

Выполнение физического макетирования отказа с помощью специальных коммутирующих устройств обладает высокой достоверностью полученных результатов. Однако такой способ также имеет свои ограничения. Во-первых, это высокие затраты на имитацию отказов, т. к. требуется изготовление специального макета. Во-вторых, большое количество отказов невозможно имитировать с помощью коммутирующих устройств. Поэтому обычно данный способ применяют в том случае, когда другими методами не удастся обеспечить высокую достоверность анализа последствий отказов.

Наиболее эффективным является внесение отказов в компьютерную имитационную модель устройства. Современные пакеты схемотехнического моделирования обладают достаточно высокой достоверностью результатов и возможностью внесения различных отказов. Однако большинство программных средств имеют свои ограничения, например, *PSpice* не имеет возможности моделировать программируемые элементы, *Proteus Design Suite* имеет закрытый формат библиотек элементов, что не позволяет имитировать некоторые отказы.

Все рассмотренные способы предполагают имитацию отказов в ручном режиме, что приводит к тому, что анализ занимает длительное время. Кроме того, при использовании имитационных моделей остается нерешенной проблема влияния «человеческого фактора» на достоверность результатов анализа. Таким образом, можно выделить следующие основные проблемы, с которыми сталкиваются эксперты при выполнении анализа *FMECA*: высокую сложность систем, длительный и рутинный характер выполнения анализа, обуславливающий высокую вероятность ошибок человека. Частично решить эти проблемы можно автоматизацией проведения анализа *FMECA* на базе имитационной модели устройства.

В научно-исследовательской лаборатории «Безопасность и ЭМС технических средств» разработано программное обеспечение, которое позволяет в автоматизированном режиме получить результаты моделирования электронной схемы при отказе различных элементов. Программа написана на языках *C#* и *Python*. Программа имеет интуитивно-понятный интерфейс, с помощью которого пользователь может загрузить электронную схему и указать, какие виды отказов элементов необходимо моделировать. После запуска процесса моделирования внесение отказов и протоколирование полученных результатов происходит в автоматическом режиме.

К достоинствам разработанной программы следует отнести следующее:

- программное обеспечение базируется на программе *ngSpice*, которая использует для моделирования ядро *SPICE* – общепризнанный эталон в области моделирования электронных схем;
- используется открытое, свободно распространяемое программное обеспечение;
- в разработанном программном продукте есть два способа протоколирования полученных результатов: графический (осциллограммы) и текстовый (уровни напряжений во времени). Такой подход позволяет использовать как ручные методы анализа, так и средства автоматизации обработки результатов моделирования.

В научно-исследовательской лаборатории «Безопасность и ЭМС технических средств» выполнена апробация программного обеспечения при выполнении научно-исследовательских работ. Результаты автоматизированного моделирования отказов элементов в схеме совпадают с результатами, полученными при ручном внесении отказов в программе *LTSpice*.

Применение разработанного программного продукта при проведении экспертизы на функциональную безопасность современных устройств ЖАТ позволит автоматизировать анализ влияния отказов каждого из элементов исследуемой схемы, повысит качество анализа электронных схем, сократит сроки выполнения работ и снизит количество ошибок, связанных с человеческим фактором.

УДК 656.25

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ЗОНЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПЕРЕЕЗДА

С. Н. ХАРЛАП

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В. П. ШИШКОВЕЦ

Белорусская железная дорога, г. Осиповичи

Места пересечений автомобильных и железных дороги всегда являлись местами повышенной опасности. Столкновения железнодорожного и автомобильного транспорта приводят к челове-

ским жертвам, повреждениям автомобильного транспорта, подвижного состава, верхнего строения пути, систем СЦБ и электроснабжения, нарушению графика движения поездов. Статистика последних лет говорит о том, что несмотря на принимаемые меры по повышению безопасности переездов количество аварий не уменьшается. Значительное число аварий (более 80 %) приходится на не охраняемые переезды. В связи с этим актуальным является решение задачи своевременного обнаружения препятствий для движения поезда в зоне железнодорожного переезда.

В настоящее время идет активная разработка и внедрение систем автоматического контроля зоны железнодорожного переезда в Германии, Италии, Японии и других странах. Такие фирмы, как *FLIR Intelligent Transportation Systems*, *IDS*, *Schweizer Electronic*, *Hitachi*, *Siemens* уже предлагают готовые технические решения по обнаружению препятствий и контролю зоны переездов. В России разработки в данном направлении ведут ООО «Уралжелдоравтоматизация» и АО «НИИАС». Эти и другие аналогичные системы предполагают два метода регистрации объектов: гравитационный и метод изменения проницаемости пространства.

При использовании гравитационного метода физические и геометрические свойства фиксируемого объекта не имеют никакого значения, для обнаружения важна лишь его масса. Реализация данного способа осуществляется с помощью весовых датчиков. Достоинством гравитационного метода является простота технической реализации, однако широкого распространения данный метод не получил ввиду ряда недостатков. Во-первых, эксплуатация весовых датчиков в зимний период вызывает затруднения по причине возможного образования льда под основанием платформ, устанавливаемых на датчики. Во-вторых, требуется научное обоснование минимального веса постороннего объекта в контролируемой зоне, который должен классифицироваться как препятствие, создающее угрозу безопасности движения.

Способ определения препятствий на переезде по изменению проницаемости пространства в контрольной зоне предполагает, что при отсутствии посторонних объектов на переезде проницаемость для световых лучей, радиоволн и других видов излучений однородна в пределах всего контролируемого пространства. Появление препятствия приведет к полному или частичному поглощению излучения в локальной области, возможно также появление отраженного излучения. В существующих системах автоматического контроля зоны железнодорожного переезда данный способ реализуется с помощью лазерных радаров и видеокамер с системой распознавания объектов или без нее. Лазерные радары получили широкое распространение, ввиду минимальной подверженности влиянию метеорологических осадков, запыленности и загрязненности, возможности определения габаритов объекта и настройки индивидуальных параметров обнаружения. Серьезный недостаток данных датчиков заключается в их невосприимчивости для фиксации объектов, обладающих небольшими размерами, но которые могут повлечь за собой серьезную аварию. Поэтому, лазерные радары редко используются как самостоятельное средство обнаружения объектов и чаще всего работают в комплексе с видеокамерами.

Видеокамеры, в свою очередь, перекрывают недостаток лазерного радара. Однако при использовании видеокамер без системы распознавания объектов встает вопрос об эффективности их использования, так как требуется постоянный контроль видеозображения со стороны человека. Ввиду этого, самым перспективным средством обнаружения препятствий в зоне железнодорожного переезда может стать видеокамера большого разрешения с предварительно обученной нейросетью. В отличие от остальных датчиков ее можно использовать как самостоятельное средство контроля зоны переезда и убрать человека из контура управления автоматикой, что положительно скажется в сторону повышения безопасности. Однако тут тоже есть свои недостатки, такие как дороговизна и сложность программного обеспечения и самой видеокамеры, также стоит вопрос информационной безопасности фирменного программного обеспечения.

Еще одной серьезной проблемой является то, что в нормативных документах отсутствуют требования к препятствию для движения поезда в зоне железнодорожного переезда. По умолчанию предполагается, что препятствием может быть только автомобильное транспортное средство. Поэтому датчики настраиваются на их минимальные габариты или вес. Причем каждый производитель сам выбирает и обосновывает эти значения. Чувствительность датчиков, а следовательно, и их стоимость, в разных системах может отличаться в несколько раз. При этом человек не рассматривается как препятствие, так как в случае столкновения с поездом не может повредить инфраструктуру железнодорожного транспорта. Не рассматриваются как препятствия и различные посторонние

предметы, такие как бревна, трубы, строительный и бытовой мусор и другие предметы, не попадающие в выбранный габарит препятствия.

Ввиду всего вышесказанного, требуется провести исследования в области применения различных технических средств для обнаружения препятствий в зоне железнодорожного переезда и нормирования требований к таким устройствам с учетом зарубежного опыта. Общие направления исследований будут состоять из нескольких этапов.

Первый этап заключается в выборе и объединении датчиков различного спектра действия в единый комплекс технических средств. Также должно быть предусмотрено улучшение характеристик и уменьшение влияния недостатков на безопасность системы в целом. Например, для исключения накопления льда на платформах с нажимными датчиками по периметру установить типовые электрические обогреватели, применяемые на сети железных дорог для обогрева стрелочных переводов. Оптимальный подбор и модернизация средств обнаружения препятствий позволит компенсировать их собственные недостатки, а также повысить достоверность информации, получаемой системой.

На втором этапе исследования будут ориентированы на реализацию таких алгоритмов, которые на основании информации, полученной с датчиков различного типа, позволили бы гарантированно идентифицировать объекты, которые могут представлять опасность.

Третий этап будет направлен на создание аппарата прогнозирования по принятию решений при наличии препятствий в зоне переезда. Система будет анализировать тип, габариты, динамические характеристики (направление и скорость движения) и другие параметры обнаруженного объекта и с помощью специального алгоритма решать, представляет объект угрозу для движения поезда в зоне железнодорожного переезда или нет. Сведения, полученные после прогнозирования обстановки на переезде, будут обрабатываться, и в виде удобной для восприятия информации, отправляться по радиоканалу дежурному и в кабину машинисту.

Четвертый этап будет сфокусирован на разработке системы раннего оповещения машиниста с использованием нескольких степеней предупреждения. Данная система необходима ввиду большого числа возможных ситуаций на переезде. Так как в современных системах чаще всего используется заградительная сигнализация, имеющая лишь две степени предупреждения, способ многовариантной подачи информации позволит увеличить пропускную способность транспорта через переезды и значительно уменьшить число ложных срабатываний с использованием экстренного торможения.

Пятый этап представляет собой опытную эксплуатацию разработанной системы.

В настоящее время начаты работы по первому этапу. Внедрение системы автоматического контроля зоны железнодорожного переезда значительно повысит безопасность движения автомобильного транспорта и пешеходов, особенно на неохраняемых переездах, уменьшит общее число аварийных ситуаций, и, следовательно, позволит снизить уровень социально-экономического ущерба.

УДК 656.25

МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ И ПРОТОКОЛ ОБМЕНА ДАННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА С ПЕРСОНАЛЬНЫМ КОМПЬЮТЕРОМ

С. И. ХОМЕНКО, В. А. ЗАЛЕСОВСКИЙ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

При разработке измерительной системы, состоящей из персонального компьютера и измерительного модуля, связанных через последовательный интерфейс передача данных, большое внимание следует уделить протоколу обмена информацией. Существующие, реализованные и предлагаемые в открытом доступе протоколы обмена данными (например, Firmata) требуют больших аппаратных и программных ресурсов и их функции в большинстве своем избыточны. Поэтому при построении измерительной системы ставилась задача реализовать библиотеки простейших классов для персонального компьютера и измерительного устройства, реализующие необходимые функции протокола обмена данными.

Также, учитывая подверженность канала измерения внешним помехам, были проанализированы методы фильтрации значений, такие как среднее арифметическое, бегущее среднее, медианный фильтр, альфа-бета фильтр, упрощенный фильтр Калмана, линейная аппроксимация. Среди представленных фильтров был выбран медианный фильтр, по причине простоты реализации и лучшей возможности отсеивания выбросов неверных результатов измерения.