

Стратегическое значение систем ЖАТ в обеспечении экономической и национальной безопасности государства. Этот фактор требует обеспечения помимо экономической безопасности и выполнения требований информационной безопасности. Составляющая программного обеспечения в современных аппаратно-программных комплексах МПЦ достигает 70–80 %. Системы управления поездов на станциях относятся согласно нормативным документам Российской Федерации и Республики Беларусь к критически важным объектам информатизации. При этом в соответствии с требованиями концепции национальной безопасности в таких системах должно использоваться программное обеспечение отечественных разработчиков.

Полнота и сложность адаптации систем иностранного производства с учетом национальных особенностей (технологии организации поездной работы). Например, использование отличного от принятого на железной дороге порядка установки маршрутов на станции, способа отображения поездной ситуации на АРМ ДСП и другие отличия вызывают дополнительные затруднения в адаптации эксплуатационного персонала. Различия в правилах эксплуатации выдвигают перед промышленностью средств СЦБ проблему обеспечения экономической эффективности систем централизации новых поколений. Адаптация МПЦ к условиям конкретной железной дороги требует больших затрат. Специалисты компании-разработчика должны сначала детально ознакомиться с правилами эксплуатации. При этом даже очень опытные специалисты, не имевшие ранее опыта работы в условиях железной дороги-заказчика, зачастую наталкиваются на неизвестные им ранее функции. Специалистам требуется длительное время для изучения национальных правил эксплуатации, которые в дальнейшем им необходимо реализовать в системе централизации. Этот процесс обычно весьма трудоемок и его нельзя недооценивать.

Возможность дальнейшего совершенствования систем ЖАТ. Как показывает длительный опыт эксплуатации систем централизации, они постоянно совершенствуются и развиваются в направлении повышения надежности, расширения функциональных возможностей и т. д. Использование систем иностранного производства, в частности программного обеспечения, ограничивает эти возможности. В то же время представленные на рынке электронные компоненты становятся недоступными уже через несколько лет. В результате технического развития на рынок регулярно выходят новые, все более мощные компоненты, а прежние снимаются с производства.

Системы МПЦ, как правило, входят составной частью в комплексные проекты автоматизированных систем управления движением поездов на станциях. Поэтому при выборе систем необходимо учитывать их совместимость и возможность дополнения подсистемами электропитания постов ЭЦ и других объектов станции, подсистемами диагностики и мониторинга напольных устройств, увязки с переездной сигнализацией, контрольно-габаритными устройствами, пожарной сигнализацией и другими объектами, определяемыми конкретными проектными решениями.

Указанные факторы и показатели должны учитываться при приобретении систем ЖАТ иностранных разработчиков и производителей. Кроме того, они же и другие факторы должны приниматься во внимание при разработке и продвижении на мировые рынки и систем собственной разработки.

УДК 656.25

ЭКВИВАЛЕНТНОСТЬ ИМПУЛЬСА ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО РАЗРЯДА И ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИМПУЛЬСА ПРЕДНАМЕРЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

К. А. БОЧКОВ, Н. В. РЯЗАНЦЕВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Д. В. КОМНАТНЫЙ

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

В настоящее время в составе электромагнитной обстановки (ЭМО) на месте эксплуатации микроэлектронной аппаратуры ЖАТ могут оказаться сверхширокополосные электромагнитные импульсы преднамеренного воздействия (ЭИПВ). Это импульсы электромагнитного поля высокой амплитуды, малой длительности порядка единиц наносекунд и напряженности электромагнитного поля от 5 до 10 кВ/м. Преднамеренные электромагнитные воздействия являются новым фактором угроз безопасности критически важных объектов информатизации. Об этом свидетельствует активизация исследований, проводимых по данному направлению в России, Китае, США. Это подтверждается и требованиями ГОСТ Р 52863-2007 «Автоматизированные системы в защищенном исполнении. Испытания на устойчивость к намеренным силовым электромагнитным воздействиям». В России системы железнодорожной автоматики и телемеханики нормативным документом Федеральной службы по техническому и экспортному контролю ФСТЭК отнесены к ключевым системам информационной инфраструктуры (КСИИ). В Республике Беларусь такие объекты согласно Указу Президен-

та РБ № 486 классифицируются как критически важные объекты информатизации (КВОИ). Поэтому проблема защиты от ЭИПВ становится актуальной и для разработчиков систем обеспечения безопасности движения поездов.

Опыт конструирования средств радиоэлектронной борьбы, где эта проблема является наиболее критичной, показывает, что преднамеренно созданные помехи являются, в значительном числе случаев, некондуктивными. Они проникают в рецепторы помех через переизлучение электромагнитных волн неоднородности корпуса. Накопленный опыт решения проблемы ЭМС по отношению к воздействию электростатического разряда (ЭСР) в ИЛ «БЭМС ТС» БелГУТа позволяет распространить его на воздействие ЭИПВ, поскольку спектральный состав импульсы ЭЭСР близок к сверхширокополосным импульсам преднамеренного воздействия. Испытательные импульсы электростатического разряда производятся на те же неоднородности в корпусе электронной аппаратуры, которые являются каналами для проникновения ЭИПВ. Возбуждаемые импульсом напряжения ЭЭСР неоднородности также становятся источниками помехового электромагнитного излучения в корпусе изделия. Допустимо полагать, что устойчивая к этому импульсу электронная аппаратура будет устойчива и к импульсу преднамеренного воздействия, параметры которого обеспечивают эквивалентность обоих импульсов. Устойчивость к ЭИПВ с другими параметрами можно оценить, используя масштабные коэффициенты.

В качестве примера расчета параметров эквивалентных импульсов рассмотрим условия эквивалентности биэкспоненциального импульса, моделирующего импульс ЭЭСР, и косинусного импульса, который может применяться в качестве ЭИПВ.

Показано, что для обеспечения эквивалентности импульсов необходимо и достаточно, чтобы были равны активная ширина спектра обоих импульсов и полная энергия этих импульсов.

$$W_1 = W_2; \Delta f_1 = \Delta f_2.$$

Косинусный импульс выражается функцией

$$u(t) = \begin{cases} \frac{A}{2} \left(1 - \cos \frac{2\pi}{t_n} t \right) & -\frac{t_n}{2} \leq t \leq \frac{t_n}{2} \\ 0 & -\frac{t_n}{2} > t > \frac{t_n}{2} \end{cases},$$

где A – амплитуда импульса, В; t_n – длительность импульса, с; t – время, с.

Энергия этого импульса

$$W = \int_{-\frac{t_n}{2}}^{\frac{t_n}{2}} (u(t))^2 dt = \frac{A^2}{4} \int_{-\frac{t_n}{2}}^{\frac{t_n}{2}} \left(1 - \cos \frac{2\pi}{t_n} t \right)^2 dt = \frac{3A^2}{8} t_n$$

Активная ширина спектра косинусного импульса $\Delta f = 1,14/t_n$.

Биэкспоненциальный импульс имеет вид

$$u(t) = U \left(e^{-\alpha_1 t} - e^{-\alpha_2 t} \right),$$

где U – напряжение импульса, В; α_1, α_2 – параметры импульса, с⁻¹.

Его энергия

$$W = \int_0^{\infty} (u(t))^2 dt = \int_0^{\infty} U^2 \left(e^{-\alpha_1 t} - e^{-\alpha_2 t} \right)^2 dt = U^2 \left(\frac{1}{2\alpha_1} - \frac{2}{\alpha_1 + \alpha_2} + \frac{1}{2\alpha_2} \right).$$

В литературе имеется график для определения активной ширины спектра биэкспоненциального импульса Δf_{be} в зависимости от длительности импульса на уровне половины амплитуды.

Тогда условие эквивалентности обоих импульсов выражается системой уравнений

$$\frac{1,14}{t_n} = \Delta f_{be}; \quad \frac{3}{8} A^2 t_n = U^2 \left(\frac{1}{2\alpha_1} - \frac{2}{\alpha_1 + \alpha_2} + \frac{1}{2\alpha_2} \right).$$

Зная параметры биэкспоненциального импульса, по этой системе уравнений можно вычислить параметры косинусного импульса, эквивалентного биэкспоненциальному, и, таким образом, косвенно определить реак-

цию устройства ЖАТ на импульс преднамеренного воздействия. Аналогично могут быть получены и условия эквивалентности биэкспоненциального импульса и других видов импульсов.

Сказанное позволяет сделать вывод, что по устойчивости изделия электронной техники к ЭСР можно косвенно судить и об устойчивости того же изделия к ЭИПВ, распространяющимся по свободному пространству. Испытания на устойчивость к ЭСР производятся для всех типов электронного оборудования информационно-управляющих систем. Следовательно, добившись устойчивости к ЭСР конструктивными мерами и подтвердив ее данными испытаний, можно увеличить и устойчивость того же технического средства к ЭИПВ. Таким образом, достигается значительная экономия средств на проведение мероприятий по обеспечению устойчивости к ЭИПВ, ускоряются разработка и внедрение новой техники ЖАТ. Одновременно, эта техника приобретает достаточный уровень устойчивости к современным угрозам.

УДК 656.2.08

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПЕЕЗДОВ НА СТАНЦИИ ПРИ ОТКАЗАХ МПЦ

*К. А. БОЧКОВ, С. Н. ХАРЛАП, А. Н. КОВРИГА, Д. Н. ШЕВЧЕНКО,
А. В. ЛОГВИНЕНКО, А. В. ЕРМОЛЕНКО*

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Микропроцессорные централизации стрелок и сигналов на станциях находят все более широкое распространение. Функциональные возможности современных МПЦ имеют постоянную тенденцию к расширению и интеграции их в многоуровневые системы центров управления движения поездов. Как и любые другие системы, построенные на современной элементной базе, МПЦ подвержены отказам. С целью увеличения коэффициента готовности при защитном отказе в некоторых МПЦ предусмотрен вспомогательный ручной режим управления, в котором проверка условий безопасности и принятие решений возлагаются исключительно на дежурного по станции (ДСП).

Анализ крушений и браков в работе систем ЖАТ показывает, что в большинстве случаев события, приводящие к тяжелым последствиям развиваются по следующему сценарию. Вначале следует отказ технических средств ЖАТ, и как следствие возникает нештатная ситуация, приводящая к полной или частичной потере функции по управлению и контролю над объектами дежурным по станции. Затем основные функции по обеспечению безопасности движения поездов, на время устранения нештатной ситуации, принимает на себя ДСП.

Таким образом, в нештатных ситуациях на время восстановления системы МПЦ уровень обеспечения безопасности движения поездов на станции значительно снижается и на первый план выступает человеческий фактор. Предполагая поток отказов МПЦ простейшим, интенсивность аварий на железнодорожной станции (по причине отказов МПЦ) определяется выражением

$$\lambda_a = \lambda_{ao} + \lambda_{an} = \lambda_{oo} P_{co} (1 - P_n) + \lambda_{no} P_{cn} P_{od}, \quad (1)$$

где λ_{ao} – интенсивность аварий по причине опасных отказов МПЦ; λ_{an} – интенсивность аварий по причине неопасных (защитных) отказов МПЦ; λ_{oo} – интенсивность опасных отказов ($\lambda_{oo} = 10^{-7} \dots 10^{-9}$ 1/ч); P_{co} – вероятность наличия неблагоприятной поездной ситуации в момент опасного отказа (имеет порядок $P_{co} = 10^{-1} \dots 10^{-2}$); P_n – вероятность парирования опасной технологической ситуации ДСП ($P_n = 0,2 \dots 0,8$); λ_{no} – интенсивность неопасных отказов (причем $\lambda_{no} = 10^{-3} \dots 10^{-6}$ 1/ч); P_{cn} – вероятность наличия благоприятной поездной ситуации в момент неопасного отказа; P_{od} – вероятность ошибочных действий ДСП (имеет порядок $P_{od} = 10^{-1} \dots 10^{-2}$).

Анализируя факторы, влияющие на интенсивность аварий λ_a , видно, что второе слагаемое в выражении (1) имеет преимущественный вклад (более 99%), а меры повышения надежности и безопасности функционирования МПЦ в первую очередь должны быть связаны с уменьшением вероятности P_{od} ошибочных действий ДСП.

Для снижения риска возникновения аварийных ситуаций в системах критичных к безопасности находят все более широкое применение интеллектуальные надстройки в виде систем поддержки принятия решений оперативным персоналом.

В научно-исследовательской и испытательной лаборатории «Безопасность и ЭМС технических средств» БелГУТа впервые в мире разработана и интегрирована в систему МПЦ «Ипуть» подсистема поддержки принятия решений ДСП (СППР) в нештатных ситуациях, задачей которой является предоставление дежурному