



УДК 681.18.656.25

А.В. ФЕДУХИН

**РАДИОМИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ
ПЕРЕЕЗДНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ**

***Анотація.** Стаття присвячена проблемі забезпечення безпеки руху на залізничних переїздах. Пророблено концепцію побудови мікропроцесорної гарантоздатної системи автоматичної переїздної сигналізації з передачею даних по радіоканалу.*

***Ключові слова:** гарантоздатна система, радіоканал, мікропроцесор, відмовостійкість.*

***Аннотация.** Статья посвящена проблеме обеспечения безопасности движения на железнодорожных переездах. Проработана концепция создания микропроцессорной гарантоспособной системы автоматической переездной сигнализации с передачей данных по радиоканалу.*

***Ключевые слова:** гарантоспособная система, радиоканал, микропроцесор, отказоустойчивость.*

***Abstract.** This article is devoted to the problem of traffic safety at railway crossings. The building concept of a microprocessor dependable system of automatic crossing-alarm with data transmission over the radio channel was investigated.*

***Keywords:** dependable system, radio channel, microprocessor, fault tolerance.*

1. Введение

Пересечения железнодорожных путей и автомобильных дорог в одном уровне являются наиболее сложными и опасными элементами транспортной сети и оказывают существенное влияние на эффективность эксплуатации автомобильного и железнодорожного транспорта в целом.

Проблема железнодорожных переездов является актуальной для всех промышленно развитых стран. Эти пересечения характеризуются непроизводительными простоями автотранспорта, но наиболее острой проблемой продолжают оставаться дорожно-транспортные происшествия на переездах, в том числе с особо тяжкими последствиями.

Происшествия на железной дороге случаются во всех странах, но по числу тяжелых автокатастроф на железнодорожных переездах Украина уверенно держит первое место в мире. В среднем количество переездов в сети железных дорог страны составляет 1 переезд на 7,7 км пути [1]. Анализ аварий на переездах показывает, что в настоящее время в 98% случаев они происходят по вине водителей (в среднем по восемь зарегистрированных нарушений правил дорожного движения в год на каждый переезд). Таким образом, в создавшихся условиях особую значимость приобретают вопросы обеспечения безопасности движения через переезды, снижения количества аварий на переездах, повышения их пропускной способности и сокращения непроизводительных простоев автотранспорта на них.

Целью статьи является ознакомление специалистов с концепцией создания отечественной радиомикропроцессорной гарантоспособной системы автоматической переездной сигнализации (АПС-РМПГ) нового поколения с объективным контролем зоны переезда, обеспечением экстренной остановки подвижного состава перед переездом в случае необходимости и передачей информации по радиоканалу.

2. Микропроцессорная система АПС-МП

Микропроцессорная система АПС (АПС-МП, Россия) является аналогом представляемой разработки – спроектирована с учетом требований по обеспечению безопасности движения поездов и принята к внедрению на всем магистральном железнодорожном транспорте ОАО "РЖД" [2].

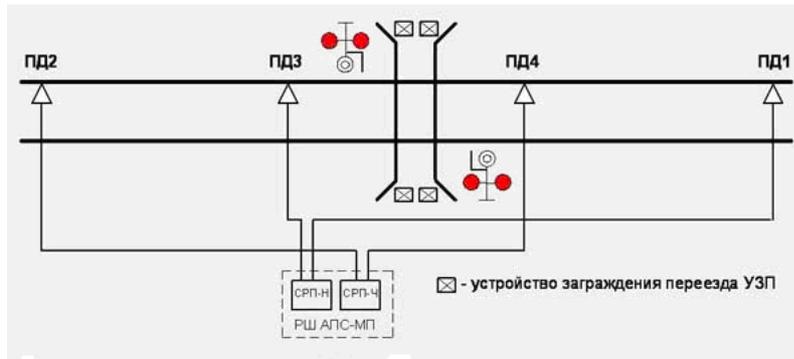


Рис. 1. Структура технических средств системы АПС-МП

Принцип действия системы АПС-МП (рис. 1) основан на фиксации и отслеживании продвижения подвижного состава методом подсчета числа его осей (система счета осей ССО), проходящих по зоне контроля путевого датчика (ПД) входного (с учетом направления движения) счетного пункта (СП), и последующим

сравнением с результатами счета на другом выходном СП. Для работы устройств переездной сигнализации организуются два контролируемых участка пути, имеющих общую зону. На основе данных о состоянии контролируемых участков соответствующими схемами регистрации подвижного состава в четном (СРП-Ч) или нечетном (СРП-Н) направлении формируются сигналы управления оборудованием переезда. При совпадении числа осей на входном и выходном СП и при условии исправности аппаратуры ССО формируется сигнал свободы участка пути переезда, система переходит в исходное состояние с готовностью реагировать на очередной поезд.

Основными концептуальными недостатками системы АПС-МП являются:

1. Отсутствие объективного контроля путевого пространства переезда и возможности передачи сигнала аварийной остановки подвижного состава в кабину машиниста.
2. Отсутствие оптимизации момента закрытия переезда в зависимости от скорости движения поезда.
3. Потребность в дополнительных кабельных линиях передачи данных с пунктов счета осей подвижного состава в схемы СРП.

Система АПС-МП нашла довольно много своих сторонников и была внедрена на ряде переездов в России и Украине (аналог системы разработан НПО «Желдоравтоматика», Харьков). Однако в процессе ее эксплуатации дополнительно были обнаружены следующие серьезные недостатки [3], а именно:

1. Высокая чувствительность счетных пунктов к помехам по питанию от грозовых разрядов.
2. Ошибки счета осей на счетных пунктах, приводящие систему в заблокированное состояние и требующие вмешательства человека.

Несмотря на то, что система АПС-МП является необслуживаемой, однако она доставляет довольно много забот эксплуатационным работникам в период грозовой активности в связи со сбоями в работе, вызванными большим количеством электромагнитных помех по питанию. Кроме того, использование в ССО по одному датчику фиксации прохождения колесной пары на входе и выходе зоны переезда приводит к тому, что сбой СП, вызванный потерей одного импульса или его дроблением на входе зоны переезда обнаруживается только при проследовании подвижного состава за зону переезда. При этом несовпадение подсчитанного количества осей на первом датчике ПД1 с количеством осей, подсчитанных третьим датчиком ПД3 (при движении поезда справа налево), в СРП формируется сигнал занятости зоны переезда, система не переходит в исходное состояние, сохраняет

переезд закрытым и требует ручного вмешательства человека для обнуления счетчиков осей. Кроме того, такая схема расположения путевых датчиков и принятый алгоритм работы системы не позволяют одновременно с фиксацией наличия подвижного состава в зоне переезда измерять его скорость движения и оптимизировать на этой основе момент закрытия переезда. С учетом перечисленных выше недостатков разработана система автоматической переездной сигнализации нового поколения, основанная на применении микропроцессорной техники и средств передачи информации по радиоканалу.

3. Радиомикропроцессорная гарантоспособная система АПС-РМПГ

Система АПС-РМПГ в части оборудования переезда средствами ограждения, сигнализации и объективного контроля аналогична системе АПС-ЭГ, разработанной нами ранее [5]. Основным отличием новой системы является замена тональных рельсовых цепей на участках приближения к переезду системами счета осей (ССО) и использование радиоканала для передачи информации о состоянии участков приближения (удаления) к переезду.

К основным достоинствам использования ССО можно отнести следующие:

1. Автономность и отсутствие необходимости стыковки с существующими системами автоматической блокировки (АБ).
2. Возможность оборудования любого переезда (охраняемого или неохраняемого), независимо от имеющегося на нем стандартного оборудования.
3. Возможность применения на участках с малым сопротивлением балласта и меньшая стоимость обслуживания по сравнению с рельсовыми цепями.
4. Небольшой объем используемой аппаратуры, удовлетворяющей основным требованиям по гарантоспособности к системам критического использования.
5. Отсутствие необходимости в изоляции рельсовых стыков при организации рельсовых цепей и исключение эксплуатационных расходов на их содержание.
6. Возможность передачи дежурному по станции или диспетчеру актуализированной информации о количестве осей в прошедшем подвижном составе и о количестве вагонов, находящихся на конкретном участке пути.

Несмотря на перечисленные выше недостатки, преимуществ использования в АПС ССО перед тональными рельсовыми цепями довольно много, поэтому основная концепция построения системы АПС-РМПГ основана на максимальном использовании достоинств и устранении недостатков предыдущих разработок и состоит в следующем:

1. Повышение помехозащищенности счетных пунктов достигается использованием автономного электропитания от необслуживаемой аккумуляторной батареи, подзаряжаемой с помощью солнечной батареи (СБ).
2. Экономия кабеля достигается использованием передачи данных от счетных пунктов по радиоканалу с использованием радиомодема (РМ).
3. Повышение достоверности счета осей подвижного состава и измерение его скорости движения достигаются парным использованием двух датчиков (ПД1, ПД2 или ПД3, ПД4) на каждом счетном пункте, подключенных к специальной схеме счета и анализа сигналов (ССА).
4. Реализация объективного контроля путевого пространства переезда с помощью датчиков перемещения (ДП) и возможности передачи сигнала аварийной остановки подвижного состава в кабину машиниста.
5. Реализация основных требований по гарантоспособности, предъявляемых к системам критического использования.

Рассмотрим более подробно основные позиции концепции инжиниринга системы. Так как система АПС связана с безопасностью движения поездов и автотранспорта, то к ней необходимо предъявлять весь комплекс требований, выдвигаемых при проектировании гарантоспособных систем критического использования [4], а именно: требований к

безотказности, отказоустойчивости, многоверсийности проектирования, прогнозированию технического состояния, безопасности и живучести. Основные требования к гарантоспособной системе АПС приведены в [5]. Структура технических средств радиомикропроцессорной системы АПС-РМПГ приведена на рис. 2.

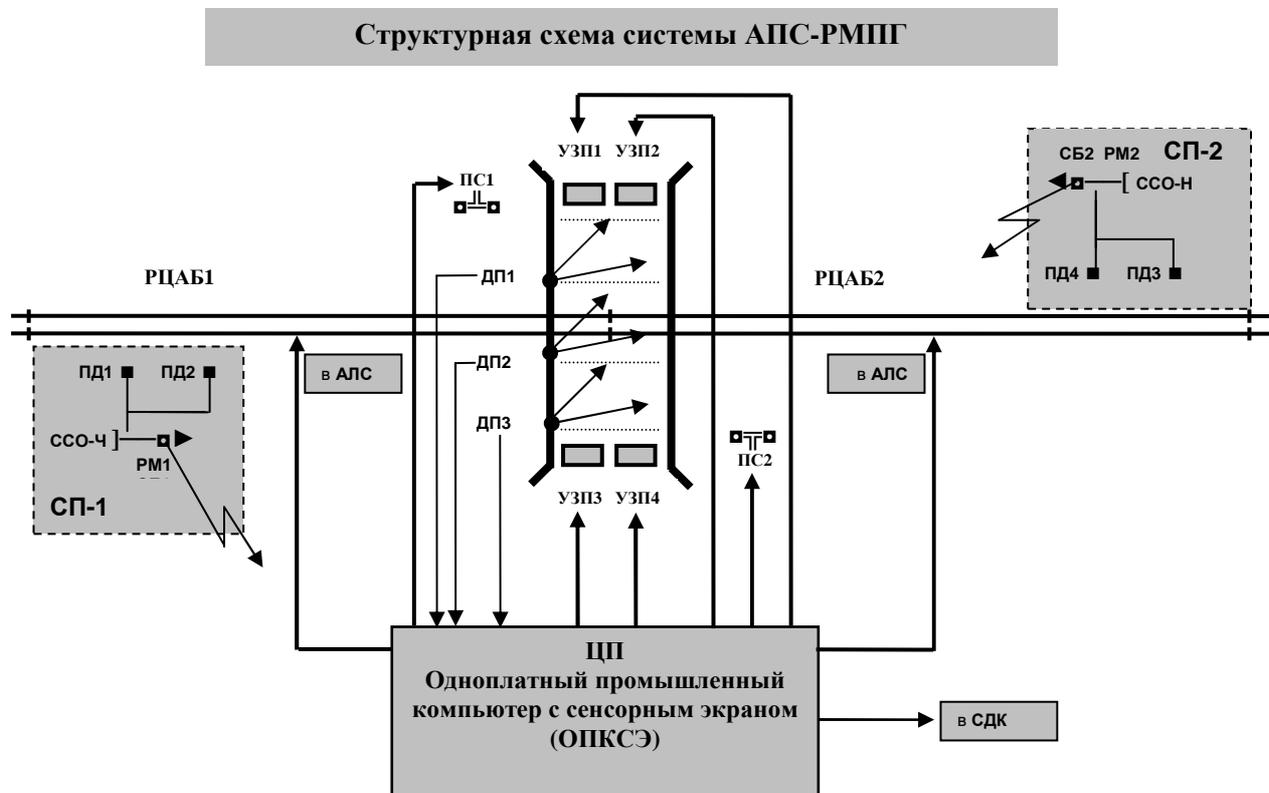


Рис. 2. Структура технических средств системы АПС-РМПГ

Система АПС-РМПГ, как и система АПС-ЭГ [5], предусматривает установку четырех УЗП (возможны также их различные комбинации с традиционными шлагбаумами), трех датчиков перемещения (ДП), двух переездных светофоров (ПС) и двух стандартных рельсовых цепей кодовой автоблокировки (РЦАБ), необходимых для передачи аварийного сигнала на движущийся локомотив посредством системы автоматической локомотивной сигнализации (АЛС). В необходимых случаях на участках пути без рельсовых цепей кодирование кодами АЛС можно выполнять с помощью шлейфа/шлейфов, укладываемых рядом с рельсами. Система также предусматривает передачу сообщения о неисправности оборудования или аварийной ситуации на переезде в систему диспетчерского контроля (СДК).

Принцип действия системы АПС-РМПГ, как и системы АПС-МП [2], основан на подсчете числа осей подвижного состава, проходящего по зонам контроля путевых датчиков (ПД1, ПД2 и ПД3, ПД4) с помощью ССО четного (Ч) или нечетного (Н) направления (очередность работы датчиков определяется направлением движения).

В отличие от [2] каждая пара датчиков работает на свой счетный пункт (СП) одновременно, что позволяет с помощью ССА повысить достоверность регистрации прохождения колесной пары и одновременно вычислить скорость движения поезда. На основе данных о занятости участка приближения и скорости движения поезда формируются сигналы управления оборудованием переезда. Результаты счета осей на входном СП сравниваются с результатами счета на выходном СП. При совпадении числа осей формируется сигнал

свободности участка пути переезда и система АПС-РМПГ переходит в исходное состояние, способное обработать следующий подвижной состав.

Каждый СП состоит из двух ПД, подключенных с помощью витой пары к ССА, которая вместе с РМ размещается на стандартной светофорной мачте. СП имеет автономное электропитание от необслуживаемой аккумуляторной батареи, подзаряжаемой с помощью небольшой СБ. СБ выполнена в виде пирамиды, что обеспечивает ее равномерное освещение в течение всего светового дня и не позволяет накапливаться снежной шапке в зимнее время.

Система АПС-РМПГ является устойчивой к отказам и сбоям оборудования. В системе предусмотрены периодический контроль работоспособности СП и посылка сообщения об этом по радиоканалу на центральный пункт (ЦП), реализованный на базе промышленного одноплатного компьютера с сенсорным экраном (ОПКСЭ), выполняющим функцию

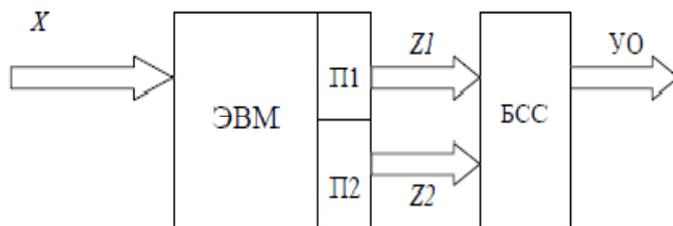


Рис. 3. Структурная схема одноканальной системы с диверситетными программами

пульт-монитора (ПМ) системы. ЦП также периодически подвергается самодиагностике в фоновом режиме, а с ПМ предусмотрена возможность искусственного восстановления исходного состояния аппаратуры СП в случае ее зависания.

Для обеспечения требований по отказоустойчивости ЦП выбран и реализован принцип построения в

виде одноканальной системы с диверситетными программами (рис. 3).

Одноканальная система с диверситетными программами использует две различные и независимые программы (П1 и П2) для реализации одних и тех же функций. Результаты выполнения программ Z1 и Z2 сравниваются внешней безопасной схемой сравнения (БСС). Уровень безопасности данной системы зависит от степени различия (диверситета) двух программ. Диверситет программ достигается привлечением к разработке программного обеспечения разных программистов и использованием ими разных алгоритмов, подходов к программированию и методов описания спецификаций.

В отличие от [5] в системе АПС-РМПГ предусмотрен непрерывный объективный контроль состояния переезда с помощью ДП, что обеспечивает своевременное формирование предупредительного сигнала в кабину машиниста по системе АЛС. Кроме того, система оборудована аппаратурой непрерывного видеонаблюдения за переездом, позволяющей передавать видеосигнал на пульт-монитор дежурного по переезду и сохранять протокол видеонаблюдения на цифровом носителе с целью фиксации нарушений правил движения по переезду.

4. Заключение

В заключении необходимо отметить следующее:

1. Исключение из системы АПС тональных рельсовых цепей (ТРЦ), являющихся причиной большого количества отказов перегонных и станционных устройств СЦБ, и замена их на ПД со ССО приводит к снижению задержек и простоев автомобильного транспорта на переездах, а также к повышению общей безопасности движения поездов и автомобилей по переездам.

2. Требования к отказоустойчивости системы АПС-РМПГ осуществлены не на дорогом аппаратном уровне, а более экономичным программным способом – путем применения одноканальной системы с диверситетными программами.

3. Как и система АПС-ЭГ, система АПС-РМПГ сохраняет возможность объективного контроля состояния пространства переезда посредством трех ДП, а также возможность

передачи извещения об аварии на переезде в кабину локомотива и возможность оптимизации момента закрытия переезда в зависимости от фактической скорости движения состава.

4. Применение в системе АПС-РМПГ радиоканала для передачи информации от СП к ЦП позволяет значительно сократить расход дорогостоящего кабеля, а использование автономного электропитания СП значительно повышает помехозащищенность ССО и безотказность системы в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поздняков В.А. Безопасность на железнодорожных переездах [Электронный ресурс] / В.А. Поздняков, Ю.А. Тюпкин. – Режим доступа: <http://www.css-rzd.ru/zdm/03-2000/00039.htm>.
2. Соловьев А.Л. Микропроцессорная переездная сигнализация с аппаратурой счета осей / А.Л. Соловьев, В.А. Чеблаков, А.Ф. Петров // Автоматика, связь, информатика. – 2008. – № 6. – С. 2 – 10.
3. СЦБИСТ – железнодорожный форум [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://scbist.com>.
4. Basic Concepts and Taxonomy of Dependable and Secure Computing / A. Avizienis, J.-C. Laprie, V. Randell [et al.] // IEEE Transactions on dependable and secure computing. – 2004. – Vol. 1, N 1. – P. 4.
5. Федухин А.В. Новый подход к автоматизации переездов на железнодорожном транспорте / А.В. Федухин, В.А. Гладков, Ар.А. Муха // Математичні машини і системи. – 2011. – № 3. – С. 135 – 141.

Стаття надійшла до редакції 15.10.2012