

предполагаться при определении случайных отказов аппаратного обеспечения или которые должны учитываться при определении доли безопасных отказов. Введение данных требований привело к невозможности использования комплекса для проведения испытаний, так как имеющихся функций недостаточно для достижения требуемого уровня диагностического охвата. В связи с этим необходимо провести модернизацию комплекса путем структурного изменения программного обеспечения, в частности, изменения способа дешифрации команд. Целью этих изменений является возобновление использования комплекса для проведения испытаний микроэлектронных устройств на функциональную безопасность.

УДК 656.254.16

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ КООРДИНАТНЫХ СИСТЕМ ИНТЕРВАЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ТОЧЕЧНЫХ КАНАЛОВ СВЯЗИ

П. П. РУБАНИК

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Процесс совершенствования систем интервального регулирования движения поездов (СИРДП) имеет следующие основные цели:

- увеличение скорости движения;
- увеличение пропускной способности линий (обеспечение минимального интервала попутного следования);
- повышение безопасности движения;
- снижение затрат на установку и обслуживание напольной аппаратуры.

Безопасность движения достигается обеспечением расстояния между двумя попутно следующими поездами, достаточного для своевременного торможения и исключения их столкновения. Пропускная способность требует минимально возможного интервала попутного следования. Таким образом, требования безопасности движения и требования пропускной способности касательно интервала попутного следования взаимно противоположны. Исходя из этого задачей СИРДП является обеспечение такого интервала попутного следования, который гарантирует безопасность движения и максимально возможную пропускную способность при наименьших капитальных и эксплуатационных затратах.

Достигнуть вышеперечисленных целей позволяют СИРДП с координатным принципом регулирования, основой которого является информация на сзади идущем поезде о расстоянии до хвоста впереди идущего поезда о характеристиках пути и тормозных параметрах обоих поездов для обеспечения своевременной остановки.

В настоящее время применяются следующие способы координатного регулирования движения:

- на хвост впереди идущего поезда;
- занятую рельсовую цепь.

Регулирование движения на хвост впереди идущего поезда обеспечивает один из наименьших интервалов попутного следования. Данный подход применяется в системах ERTMS/ETCS уровня 3 и ITCS. В идеале минимально возможные расстояния между поездами зависят от скорости, тормозных характеристик сзади идущего поезда, характеристик пути и точности определения координаты хвоста впереди идущего поезда. В реальности трудно определить точный тормозной путь поезда, так как он зависит от множества случайных факторов, и точную координату. Поэтому в системах, которые используются на практике, для обеспечения требований безопасности вводят защитный участок и доверительный интервал для оценки местоположения хвоста поезда. Также критичным при таком способе координатного регулирования является контроль целостности подвижного состава (необходимо оборудовать хвостовой вагон в каждом поезде специальным датчиком).

Регулирование движения поездов на занятую рельсовую цепь является наиболее распространенным и удобным способом, так как рельсовые цепи позволяют контролировать целостность состава и местоположение хвоста с точностью до последней занятой рельсовой цепи. Однако в целях обеспечения безопасности вводится дополнительная защитная рельсовая цепь (защитный участок), а также на перегонах используются достаточно короткие тональные рельсовые цепи без изостыков, которые имеют зону дополнительного шунтирования, что «размывает» точные границы рельсовых цепей. Это вызыва-

ет увеличение допустимого интервала попутного следования до хвоста впереди идущего поезда и, следовательно, уменьшение пропускной способности. Также при таком способе координатного регулирования за счет применения рельсовых цепей увеличиваются капитальные и эксплуатационные затраты.

Таким образом, способ координатного регулирования движения поездов на хвост впереди идущего поезда является более трудно реализуемым с точки зрения безопасности, но более приемлемым по требованиям пропускной способности и экономической эффективности.

Применение точечных приемо-передатчиков (ТПП) на основе RFID-технологий позволит повысить эффективность и безопасность обоих способов координатного регулирования движения поездов за счет следующих факторов.

1 Низкая надежность систем спутниковой навигации и недостаточная точность датчиков пути и скорости определяют необходимость комплексирования данных от нескольких источников информации для получения координат «головы» и «хвоста» подвижного состава. Вместе с этим значение оценки координаты надо корректировать поступающими практически безошибочными данными. В качестве таких данных можно использовать ТПП, расположенные на некотором приемлемом с точки зрения эффективности и экономичности расстоянии.

2 С помощью ТПП можно точно фиксировать границы тональных рельсовых цепей, что позволит повысить эффективность регулирования движения на занятую рельсовую цепь.

3 ТПП могут передавать на локомотив все известные характеристики пути, которые требуются для расчета тормозного пути (в том числе информацию о кривых участках пути, ограничениях скорости и т. д.).

4 Применение ТПП на станционных путях позволит определять на каком именно пути находится подвижной состав в настоящий момент.

5 Создание и применение достаточно простых и недорогих ТПП, которые расположены на пикетах через достаточно короткие расстояния, может позволить обновлять на локомотиве электронную карту во время поездки без применения цифрового радиоканала.

УДК 004.021

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ОБНАРУЖЕНИЯ ОТКАЗОВ НА ОСНОВЕ ДОСТУПНОСТИ АДРЕСНЫХ ДАННЫХ

Б. В. СИВКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Современные микропроцессорные устройства железнодорожной автоматики и телемеханики, входящие в состав систем обеспечения безопасности движения поездов (СОБД) относятся к системам, связанным с безопасностью (*safety-critical systems*, ССБ), и к ним предъявляются соответствующие требования. Для обеспечения надлежащего уровня безопасности задействуется множество взаимодополняющих методов и средств, которые должны, в частности, решать проблему обнаружения аппаратных отказов, и данное требование регламентируется стандартом ИЕС 61508.

Одним из способов обнаружения отказов микропроцессорных систем является метод обнаружения отказов на основе доступности адресных данных. При его применении происходит выбор некоторого множества адресов, зависящего от проверяемого множества отказов. Идея метода заключается в том, что при отказе один из адресов становится недоступным и это позволяет системе определить факт отказа, а далее перейти в безопасное состояние или запустить процедуры самовосстановления.

В докладе рассматривается два характерных примера применения данного метода: для обнаружения отказов программного счётчика и адресной шины.

Обнаружение отказов программного счётчика (первый пример) осложнено тем, что их проявление приводит к практически непредсказуемому поведению алгоритма. Более того, некоторые отказы приводят к остановке программы (например, константный отказ младшего бита регистра). Как следствие – проблема не может быть полностью решена только программными методами. В то же время программный счётчик выполняет функцию адресации, так как содержит адрес последующей выполняемой команды, которая хранится во внешней памяти. В докладе рассматривается система