

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕЕЗДАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИНЦИПА ПЕРЕМЕННОЙ ДЛИНЫ УЧАСТКА ПРИБЛИЖЕНИЯ

Е. М. ТАРАСОВ, А. Е. ТАРАСОВА, В. А. НАДЕЖКИН

Самарский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация

Основной системой регулирования потока автотранспорта на железнодорожных переездах является автоматическая переездная сигнализация (АПС), функционирующая по «жесткому» алгоритму с заранее определенной длиной участка контроля приближения поезда к переезду. Длина участка приближения зависит от максимальной скорости обращаемых на участке поездов и системы ограждения и управления переездной сигнализацией. Суммарное время безопасного закрытия переезда для автотранспорта при АПС составляет 45 с, и при максимальной скорости движения поездов 140 км/ч длина участка приближения составляет около 1,7 км. В связи с тем, что на сети железных дорог ОАО «РЖД» высокоскоростные и тихоходные поезда курсируют по одним и тем же путям, при движении по участку с фиксированной длиной участка приближения медленно движущихся поездов, время ожидания и проследования поезда через переезд значительное, особенно на двухпутных участках [1]. По этой причине ежегодно случается большое количество ДТП на переездах [2]. Для сокращения времени ожидания прибытия и проследования поезда через переезд необходимо ввести виртуальную переменную длину участка приближения, зависящую от скорости движения поездов.

Переменная длина участка приближения определяется выражением

$$L_{\text{уп}} = 0,38v_{\text{п}} \left(\frac{L_{\text{п}} + 29}{v_{\text{ат}}} + 14 \right), \quad (1)$$

где $v_{\text{п}}$ – скорость поезда; $v_{\text{ат}}$ – скорость автотранспорта, следующего через переезд; $L_{\text{п}}$ – длина переезда.

Из выражения (1) следует, что для организации переменной длины участка приближения необходимо непрерывно определять скорость приближающегося поезда, учитывая, что длина переезда и скорость движения автотранспорта нормированы.

Решить задачу непрерывного определения координаты и скорости приближающегося поезда возможно разработкой и использованием многопараметрического датчика с самонастраивающимся алгоритмом уравнения движения поезда (решающей функции):

$$d(x) = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n),$$

где $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ – первичные информативные признаки, зависящие от скорости и координаты приближающегося поезда. Авторами в качестве информативных признаков предлагается использовать комплексные напряжения и токи на входе рельсовой цепи участка приближения $U_1 e^{j\varphi_1}$ и $I_1 e^{j\psi_1}$, измеренные на питающем конце рельсовой линии [3].

Структурная схема системы непрерывного распознавания координат поезда представлена на рисунке 1.

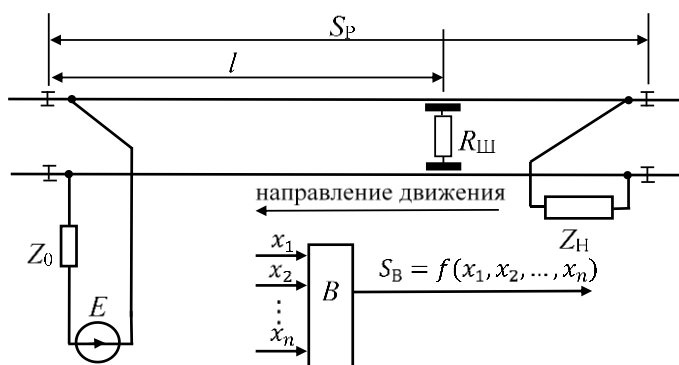


Рисунок 1 – Структурная схема распознавания координаты поезда на участке приближения к переезду:

B – вычислитель координаты поезда; $R_{\text{ш}}$ – сопротивление шунта поезда;

x_1, x_2, \dots, x_n – информативные признаки на входе РЦ УП; $S_{\text{в}}$ – уравнение координаты поезда

Вступление поезда на участок приближения и движение от релейного к питающему концу рельсовой линии сопровождаются непрерывным изменением образа состояния рельсовой линии $X_n = (\dot{U}, \dot{I}_1) = f(L_{yn})$ [6].

Диаграмма временных и координатных интервалов функционирования системы представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Временные интервалы информационно-управляющей системы управления АПС с корректирующим алгоритмом

Первичные параметры рельсовых линий в процессе эксплуатации непрерывно изменяются вследствие воздействия климатических факторов и динамических воздействий тяжеловесных и высокоскоростных поездов, следовательно, изменяются и значения первичных информативных признаков.

Это явление зависимости информативных параметров от дестабилизирующих воздействий приводит к необходимости циклической корректировки уравнения координаты поезда для обеспечения инвариантности функции уравнения координаты поезда к дестабилизирующим воздействиям алгоритмом адаптивных систем [4, 5]. Известно, что чем выше свойства самонастраивающихся систем к адаптации изменившимся условиям, тем более устойчиво функционирование системы в нестационарной среде.

Самонастройку системы удобно осуществлять в момент вступления поезда на начало участка приближения, когда его фактическая координата известна, (т. к. известна длина участка приближения) $X_p(i)$. Тогда сравнением вычислений координаты $X_p(i)$ возможно определить сигнал ошибки $e_k(i)$, который инициализирует процесс управления обратной связью, компенсирующей $e_k(i)$. На рисунке 3 представлена структурная схема компенсации ошибки вычисления координаты.

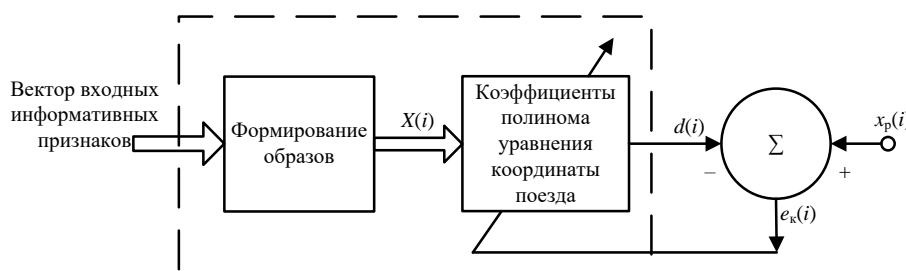


Рисунок 3 – Структурная схема самонастраивающейся системы распознавания координаты поезда

В качестве уравнения координаты в работе использован полином Колмогорова – Габора второй степени сложности, и, следовательно, самонастройка уравнения подразумевает корректировку коэффициентов полинома вида

$$d_v(i) = \sum_{j=1}^n C_{ij} x_j^2 + \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{k=1}^n C_{jk} x_j x_k + \sum_{j=1}^n C_j x_j + C_{n+1},$$

выражением

$$\Delta C_{kj}(i) = \eta e_k(i) x_j(i),$$

где η – положительная константа, определяющая скорость корректировки.

Исследования ошибки вычисления координаты поезда синтезированным в работе полином уравнения координаты поезда вида

$$d_b(i) = 3,776 - 10,492U_1 - 0,0401\varphi_1 + 0,255U_1\varphi_1 + 5,132U_1^2$$

показали, что максимальная ошибка определения координаты поезда не превышает 2,5 %.

Таким образом, использование уравнения вычисления координаты, аргументами которой являются комплексные амплитуды напряжений и токов на входе рельсовой линии участка приближения к переезду, позволяет обеспечить требуемую точность определения текущей координаты поезда и, соответственно, скорость, и реализовать переменную длину участка приближения в зависимости от скорости приближающегося поезда. Переменная длина участка приближения позволяет сократить максимальное время закрытого состояния переезда до 2,5 мин и повысить безопасность движения поездов и автотранспорта в зоне переезда, а также сократить аварийность.

Список литературы

- 1 **Морозов, М. Г.** Безопасность движения на железнодорожных переездах / М. Г. Морозов // Евразия Вести. – 2015. – № 7.
- 2 **Тарасов, Е. М.** Анализ состояния безопасности движения и мероприятия по повышению безопасности на железнодорожных транспортных пересечениях / Е. М. Тарасов, Г. М. Третьяков, А. Г. Исайчева // Вестник транспорта Поволжья. – 2015. – № 5. – С. 85–90.
- 3 Способ управления автоматической переездной сигнализацией : пат. RU 2281219 / Е. М. Тарасов. – № 22 ; заявл. 14.02.2005 ; опубл. 08.10.2006.
- 4 **Лябах, Н. Н.** Автоматизация технологических процессов на железнодорожном транспорте на основе микропроцессоров с применением методов распознавания : учеб. пособие / Н. Н. Лябах, А. Е. Пирогов. – Ростов н/Д : РИИЖТ, 1984. – 76 с.
- 5 **Ивахненко, А. Г.** Техническая кибернетика. Системы автоматического управления с приспособлением характеристик / А. Г. Ивахненко. – Киев : Техника, 1962. – 422 с.
- 6 **Герус, В. Л.** Исследование информативности признаков при распознавании состояний рельсовых линий / В. Л. Герус, Е. М. Тарасов, А. Е. Тарасова // Вестник Мордовского университета. – 2018. – Т. 28, № 2. – С. 191–207.

УДК 648.8

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПЕРЕВОЗОЧНОМ ПРОЦЕССЕ

Ю. П. ТЕЛЕГИНА

*Оренбургский техникум железнодорожного транспорта – структурное подразделение
Оренбургского института путей сообщения – филиала Самарского государственного
университета путей сообщения, Российская Федерация*

Железнодорожный транспорт остается наиболее рентабельным для перевозки различных грузов в различных условиях с регулярностью перевозок и невысокой себестоимостью перевозочного процесса. Несмотря на то, что в настоящее время растет конкуренция между видами транспорта, железнодорожные перевозки остаются востребованными для организации перевозки пассажиров и грузов. В железнодорожном транспорте в настоящий момент сложилась такая ситуация, что уровень качества услуг, предоставляемый организациями железнодорожного транспорта, ниже уровня, запрашиваемого рынком. Железнодорожный транспорт теряет лидирующие позиции в сфере перевозок, решением для компании ОАО «РЖД» стал план совместной работы с ЗАО «Отраслевой центр внедрения новой техники и технологий» по внедрению и применению новой технологической платформы «Применения инновационных технологий для развития и повышения безопасности железнодорожного транспорта» [2].

Центральное место в функционировании железнодорожного транспорта занимает непрерывная оперативная работа, связанная с обеспечением устойчивого процесса перевозок пассажиров и грузов при безусловном выполнении требований безопасности, а также сохранности объектов перевозок и сегментов инфраструктуры предприятий. В первую очередь, это работники и объекты, непосредственно участвующие в перевозочном процессе и оперативном управлении на линейном и региональном уровнях. Техническое и, что гораздо важнее, технологическое (информационное) перевооружение с целью повышения эффективности функционирования указанной категории работников является одной из первоочередных задач развития отрасли в современных экономических условиях [1].