

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ БЕЗОПАСНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

Б. В. СИВКО

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Современные микропроцессорные системы железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ) отвечают за управление ответственными технологическими процессами. Программное обеспечение (ПО) данных систем является их неотъемлемой частью и к нему предъявляются такие же требования по уровню безопасности и надежности функционирования, как и к системе в целом. В связи с этим одним из актуальных вопросов является обеспечение необходимого уровня качества ПО с использованием различных средств и методов на всех этапах проектирования.

Опыт верификации микроэлектронных СЖАТ говорит о том, что в ряде случаев даже в ПО небольшой сложности, спроектированных подготовленными специалистами с использованием концепций обеспечения безопасности, при этом эксплуатируемого в течение длительного времени, могут содержаться ошибки, которые проявляются в редких случаях и их обнаружение затруднено в силу особенностей тестирования и эксплуатации. Ошибки такого рода могут быть выявлены с помощью различных подходов с разной вероятностью, но их обнаружение незначительно повышает уровень надежности и безопасности системы. Для существенных результатов по улучшению качества ПО необходимо использовать различные принципы и методы на более ранних этапах разработки, на таких как проектирование и формализация требований ко всему аппаратно-программному комплексу (АПК).

В настоящее время накоплен опыт верификации ПО СЖАТ с помощью формальных методов, с помощью которого были выявлены некоторые ошибки существующих АПК, которые проходили верификацию в лаборатории «Безопасность и ЭМС технических средств» Белорусского государственного университета транспорта. Анализу подвергались микроэлектронные устройства с ПО небольшой сложности (сотни и тысячи команд низкого уровня), отвечающие за управление ответственными технологическими процессами. На основании данного опыта были выявлены характерные особенности рассматриваемых типов устройств, найдены потенциальные источники ошибок, а также выработаны рекомендации, согласно которым можно улучшить качество ПО микроэлектронных СЖАТ на этапе проектирования всего АПК.

В качестве рекомендаций и подходов проектирования ПО АПК в докладе рассматриваются:

- разделение выхода работы системы в рабочий режим и выполнения основной функциональности;
- разделение получения входной информации, выполнения логики работы ПО и установки выходных значений;
- разработка ПО, имеющего конечное время выполнения алгоритма;
- необходимость задания контрольных точек ПО, выполнение которых необходимо на каждом витке цикла штатного режима;
- тактирование работы системы и её особенности.

## МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ ЦЕНТРАЛИЗАЦИЯ СТРЕЛОК И СИГНАЛОВ МПЦ-И

И. Г. ТИЛЬК, В. В. ЛЯНОЙ

*Научно-производственный центр «Промэлектроника» г. Екатеринбург, Российская федерация*

МПЦ-И предназначена для реконструкции действующих и строительства новых станций любого класса и со всеми видами поездной и маневровой работы. МПЦ-И обладает развитыми коммуникационными средствами и гибкой архитектурой, что позволяет интегрировать в МПЦ смежные системы железнодорожной автоматики (например, переездную сигнализацию, полуавтоматическую и автоматическую блокировки, линейные пункты ДЦ, центры радиоблокировки и т. п.), использовать современные сети передачи данных и создавать экономически оправданные конфигурации системы для станций различных классов.

Функционально МПЦ-И состоит из следующих элементов:

- управляющий контроллер централизации (УКЦ);
- телекоммуникационный шкаф ШТК;
- система гарантированного электропитания СГП-МС. Представляет собой линейку питающих установок мощностью от 10 до 30 кВА и временем резервирования от 10 мин до 8 ч;

- резервируемые автоматизированные рабочие места дежурного по станции и электромеханика СЦБ;
- аппаратура контроля свободности участков пути и схемы увязок.

Все эти компоненты составляют единую структуру, которая также объединяет наполное оборудование, её работу обеспечивает вычислительный комплекс МПЦ-И. Мы проектируем информационно-управляющие системы любой сложности и конфигурации. Технология управления группой малых станций с одной или нескольких опорных позволяет не только снизить единовременные капиталовложения при строительстве, но и существенно уменьшить эксплуатационные расходы за счёт сокращения дежурных по станциям.

На сегодняшний день более 30 заказчиков в России и за рубежом эксплуатируют МПЦ-И, оборудовано более 60 станций, в том числе 22 станции на 6 дорогах ОАО «РЖД». Организовано регулярное обучение работников хозяйств Ш и Д, а также проектировщиков сторонних организаций. Имеются утверждённые Типовые материалы по проектированию МПЦ-И.

Взаимодействие с потребителем по вопросам качества продукции проводится на этапах строительно-монтажных, пусконаладочных работ и сервисного обслуживания. В процессе сервисного обслуживания после ввода объекта в эксплуатацию производятся ежеквартальные выезды на объект заказчика и выполняются работы для профилактики отказов оборудования. Производится анализ нарушений нормальной работы системы в межсервисный период, разрабатываются корректирующие мероприятия. Проводится обучение эксплуатационного и обслуживающего персонала заказчика. В гарантийный и постгарантийный периоды в сервисном центре проводится необходимый ремонт оборудования. Кроме того, для поддержки персонала заказчика, использующего МПЦ-И, в сервисном центре работает горячая линия – бесплатный круглосуточный телефон.

Параметры RAMS МПЦ-И превышают нормативные, в частности, наработка на отказ – более чем в 3 раза. За всё время эксплуатации опасных отказов МПЦ-И не было. Для управления отношением RAMS/LCC применительно к МПЦ-И используется ряд инструментов, например, технические решения с различной глубиной резервирования, интеграция смежных систем, увеличение гарантийного срока, создание региональной инфраструктуры обучения на всей сети ОАО «РЖД», мониторинг работы МПЦ-И и пожизненное авторское сопровождение. Дополнительный вклад в снижение стоимости жизненного цикла МПЦ-И и уменьшение рисков безопасности вносит автоматизация проектирования с помощью САПР, генерирующей программные модули вычислительного комплекса МПЦ-И для конкретного объекта. Данная САПР является частью внедренной в НПЦ «Промэлектроника» интеллектуальной системы поддержки жизненного цикла продукции, охватывающей разработку, проектирование, производство и эксплуатацию. Такой подход дополнительно улучшает параметры RAMS/LCC.

Всё вышесказанное позволяет при высоких значениях параметров RAMS добиться окупаемости проекта даже на малых станциях размером до 10 стрелок. В соответствии с выполненными нами для ряда заказчиков технико-экономическими обоснованиями применения МПЦ-И дисконтированный срок окупаемости проекта составляет от 2 до 4,5 лет в зависимости от размера станций и технологии работ.

УДК 656.25.071.84

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТОЯНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ ПУТЕВОГО ПРИЕМНИКА ТОНАЛЬНОЙ РЕЛЬСОВОЙ ЦЕПИ

Г. А. ЧЕРЕЗОВ, В. Б. ЛЕУШИН

*Самарский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация*

На железных дорогах стран СНГ широкое распространение получили тональные рельсовые цепи (ТРЦ), аппаратура которых выполнена на микроэлектронных элементах в неразборных блоках, имеющих ограниченный набор контрольных точек, что существенно затрудняет диагностику. Авторами работы был предложен путь к техническому диагностированию приемо-передающей аппаратуры ТРЦ [1], основанный на методе неразрушающего контроля, суть которого сводится к нахождению неисправностей в узлах и элементах аппаратуры без ее разборки.

Диагностирование проводится с использованием данных, получаемых на выходе контрольных точек путевого приемника (ПП) ТРЦ с помощью стенда для наладки и проверки аппаратуры тональных рельсовых цепей [2], а также программы представления сигнала во временной и частотной областях [3].

ПП ТРЦ типа ТРЦЗ может быть представлен с помощью логической модели в виде упорядоченного графа  $G(V, U)$  с  $n$  вершинами [4]. Вершинами графа являются блоки логической модели, а дугами – связи между блоками. Такое представление позволяет наглядно проследить взаимное влияние предыдущих выходов на последующие, определить взаимное влияние параметров и построить матрицу смежности и матрицу состояний (таблицу неисправностей).