

$$K_u(t_1, t_2) = \int_{-\infty}^{t_1} \int_{-\infty}^{t_2} h(t_1 - \tau_1) h(t_2 - \tau_2) K_q(\tau_1, \tau_2) d\tau_1 d\tau_2. \quad (4)$$

Если внешнее воздействие является стационарным случайным процессом, то поведение стационарной системы также будет стационарным случайным процессом. Корреляционные функции инвариантны относительно сдвига начального момента времени:

$$K_u(\tau) = \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} h(\theta_1) h(\theta_2) K_q(\tau + \theta_1 - \theta_2) d\theta_1 d\theta_2. \quad (5)$$

Авторами проведен анализ применимости метода для построения динамической математической модели контроля и нормирования параметров ЭМС. К сожалению, этот метод можно использовать только для ограниченного класса моделей, когда количество входных параметров ограничено. Однако в остальных случаях расчет динамики поведения системы с использованием метода значительно упрощается. И тогда анализ полученных значений  $P_{сб}(t)$  и  $T_{ср}$ , их сравнение с нормированными значениями позволяют сделать заключение о степени решения проблемы ЭМС и необходимости разработки мер по обеспечению ЭМС микроэлектронных СОБ.

УДК 621.396

## СИСТЕМА МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ «ПУТЬ» С ИНТЕГРИРОВАННОЙ АВТОБЛОКИРОВКОЙ И СИСТЕМОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

*К. А. БОЧКОВ, С. Н. ХАРЛАП, Н. В. РЯЗАНЦЕВА, А. А. КОВРИГА,  
А. В. ЛОГВИНЕНКО, С. М. ЗОБОВ, М. Н. КУЗЬМИЧ, А. В. ЕРМОЛЕНКО  
Белорусский государственный университет транспорта*

Эксплуатирующиеся в настоящее время релейные системы железнодорожной автоматики (ЖАТ) (ЭЦ, автоблокировка, переездная сигнализация и т. п.) традиционно исполняются как независимые системы. Однако данные системы интенсивно взаимодействуют друг с другом при реализации технологических алгоритмов. Поэтому одним из перспективных направлений развития современных микроэлектронных и компьютерных систем является интеграция функций различных ЖАТ в едином аппаратно-программном комплексе.

Разработанная в БелГУТе система микропроцессорной централизации стрелок и сигналов (МПЦ) «iПуть» представляет собой комплекс устройств, обеспечивающих установку, замыкание, размыкание маршрутов на станции и проверку выполнения требуемых взаимозависимостей. При внедрении системы МПЦ на соседних станциях (ст. Ипуть и ст. Сож) рационально интегрировать функции автоблокировки (АБ) перегона Ипуть – Сож в системы МПЦ. При этом сохраняются перегонные напольные устройства централизованной автоблокировки, а станционная аппаратура объединяется с аппаратурой МПЦ, что позволяет значительно снизить затраты на оборудование, не требует выделения дополнительного места под размещение станционной аппаратуры АБ, упрощает организацию взаимодействия между системами, т. к. в этом случае взаимодействие будет осуществляться на программном уровне.

Вторым по важности перспективным направлением совершенствования системы МПЦ «iПуть» является создание системы поддержки принятия решений оперативным персоналом при штатных и нештатных ситуациях (СППР). Данная система осуществляет сбор и систематизацию данных об отказах и сбоях в работе МПЦ «iПуть», идентификацию возникающих штатных и нештатных ситуаций и предоставление порядка действий персонала в данной ситуации. Внедрение такой системы позволяет повысить безопасность движения поездов за счет снижения влияния «человеческого фактора» при эксплуатации системы.

После совершенствования система сохранила иерархическую структуру с выделением трех основных уровней. *Верхний уровень* включает в себя автоматизированные рабочие места дежурного по станции (АРМ ДСП) и электромеханика СЦБ (АРМ ШН), средства организации передачи информации между элементами верхнего и среднего уровней ПРЦ посредством локальной сети Ethernet (локальная сеть верхнего уровня), средства организации передачи информации между ПРЦ и другими информационными системами (сервер ДЦ). Система СППР интегрируется в верхний уровень и подключается к МПЦ через АРМ ШН. Это сделано для исключения влияния системы СППР на безопасность функционирования МПЦ.

*Средний уровень (уровень реализации логических зависимостей)* включает в себя два резервированных двухканальных ядра (сервера) централизации, каждое из которых включает в себя два промышленных компьютера с технологическим прикладным программным обеспечением для данной станции и интегрированно-перегона, реализующих функции центральных зависимостей и блокировок ЭЦ и автоблокировки.

*Нижний уровень* включает в себя блоки телеуправления ТУ8Б и телесигнализации ТС16Б, предназначенные для безопасного включения и контроля состояния исполнительных реле, средства организации передачи информации между элементами нижнего и среднего уровней ПРЦ посредством локальной сети RS-485 (локальная сеть нижнего уровня), релейные схемы увязки с использованием реле I класса надежности.

В настоящее время на станции Ипать, оборудованной системой МПЦ «Ипать», выполняются работы по демонтажу резервной релейной системы ЭЦ. Выполнен перенос оставшейся информации с табло ЭЦ в АРМ ДСП. К АРМ ШН подключена система СППР. Разработаны и согласованы с заказчиком инструкции по действиям оперативного персонала в штатных и нештатных ситуациях. Инструкции заведены в систему СППР.

Эксплуатация системы СППР позволит сократить количество ошибочных действий персонала в штатных и нештатных ситуациях, сократить время реакции персонала, осуществлять сбор статистики по отказам и сбоям в работе системы и действиям персонала.

На лабораторном макете выполнена интеграция функций автоблокировки перегона Ипать–Сож в ядро системы МПЦ. При внедрении системы МПЦ на станции Сож функции автоблокировки (АБ) перегона Ипать – Сож будут разделены и интегрированы в ядра систем МПЦ станций Ипать и Сож.

Создание таких интегрированных систем и постановка их к серийному производству позволит поднять на новый уровень системы железнодорожной автоматики, повысить безопасность движения поездов и получить значительный экономический эффект при широком их использовании на Белорусской ж. д. за счет импортозамещения.

УДК 612.3

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ МПЦ «ИПАТЬ» И ЕЕ АНАЛОГОВ

*К. А. БОЧКОВ, С. Н. ХАРЛАП, Д. Н. ШЕВЧЕНКО*  
*Белорусский государственный университет транспорта*

Значительная часть эксплуатирующихся в настоящее время на Белорусской железной дороге релейных систем электрической централизации стрелок и сигналов выработали свой ресурс, и становится актуальной замена морально и физически устаревших систем на микропроцессорные системы централизации (МПЦ). Основным назначением МПЦ (наряду с автоматизацией управления движением поездов) является обеспечение безопасности процесса перевозок. Поэтому при внедрении МПЦ основным этапом технико-экономического обоснования используемой системы является сравнительный анализ показателей надежности и безопасности функционирования.

В 2003–2007 гг. НИЛ «Безопасность и электромагнитная совместимость технических средств (БЭМС ТС)» БелГУТа совместно с КТЦ Белорусской ж. д. была разработана МПЦ «Ипать». Цель данной работы – определение и сравнительный анализ показателей безотказности и безопасности функционирования МПЦ «Ипать» и ее зарубежных аналогов: МПЦ «ESA-11» (производства Чешской республики) и «Alister» (Швеция), которые реализуют схожие функции, обладают близкими технико-экономическими параметрами и принципами построения:

– имеют многоуровневую структуру, реализованы на микроэлектронной и микропроцессорной элементной базе;

- на уровне согласования с объектами управления используют релейные схемы;
- восстанавливаемые системы, функционирующие в периоде нормальной эксплуатации;
- используют диверситетное программное обеспечение (ПО);
- имеют развитые средства самодиагностики.

Исходные данные о интенсивностях отказов электронной элементной базы МПЦ были получены из автоматизированного справочника 22ЦНИИ МО РФ и методики МП-НДВК-217Ф.2. Значения этих данных приводились к условиям эксплуатации МПЦ. Информация о показателях безотказности промышленных компьютеров получена из технических условий.

Предполагая, что показатели надежности элементной базы рассматриваемых МПЦ практически не различаются, основное внимание было уделено изучению влияния структуры систем на их надежность и безопасность функционирования. Так, МПЦ «Ипать» имеет трехуровневую структуру и включает в себя резервированное (ненагруженный режим) автоматизированное рабочее место дежурного по станции (АРМ1 и АРМ2) и резервированные (нагруженный режим) двухканальные подсистемы управляющего и исполнительного уровней (комплекты 1 и 2). Оригинальные схемные решения МПЦ «Ипать», в том числе исполнительного уровня, позволили организовать резервирование и контроль исправности практически всех цепей системы.

Построение задающего и управляющего уровней рассматриваемых зарубежных МПЦ аналогично структуре МПЦ «Ипать», однако подсистемы исполнительного уровня этих систем являются нерезервированными, и отказ любого их элемента переводит систему в защитное состояние.

Предполагая, что отказ любого из элементов приводит к отказу соответствующей подсистемы, методом анализа простейших потоков были определены интенсивности отказов основных подсистем МПЦ «Ипать» и