом случае из уравнений длинной линии и закона электромагнитной индукции следует граничное условие третьего рода

$$u(l, t) - \frac{L}{L_0} \frac{\partial}{\partial x} u(l, t) = \varphi_1(x) = 0,$$

где L – индуктивность обмотки путевого трансформатора, Гн.

Начальное условие $u(x, 0) = 0$.

Полученное уравнение с заданными граничными и начальными условиями имеет аналитическое решение, приведенное в справочнике А. Д. Полянина. С учетом вида начальных и граничных условий решение записывается в виде

$$u(x, t) = \int_0^l \int_0^t f(\xi, \tau) G(x, \xi, t - \tau) d\xi d\tau,$$

где обозначено

$$G(x, \xi, t - \tau) = e^{-bt} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\|y_n\|^2} y_n(x) y_n(\xi) e^{-a\mu_n t}; \quad y_n(x) = \cos \mu_n x + \frac{k_1}{\mu_n} \sin \mu_n x;$$

$$\|y_n\| = \frac{k_1}{\mu_n^2} + \frac{l}{2} \left(1 + \frac{k_1}{\mu_n^2} \right); \quad f(x, t) = \frac{1}{G_0} \frac{\partial}{\partial t} j(x, t) - \frac{R_0}{L_0 G_0} j(x, t).$$

Числа μ_n – суть корни уравнения

$$\frac{tg(\mu l)}{\mu} = \frac{2k_1}{\mu^2 - k_1^2}.$$

В решении обозначено $a = \frac{1}{L_0 G_0}$, $b = \frac{R_0}{L_0}$, $k_1 = \frac{L}{L_0}$.

Полученное решение представляет собой бесконечную сумму затухающих волн напряжения, следовательно, оно физически корректно. По сравнению с уже известными решениями, полученными методом преобразования Лапласа, предлагаемое решение записывается сразу во временной области, поэтому получение расчетных соотношений требует меньших затрат вычислительной работы. В нем учтены все параметры рельсовой цепи, в то время как в имеющихся решениях пренебрегается погонным сопротивлением цепи. Поэтому допустимо считать, что полученное решение имеет более высокую адекватность и может применяться на практике.

УДК 656.25

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ НА ЭТАПАХ РАЗРАБОТКИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ

В. Ф. КУСТОВ

Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, г. Харьков

На этапах разработки и эксплуатации микропроцессорных систем железнодорожной автоматики (МСЖА) важным является правильная оценка их функциональной безопасности (ФБ). Необходимо выделить основные особенности этой оценки.

1 Оценка ФБ зависит от достоверности исходных данных по надежности комплектующих изделий, от точного учета всех влияющих на них факторов, особенно при появлении новых воздействий в процессе эксплуатации, не учитываемых до этого при расчетах ФБ и допуске к эксплуатации систем.