

стемами нижнего уровня при обеспечении безопасности поездов, то становится актуальным вопрос защиты таких систем управления движением поездов от подобного рода воздействий.

Основным способом защиты от СШП воздействия является экранирование. В микропроцессорных устройствах СЖАТ в качестве экрана выступает корпус. Эффективность экранирования во многом обеспечивается его однородностью. На практике невозможно изготовить полностью однородный корпус. Как правило, в корпусе присутствуют различного рода неоднородности: вентиляционные отверстия, болтовые соединения, зазоры и др. Эти элементы корпуса способствуют проникновению электромагнитного излучения внутрь устройства, создают внутри корпуса помеховое электромагнитное поле, которое приводит к сбоям электронной элементной базы. Однако вместе с тем в имеющихся литературных источниках вопросам расчета и анализа проникновения излучения через неоднородности экранов уделяется недостаточное влияние.

Для расчета и анализа эффективности электромагнитного экрана на стадии проектирования могут быть использованы автоматические системы моделирования, например CST Microwave Studio. В ее основе лежат два метода расчета: метод конечных разностей (Finite Difference Time Domain, FDTD) и метод матриц линий передачи (transmission-line matrix method, TLM). Они позволяют осуществлять параллельные вычисления на компьютерах, что является современным способом повышения быстродействия программного обеспечения. Основным же недостатком методов является то, что трехмерные задачи, где имеются сложная конфигурация границ и большое количество деталей, требуют значительных вычислительных затрат и обладают чувствительностью к погрешностям исходных данных. В качестве альтернативы в НИЛ «Безопасность и электромагнитная совместимость технических средств» БелГУТа реализован аналитический метод расчета электромагнитного излучения неоднородностей корпусов и разработано программное обеспечение для инженерного использования. В сравнении с имеющимися программными комплексами она имеет высокую вычислительную эффективность, не имеет проблемы ленгмюровских колебаний из-за погрешностей входных данных, не требует больших вычислительных ресурсов. Однако программное обеспечение обладает и некоторыми недостатками: в процессе расчета не учитывается материал экрана, позволяет производить расчеты только наиболее распространенных неоднородностей. Вторым по значимости каналом проникновения помех являются сети передачи данных. Информационная сеть современных микропроцессорных систем управления движением поездов организована по средствам интерфейсов: RS-232, RS-485, RS-422, Ethernet, CAN. Все виды используемых интерфейсов для приема и передачи сигналов используют многопроводные сигнально-блокировочные экранированные кабели марки КРУШЭ и жильностью  $3 \times 1$ . Обзор литературы показал, что в настоящее время отсутствуют исследования механизмов деструктивного воздействия и испытаний устойчивости сети связи хотя бы для одной из используемых технологий, например Ethernet, и при этом по общепризнанным методикам диагностики сетей.

Проблемы помехозащищенности микропроцессорных систем автоматики и телемеханики от воздействия сверхширокополосных импульсов помех не могут быть решены исключительно экспериментальным путем. Поэтому необходим комплекс методов, включающих расчетно-теоретические, имитационные методы и экспериментальные. Необходимо развитие, совершенствование и разработка новых специальных методов анализа и оценки воздействия СШП ЭМИ на устройства СЖАТ, установления перечня параметров, определяющих поражающее действие. Перспективным является разработка системных методов и средств обеспечения устойчивости микропроцессорных устройств СЖАТ к воздействию СШП импульсов помех с учетом современных требований технических нормативных правовых актов.

УДК 656.25

## **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ**

*А. Н. КОВРИГА, К. А. БОЧКОВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В настоящее время на железных дорогах стран СНГ используется большое количество релейных систем электрической централизации (ЭЦ) и автоматической блокировки (АБ) с превышением

нормативного срока эксплуатации. Принято считать полезным сроком эксплуатации систем ЭЦ – 25 лет, систем АБ – 30 лет. В то же время на железных дорогах, например в России, на данный момент свыше этого срока эксплуатируются 80 % стрелок ЭЦ и 63 % тыс. км АБ. Более того, свыше 51 тыс. стрелок из общего количества 130 тыс. и 15 тыс. км АБ из общего числа 61 тыс. км отработало более 35 лет. Примерно такая же ситуация, но со значительно меньшими количествами стрелок и километров АБ сложилась и на Белорусской железной дороге.

Более 10 лет назад на Белорусской железной дороге было принято стратегически правильное направление совершенствования электрической централизации путём использования современной микропроцессорной элементной базы. Вместе с тем релейная элементная база, длительное время используемая при разработке систем железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ), в настоящее время ещё является основной и в системах электрической централизации, так как обладает рядом положительных качеств. К ним относятся:

- высокие уровни обеспечения безопасности работы схем на реле I класса надёжности, подтверждённые длительным опытом эксплуатации;
- устойчивость к климатическим факторам, например повышению температуры внешней среды;
- защищённость от влияния электромагнитных и других помех;
- простота и наглядность схем, обеспечивающих функциональную и кибербезопасность, что позволяет широкому кругу специалистов самостоятельно разрабатывать и вносить изменения с контролем и проверкой их действия и необходимых условий безопасности движения;
- сравнительно высокий технический ресурс электромагнитных реле и аппаратуры на их основе. В последнее время наблюдается тенденция увеличения ресурса за счёт проводимых мероприятий, таких как исключение электролитических конденсаторов, совершенствования конструкции реле, использования новых материалов и т.д.

Указанные достоинства реле как элементной базы является серьёзным фактором для возможности их дальнейшего применения при выполнении ими части ответственных функций ЭЦ, например в исполнительной группе системы ЭЦ. При этом, как показывает опыт разработки и эксплуатации ряда систем релейно-процессорных систем (РПЦ), за счёт передачи ряда функций, непосредственно не связанных с обеспечением безопасности движения компьютерной технике, уменьшения числа повторителей, изменения способов и схем предоставления информации и т.д. можно достичь существенного уменьшения числа электромагнитных реле в системах ЭЦ.

Имеется мнение специалистов и разработчиков систем ЭЦ, что стремление максимально сократить число реле в системах МПЦ экономически оправданно для крупных станций (от 30–40 и выше стрелок) с большой интенсивностью движения и объемом маневровой работы. При внедрении МПЦ на таких станциях можно ожидать более высокий эффект, в том числе и за счет снижения неправильных (ошибочных) действий дежурных по станции путем использования интеллектуальных интерфейсов (речевых подсказок, логического контроля и т.д.), а также увеличения объема предоставляемой информации по объектам контроля. На небольших станциях это достигается за счет систем диспетчерского управления.

В качестве источников экономической эффективности внедрения МПЦ приводятся такие факторы, как повышение надежности действия систем ЭЦ; уменьшение эксплуатационного штата; снижение требуемых площадей служебно-технических зданий; экономия электроэнергии. Показатели надежности ЭЦ за счет резервирования аппаратной части МПЦ изменяются незначительно, так как большая часть отказов в ЭЦ приходится на напольное оборудование. В связи с этим ожидать существенного сокращения эксплуатационного персонала ЭЦ по этой причине на данном этапе не приходится. Уменьшение требуемых площадей служебно-технических зданий существенно для крупных станций (до 50 % площади релейного помещения в системе МПЦ и около 30 % в РПЦ). Организация гарантированного электропитания микроэлектронных систем путем применения питающих установок новых типов в системах МПЦ и РПЦ может повысить их эффективность за счет сокращения потерь при перерывах в перевозочном процессе. Сокращение потребляемой энергии по сравнению с релейными системами при их внедрении на практике также не отмечается.

В пользу микропроцессорных систем и в первую очередь МПЦ крупных станций свидетельствует ряд аргументов, связанных с использованием в ЭЦ новых и эффективных функциональных возможностей, таких как:

- увеличение зон управления ДСП и, как следствие, сокращение их персонала;

- обеспечение ДСП нормативно-техническими данными, в том числе системой поддержки принятия решений (СППР);
- использование системы СППР для электромехаников;
- переход на безбумажную технологию документооборота;
- выполнение функций контролируемых пунктов диспетчерской централизации (ДЦ);
- применение средств телеизмерения, самодиагностики, протоколирования, архивации и т.д.

Внедрение в практику новых достижений техники должно происходить тогда, когда они дают ощутимый технико-экономический эффект. Для систем железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ) это получение новых функциональных возможностей, повышающих безопасность систем и устройств, улучшающих условия труда, сокращающих трудозатраты, экономящих энергоресурсы и т.д.

На Белорусской железной дороге несмотря на уже десятилетний опыт разработки, проектирования и эксплуатации систем микропроцессорной централизации (МПЦ) стоимость этих систем не уменьшается и остается относительно высокой. Это касается как первых этапов жизненного цикла систем МПЦ, включающих проектирование, строительство и монтаж, пусконаладочные работы, так и всех последующих.

Вместе с тем успех системы централизации того или иного типа определяет экономическая эффективность, при расчете которой надо учитывать инвестиции в систему как на начальных этапах жизненного цикла, так и в дальнейшем на этапах эксплуатации систем (эксплуатационные расходы). Требуется совершенствование сложившейся системы обслуживания МПЦ. Специалисты дороги сейчас самостоятельно взаимодействуют с разработчиками и производителями систем. Необходимо определен штат высококвалифицированных работников, повышение их квалификации, необходимый объем запасного оборудования, аппаратуры и комплектующих.

Возможно уже в ближайшее время возникнет ситуация замены не только старых релейных систем, но и модернизации систем МПЦ по причине отказов, необходимости совершенствования аппаратно-программного комплекса и внедрение новых разработок для управления и контроля напольными объектами электрической централизации (интеллектуальные стрелочные электроприводы, светодиодные светофоры, рельсовые цепи, устройства счета осей, ограждения, обдувки и т.д.). Однако уже в настоящее время некоторые представленные на рынке компоненты становятся недоступными (не производятся). По этой причине стоимость адаптации существующих установок МПЦ при переходе к новым компонентам должна быть экономически приемлемой. «Непрозрачность» алгоритмов работы систем и их программ может потребовать, как и при возможном изменении конфигурации путевого развития станции, дополнительных затрат на доказательство безопасности.

Таким образом, для снижения стоимости внедряемых на дороге систем МПЦ и повышения их технико-экономической эффективности требуется подробное экономическое обоснование решений и мероприятий на всех этапах жизненного цикла, начиная с выбора системы МПЦ, или релейно-процессорная централизация, и заканчивая организацией системы их эксплуатации и утилизации.

УДК 656.252.12

## **ПРИМЕНЕНИЕ СИГНАЛОВ С БОЛЬШОЙ БАЗОЙ В ТОНАЛЬНЫХ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЯХ**

*Д. В. КОМНАТНЫЙ*

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

Безопасность движения поездов на перегонах во многом определяется безошибочной работой аппаратуры автоблокировки. В настоящее время широкое распространение получили тональные бесстыковые рельсовые цепи, в которых применяются сигналы с различными типами модуляции. В том числе находит применение двоичная фазовая манипуляция уникальным двоичным кодом.

Если осуществлять манипуляцию специально разработанными кодами Баркера, то в рельсовой цепи образуется так называемый сложный сигнал, который также именуется шумоподобным или сигналом с большой базой. Такие сигналы обладают многими достоинствами. Их использование снижает ошибки воспроизведения, сигналы легко скрыть в шумах и выделить из шумов. Это особен-