

$$p(i, j) = (\lambda\tau)^i \prod_{k=1}^j v(0, k-1) \varphi^{-1}(0, k) \prod_{s=1}^i \alpha^{-1}(s, j) p(0, 0),$$

$$p(0, 0) = \left(\sum_{i=0}^{+\infty} \sum_{j=0}^r (\lambda\tau)^i \prod_{k=1}^j v(0, k-1) \varphi^{-1}(0, k) \prod_{s=1}^i \alpha^{-1}(s, j) \right)^{-1}.$$

Стационарное распределение количества требований в системе

$$p(i) = (\lambda\tau)^i \sum_{j=0}^r \prod_{k=1}^j v(0, k-1) \varphi^{-1}(0, k) \prod_{s=1}^i \alpha^{-1}(s, j) p(0, 0).$$

Стационарное распределение режимов работы прибора

$$p(j) = \prod_{k=1}^j v(0, k-1) \varphi^{-1}(0, k) \sum_{i=0}^{+\infty} \left((\lambda\tau)^i \prod_{s=1}^i \alpha^{-1}(s, j) \right) p(0, 0).$$

Зная указанные стационарные вероятности, по известным формулам можно определить и другие стационарные характеристики функционирования данной системы.

В работах [2, 3] рассматривались сети, состоящие из систем подобного типа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Козлов, Б. А. Справочник по расчету надежности аппаратуры радиоэлектроники и автоматики / Б. А. Козлов, И. А. Ушаков. – М. : Советское радио, 1975. – 472 с.
- 2 Старовойтов, А. Н. Инвариантность стационарного распределения состояний сетей с многорежимными стратегиями обслуживания / А. Н. Старовойтов // Проблемы передачи информации – 2006. – Т. 42. – № 4. – С. 121–128.
- 3 Старовойтов, А. Н. Кусочно-линейные сети с многорежимными стратегиями обслуживания / А. Н. Старовойтов // Автоматика и телемеханика – 2008. – № 6. – С. 107–116.

УДК 621.382

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ МПЦ-И

И. Г. ТИЛЬК

НПЦ «Электроника» г. Екатеринбург, Российская Федерация

В современных микропроцессорных системах железнодорожной автоматики и телемеханики требуемые уровни безопасности и экономичности обеспечиваются путем оптимизации затрат благодаря:

- высокой степени интеграции различных систем безопасности в единых аппаратно-программных комплексах, позволяющих периодически проводить малозатратную модернизацию и, таким образом, продлевать период эксплуатации;
- оптимизации технических решений под конкретные участки дорог;
- применению необслуживаемых и малообслуживаемых систем со встроенными средствами диагностики и удаленного мониторинга;
- сосредоточению ответственности за все процессы жизненного цикла систем в руках одного предприятия, способного выполнять разработку, производство, проектирование, строительство и сервисное обслуживание систем ЖАТ.

Данные подходы реализуются комплексом технических средств и технологий НПЦ «Промэлектроника». Рассмотрим их эффективности применительно к базовой системе, объединяющей все остальные технические средства на участке дороги, – микропроцессорной централизации стрелок и сигналов МПЦ-И. Она 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. Это позволяет интегрировать в МПЦ-И смежные системы железнодорожной автоматики (например, переездную сигнализацию, полуавтоматическую и автоматическую блокировки, линейные пункты ДЦ, центры радиоблокиров-

ки и т. п.), использовать современные сети передачи данных, обеспечивать работу информационных систем верхнего уровня и создавать экономически оправданные конфигурации системы для станций различных классов.

Анализ сметной документации и технико-экономические расчёты показывают, что при увеличении размера станции и/или объёма поездной и маневровой работы удельная стоимость строительства релейных ЭЦ в пересчёте на 1 стрелку остаётся практически неизменной, а микропроцессорных и релейно-процессорных падает. Это обусловлено тем, что в микропроцессорных системах есть минимально необходимый для функционирования аппаратно-программный комплекс, поэтому удельная стоимость в пересчёте на 1 стрелку на малых станциях велика. Зато наращивание взаимосвязей при увеличении размеров станции и введение дополнительных функций выполняется преимущественно программным способом, что и даёт в результате падение удельной стоимости при внедрении МПЦ на крупных станциях. Дополнительный вклад в снижение трудоёмкости и стоимости внедрения МПЦ-И, уменьшение рисков безопасности вносит автоматизация проектирования с помощью САПР, генерирующего программные модули вычислительного комплекса МПЦ-И для конкретного объекта.

Оптимальным по стоимостным характеристикам является вариант с релейными коммутирующими элементами на выходе устройств сопряжения. Вариант МПЦ-И с объектными контроллерами имеет худшие параметры по стоимости и надёжности, и, наконец, конфигурация для управления группой малых станций с одной или нескольких опорных. Это решение позволяет удешевить тот самый минимально необходимый аппаратно-программный комплекс и сместить точку окупаемости проекта в сторону малых станций, даже размером до 10 стрелок. Экономический эффект от внедрения МПЦ-И возникает за счет:

- экономии эксплуатационных расходов, связанных с показателями работы подвижного состава и технического обслуживания и ремонта устройств СЦБ (на 70–90 %);
- снижения энергозатрат и затрат прочих ресурсов (на 30–50 %);
- повышения коэффициента готовности систем ЖАТ;
- экономии капитальных вложений в подвижной состав, в развитие станционных путей, оборотных средств на грузы в пути.

Анализ динамики удельной стоимости релейных и микропроцессорных систем на примере оборудования станции в 30 стрелок показывает, что стоимость оборудования релейных ЭЦ непрерывно возрастает из-за высокой материалоемкости, а микропроцессорных – падает вследствие развития, совершенствования и относительного удешевления микроэлектронной техники.

Расчет экономического эффекта от внедрения микропроцессорной централизации ведётся в соответствии с «Методическими рекомендациями по оценке инвестиционных проектов на железнодорожном транспорте» (указание МПС РФ № В-1024у) и «Методическими рекомендациями по оценке инвестиционных проектов» (Минэкономики РФ, Минфин РФ, № ВК 477). Основными показателями эффективности являются показатели приведенных затрат и срока окупаемости инвестиций. 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. Учитывая то, что для народнохозяйственных проектов обычно считается приемлемым срок окупаемости 8–10 лет, а назначенный срок службы МПЦ-И – 20 лет, внедрение МПЦ-И высоко rentabelно. Безусловно, приведённые данные действительны в случае, если поставка оборудования производится по ценам завода-изготовителя, а весь комплекс работ (ПИР, СМР, ПНР) выполняется нами «под ключ». Следует также учитывать динамику стоимости производства систем МПЦ. При росте объёмов производства достигается существенное снижение себестоимости продукции, а, следовательно, отпускной цены производителя и сроков окупаемости проекта для заказчика.

В отдельных случаях расчёты могут показывать отрицательную финансовую эффективность и может наблюдаться временный эффект повышения удельных капиталовложений в пересчёте на одну стрелку, аналогичный тому, что наблюдался в период перехода от механических систем централизации к релейным. Как правило, это связано с тем, что при внедрении отдельных микропроцессорных систем в эксплуатации остаётся значительное количество релейных систем. В связи с этим не изменяется технология обслуживания устройств СЦБ, что снижает эффективность новой техники. В условиях ОАО «РЖД» разброс значений показателей эффективности значителен и вследствие

неоптимальности структуры увязок различных систем. Нередки случаи стыковки нескольких микропроцессорных систем на станции посредством релейных схем увязки и установкой нескольких отдельных комплектов шкафов контроллеров и АРМов. Для обеспечения экономической эффективности таких комплексов неотложной является задача интеграции всех смежных систем в МПЦ на программном уровне.

Необходимость расширения функциональных возможностей МПЦ, введения функций диагностики, протоколирования и архивирования, интеграции различных систем в едином аппаратно-программном комплексе, увязки систем СЦБ с информационными системами делает необратимым процесс перехода от релейных к микропроцессорным системам. В качестве примера можно назвать перспективные системы управления движением поездов с использованием радиоканала, приемлемую стоимость которых возможно обеспечить только в случае реализации станционной компоненты как программного модуля МПЦ-И, а бортовой компоненты – как программного модуля единого бортового локомотивного компьютера.

УДК 681.325.3

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ АНАЛИЗА ОПТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ СВЯЗИ И ПОДГОТОВКИ ПРОТОКОЛОВ ИЗМЕРЕНИЙ

В. Н. ФОМИЧЕВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

С. В. БИЛЕНКО

Белорусская железная дорога, г. Барановичи

В. В. ЕВДОЧКОВ

Гомельский филиал РУП «Белтелеком»

Широкое применение волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) в телекоммуникационной сети Белорусской железной дороги требует постоянного совершенствования средств контроля за их техническим состоянием. Этот контроль достаточно трудоемкое и дорогостоящее мероприятие.

Для облегчения труда работников дистанций сигнализации и связи, связанных с выполнением измерений ВОЛС, было разработано программное обеспечение, направленное на автоматизацию обработки измерений затухания в оптических волокнах и их соединениях, длин оптического волокна и расстояния до мест неоднородностей.

Измерения на волоконно-оптических линиях связи проводятся в основном с использованием оптических рефлектометров и персональных ЭВМ. Измерения проводятся при входном контроле строительных длин, приемосдаточных испытаниях, планово-профилактических измерениях и при проведении аварийно-восстановительных работ волоконно-оптических линий связи. Регламент проведения измерений описан в методике МВИ.МН 3233-2009, утвержденной приказом Главного инженера Белорусской железной дороги и обязательной к применению на всех предприятиях и организациях.

Согласно данной методике измерение параметров оптического кабеля проводится методом обратного рассеяния (метод 2 по ГОСТ 26814). Метод основан на регистрации обратнорассеянного излучения в оптическом волокне измеряемого кабеля при прохождении через него оптического импульса и измерении его зависимости от времени и интенсивности этого излучения. Метод пригоден для определения распределения оптических потерь по длине кабеля, распределенных и локальных неоднородностей типа обрыва, мест сварки и расстояния до неоднородностей, измерения значения потерь на неоднородностях, а также длины волокна, целостности волокна и расстояния до мест обрыва. Схема измерения методом обратного рассеяния изображена на рисунке 1.

Устройства 1–6 реализованы в схеме оптического рефлектометра. Устройство 7 представляет собой разъемный оптический соединитель, предназначенный для подсоединения к оптическому рефлектометру волокна оптического кабеля 8, оконеченного оптической вилкой, или другое устройство, обеспечивающее юстировку неоконеченного оптического волокна и оптимальный ввод энергии в волокно и его жесткую фиксацию.