



Е.М. Тарасов, И.К. Андрончев, В.Б. Тепляков, А.Е. Тарасова

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТЫ ПОЕЗДА ИНФОРМАЦИЕЙ ОТДЕЛЬНЫХ ПРИЗНАКОВ

(Самарский государственный университет путей сообщения)

В настоящее время известны попытки определения координаты и соответственно скорости поезда на участке приближения (УП), представленные в источниках [1,2], по информации отдельных признаков, в качестве которых используются комплексные амплитуды напряжения и тока на входе рельсовой линии (РЛ).

Общий принцип действия способа управления АПС, представленного в [3], полагается на прогнозе времени закрытия переезда. Как и в предыдущем случае, информационной базой являются входные напряжения и токи РЦ. Поступившая информация от РЦ обрабатывается, сравнивается с заранее рассчитанными задержками времени на закрытие переезда относительно неизменной длины УП и полагая скорость приближения подвижной единицы равномерной.

Представленный способ реализуем, если величины первичных параметров РЛ C , L , r , g постоянны, но это не реализуемо, т.к. вследствие изменения климатических условий изменяются проводимость изоляции, емкость между рельсами, а вследствие механических воздействий происходит обрыв стыковых соединителей, изменяются сопротивления изолирующих стыков, и на первичные параметры оказывают влияние множество других возмущающих воздействий.

Для исследования влияния изменения первичных параметров на численные значения первичных информативных признаков разработаны математические модели с использованием многополюсных схем замещения РЛ УП. При этом рельсовая линия представлена в виде линии с распределенными параметрами C , L , r , g , представляющими продольное сопротивление РЛ и её поперечную проводимость.

Математические модели комплексных амплитуд напряжений и токов на входе РЛ УП, являющиеся первичными информативными признаками, получены с использованием уравнений состояний РЛ [4] и имеют вид:

$$\begin{cases} U_{1s} = \frac{E(A_s Z_n + B_s)}{(C_s Z_n + D_s) Z_o + A_s Z_n + B_s}; \\ I_{1s} = \frac{E(C_s Z_n + D_s)}{(C_s Z_n + D_s) Z_o + A_s Z_n + B_s}. \end{cases} \quad (1)$$

где, A_s , B_s , C_s и D_s – коэффициенты обобщенного четырехполюсника РЛ имеющие вид [5]:



$$\begin{aligned}
 A &= ch\gamma(\ell - x) \cdot ch\gamma x + Z_6 sh\gamma(\ell - x) \cdot \left(\frac{1}{R_{uu}} ch\gamma x + \frac{1}{Z_6} sh\gamma x \right), \\
 B &= ch\gamma(\ell - x) \cdot Z_6 sh\gamma x + Z_6 sh\gamma(\ell - x) \cdot \left(\frac{1}{R_{uu}} Z_6 sh\gamma x + ch\gamma x \right), \\
 C &= \frac{1}{Z_6} sh\gamma(\ell - x) \cdot ch\gamma x + ch\gamma(\ell - x) \cdot \left(\frac{1}{R_{uu}} sh\gamma x + \frac{1}{Z_6} sh\gamma x \right), \\
 D &= \frac{1}{Z_6} sh\gamma(\ell - x) \cdot Z_6 sh\gamma x + ch\gamma(\ell - x) \cdot \left(\frac{1}{R_{uu}} Z_6 sh\gamma x + ch\gamma x \right).
 \end{aligned} \tag{2}$$

С использованием математического пакета Mathcad, разработанных математических моделей (1) авторами исследованы изменения первичных информативных признаков – комплексных амплитуд напряжения и комплексных амплитуд токов на входе РЛ в зависимости от изменения координаты поезда x и проводимости изоляции g .

При моделировании и исследовании приняты следующие допущения – длина РЛ 2 км, частота сигнального тока опроса рельсовых линий 25 Гц, рельсы Р65, диапазон изменения проводимости изоляции $5,0 > g > 0,1$ См/км.

На рис. 1-2 представлены графики зависимости $U_1 = f(x, g)$, $I_1 = f(x, g)$, $\varphi_1 = f(x, g)$, $\psi_1 = f(x, g)$.

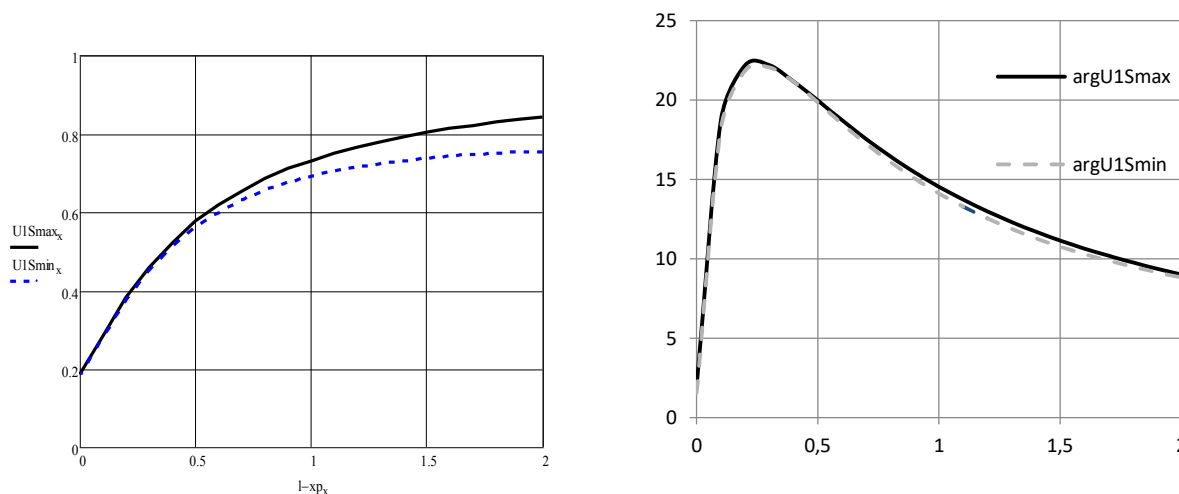


Рис. 1. Графики амплитуды и фазы напряжения на входе РЛ в зависимости от координаты шунта и проводимости изоляции

Из графиков следует, что по амплитуде напряжения на входе РЛ определить координату невозможно, т.к. для одного значения напряжения, например, 0,75 В. разброс координат составляет 475 метров, или одной координате соответствует разброс напряжений 0,239 В, при максимально возможной 0,842 В, т.е. на 28,4 %, что недопустимо много для определения местоположения поезда. Из графиков изменения фаз напряжения на входе РЛ, данный признак обладает относительно инвариантными свойствами к изменению проводимости изоляции РЦ. Вместе с тем график по значениям почти зеркальный, относительно координаты 1800 м, и фаза напряжения на входе РЛ при движении поезда от



релейного конца растет, от 8,8 до 22,8 эл. градуса, а затем на расстоянии 200 м от питающего конца РЦ УП уменьшается до 3 эл. градусов. Таким образом, одинаковым значениям фазы соответствуют различные координаты, и поэтому без дополнительной информации ИУС не распознает координаты поезда по значению фазы напряжения.

Графики значений тока на входе РЛ участка приближения более пологие и монотонные (рис. 2), но инвариантные свойства информативного признака – амплитуды тока не высокие. Как следует из графиков, приведенных на рис. 2, значения тока при нахождении поезда на другом конце РЛ и при колебании проводимости изоляции отличается на 32 %. Следовательно, одинаковым координатам соответствуют различные значения тока и распознавание одним признаком по значению тока на входе РЛ и при колебании проводимости изоляции РЛ невозможно. Тем более определять скорость поезда по динамике изменения тока, согласно патенту [2], недопустимо, т.к. скорость будет определяться с ошибкой более 30 %. Такая ошибка приведет к различным временам приведения в действие АПС, и безопасность функционирования переезда не может быть обеспечена. Более того, на РЛ и соответственно на входные электрические параметры влияют дополнительно возмущающие воздействия, которые также снижают точность определения координаты и скорости поезда на УП к переезду.

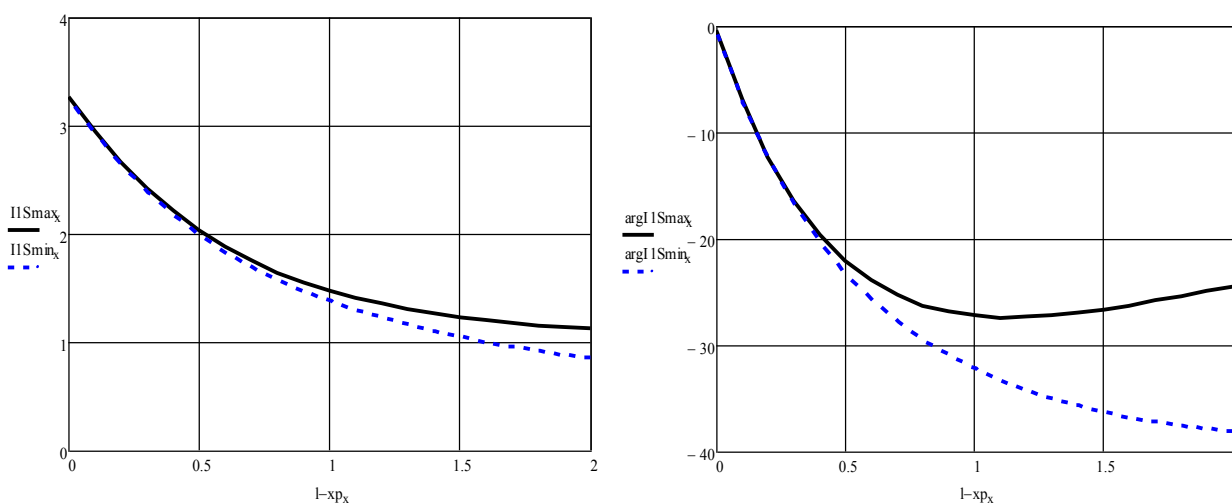


Рис. 2. Графики изменения амплитуды и фазы тока на входе РЛ в зависимости от координаты шунта и проводимости изоляции

Из графиков следует, что фаза тока на входе РЛ сильно подвержена воздействию проводимости изоляции, и сопротивления рельсовой линии [6,7]. Начиная с ординаты 400 м от переезда, определять координату поезда информативным признаком – по величине фазы тока на входе РЛ при изменении проводимости изоляции невозможно.

Из анализа результатов исследований следует, что все информативные признаки из выбранного множества $m_{sj} = \{U_{1S}, \varphi_{1S}, I_{1S}, \psi_{1S}\}$, $j = 1, 2, \dots, l$ однозначно реагируют на наличие и движение поезда по УП к переезду и могут быть использованы в уравнении координаты поезда в виде аргументов функции. Показано, что отдельными признаками из множества распознавать коор-



динаты поезда невозможно, т.к. их информация зашумлена изменением проводимости изоляции, а если дополнительно учесть другие возмущающие факторы, то информация еще более будет недостоверной. Увеличение частоты сигнала опроса РЛ УП приводит к еще более сильному воздействию проводимости изоляции, и ухудшению инвариантных свойств первичных информативных признаков.

Литература

1. Тарасов, Е.М. Разработка информационно-управляющей системы переездной сигнализации с многопараметрическим датчиком координаты поезда [Текст] / Е.М. Тарасов, В.Л. Герус, А.Е. Тарасова // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2017): труды Международной научно-технической конференции. – Самара, 2017. – С. 742-745.
2. Пат. 2632544 Российская Федерация, МПК В61L 29/22 (2006.01). Система закрытия железнодорожного переезда [Текст] / Маркес Мезитис, Александр Николаевс, Владимир Каревс. – № 2016105093; заявл. 16.02.16; опубл. 27.05.2016, Бюл. №15.
3. Тарасов, Е.М. Исследование информативности признаков при распознавании состояний рельсовых линий [Текст] / Е.М. Тарасов, В.Л. Герус, А.Е. Тарасова // Вестник Мордовского университета. – 2018. – Т. 28. № 2. – С. 191-206.
4. Тарасов, Е.М. Влияние неисправного состояния сборных токопроводящих стыков на работу рельсовых цепей [Текст] / И.К. Андрончев, А.Г. Исайчева, Е.М. Тарасов, А.А. Булатов, Т.Б. Тепляков // Вестник транспорта Поволжья. – 2018. – №6(72). – С. 40-45.
5. Тарасов, Е.М. Математическое моделирование параметров рельсовой линии [Текст] / Е.М. Тарасов, А.Г. Исайчева, П.А. Радионов // Электронный научный журнал. – 2017. – №5-1(20). – С. 156-159.
6. Железнов, Д.В. Методика определения коэффициентов матрицы А-параметров многополюсника, моделирующего влияние смежной рельсовой цепи [Текст] / Д.В. Железнов, Е.М. Тарасов, А.Г. Исайчева, С.В. Копейкин // Электротехника. – 2017. – № 3. – С. 99-104.
7. Tarasov, E.M. Technique of measurement of ultra-low resistance of current conductive junction of rail lines as the problem of states object identification [Text] / E.M. Tarasov, A.G. Isaicheva // CEUR Workshop Proceedings Ser. : Proceedings of International Conference Information Technology and Nanotechnology, ITNT 2015. – Samara, 2015. – P. 397-401.